

СОДЕРЖАНИЕ

1	ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	3
2	ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....	3
3	СРЕДСТВА ПОВЕРКИ	3
4	ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ	5
5	ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	5
6	УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ.....	5
7	ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ	5
8	ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ	6
8.1	Внешний осмотр	6
8.2	Идентификация ПО	6
8.3	Опробование	7
8.4	Определение метрологических характеристик	12
9	ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	32
	Приложение А.....	33
	Форма протокола поверки (Рекомендуемое)	33
	Приложение Б.....	34
	Приспособление для УЗК (Рекомендуемое)	34
	Приложение В.....	35
	Принципиальная схема согласующего устройства (Рекомендуемое)	35

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на дефектоскопы внутритрубные ультразвуковые (далее по тексту - дефектоскопы), изготовленных АО «Транснефть-Диаскан», Россия и устанавливает методы и средства их первичной и периодических поверок.

1.2 Дефектоскопы предназначены для измерений координат выявленных дефектов (вдоль оси трубы), измерений толщин стенок трубопроводов магнитным и ультразвуковым методами измерений, времени отражения и амплитуды эхо-сигнала при проведении внутритрубного диагностирования.

1.3 Интервал между поверками - 1 год.

2 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

2.1 При проведении первичной (в том числе после ремонта) и периодической поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 - Операции первичной и периодической поверок

№ п/п	Наименование операции	Номер пункта методики поверки
1	Внешний осмотр	8.1
2	Идентификация программного обеспечения (ПО)	8.2
3	Опробование	8.3
4	Определение метрологических характеристик	8.4
5	Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений координат дефекта (вдоль оси трубы)	8.4.1
6	Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений толщины стенки трубопровода ультразвуковым (УЗ) методом	8.4.2
7	Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений времени отражения эхо-сигнала	8.4.3
8	Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений амплитуды эхо-сигнала	8.4.4

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

2.3 Допускается проводить частичную поверку, для максимального типоразмера дефектоскопа по пунктам 8.4.2 – 8.4.4 методики поверки.

2.4 Поверка дефектоскопа прекращается в случае получения отрицательного результата при проведении хотя бы одной из операций, а дефектоскоп признают не прошедшим поверку.

3 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

3.1 Рекомендуемые средства поверки указаны в таблице 2.

3.2 Средства поверки должны быть поверены и аттестованы в установленном порядке.

3.3 Приведенные средства поверки могут быть заменены на их аналог, обеспечивающие определение метрологических характеристик дефектоскопа с требуемой точностью.

Таблица 2 – Средства поверки

Номер пункта (раздела) методики поверки	Наименование средства измерения или вспомогательного оборудования, номер документа, регламентирующего технические требования к средству, разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики
8.4.3 8.4.4	Осциллограф цифровой TDS2012B (далее осциллограф). Госреестр № 32618-06 Диапазон измеряемых размахов напряжений импульсных радиосигналов от 10 мВ до 400 В (с делителем 1:10). Пределы допускаемой относительной погрешности измерения амплитуд сигналов для коэффициентов отклонения от 10 мВ/дел до 5 В/дел $\pm 3 \%$.
8.4.3 8.4.4	Генератор сигналов сложной формы AFG3022 (далее генератор). Госреестр № 32620-06 Синусоидальный сигнал от 1 МГц до 25 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 1 \text{ ppm}$. Диапазон устанавливаемых амплитуд от 10 мВ до 10 В. Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки амплитуды $\pm (1 \% \text{ от величины} + 1 \text{ мВ})$
8.4.4	Тестер ультразвуковой УЗТ-РДМ (далее тестер). Госреестр № 44488-10. Диапазон регулировки задержки радиоимпульсов относительно синхроимпульсов от 0,3 до 1000,0 мкс. Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки задержки радиоимпульсов относительно синхроимпульсов $\pm (0,01 + 0,001 \cdot D_x)$ мкс, где D_x – значение установленной задержки, мкс. Диапазон регулировки ослабления аттенюатора от 0 до 96 дБ. Пределы допускаемой абсолютной погрешности установки ослабления аттенюатора на частоте 10 МГц не более $\pm (0,1 + 0,0075 \cdot A_x)$ дБ, где A_x – значение установленного ослабления в дБ
8.4.1	Штангенциркуль ШЦЦ-1 (далее штангенциркуль). Госреестр № 52058-12 Диапазон измерений длины от 0 до 250 мм. Шаг дискретности цифрового отсчетного устройства 0,01 мм. Пределы допускаемой погрешности измерений длины $\pm 0,04$ мм
8.4.2	Комплект образцовых ультразвуковых мер толщины КМТ176М-1. Госреестр № 6578-78 Диапазон толщин мер от 1 до 300 мм. Погрешность аттестации по эквивалентной ультразвуковой толщине от 0,3 до 0,7 %
8.3	Толщиномер ультразвуковой МГ2-ХТ (далее толщиномер). Госреестр № 46559-11 Диапазон измерений толщины от 0,5 до 300,0 мм, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения толщины $\pm 0,1$ мм
8.3	Дальномер лазерный Leica DISTO X310 (далее дальномер). Госреестр № 55021-13 Диапазон измерения расстояний от 0,05 до 120,00 м. Допускаемая СКП измерения расстояний $\pm 1,0$ мм (в диапазоне до 10 м), $\pm (1,0 + 1 \text{ мм/м})$ мм (в диапазоне от 10 до 30 м), $\pm (1,0 + 15 \text{ мм/м})$ мм (в диапазоне более 30 м)
Вспомогательное оборудование	
8.3	Комплект мер моделей дефектов КМ0001. Госреестр № 68765-17 Меры моделей дефектов: ФВ 530-8.2-26 – мера моделей дефектов – фланцевая вставка,

	(диапазон воспроизведения толщины стенки меры от 10,4 до 18,1 мм, абсолютная погрешность воспроизведения толщины стенки меры $\pm 0,3$ мм); ФВ 720-8.2-27 – мера моделей дефектов – фланцевая вставка, (диапазон воспроизведения толщины стенки меры от 9,8 до 25,5 мм, абсолютная погрешность воспроизведения толщины стенки меры $\pm 0,3$ мм); ФВ 1220-8.2-44 – мера моделей дефектов – фланцевая вставка, (диапазон воспроизведения толщины стенки меры от 11,0 до 26,8 мм, абсолютная погрешность воспроизведения толщины стенки меры $\pm 0,3$ мм).
8.3	ФА 530-9.0-11 – фланцевая вставка, секция С530-462 – толщина стенки 6,0 мм
8.3	ФВ 720-8.2-28 – фланцевая вставка, секция Р0129-1 – толщина стенки 7,0 мм
8.4.3	Источник питания постоянного тока БП5-50 (далее источник питания) Номинальное выходное напряжение от 1 до 299 В. Нестабильность выходного напряжения $\pm 1\%$

4 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

Лица, допускаемые к проведению поверки, должны изучить устройство и принцип работы поверяемого дефектоскопа и средств поверки по эксплуатационной документации.

5 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

5.1 При подготовке и проведении поверки должно быть обеспечено соблюдение требований безопасности работы и эксплуатации для оборудования и персонала, проводящего поверку, в соответствии с приведенными требованиями безопасности в нормативно-технической и эксплуатационной документации на дефектоскопы и на средства поверки.

5.2 При проведении поверки должны соблюдаться требования ГОСТ 12.3.019-80 «Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности».

5.3 Освещенность рабочего места поверителя должна соответствовать требованиям Санитарных правил и норм СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

6 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки должны быть выполнены следующие условия:

- температура окружающей среды (20 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха, не более 80 %;
- атмосферное давление (100 ± 4) кПа.

Поверка по пунктам 8.3.5 – 8.3.6; 8.4.2.5 – 8.4.2.6 методики поверки допускается проводить при следующих климатических условиях:

- температура окружающей среды, (15 ± 30) °С;

7 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

7.1 Если дефектоскоп и средства поверки до начала измерений находились в климатических условиях, отличающихся от указанных в п. 6.1 методики поверки, то дефектоскоп нужно выдержать при этих условиях один час и средства поверки выдержать не менее часа, или времени, указанного в эксплуатационной документации.

7.2 Перед проведением поверки, средства поверки и дефектоскоп подготовить к работе в соответствии с руководством по эксплуатации средств поверки и руководством по эксплуатации дефектоскопов (РЭ).

8 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

8.1 Внешний осмотр

8.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- комплектность дефектоскопа в соответствии с РЭ;
- отсутствие явных механических повреждений дефектоскопа и его составных частей;
- наличие маркировки дефектоскопа в соответствии с РЭ.

8.1.2 Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если дефектоскоп соответствует требованиям, приведенным в пункте 8.1.1 методики поверки.

8.2 Идентификация ПО

8.2.1 Подключить компьютер к дефектоскопу согласно РЭ.

8.2.2 Включить дефектоскоп согласно РЭ.

8.2.3 На компьютере загрузить программу «Терминал внутритрубного дефектоскопа универсальный» с помощью соответствующего ярлыка.

8.2.4 В появившемся окне выберите «Новая инспекция» и нажмите кнопку «Да».

8.2.5 Откроется окно «Выберите прибор», в этом окне необходимо выбрать исполнение, типоразмер и заводской номер дефектоскопа и нажать кнопку «Начать» (Рисунок 1).

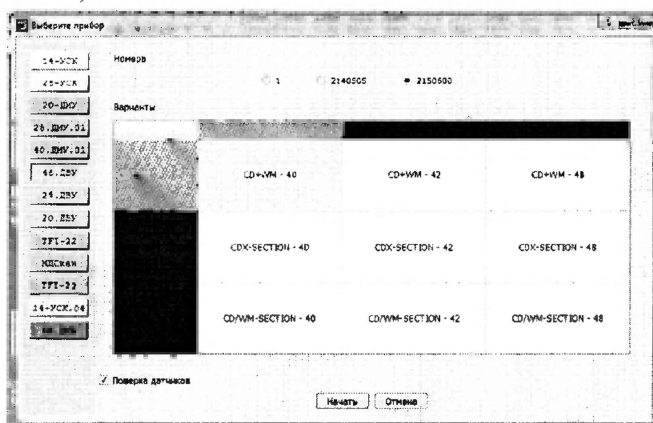


Рисунок 1 – Окно выбора дефектоскопа

8.2.6 В следующих открывшихся окнах заполнить параметры инспекции и нажать кнопку «Далее».

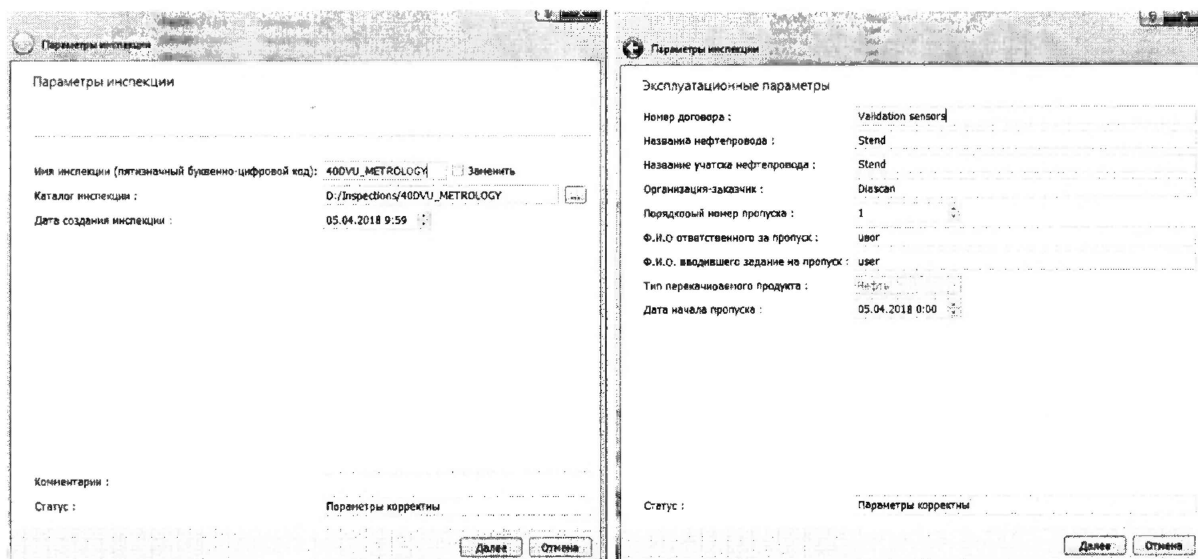


Рисунок 2 – Окна «Параметры инспекции»

- 8.2.7 В меню «Помощь» выбрать «О программе»
- 8.2.8 В отрывшемся окне прочитать название и номер версии ПО.
- 8.2.9 На компьютере загрузить программу «UniScan» с помощью соответствующего ярлыка.
- 8.2.10 В меню «Помощь» выбрать «О программе»
- 8.2.11 В отрывшемся окне прочитать название и номер версии ПО.
- 8.2.12 Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО дефектоскопа соответствуют значениям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3 – Идентификационные данные ПО дефектоскопа

Идентификационные данные (признаки)	Значение	
	Идентификационное наименование ПО	Терминал внутритрубного дефектоскопа универсальный
Номер версии (идентификационный номер) ПО	22.0592.34 и выше	6.6.8261.1 и выше
Цифровой идентификатор ПО	—	—

8.3 Опробование

- 8.3.1 Установить меру из комплекта мер моделей дефектов KM0001 или фланцевую вставку из состава полигона АО «Транснефть–Диаскан» на полигоне АО «Транснефть – Диаскан» в соответствии с таблицей 4.

