

ИЦ «Физприбор»

Для служебного пользования

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**Аттестация и паспортизация стандартных образцов предприятия  
с плоскодонными отражателями**

СОП №\_\_- $\alpha 40^0$ -S20, СОП №\_\_- $\alpha 50^0$ -S20

Разработал: Бархатов В.А.

г.Екатеринбург  
2007г.

## Оглавление

1.	Введение .....	2
2.	Операции при аттестации СОП .....	2
3.	Оборудование .....	3
4.	Требование к квалификации специалиста .....	3
5.	Требования к организации работ .....	3
6.	Требования безопасности .....	3
7.	Условия работы .....	4
8.	Способы обеспечения стабильного акустического контакта .....	4
9.	Проведение аттестации .....	5
9.1.	Внешний осмотр .....	5
9.2.	Измерение геометрических размеров плоскодонных отражателей .....	5
9.3.	Измерение скорости звука .....	6
9.4.	Измерение АРД диаграммы .....	7
9.5.	Определение затухания .....	8
9.6.	Определение погрешности эквивалентной площади отражателей .....	9
10.	Оформление результатов измерений .....	10
	Приложение 1 .....	11
	ПАСПОРТ №_____ .....	11
	Приложение 2 .....	
	Чертеж СОП №__ - $\alpha 40^0$ -S20 .....	
	Приложение 3 .....	
	Чертеж СОП №__ - $\alpha 50^0$ -S20 .....	

### 1. Введение

Стандартные образцы предприятия СОП №\_\_ -  $\alpha 40^0$ -S20, СОП №\_\_ -  $\alpha 50^0$ -S20 предназначены для настройки чувствительности ультразвуковой аппаратуры и для построения АРД диаграмм ультразвуковых преобразователей.

Настоящие методические указания распространяются на стандартные образцы предприятия СОП №\_\_ -  $\alpha 40^0$ -S20, СОП №\_\_ -  $\alpha 50^0$ -S20 и устанавливают методику их аттестации и паспортизации.

### 2. Операции при аттестации СОП

При проведении аттестации должны выполняться операции, указанные в таблице 1. Операции проводятся организациями Госстандарта или аккредитованными метрологическими службами предприятия. В случае отрицательного результата при проведении одной из операций аттестацию прекращают и стандартный образец предприятия (СОП) признают не пригодным к эксплуатации.

Таблица 1.

Номера пунктов методических указаний	Наименование операций	Обязательность операций при первичной аттестации	Обязательность операций при периодической аттестации
9.1.	Внешний осмотр	да	да
9.2.	Измерение геометрических размеров плоскодонных отражателей	да	нет
9.3.	Измерение скорости звука	да	да

9.4.	Измерение АРД диаграммы	да	да
9.5.	Определение затухания	да	да
9.6.	Определение погрешности эквивалентной площади отражателей	да	да

### **3. Оборудование**

При проведении аттестации должны быть использованы следующие образцы, материалы и оборудование.

- 3.1. Стандартные образцы по ГОСТ14782-86 СО-2, СО-3.
- 3.2. Ультразвуковой дефектоскоп УД9812 с комплектом принадлежностей.
- 3.3. Комплект ультразвуковых преобразователей.
- 3.4. Штангенциркуль с нониусной шкалой 0,05 мм.
- 3.5. Микроскоп МБС-1 с окулярным микрометром.

Примечание: микроскоп МБС-1, дефектоскоп УД9812, комплект преобразователей и стандартные образцы СО-2, СО-3 должны быть поверены организациями Госстандарта или аккредитованными метрологическими службами.

### **4. Требование к квалификации специалиста**

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускаются лица, имеющие среднее техническое образование, успешно окончившие курсы ЦИСМ по поверке средств неразрушающего контроля и имеющие удостоверение на право поверки средств ультразвукового контроля.

### **5. Требования к организации работ**

3.1. Для проведения аттестации СОП, а также для хранения аппаратуры, преобразователей, вспомогательных приспособлений, материалов и отчетной документации на предприятии должно быть организовано рабочее место метролога.

3.2. Рабочее место метролога должно быть оснащено:

- средствами поверки согласно П.3.,
- рабочим столом для проведения измерений,
- канцелярским столом для оформления документации,
- разводкой сети переменного тока 50 Гц напряжением 220В,
- подводкой горячей и холодной воды,
- лабораторными и канцелярскими шкафами,
- стеллажами и шкафами для хранения аппаратуры, образцов, запасных частей,
- емкостями для хранения контактной жидкости.
- средствами защиты от ярких источников света, при работе в дневное время или при сильном искусственном освещении.

3.4. Работники, выполняющие метрологическую поверку, должны обеспечиваться спецодеждой и обтирочными материалами.

### **6. Требования безопасности**

5.1. При работе с ультразвуковыми дефектоскопами необходимо выполнять требования безопасности и производственной санитарии предусмотренные ГОСТ 12.2.007.075, СНиП Ш-4-80, "Правила технической эксплуатации электроустановок

потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей” и “Санитарные нормы и правила при работе с оборудованием, создающим ультразвук, передаваемый контактным путем на руки работающих” №348-60, утвержденные Минздравом СССР.

5.2. При питании от сети переменного тока ультразвуковые дефектоскопы должны быть заземлены голым медным проводом сечением не менее 2,5 мм<sup>2</sup>.

5.3.. Поверители должны проходить медицинские осмотры не реже одного раза в год в установленном порядке.

5.5. К работам по аттестации допускаются лица в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие инструктаж по технике безопасности с регистрацией в журнале по установленной форме. Инструктаж должен производиться в сроки, определяемые приказом по предприятию.

## 7. Условия работы

При проведении аттестации СОП должны соблюдаться следующие условия:

7.1. Температура окружающего воздуха - 20±5°С.

7.2. Относительная влажность - 65 ± 15 %.

7.3. Атмосферное давление - 100 ± 4 кПа.

7.4. Внешние электрические и магнитные поля должны отсутствовать или находиться в пределах, не влияющих на работу аппаратуры.

## 8. Способы обеспечения стабильного акустического контакта

Рабочие поверхности стандартных образцов и СОП отшлифованы. При контактном способе прозвучивания амплитуда эхосигнала достаточно сильно зависит от толщины контактной смазки между преобразователем и поверхностью образца. Для уменьшения погрешностей в ультразвуковых измерениях необходимо обеспечить стабильный акустический контакт преобразователя с образцом. Этого можно добиться двумя способами: либо обеспечить одинаковое усилие прижима преобразователя к образцу, либо создать стабильную величину зазора между ними.

В первом случае необходимо сделать какое-либо механическое приспособление, создающее тарированное усилие прижима на преобразователь.

Во втором случае можно использовать приспособление, показанное на Рис.1.

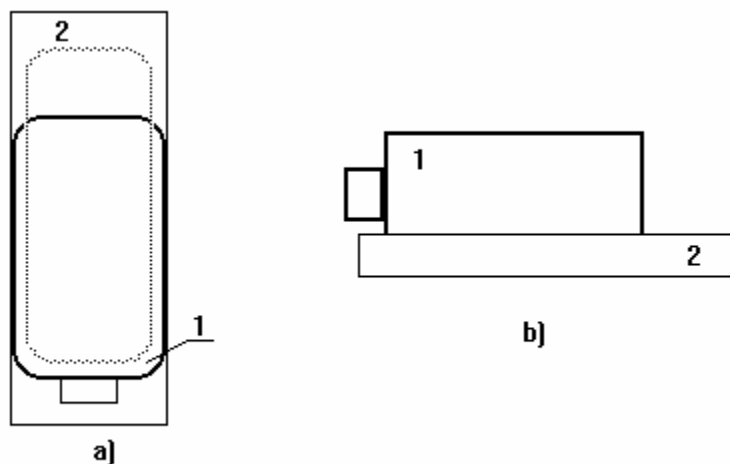


Рис.1. Способ создания стабильного зазора между преобразователем и поверхностью образца. а- вид сверху, b - вид сбоку, 1- преобразователь, 2 - прокладка.