Таблица 4 – Соответствие дефектоскопов мерам моделей дефектов из комплекта мер КМ0001, стандам и фланцевым вставкам.

Обозначение исполнения	Заводские номера	Типоразмер (диаметр)		Наименование меры или вставки	Наименование секции
		мм	дюйм		
20-ДВУ.00-00.000	2160220	530	20	ФА530-9.0-11	C530-462
				ФВ 530-8.2-26	P0134
					P0166
28-ДВУ.00-00.000	2150593 2160200	720	28	ФВ 720-8.2-28	P0129-1
				ФВ 720-8.2-27	P0141
					P0160
40-ДВУ.00-00.000	2140505 21506000	1220	48	ФВ 1220-8.2-44	P0144
					P0142
					P0217

8.3.2 При использовании во время поверки в качестве компаратора фланцевой вставки из состава полигона АО «Транснефть–Диаскан» произвести измерение толщины стенки секций, указанных в таблице 4 с помощью толщиномера, согласно его руководства по эксплуатации и измерить расстояние от начала вставки до модели дефектов (МД) или сварного шва секции, указанных в таблице 4 с помощью дальномера, согласно его руководства по эксплуатации.

8.3.3 Измерения толщины стенки секции фланцевой вставки повторить по пять раз в пяти произвольных точках секции и измерения расстояния от начала вставки до МД или сварного шва секции повторить пять раз. При наличии защитного покрытия с помощью наждачной бумаги или других аналогичных средств, произвести зачистку точек перед проведением измерений толщины стенки фланцевой вставки толщиномером.

8.3.4 Вычислить среднее арифметическое толщины стенки фланцевой вставки во всех измеренных точках и расстояния от начала фланцевой вставки до МД или сварного шва секции.

8.3.5 Все работы по установке меры из комплекта мер моделей дефектов КМ0001 или фланцевой вставки на полигоне АО «Транснефть–Диаскан», запасовке, запуску, сопровождению, приему, извлечению и обслуживанию дефектоскопа производится сотрудниками АО «Транснефть–Диаскан» согласно должностных инструкций и руководящих документов по выполняемым видам работ.

8.3.6 Три раза провести измерения дефектоскопом толщины стенки секций и расстояния от начала фланцевой вставки до МД или сварного шва секции, указанных в таблице 4.

8.3.7 Дальнейшая обработка результатов измерений производится в программе интерпретации данных внутритрубных инспекционных приборов «UniScan» RU.18024722.00050 (далее «UniScan») из состава полигона АО «Транснефть–Диаскан».

8.3.8 Запустить программу интерпретации «UniScan».

8.3.9 В программе интерпретации «UniScan» открыть прогон. Для этого необходимо в пункте «Файл» главного меню выбрать пункт «Открыть основной прогон по коду» или нажать кнопку, расположенную на главной панели инструментов.

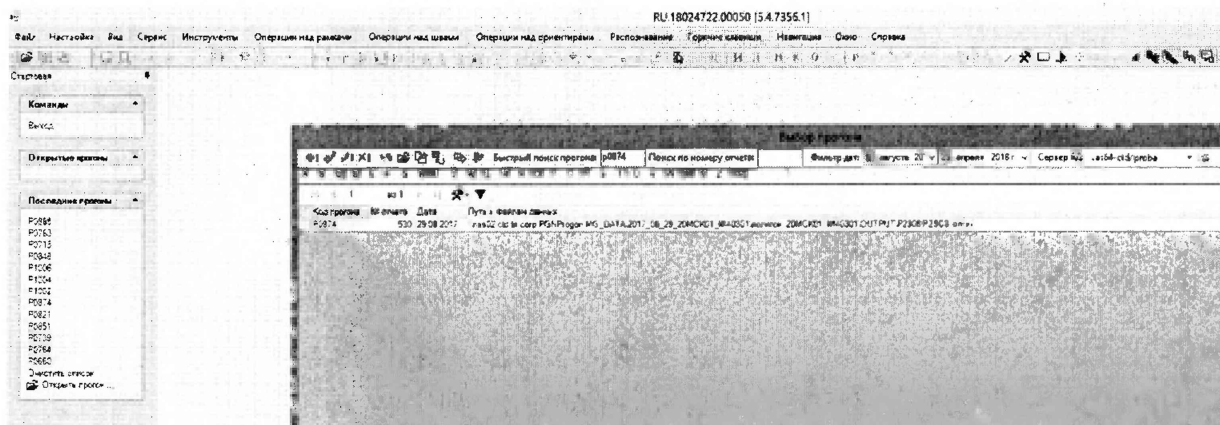


Рисунок 3 – Главный экран программы интерпретации «UniScan»

8.3.10 Для установки маркеров «сварных швов» необходимо включить режим редактирования «сварных швов» (Рисунок 4).

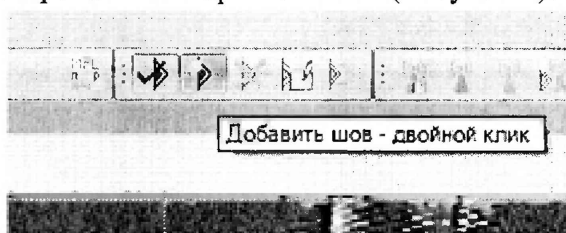


Рисунок 4 – Режим редактирования «сварных швов»

8.3.11 Расставить на сварных швах маркеры «сварных швов» или использовать ранее установленные.

8.3.12 Подключить xml-файл с входными параметрами расчета, полученный при прогоне дефектоскопа по полигону, согласно рисунка 5.

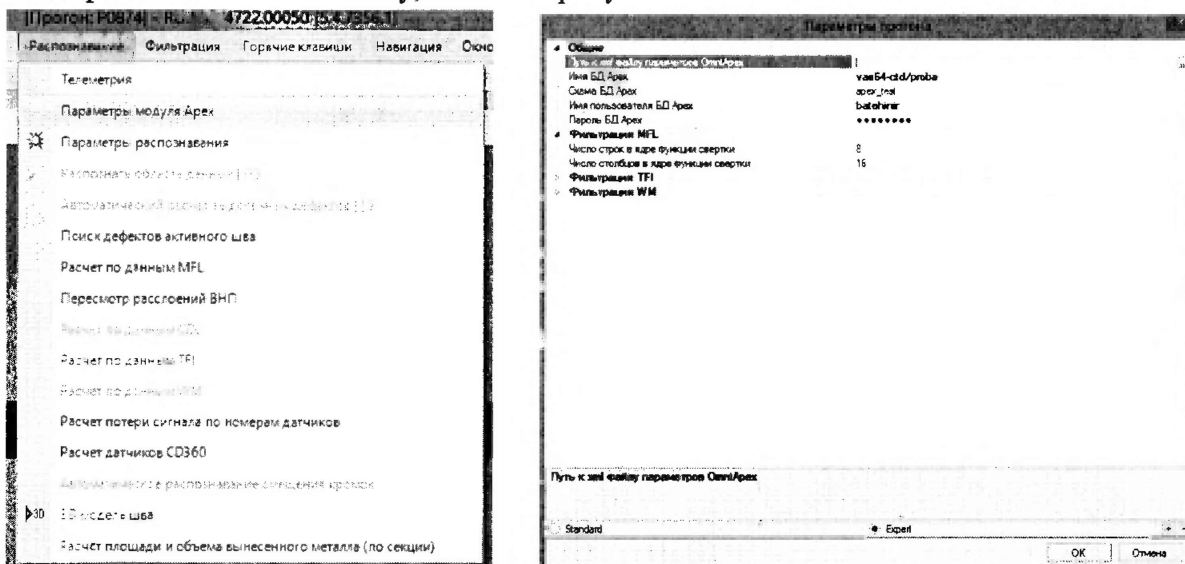


Рисунок 5 – Подключение файлов

8.3.13 Расчет толщины стенки трубы выполняется утилитой «Расчет толщины стенки трубы». Вызов данной утилиты производится из пункта «Сервис» главного меню, пункт «Расчет стенки трубы» (рисунок 6).

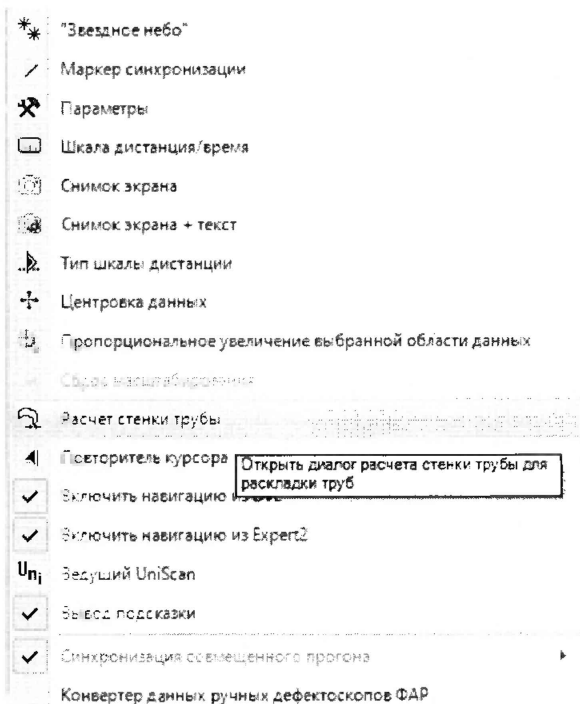


Рисунок 6 – Расчет толщины стенки трубы

8.3.14 В открывшемся окне нажать кнопку «Расчитать» (Рисунок 7).

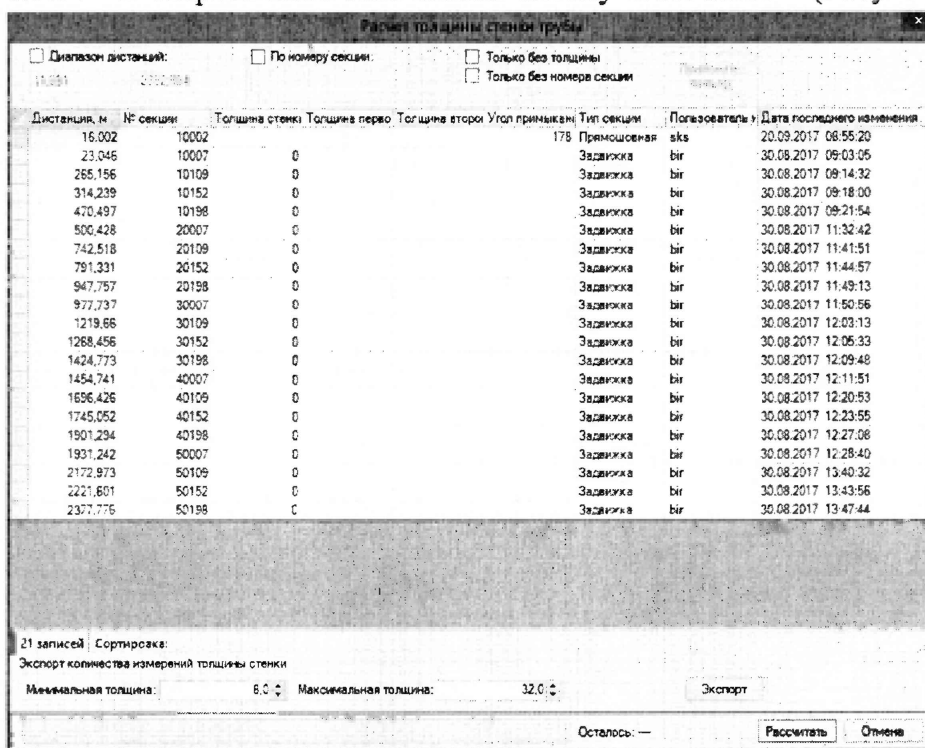


Рисунок 7 – Окно расчета толщины стенки

8.3.15 После расчета зайти в редактор шва двойным нажатием на маркер шва (Рисунок 8).

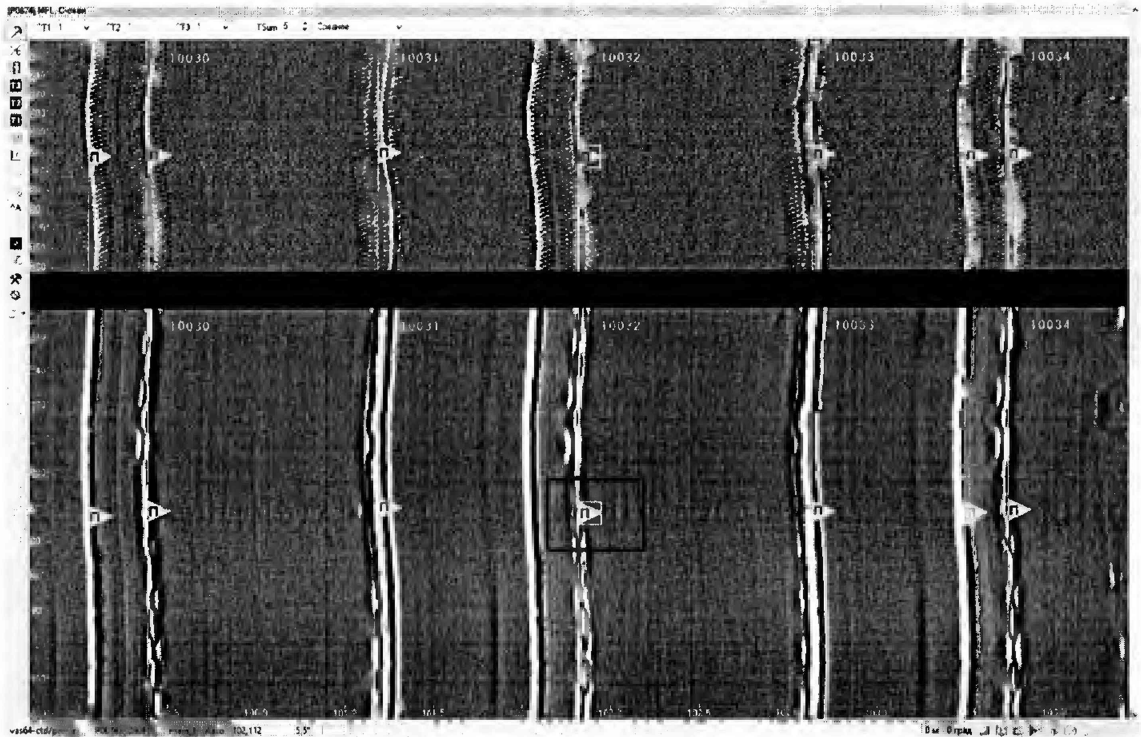


Рисунок 8 – Редактор шва

8.3.16 При наведении курсора мыши на маркер шва появляется подсказка, в которой выводится значение средней толщины стенки.

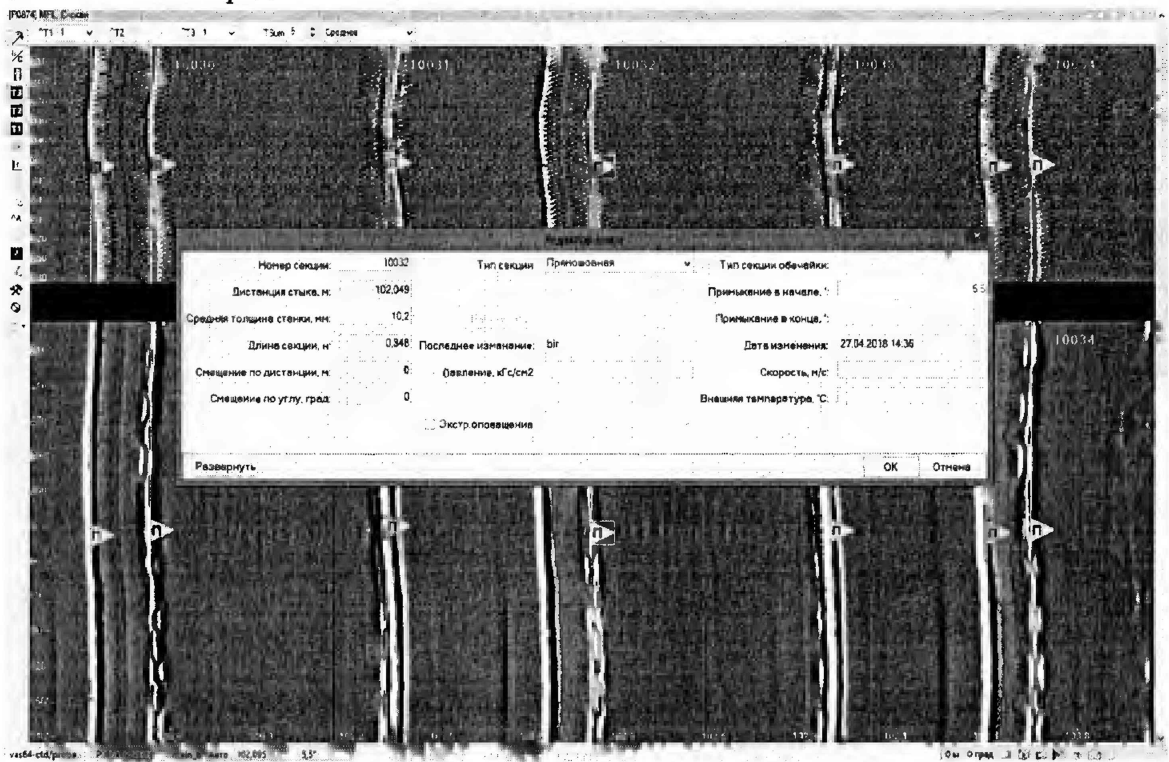


Рисунок 9 – Средняя толщина трубной секции.

8.3.17 На основании данных, полученных в результате выполнения п.п. 8.3.5 – 8.3.16 записать в протокол результаты измерений дефектоскопом толщины стенки секции меры или фланцевой вставки ультразвуковым (УЗ) методом и измерений расстояния от начала меры или фланцевой вставки до сварного шва или МД.

8.3.18 Рассчитать среднее арифметическое значение результатов измерений дефектоскопом толщины стенки секции меры или фланцевой вставки.

8.3.19 Рассчитать отклонение измерений толщины стенки меры или фланцевой вставки УЗ методом по формуле:

$$H_{УЗоткл} = H_{изм} - H_{ном}, \quad (1)$$

где $H_{изм}$ – среднее арифметическое значение измерений дефектоскопом толщины стенки меры или фланцевой вставки УЗ методом, мм;

$H_{ном}$ – действительное значение толщины стенки секции меры, взятое из свидетельства о поверке или среднее значение толщины стенки фланцевой вставки, измеренное в п.п. 8.3.2 – 8.3.4, мм.

8.3.20 Рассчитать отклонение измерений расстояния от начала меры или фланцевой вставки до сварного шва или МД:

$$L_{откл} = L_{изм} - L_{ном}, \quad (2)$$

где $L_{изм}$ – среднее арифметическое значение измерений дефектоскопом расстояния от начала меры или фланцевой вставки до сварного шва или МД, мм;

$L_{ном}$ – действительное значение расстояния от начала меры до МД, взятое из свидетельства о поверке или фланцевой вставки до сварного шва или МД, измеренное в п.п. 8.3.2 – 8.3.4, мм.

8.3.21 Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если выявляются все имеющиеся на мере или фланцевой вставке дефекты и сварные швы; рассчитанное значение отклонения измерений толщины стенки меры или фланцевой вставки ультразвуковым (УЗ) методом не должно превышать $\pm 0,3$ мм; рассчитанное значение отклонения измерений расстояния от начала меры или фланцевой вставки до сварного шва или МД не должно $\pm (34+0,0083 \cdot L)$, где L – измеренная координата дефекта (вдоль оси трубы), мм.

8.4 Определение метрологических характеристик

8.4.1 Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений координат дефекта (вдоль оси трубы)

8.4.1.1 Определение диапазона измерений координат дефекта выполняется методом сличения с помощью компаратора. В качестве компаратора выступает колесо одометра, которое предварительно измеряется штангенциркулем десять раз.

8.4.1.2 Вычислить среднее арифметическое диаметра колеса одометра по десяти измерениям:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (3)$$

где x_i – i -й результат измерения, мм;

n – количество измерений.

8.4.1.3 Вычислить среднее квадратическое отклонение (СКО) результата десяти измерений диаметра колеса одометра по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{d})^2}{n-1}}, \quad (4)$$

где x_i – i -й результат измерения диаметра колеса одометра, мм;

\bar{d} – среднее арифметическое значение измерений диаметра колеса одометра, мм;
 n – количество измерений.

8.4.1.4 Проверить наличие грубых погрешностей и, при необходимости, исключить их. Для этого вычислить критерии Граббса G_1, G_2 :

$$G_1 = \frac{|x_{max} - \bar{d}|}{S} \quad G_2 = \frac{|\bar{d} - x_{min}|}{S} \quad (5)$$

где x_{max} – максимальное значение результата измерений диаметра колеса одометра, мм;
 x_{min} – минимальное значение результата измерений диаметра колеса одометра, мм.

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

Если количество оставшихся результатов измерений стало меньше десяти, повторить п. 8.4.1.1 – 8.4.1.3, чтобы количество измерений без грубых погрешностей оставалось равным десяти.

8.4.1.5 Вычислить СКО среднего арифметического диаметра колеса одометра по формуле:

$$S_x = \frac{S}{\sqrt{n}}, \quad (6)$$

где S – СКО результата десяти измерений диаметра колеса одометра, мм;
 n – количество измерений диаметра колеса одометра.

8.4.1.6 Вычислить доверительные границы ε , мм, случайной погрешности оценки диаметра колеса одометра при $P=0,95$:

$$\varepsilon = 2,262 \cdot S_x, \quad (7)$$

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

S_x – СКО среднего арифметического диаметра колеса одометра, мм.

8.4.1.7 Рассчитать значение СКО неисключенной систематической погрешности (НСП) S_Θ , мм, серии измерений диаметра колеса одометра по формуле:

$$S_\Theta = \frac{\Theta_\Sigma}{\sqrt{3}}, \quad (8)$$

где Θ_Σ – абсолютная погрешность штангенциркуля, взятая из свидетельства о поверки, мм.

8.4.1.8 Вычислить суммарное среднее квадратическое отклонение оценки диаметра колеса одометра по формуле:

$$S_\Sigma = \sqrt{S_\Theta^2 + S_x^2}, \quad (9)$$

где S_Θ – среднее квадратическое отклонение НСП серии измерений диаметра колеса одометра, мм;

S_x – СКО среднего арифметического диаметра колеса одометра, мм.

8.4.1.9 Рассчитать значение абсолютной погрешности Δ , мм, серии измерений диаметра колеса одометра по формуле:

$$\Delta = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (10)$$

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

$$K = \frac{\varepsilon + \Theta_{\Sigma}}{S_x + S_{\Theta}}, \quad (11)$$

где ε – доверительные границы случайной погрешности оценки диаметра колеса одометра, мм;

Θ_{Σ} – абсолютная погрешность штангенциркуля, взятая из свидетельства о поверки, мм;

S_x – СКО среднего арифметического диаметра колеса одометра, мм;

S_{Θ} – среднее квадратическое отклонение НСП серии измерений диаметра колеса одометра.

8.4.1.10 Рассчитать длину окружности $l_{окр}$, мм, колеса одометра по формуле:

$$l_{окр} = \pi \cdot \bar{d}, \quad (12)$$

где \bar{d} – среднее арифметическое значение результата измерения диаметра колеса одометра, мм.

8.4.1.11 Для проведения сличения на подключенном к дефектоскопу компьютере запустите программу «Терминал внутритрубного дефектоскопа универсальный».

8.4.1.12 В появившемся окне выберите «Новая инспекция» и нажмите кнопку «Да»

8.4.1.13 Откроется окно «Выберите прибор», в этом окне необходимо выбрать исполнение, типоразмер и заводской номер дефектоскопа и нажать кнопку «Начать» (Рисунок 1).

8.4.1.14 В следующих открывшихся окнах заполнить параметры инспекции и нажать кнопку «Далее».

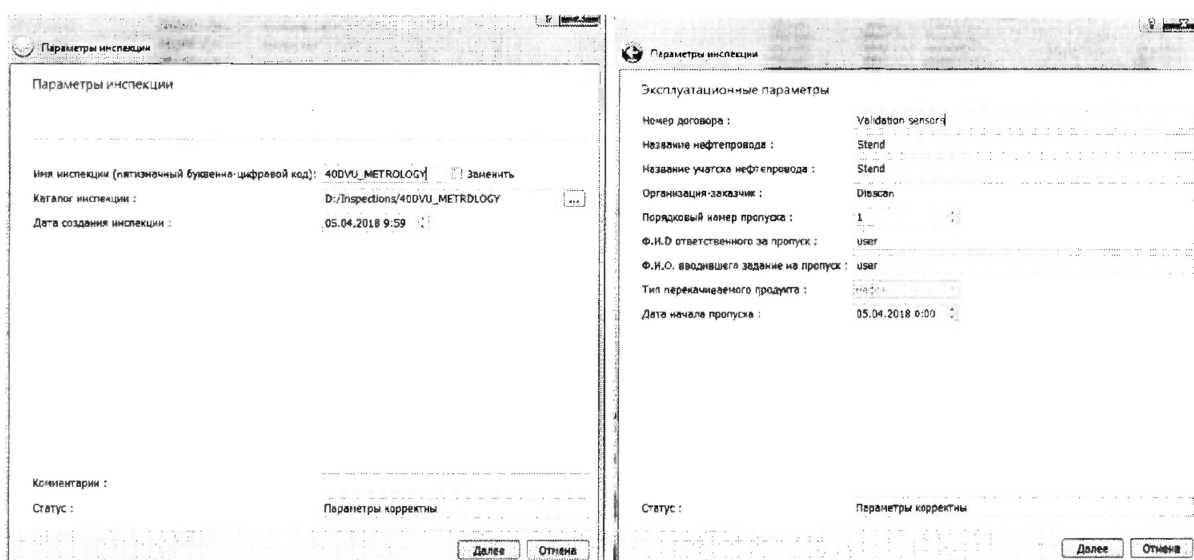


Рисунок 10 – Окна «Параметры инспекции»

8.4.1.15 В следующем открывшемся окне проверить правильность значений внесенных диаметров колес одометров, при необходимости произведите корректировку, согласно измеренных значений в пункте 8.4.1.2 (Рисунок 11) и нажать кнопку «Завершить».