Здесь для создания стабильного зазора используется прокладка из лавсана толщиной 0,05 - 0,1 мм. В прокладке вырезается окно, показанное пунктирной линией на Рис.1.а, которое открывает область излучения ультразвуковых колебаний преобразователя. При проведении измерений пространство окна заполняется контактной жидкостью. Нестабильность акустического контакта в этом случае не превышает  $\pm 0,5$  дБ.

## 9. Проведение аттестации

### 9.1. Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

- соответствие разметки образца прилагаемому чертежу,
- соответствие геометрических размеров образца прилагаемому чертежу,
- отсутствие механических повреждений на рабочих поверхностях образца,
- наличие регистрационного номера на образце.

Измерение внешних геометрических размеров образца производится штангельциркулем.

### 9.2. Измерение геометрических размеров плоскодонных отражателей

Диаметр плоскодонных отражателей измеряется с помощью микроскопа МБС-1. Рекомендуется использовать окулярный микрометр с кратностью увеличения \*8 и ценой деления 0,015мм. Диаметр плоскодонного отражателя измеряется в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Дополнительно производится визуальный контроль качества поверхности плоскодонного отражателя. На внутренней поверхности отражателей не допускаются забоины, наклеп, микротрещины.

Результаты измерений удобно представить в виде таблицы 1.

Таблица 1.

Номер измерения (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Глубина залегания, мм	10	25	40	55	70	90	110	125	140	155	170	190
Диаметр 1, мм (D1 <sub>i</sub> )												
Диаметр 2, мм (D2 <sub>i</sub> )												

Далее рассчитывается средний диаметр отражателя по образцу D и погрешность изготовления отражателей  $\Delta D$  по формулам

$$D = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (D1_i + D2_i) \quad [\text{мм}] \quad \Delta D = k_d * \sigma_d \quad [\text{мм}] \quad (1)$$

$$\sigma_d^2 = \frac{1}{2n-1} \left( \sum_{i=1}^n (D1_i - D)^2 + \sum_{i=1}^n (D2_i - D)^2 \right) \quad (2)$$

Здесь  $k_d=2,064$  - коэффициент Стьюдента,  $\sigma_d$  – дисперсии измерений диаметров. Если погрешность изготовления отражателей не превышает 5%, то образец подлежит дальнейшей аттестации. В противном случае образец бракуется.

### 9.3. Измерение скорости звука

Скорость поперечных волн в образце определяется с помощью дефектоскопа УД9812. При этом используется преобразователь П121-2,5-40<sup>0</sup> с СОП №\_\_\_-α40<sup>0</sup>-S20 и П121-2,5-50<sup>0</sup> с СОП №\_\_\_-α50<sup>0</sup>-S20. Измерение скорости звука производится следующим образом.

9.3.1. Преобразователь подключается к дефектоскопу по совмещенной схеме. Преобразователь устанавливается точно по разметке образца и в этих положениях на образце производится прозвучивание плоскодонных отражателей. Точка ввода ультразвуковых колебаний, нанесенная на преобразователь, должна совпадать с метками на рабочей поверхности образца. При этом используется один из способов стабилизации акустического контакта (см. П.8.).

9.3.2. С помощью дефектоскопа УД9812 измеряется задержка эхосигналов от плоскодонных отражателей. Измерение задержки производится с точностью 0,1мкс. Результаты измерений заносятся в таблицу 2.

**ВНИМАНИЕ!** При измерении задержки необходимо устанавливать амплитуду эхосигнала на один и тот же уровень по экрану. Рекомендуется выбирать уровень амплитуды в пределах от средней до верхней линий экрана дефектоскопа.

9.3.3. Далее производится расчет расстояния от точки ввода преобразователя до отражателя.  $R_i = H_i / \cos(\alpha)$ , где:  $i$  - номер измерения,  $\alpha$  – угол ввода преобразователя.