Рисунок 11 – Значения диаметров колес одометра

8.4.1.16 В открывшемся окне в области «Одометры» прочитайте текущее показание пройденной дистанции (Рисунок 12).

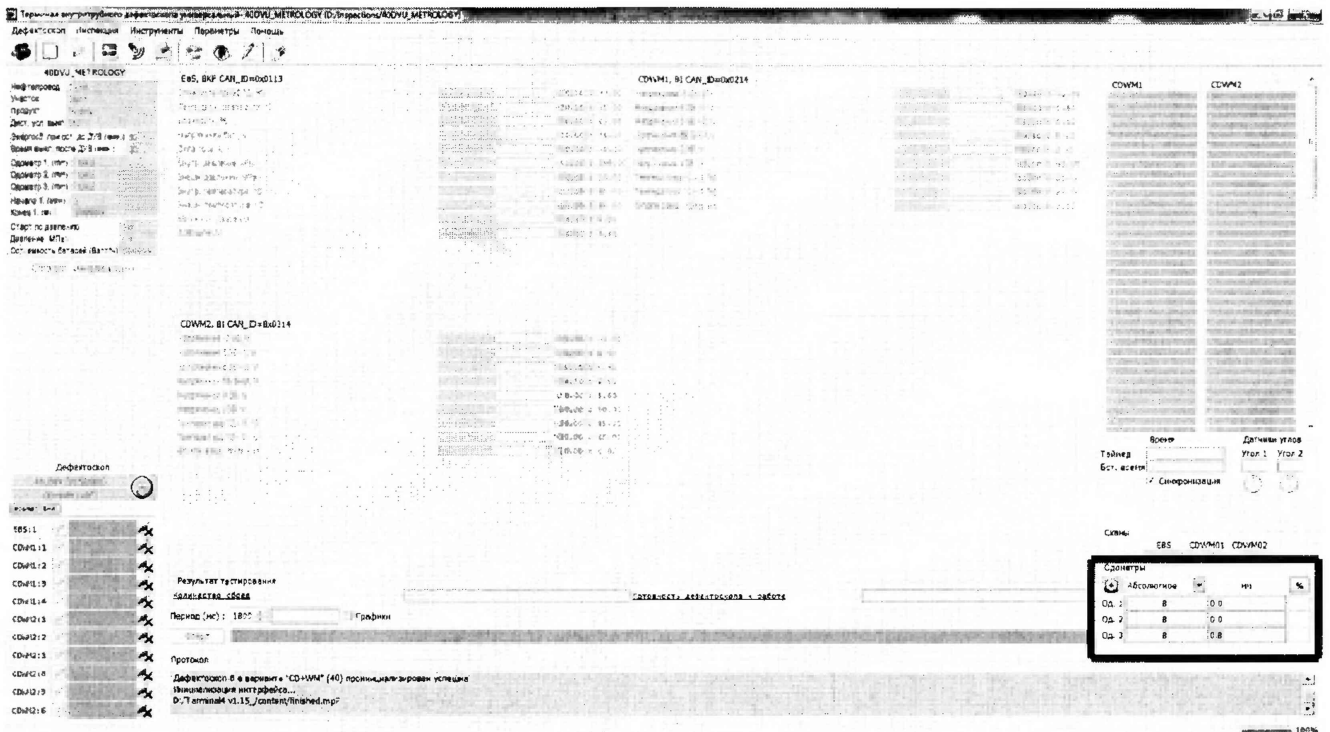


Рисунок 12 – Текущее показание пройденной дистанции колесом одометра.

8.4.1.17 В качестве нижней границы диапазона измерений координат дефекта принимается значение длины окружности колеса одометра, которое соответствует одному полному обороту колеса одометра. Для этого соединить риску, нанесенную на колесе с риской, нанесенной на держателе диаметра колеса одометра. И совершить один полный оборот до момента, когда риски снова сойдутся на одном уровне. Записать полученное значение $l_{окрpk}$, мм, в таблицу 5:

Таблица 5 – Значение пройденной дистанции

Количество оборотов колеса одометра (нк)	Рассчитанное значение расстояния ($n_k \cdot l_{ок}$), мм	Измеренное значение расстояния ($l_{окрнк}$), мм	Отклонение от номинального значения ($\Delta l_{нк}$), мм
1			
2			
3			
4			
5			
10			
20			
30			
40			
50			
максимальное			

8.4.1.18 Повторить измерения согласно п.п. 8.4.1.16 – 8.4.1.17 для количества оборотов (n_k) 2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, 50 и количества оборотов, необходимое для прохождения расстояния 18000 мм. И рассчитать отклонения от рассчитанных значений координат дефекта (вдоль оси трубы) $\Delta l_{нк}$, мм, для каждого измерения по формуле:

$$\Delta l_{нк} = n_k \cdot l_{окр} - l_{окрнк}, \quad (13)$$

8.4.1.19 Рассчитать допускаемую абсолютную погрешность измерений координат дефекта (вдоль оси трубы) по формуле:

$$\Delta L_{нк} = \sqrt{\Delta l_{нк}^2 + \Delta^2}, \quad (14)$$

где $\Delta l_{нк}$ – отклонение от рассчитанного значения координаты дефекта (вдоль оси трубы), мм;

Δ – рассчитанная по формуле (10) погрешность измерений диаметра колеса одометра, мм

8.4.1.20 Повторить пункты 8.4.1.1 – 8.4.1.19 для всех колес одометров, входящих в комплект поставки дефектоскопа.

8.4.1.21 Дефектоскопы считаются прошедшими операцию поверки с положительным результатом, если результаты измерений соответствуют таблице 6:

Таблица 6 – Значение результатов измерений

Наименование параметра	Типоразмеры		Значение параметра
	мм	дюйм	
Диапазоны измерений координат дефекта (вдоль оси трубы) для модификаций дефектоскопов, мм: • 20-ДВУ.00-00.000;	530	20	от 282 до 18000
	720	28	
• 28-ДВУ.00-00.000;	820	32	от 423 до 18000
	1020	40	
• 40-ДВУ.00-00.000.	1067	42	от 423 до 18000
	1220	48	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений координат дефекта (вдоль оси трубы), мм			$\pm (34+0,0083 \cdot L)$, где L – измеренная координата дефекта (вдоль оси трубы), мм

8.4.2 Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений

толщины стенки трубопровода ультразвуковым (УЗ) методом

8.4.2.1 Определение диапазона измерений толщины стенки трубопровода УЗ методом выполняется на мерах из комплекта мер ультразвуковой толщины КМТ 176М-1 для выборки 25 % каналов от максимального типоразмера дефектоскопа, согласно ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007 и по результатам измерений проводится расчет абсолютной погрешности измерений толщины стенки трубопровода УЗ методом.

8.4.2.2 Подключить питание к дефектоскопу согласно РЭ.

8.4.2.3 Подключить компьютер к дефектоскопу и запустить программу «Терминал внутритрубного дефектоскопа универсальный» с помощью соответствующего ярлыка.

8.4.2.4 В появившемся окне выберите «Новая инспекция» и нажмите кнопку «Да»

8.4.2.5 Откроется окно «Выберите прибор». Галочка в поле «Проверка датчиков» должна отсутствовать. В этом окне необходимо выбрать исполнение, типоразмер и заводской номер дефектоскопа и нажмите кнопку «Начать» (Рисунок 1).

8.4.2.6 Повторить пункты 8.4.1.15 – 8.4.1.16 методики поверки.

8.4.2.7 В результате загрузится основное окно программы (Рисунок 13).



Рисунок 13 – Основное окно ПО «Терминал внутритрубного дефектоскопа универсальный»

8.4.2.8 В меню «Дефектоскоп» выбрать «Датчики» (Рисунок 14).

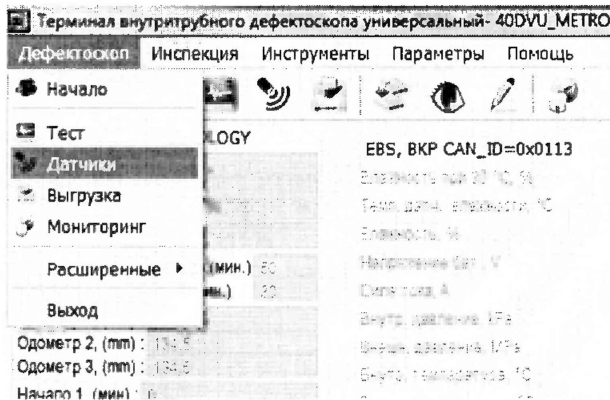



Рисунок 14 – Меню ПО

8.4.2.9 Для согласования дефектоскопа с ПО нажмите кнопку  в поле «Дефектоскоп». В результате должны отметиться зелеными галочками все подключенные блоки (Рисунок 15).

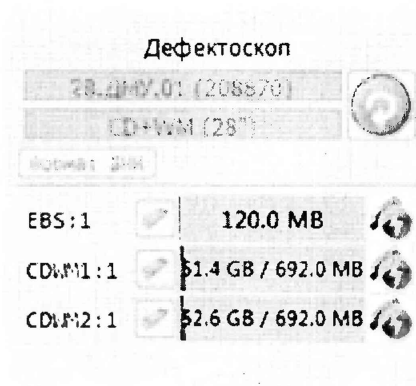


Рисунок 15 – Соединение дефектоскопа и ПО

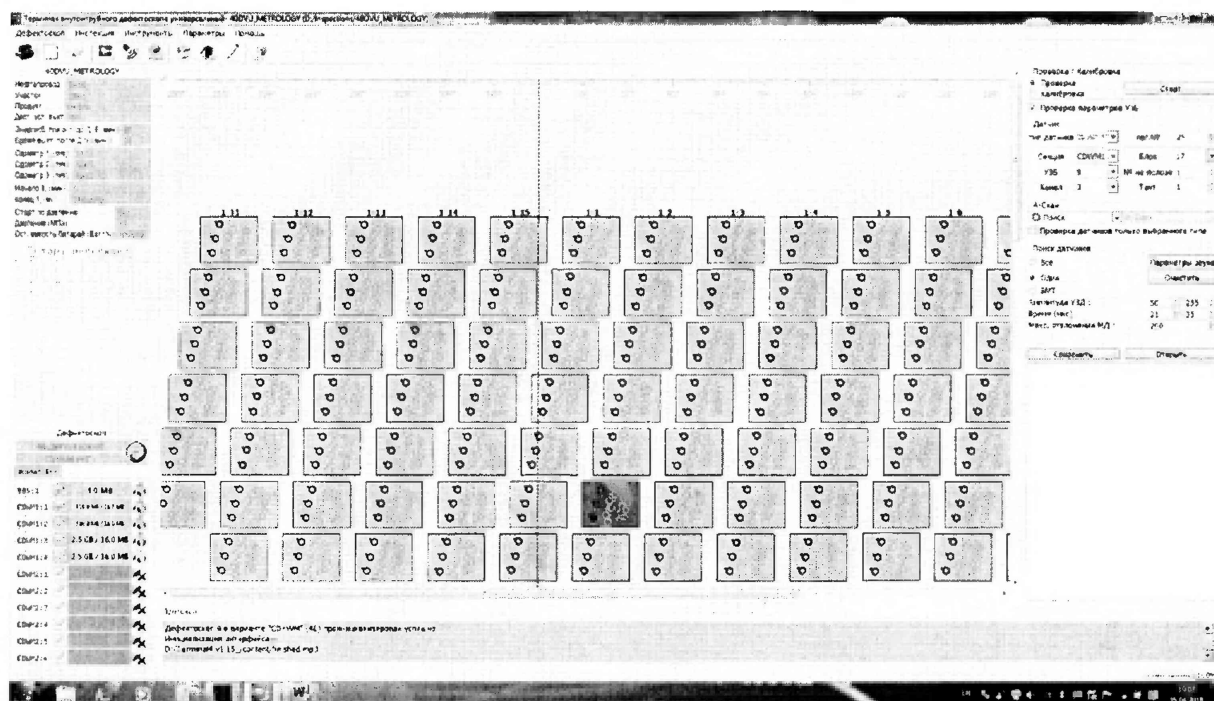


Рисунок 16 – Окно поверки датчиков

8.4.2.10 Запустить окно «Параметры УЗБ (коэффициенты усиления)» из меню «Дефектоскопы» / «Расширенные».

8.4.2.11 В таблице с параметрами ультразвуковых блоков (УЗБ) изменить параметр начала развертки WM-BLWT на 30 и нажать клавишу «Запись».

8.4.2.12 В появившемся окне нажать кнопку «Запись».

8.4.2.13 После записи параметров необходимо отключить и снова включить питание дефектоскопа.

8.4.2.14 Установить режим «Проверка» и включить питание ультразвуковых блоков, нажав на кнопку «Старт» (Рисунок 17). Галочку возле параметра «Проверка параметров УЗБ» должна быть выставлена при первом запуске, при повторных перезапусках можно снимать.

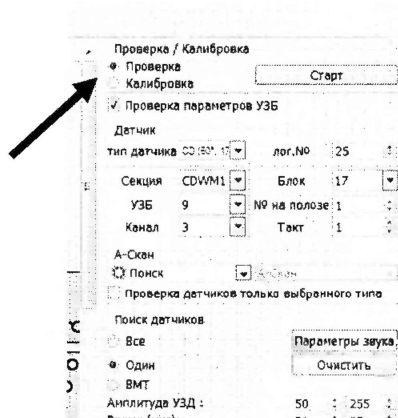


Рисунок 17 – Режим «Проверка»

8.4.2.15 В поле «А-Скан» из всплывающего меню выбрать вкладку «Поиск» (Рисунок 18).

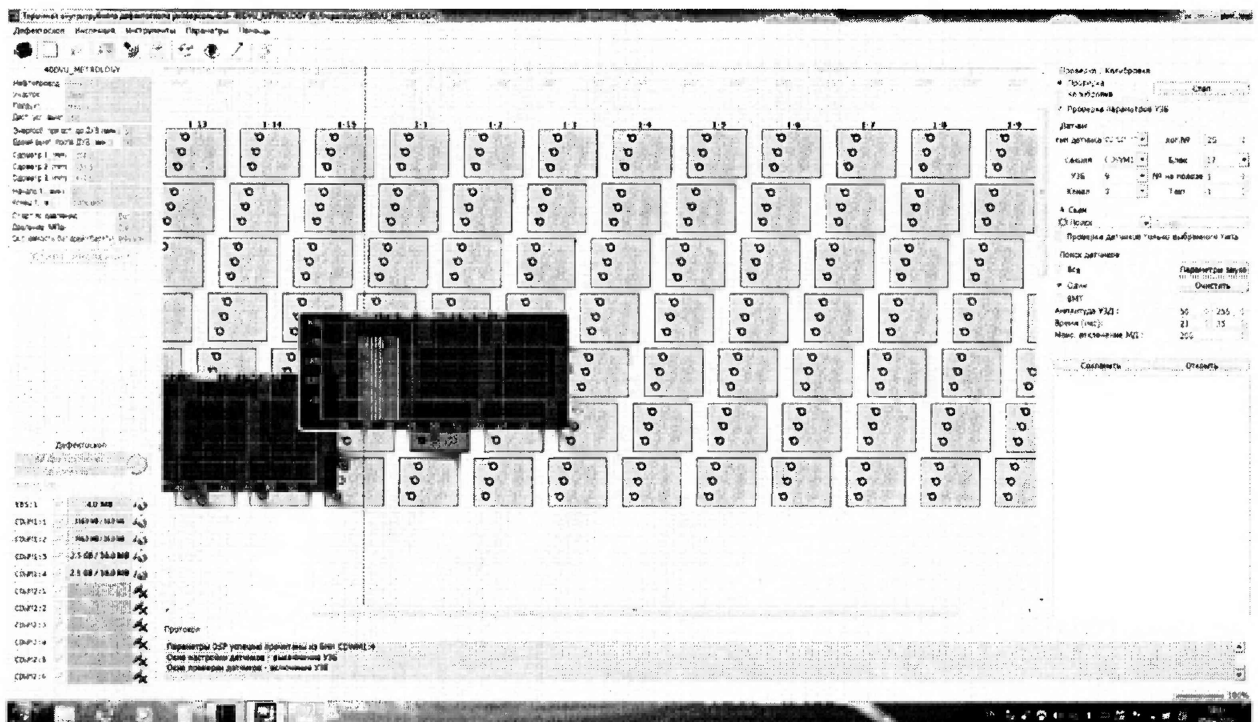


Рисунок 18 – Датчики.

8.4.2.16 Проведите проверку работоспособности всех преобразователей с помощью «Калибра WM ПрДС 112.00.00.00», входящего в комплект поставки дефектоскопа (рисунок 19), прикладывая последовательно калибр ко всем преобразователям получите ответ от всех преобразователей на экране компьютера. В случае отсутствия ответа от преобразователя произведите замену датчика согласно РЭ.

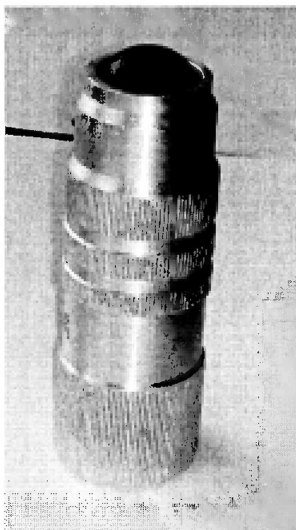


Рисунок 19 – Калибр WM ПрДС 112.00.00.00

8.4.2.17 Для конкретного исполнения выбрать максимальный типоразмер дефектоскопа. Выбрать 25 % преобразователей от общего количества, согласно ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007, равномерно распределенных по дефектоскопу. Снять их с полоза дефектоскопа согласно РЭ на дефектоскоп.

8.4.2.18 Установите в приспособление для УЗК (Приложение Б) меру из комплекта мер ультразвуковой толщины КМТ 176 М - 1 (мера КМТ), из середины диапазона измерений толщины стенки и снятый преобразователь.

8.4.2.19 Приспособление для УЗК необходимо заполнить жидкостью (в качестве жидкости использовать водопроводную воду, отстоянную не менее 48 часов) и выпустить все пузырьки воздуха. Для удобства приспособление можно погрузить в иммерсионную ванну с жидкостью, так чтобы жидкость полностью закрывала приспособление.

8.4.2.20 Проведите калибровку скорости распространения ультразвуковой волны в материале, проведя последовательно несколько измерений, при этом изменяя значения параметра «Скорость продольной волны (WM):» в поле «Калибровка» таким образом, чтобы измеренное значение толщины соответствовало истинному значению толщины меры КМТ, взятое из свидетельства о поверки.

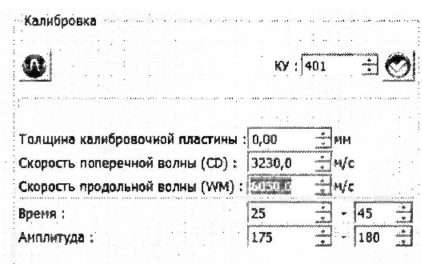


Рисунок 20 – Регулировка скорости распространения ультразвуковой волны в материале

8.4.2.21 Установите в приспособление для УЗК меру КМТ, соответствующую началу диапазона измерений толщины стенки УЗ методом.

8.4.2.22 Приспособление для УЗК снова необходимо заполнить жидкостью и выпустить все пузырьки воздуха.

8.4.2.23 Произведите пять измерений толщины меры КМТ.

8.4.2.24 Рассчитать среднее арифметическое значение результатов измерений дефектоскопом толщины меры КМТ $\overline{H_{КМТ}}$, мм.

8.4.2.25 Повторить пункты 8.4.2.21 – 8.4.2.24 для мер КМТ, соответствующих середине и концу диапазона измерений толщины стенки УЗ методом, исключая меру на которой происходила калибровка скорости распространения ультразвуковой волны в материале.

8.4.2.26 Повторить пункты 8.4.2.21 – 8.4.2.25 для всех выбранных преобразователей.

8.4.2.27 Рассчитать абсолютную погрешность измерений толщины стенки УЗ методом по формуле:

$$\Delta = \overline{H_{КМТ}} - H_{ном}, \quad (15)$$

где $\overline{H_{КМТ}}$ – среднее арифметическое измерений толщины меры КМТ, мм

$H_{ном}$ – действительное значение толщины меры КМТ, взятое из свидетельства о поверке, мм

8.4.2.28 Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если диапазон измерений толщины стенки трубопроводов УЗ методом составляет от 3 до 30 мм, а рассчитанные значения допустимой абсолютной погрешности не превышает значений $\pm 0,3$ мм.

8.4.3 Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений времени отражения эхо-сигнала

8.4.3.1 Определение диапазона измерений времени отражения эхо-сигнала выполняется для выборки 25 % каналов от максимального типоразмера дефектоскопа, согласно ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007 и по результатам измерений производится расчет абсолютной погрешности измерений времени отражения эхо-сигнала.

8.4.3.2 Собрать схему, приведенную на рисунке 21.

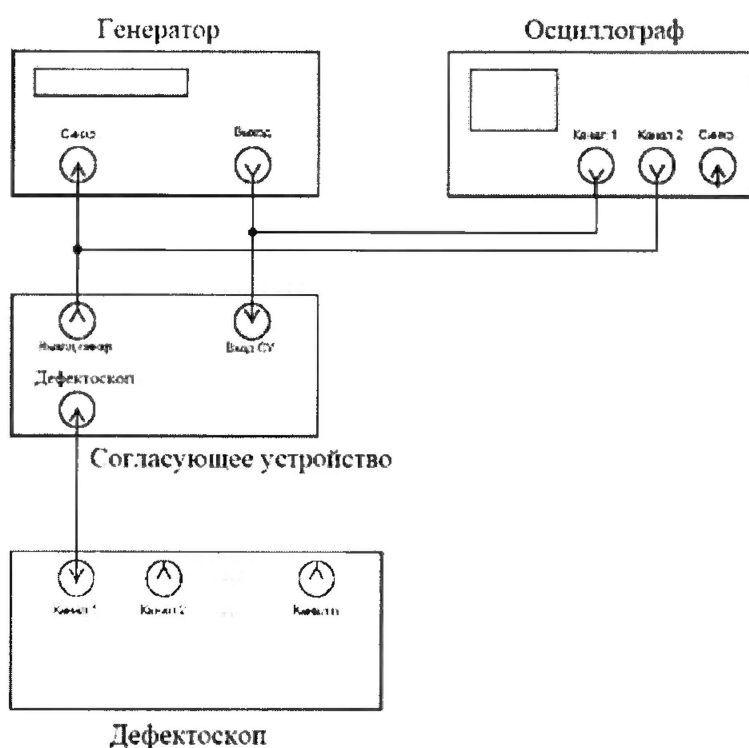


Рисунок 21 – Схема подключения для измерений времени отражения эхо-сигнала

8.4.3.3 Согласно устройству (Приложение В) подключить к источнику питания и подать на него постоянное напряжение 3,3 В.

8.4.3.4 На генераторе установить следующие настройки:

- синусоидальный сигнал;
- режим пачка;
- синхронизация внешняя;
- количество циклов один;
- задержка T_d : 17 мкс;
- частота: 3 МГц;
- амплитуда выходного сигнала: 1 В.

8.4.3.5 Подключить питание к дефектоскопу согласно РЭ.

8.4.3.6 Подключить компьютер к дефектоскопу и запустить программу «Терминал внутритрубного дефектоскопа универсальный».

8.4.3.7 В появившемся окне выберите «Новая инспекция» и нажмите кнопку «Да»

8.4.3.8 Откроется окно «Выберите прибор». Галочка в поле «Поверка датчиков» должна отсутствовать. В этом окне необходимо выбрать исполнение, типоразмер и заводской номер дефектоскопа и нажмите кнопку «Начать» (Рисунок 22).

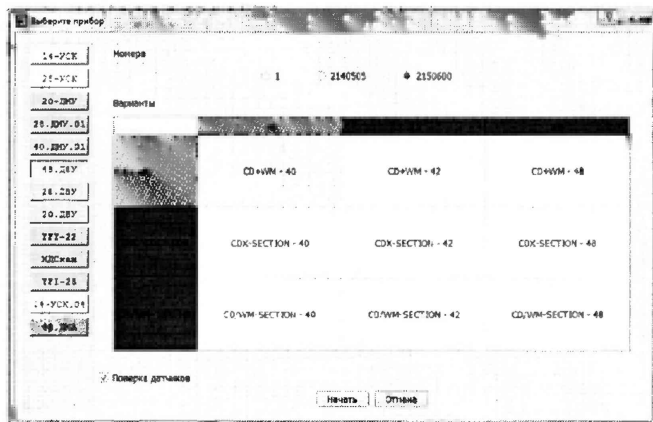



Рисунок 22 – Окно выбора дефектоскопа

8.4.3.9 Повторить пункты 8.4.1.14 – 8.4.1.15 методики поверки и запустится основное окно программы (Рисунок 23).

8.4.3.10 Для соединения дефектоскопа с ПО нажмите кнопку  в поле «Дефектоскоп». В результате должны отметиться зелеными галочками все подключенные блоки (Рисунок 24).