Данные расчета также записываются в таблицу 2.

Таблица 2.

Номер измерения (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Глубина залегания отражателя, мм	10	25	40	55	70	90	110	125	140	155	170	190
Расстояние до отражателя, мм ( $R_i$ )												
Задержка эхосигнала, мкс ( $T_i$ )												

9.3.4. Расчет скорости поперечных волн в образце производится по формуле

$$C_n = 2 * (R_i - R_j) / (T_i - T_j) \quad [\text{мм/мкс}],$$

где:  $R_i, T_i$  - пробег волн и задержка для дальнего отражателя,

$R_j, T_j$  - пробег волн и задержка для ближнего отражателя.

Причем с целью уменьшения погрешностей разность глубин залегания ближнего и дальнего отражателей необходимо выбирать не менее 100 мм. Используя различные данные таблицы 2, необходимо провести расчет скорости звука не менее 10 раз.

В результате будет получен ряд оценок скорости звука. Обозначим их  $C_n$ , где  $n$  - номер расчета.

9.3.5. Статистическая обработка расчетов скорости звука производится в предположении о нормальном законе распределении вероятности для полученных данных

Сп. Расчет среднего значения скорости звука  $C_t$  и погрешности  $\Delta C_t$  определяется по формулам

$$C_t = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N C_n, \quad \text{где } N=10 - \text{ количество оценок скорости звука.} \quad (3)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (C_n - C_t)^2, \quad (4)$$

$\Delta C_t = k \cdot \sigma$ . Здесь  $k=2,228$  - коэффициент Стьюдента,  $\sigma$  – дисперсия.

#### 9.4. Измерение АРД диаграммы

Зависимость амплитуды эхосигнала плоскодонного отражателя от его глубины залегания (АРД диаграмма) измеряется следующим образом.

9.4.1. Измерения производятся с помощью дефектоскопа УД9812. При этом для аттестации СОП №\_\_- $\alpha 40^0$ -S20 используются преобразователи П121-1,25- $40^0$ , П121-2,5- $40^0$ , П121-5,0- $40^0$ . А для аттестации СОП №\_\_- $\alpha 50^0$ -S20 применяются преобразователи П121-1,25- $50^0$ , П121-2,5- $50^0$ , П121-5,0- $50^0$ . Преобразователи подключается к прибору по совмещенной схеме.

9.4.2. Вначале настраивается опорный уровень чувствительности по стандартному образцу СО-2. В общем случае устанавливается некоторое ослабление аттенюатора дефектоскопа, которое позволит впоследствии перестроить чувствительность прибора для измерения амплитуд эхосигналов от всех отражателей в образце. Далее находят максимум эхосигнала от отверстия диаметром 6 мм в СО-2 и некалиброванными ручками чувствительности прибора устанавливают амплитуду эхосигнала от СО-2 на верхнюю линию экрана. При аттестации СОП №\_\_- $\alpha 40^0$ -S20 преобразователями П121-1,25- $40^0$ , П121-2,5- $40^0$  рекомендуется установить ослабление аттенюатора 36 дБ, а при использовании преобразователя П121-5,0- $40^0$  - 46 дБ. При поверке СОП №\_\_- $\alpha 50^0$ -S20 преобразователями П121-1,25- $50^0$ , П121-2,5- $50^0$  устанавливается ослабление аттенюатора 44 дБ, а при использовании преобразователя П121-5,0- $50^0$  - 52 дБ. Обозначим ослабление опорного уровня чувствительности  $A_0$ .

9.4.3. Измерение амплитуды эхосигнала от плоскодонного отражателя производится в положении преобразователя, установленного точно по разметке образца. Точка ввода преобразователя должна совпадать с метками на рабочей поверхности образца. При этом используется один из способов стабилизации акустического контакта (см. П.8.).