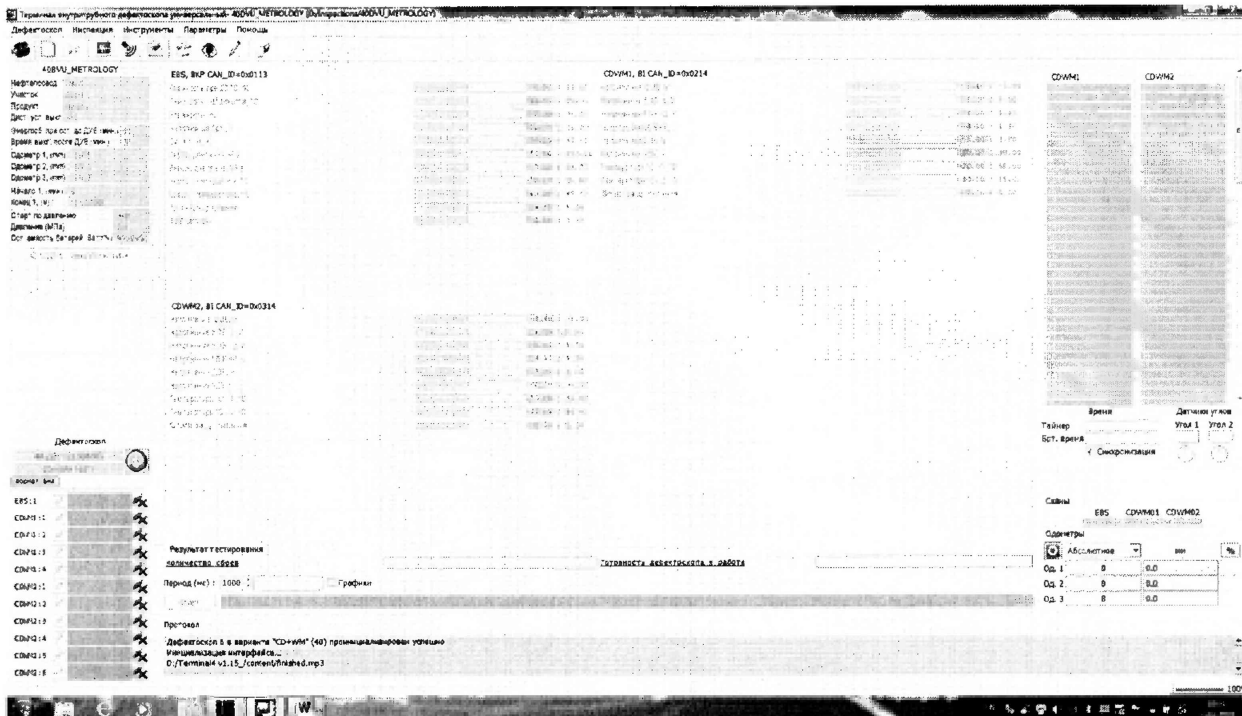


Рисунок 23 – Основное окно ПО «Терминал внутритрубного дефектоскопа универсальный»

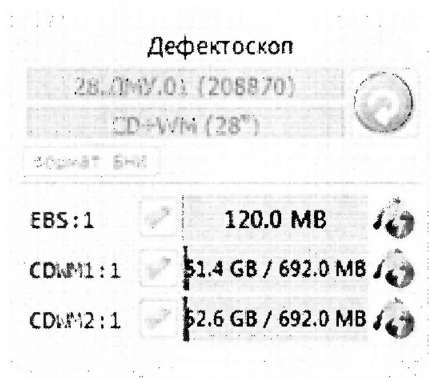


Рисунок 24 – Соединение дефектоскопа и ПО

8.4.3.11 Запустить окно «Параметры УЗБ (коэффициенты усиления)» из меню «Дефектоскопы» / «Расширенные».

8.4.3.12 В появившемся окне нажать кнопку «Запись».

8.4.3.13 После записи параметров необходимо отключить и снова включить питание дефектоскопа.

8.4.3.14 Контролируя на осциллографе напряжение на синхровходе генератора подать сигнал с генератора.

8.4.3.15 В поле «А-Скан» из всплывающего меню выбрать вкладку «Поиск». Дефектоскоп найдет датчик на который подается сигнал с генератора.левой клавишей мыши ткнуть на него. При необходимости изменить параметр «Время (мкс):» на диапазон от 0 до 35 в поле «Поиск датчиков».

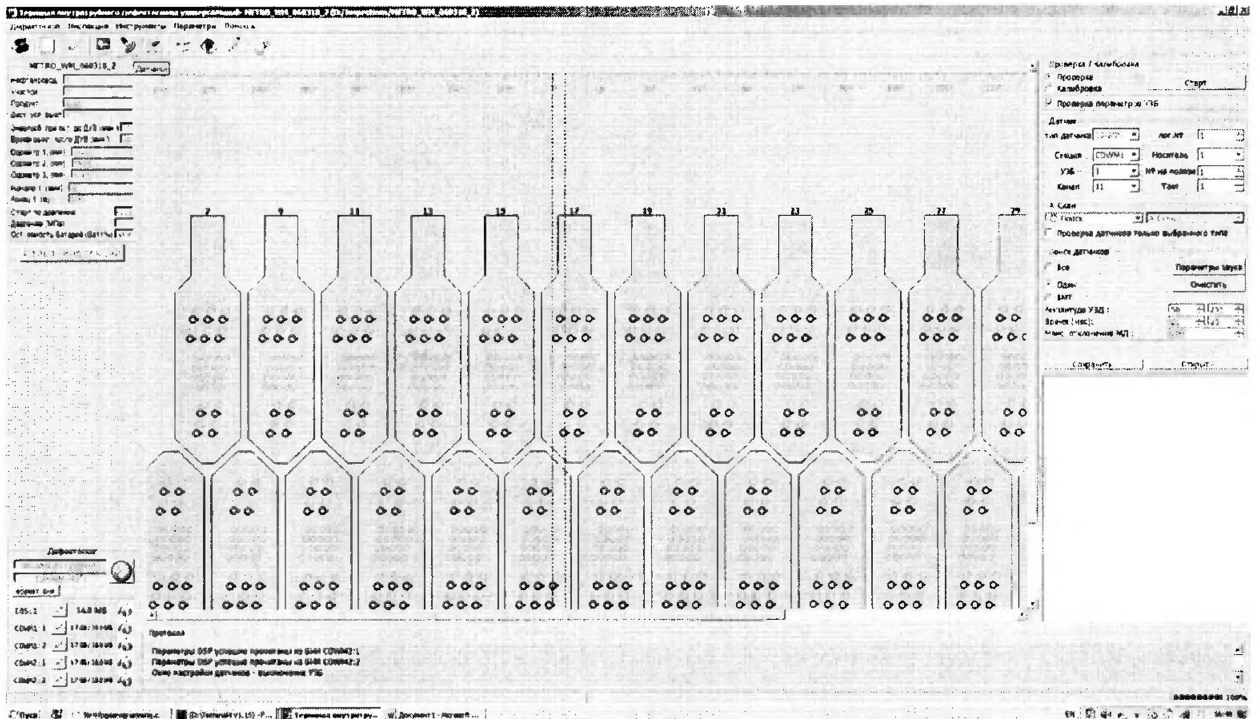


Рисунок 25 – Окно для поиска датчиков

8.4.3.16 Перейти в режим калибровка и нажать клавишу «Старт» в поле «Поверка/Калибровка». Появится окно, в котором будут отображаться амплитудно-временные характеристики принимаемого эхо-сигнала. Вид окна приведён на рисунке 26.

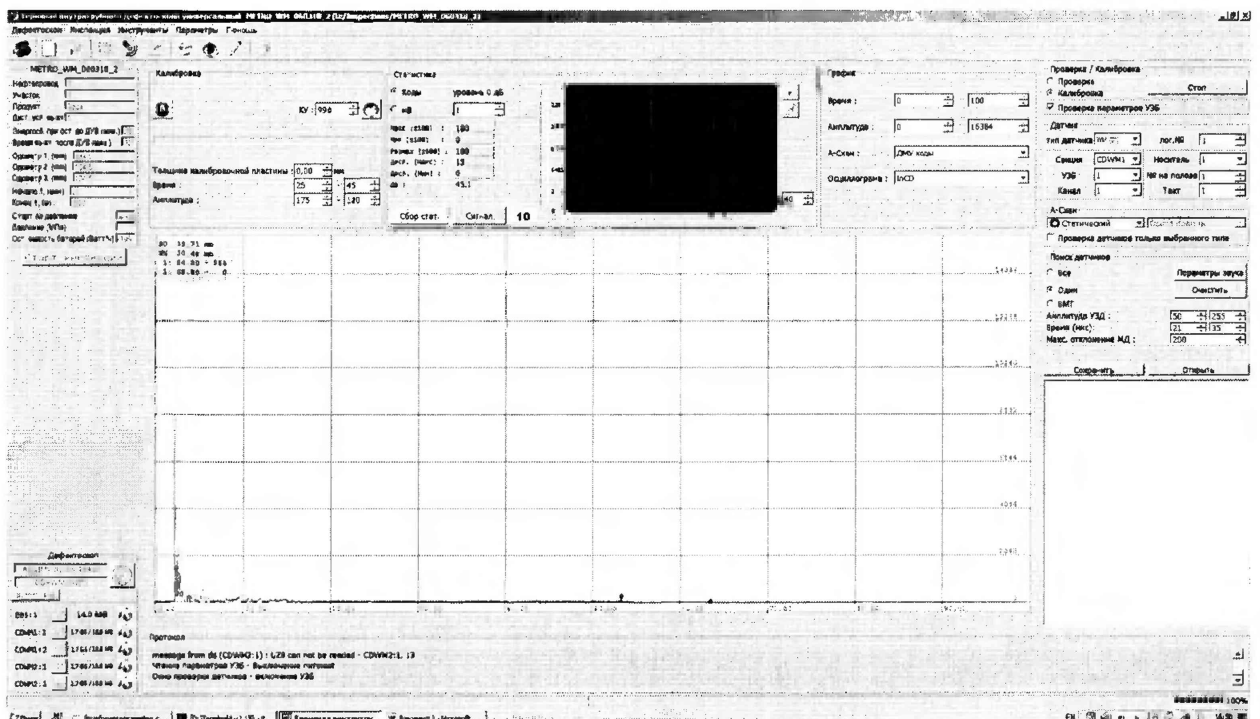


Рисунок 26 – Окно для отображения амплитудно-временных характеристик эхо-сигналов

8.4.3.17 В поле «График» параметр «А-скан:» выбрать «ДМУ коды».

8.4.3.18 Провести измерения времени задержки в приемном тракте дефектоскопа T_0 , мкс, при этом в окне «Время» отобразится измеренное время отражения эхо-сигнала, T_{D0} , мкс.

8.4.3.19 Рассчитайте время задержки по формуле:

$$T_0 = T_{д0} - T_{уст0}, \quad (16)$$

где $T_{уст0}$ – временной интервал, установленный на генераторе, мкс;

$T_{д0}$ – временной интервал, измеренный дефектоскопом, мкс.

8.4.3.20 На генераторе установить значение временного интервала 17 мкс.

8.4.3.21 Записать в протокол измеренное дефектоскопом время отражения эхо-сигнала.

8.4.3.22 Повторить пункты 8.4.3.20 – 8.4.3.21 установив на генераторе значение временного интервала 34 мкс.

8.4.3.23 Повторить пункт 8.4.3.11.

8.4.3.24 Поменять параметр BLSO_CD на 3000 и параметр CD(90°)-MEAS_TIME на 5000 и нажать кнопку «Запись» (Рисунок 27).

8.4.3.25 После записи параметров необходимо отключить и снова включить питание дефектоскопа.

Кoeffициенты усиления

CDWM1 | CDWM2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1 (С/н - B158303)	420	408	443	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408
2 (С/н - B158311)	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408
3 (С/н - 44943)	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408
4 (С/н - B158312)	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408
5 (С/н - B158323)	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408
6 (С/н - B158343)	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408
7 (С/н - B158443)	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408
8 (С/н - B158387)	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408
9 (С/н - B158385)	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408
10 (С/н - B158373)	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408	408

Политики изменения

Параметры УЗБ - 1

Параметр	По умолчанию	Инспекция	Дефектоскоп
1 BLSO_CD	850	3000	3080
2 BLSO_WM	625	625	625
3 CHAN_TIMEcd	5000	6080	6080
4 CHAN_TIMEwm	2508	2500	2500
DIS	100	108	100
6 EV_MAX	32	32	32
7 PIPELINE	16	16	16

Параметры DSP

Параметр	По умолчанию	Инспекция	Дефектоскоп
1 Rejection Mode	0	0	0
2 Max Scan Buffer	512	512	512
3 Check Scan	200	200	280
4 Max Sensors ...	200	200	0
5 Max Sensors ...	200	200	208
6 Max Sensors ...	0	0	0
7 Enable Auto R...	8	8	8

БНИ - 1

CRC32 (текущий): 0x1b6ee76f CRC32 (базовый): 0x1b6ee76f CRC32 (device): 0x6e103bd1

Дефектоскоп Файл

Чтение Запись Загрузить Сохранить Сохранить как Сбросить

Г CD Г WM

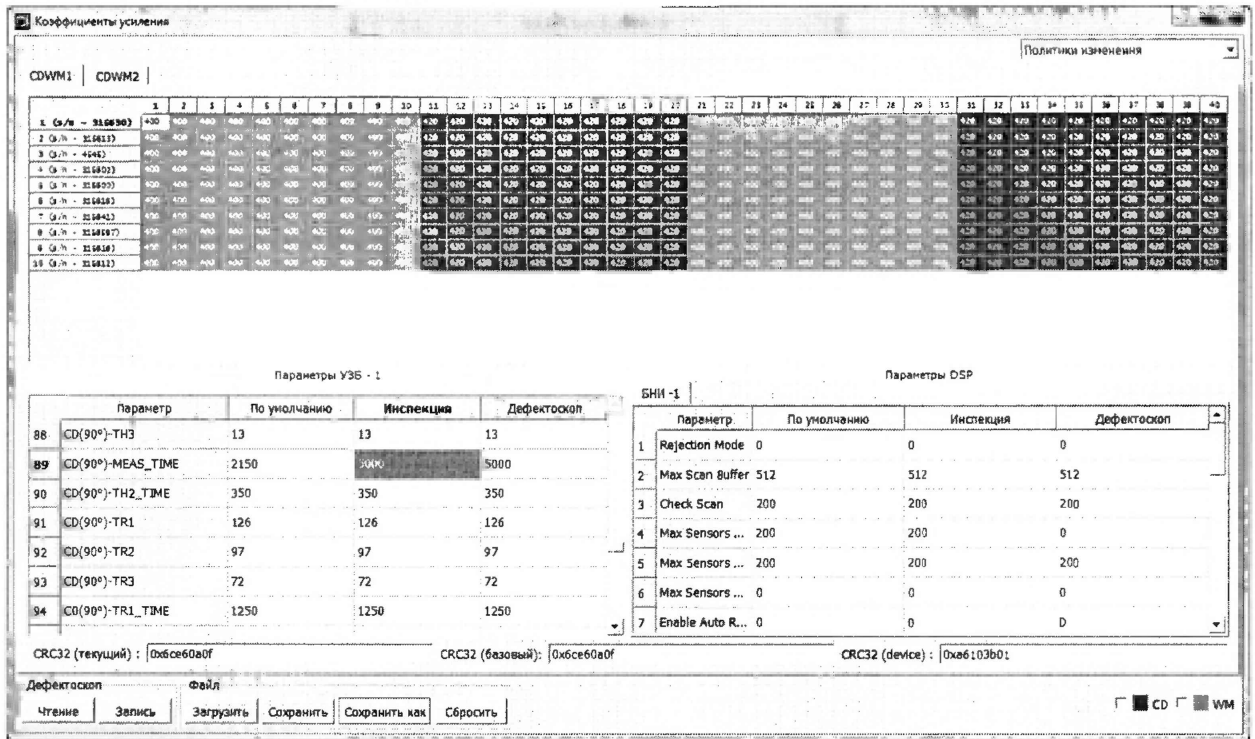


Рисунок 27 – Изменение параметров УЗБ.

8.4.3.26 Повторить пункты 8.4.3.19 – 8.4.3.20 установив на генераторе значение временного интервала 68 и 100 мкс.

8.4.3.27 Повторить пункты 8.4.3.18 – 8.4.3.26 ещё два раза.

8.4.3.28 Рассчитать среднее арифметическое значение результатов измерений времени отражения эхо-сигналов по формуле:

$$\bar{T} = \frac{\sum Ti - T_0}{n} \quad (17)$$

где T_i - измеренное время отражения эхо-сигнала, мкс;

T_0 - время задержки в приемном тракте дефектоскопа, рассчитанное по формуле (16), мкс;

n – количество измерений.

8.4.3.29 Рассчитать абсолютную погрешность измерений времени отражения эхо-сигнала Δ_t , мкс, по формуле:

$$\Delta_t = T_g - \bar{T} \quad (18)$$

где T_g - время задержки импульса, установленное на генераторе, мкс;

\bar{T} - среднее арифметическое значение времени отражения эхо-сигнала, мкс.

8.4.3.30 Повторить пункты 8.4.3.18 – 8.4.3.28 для всех выбранных каналов.

8.4.3.31 Дефектоскоп считается прошедшим операцию поверки положительным результатом, если диапазон измерений времени отражения эхо-сигнала составляет от 17 до 100 мкс, а рассчитанные значения допустимой абсолютной погрешности измерений времени отражения эхо-сигнала не превышает значений $\pm 0,5$ мкс.

8.4.4 Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений амплитуды эхо-сигнала

8.4.4.1 Определение диапазона измерений амплитуды эхо-сигнала выполняется для выборки 25 % каналов от максимального типоразмера дефектоскопа равномерно

распределенных по дефектоскопу, согласно ГОСТ Р ИСО 2859-1-2007 и по результатам измерений производится расчет абсолютной погрешности измерений амплитуды эхо-сигнала.

8.4.4.2 Собрать схему, приведённую на рисунке 28. Для предохранения выхода генератора от высокого напряжения зондирующего импульса вместо генератора подключить осциллограф.

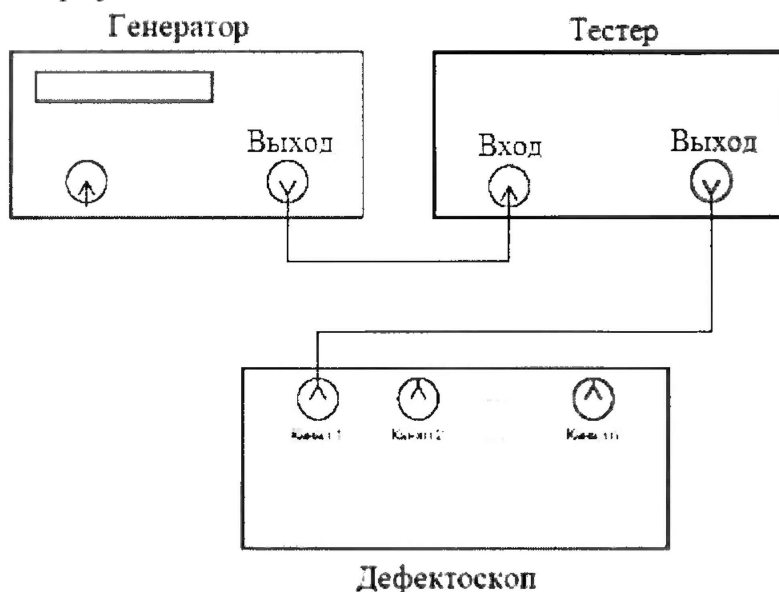


Рисунок 28 – Схема подключения.

8.4.4.3 На генераторе установить следующие настройки:

- синус непрерывный;
- частота 3 МГц;
- амплитуда выходного сигнала 1 В.

8.4.4.4 На тестере установить ослабление 0 дБ.

8.4.4.5 Подключить питание к дефектоскопу согласно РЭ

8.4.4.6 Подключить компьютер к дефектоскопу согласно РЭ и запустить программу «Терминал внутритрубного дефектоскопа универсальный».

8.4.4.7 В появившемся окне выберите «Новая инспекция» и нажмите кнопку «Да»

8.4.4.8 Откроется окно «Выберите прибор». Установите галочку в поле «Проверка датчиков» для отключения зондирующего импульса.

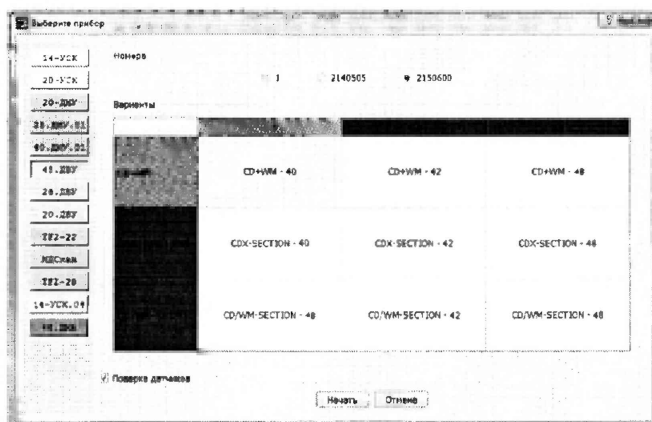


Рисунок 29 – Окно выбора дефектоскопа

8.4.4.9 Система выдаст предупреждение, в котором необходимо нажать кнопку «Да» (Рисунок 30).

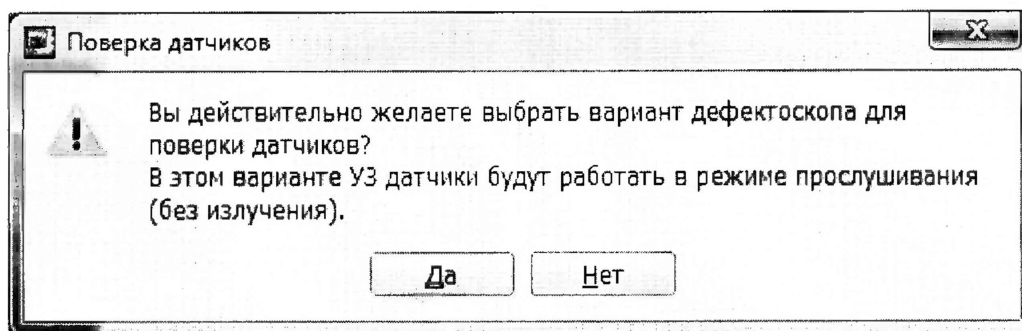


Рисунок 30 – Предупреждение об отключении зондирующего импульса.

8.4.4.10 В окне «Выберите прибор» выберите исполнение, типоразмер и заводской номер дефектоскопа и нажмите кнопку «Начать» (Рисунок 29).

8.4.4.11 Повторить пункты 8.4.1.15 – 8.4.1.16 методики поверки и запустится основное окно программы (Рисунок 31).

8.4.4.12 Запустить окно «Параметры УЗБ (коэффициенты усиления)» из меню «Дефектоскопы» / «Расширенные» (Рисунок 31).

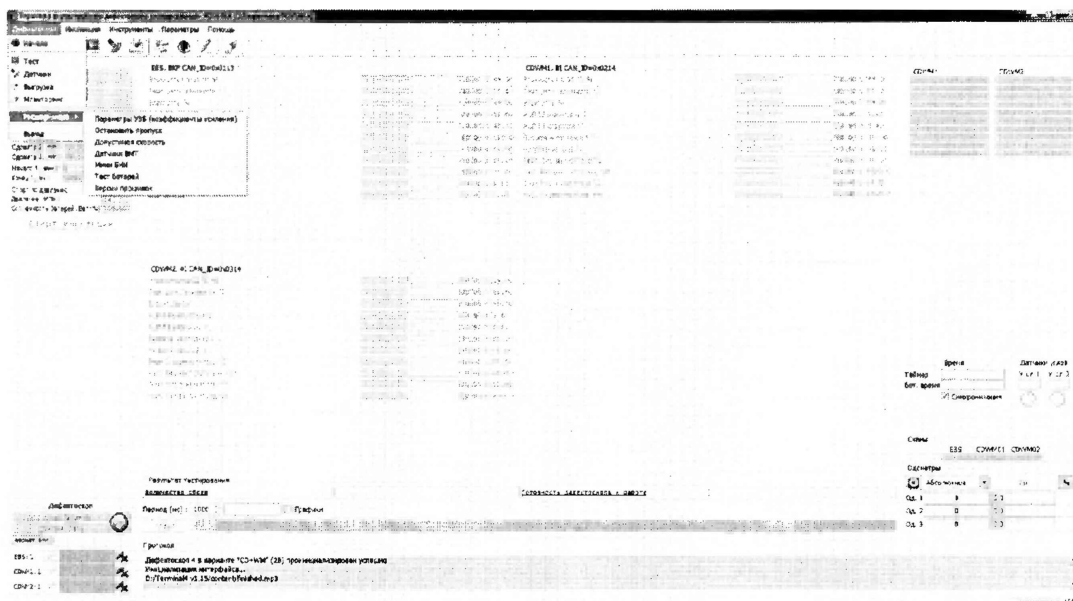


Рисунок 31 – Основное окно программы.

8.4.4.13 В появившемся окне нажать кнопку «Запись».

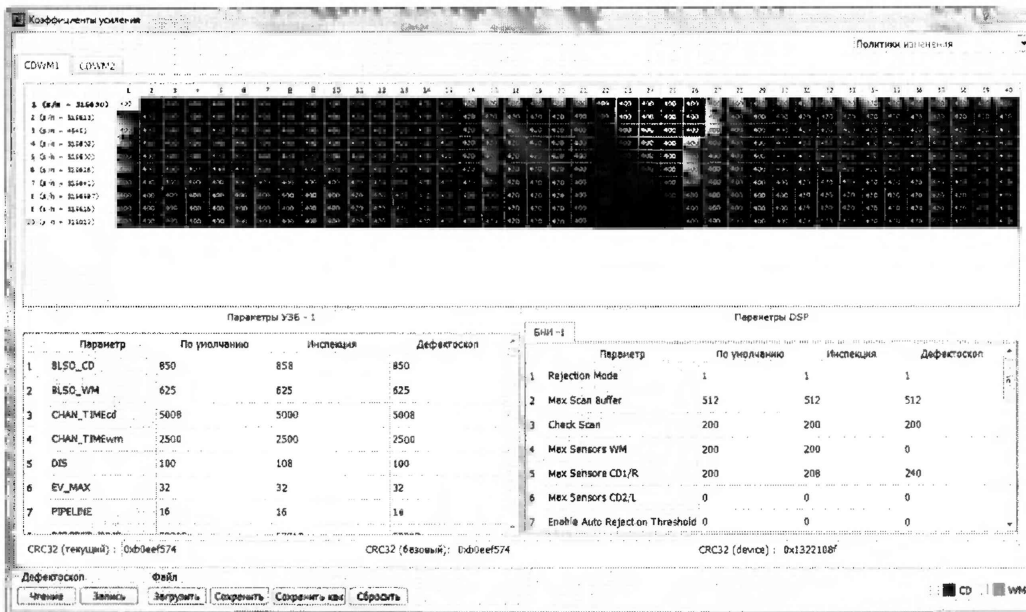


Рисунок 32 – Окно «Параметры УЗБ (коэффициенты усиления)».

8.4.4.14 Дефектоскоп выдаст предупреждение, в котором нажать «Да».

8.4.4.15 На осциллографе убедиться в отсутствии в канале высокого напряжения зондирующего импульса и подключить генератор, согласно схемы приведенной на рисунке 28.

8.4.4.16 Подать сигнал с генератора на дефектоскоп.

8.4.4.17 Выбрать пункт меню «Датчики». Откроется окно проверка датчиков (Рисунок 33).

8.4.4.18 В окне «Проверка/Калибровка» нажать кнопку «Старт».

8.4.4.19 Выбрать в «А-Скан» «Статический».

8.4.4.20 С помощью поиска найти канал, к которому подключен генератор.

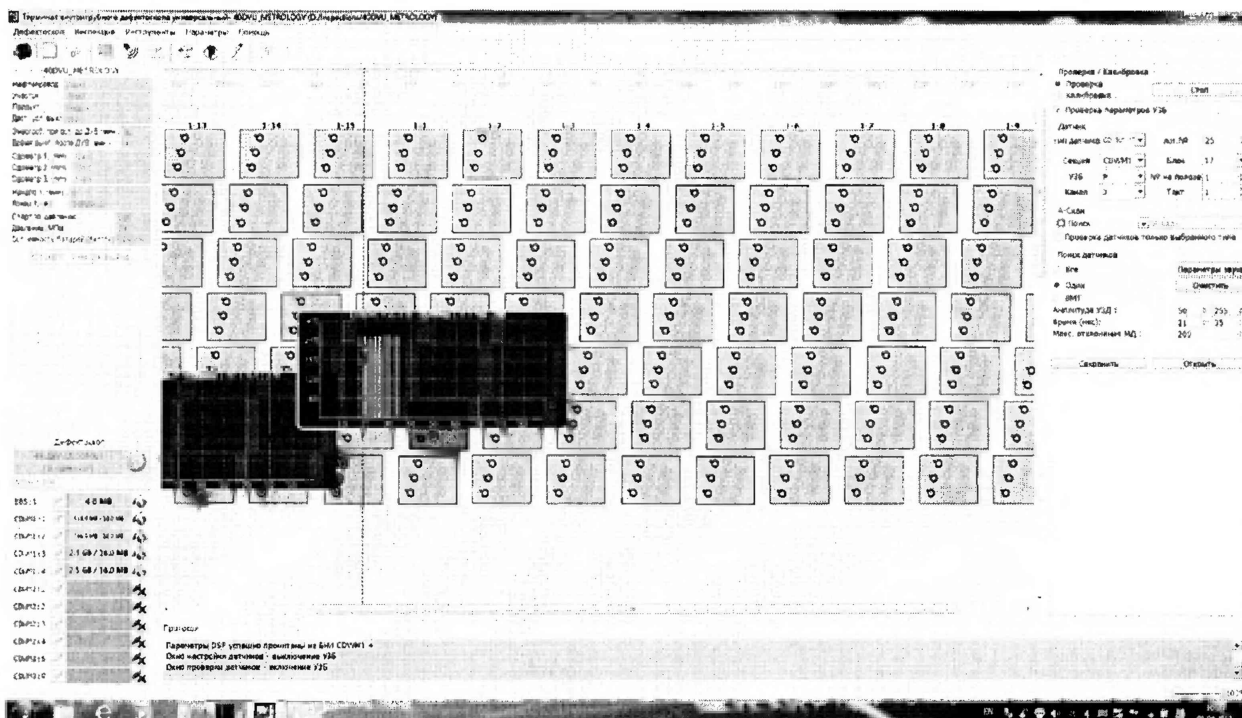


Рисунок 33 – Окно проверки датчиков.

8.4.4.21 Выбрать найденный датчик и перейти в режим калибровки.

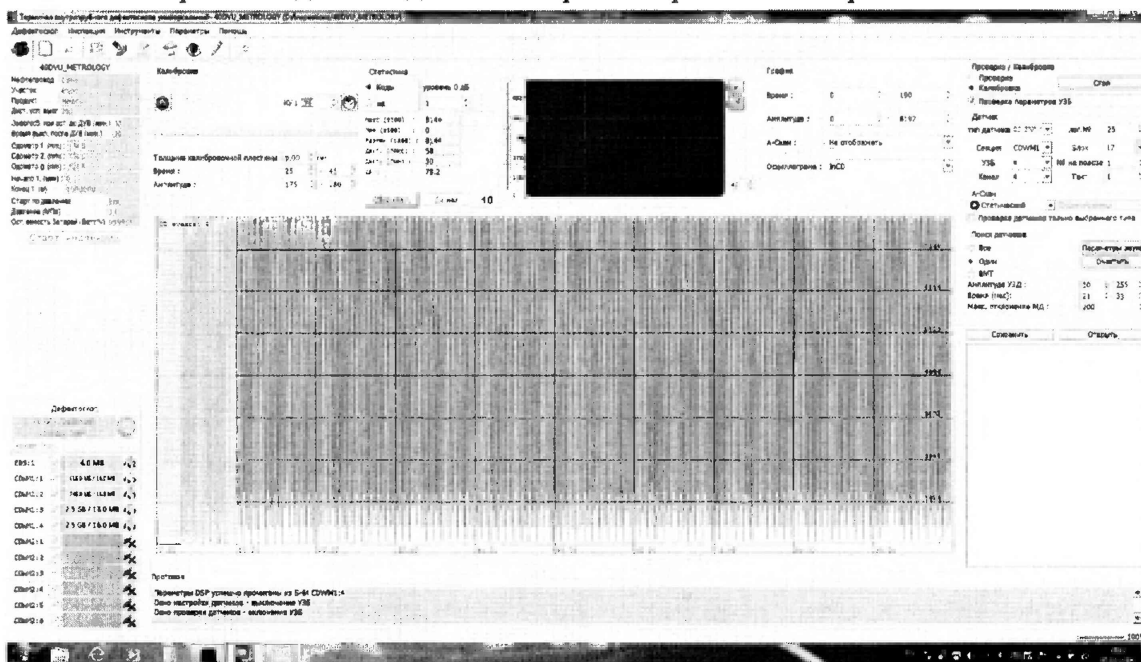


Рисунок 34 – Окно для отображения амплитудно-временных характеристик эхо-сигналов

8.4.4.22 В поле «График» установить параметр «Амплитуда» от 0 до 8192.

8.4.4.23 В поле «Калибровка» установить коэффициент усиления «КУ» таким образом, чтобы сигнал занимал все поле.

8.4.4.24 Отключить сигнал на генераторе.

8.4.4.25 В поле «Статистика» выставить параметр «уровень 0 дБ» значение из параметра «Размах».

8.4.4.26 Подать сигнал с генератора.

8.4.4.27 Записать максимальное значение амплитуды эхо-сигнала A_{max} , дБ, из параметра «дБ» на дефектоскопе в протокол.

8.4.4.28 Установить на тестере ослабление 10 дБ и записать значение параметра «дБ» на дефектоскопе в протокол как $A_{изм}$, дБ.

8.4.4.29 Повторить пункт 8.4.4.28 установив ослабление на тестере 20, 30, 35, 37, 39 и 40 дБ.

8.4.4.30 Повторить пункты 8.4.4.18 – 8.4.4.29 для всех выбранных датчиков.

8.4.4.31 Выполнить пункты 8.4.4.18 – 8.4.4.30 три раза. Вычислить среднее арифметическое значение результатов измерений амплитуды эхо-сигнала.

8.4.4.32 Рассчитать абсолютную погрешности измерений амплитуды эхо-сигнала по формуле:

$$\Delta_A = A_{уст} - (A_{max} - A_{изм}) \quad (19)$$

где $A_{уст}$ – установленное на тестере значение ослабления, дБ;

A_{max} – измеренное дефектоскопом максимальное значение амплитуды эхо-сигнала, дБ

$A_{изм}$ – измеренное дефектоскопом значение амплитуды эхо-сигнала, дБ.

8.4.4.33 Дефектоскоп считается прошедшим операцию проверки с положительным результатом, если диапазон измерений амплитуды эхо-сигнала составляет от 9 до 40 дБ, а рассчитанные значения допустимой абсолютной погрешности измерений амплитуды эхо-сигнала составляет не превышает значений ± 3 дБ.

9 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

9.1 Результаты поверки заносятся в протокол. Рекомендуемая форма протокола поверки – приложение А. Протокол может храниться на электронных носителях.

9.2 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке и наносится знак поверки в соответствии с приказом Минпромторга России от 02.07.2015 г. №1815.

9.3 При отрицательных результатах поверки, дефектоскоп признается непригодным к применению и на него выдается извещение о непригодности в соответствии с приказом Минпромторга России от 02.07.2015 г. №1815 с указанием причин непригодности.

Исполнители:

Начальник отдела Д-4
ФГУП «ВНИИОФИ»



А.В. Иванов

Начальник отдела Д-2
ФГУП «ВНИИОФИ»



А.В. Стрельцов

Инженер 1-ой категории отдела Д-4
ФГУП «ВНИИОФИ»



А.С. Неумолотов

Протокол первичной/периодической поверки № _____
От «__» _____ 20__ года.

Средство измерений: _____

Заводской номер: _____

Дата выпуска: _____

Заводской номер преобразователя: _____

Серия и номер клейма предыдущей поверки: _____

Принадлежащее: _____

Поверено в соответствии с методикой поверки: _____

С применением эталонов: _____

Условия проведения поверки:

Температура окружающей среды _____ °С;

относительная влажность _____ %;

атмосферное давление _____ мм рт.ст.

1 Внешний осмотр

2 Идентификация программного обеспечения (ПО)

3 Опробование

4 Результаты определения метрологических характеристик:

Метрологические характеристики	Номинальная величина / погрешность	Измеренное значение	Заключение

Заключение: _____

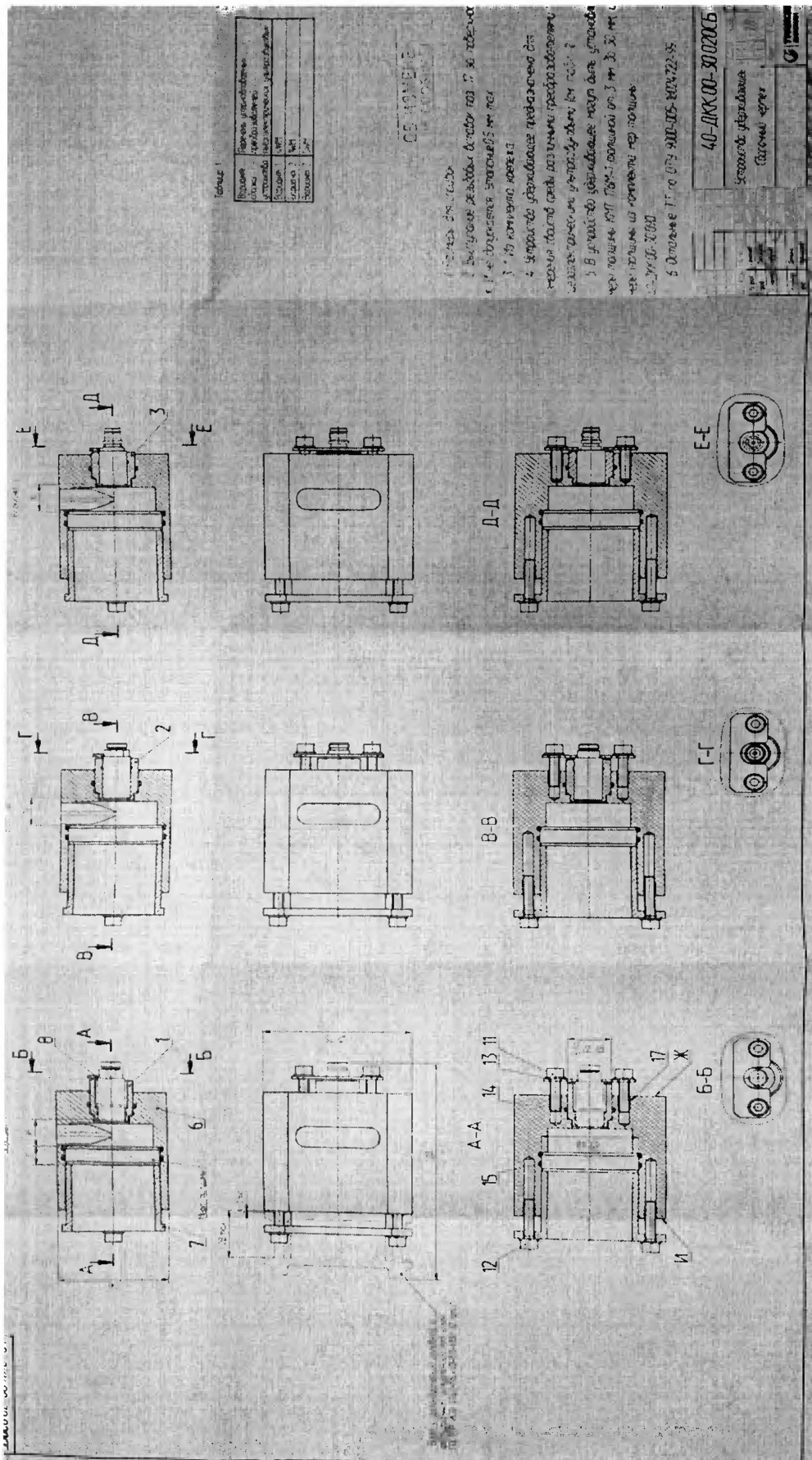
Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

Поверитель: _____

Подпись

/ _____ /

ФИО



Принципиальная схема согласующего устройства (Рекомендуемое)