9.4.3. Измерение амплитуды эхосигнала от плоскодонного отражателя производится с помощью клавиш аттенюатора УД2-12 и блока цифрового отсчета (БЦО) в режиме дВ. Клавишами аттенюатора необходимо установить амплитуду эхосигнала в пределах верхней половины экрана. Затем нужно захватить эхосигнал ручкой \_\_\_\_\_ “Шторка”, расположенной на передней панели прибора, и измерить его амплитуду с помощью блока БЦО. Обозначим  $A_i^{ATT}$  сумму нажатых клавиш аттенюатора и  $A_i^{БЦО}$  - показания блока цифрового отсчета. Амплитуда эхосигнала вычисляется по простой формуле

$$A_i = A_i^{ATT} - A_0 - A_i^{БЦО} \quad [\text{дБ}], \quad \text{где } i - \text{ номер измерения.} \quad (5)$$

В данном случае будет измерено отношение амплитуды эхосигнала от плоскодонного отражателя в СОП к амплитуде эхосигнала от отверстия 6 мм в СО-2 выраженное в децибелах. Для последующего анализа результаты измерений удобно внести в таблицу 3.

Таблица 3.

Номер измерения (i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Глубина залегания плоскодонного отражателя, мм (H <sub>i</sub> )	10	25	40	55	70	90	110	125	140	155	170	190
Амплитуда эхосигнала, дБ с ПЭП П121-1,25- <sub>0</sub>												
Амплитуда эхосигнала, дБ с ПЭП П121-2,5- <sub>0</sub>												
Амплитуда эхосигнала, дБ с ПЭП П121-5,0- <sub>0</sub>												

### 9.5. Определение затухания

9.5.1. Коэффициент затухания в металле образца определяется расчетным путем по данным об амплитуде эхосигналов плоскодонных отражателей. Коэффициент затухания рассчитывается отдельно для каждой частоты преобразователя. Для расчетов используются амплитуды эхосигналов от плоскодонных отражателей расположенных только в дальней зоне преобразователя. Для преобразователей из комплекта ПРИЗ-Д5 минимальная глубина залегания отражателя составляет 55 мм, поэтому в расчетах используются данные для глубин залегания 55 мм и более.

9.5.2. Для удобства расчетов результаты измерений группируются в таблицу 4. Расстояние до отражателя R<sub>i</sub> было определено в П.9.3.3. Вначале вычисляется параметр Y<sub>i</sub> по формуле (6) и заполняется последняя строка таблицы 4. Затем по формуле (7) рассчитывается коэффициент затухания δ.

Таблица 4

Номер измерения (i)	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Глубина залегания плоскодонного отражателя, мм (H <sub>i</sub> )	55	70	90	110	125	140	155	170	190
Расстояние до отражателя, мм (R <sub>i</sub> )									
Амплитуда эхосигнала, дБ (A <sub>i</sub> )									
Параметр Y <sub>i</sub> дБ									

$$Y_i = \frac{A_i + 40 \lg R_i}{20 \lg e} \quad [\text{дБ}] \quad (6)$$



$$\delta = \frac{8 \sum_{i=4}^{12} R_i Y_i - \sum_{i=4}^{12} Y_i \sum_{i=4}^{12} R_i}{\left( \sum_{i=4}^{12} R_i \right)^2 - 8 \sum_{i=4}^{12} R_i^2} \quad [\text{дБ./мм}] \quad (7)$$

Составление таблицы 4 и расчет затухания производится для данных каждого преобразователя. Дополнительно к этому находят параметр В (8) необходимый для определения погрешности эквивалентной площади отражателей.

$$B = \frac{1}{8} \left( \sum_{i=4}^{12} Y_i - \delta \sum_{i=4}^{12} R_i \right) \quad [\text{дБ}] \quad (8)$$

9.5.3. Если коэффициент затухания  $\delta$  меньше 0,004 дБ/мм, то в протоколе метрологической поверки указывается “Затухание менее 0,004 дБ/мм”. Если коэффициент затухания более указанной величины, его значение записывается в протокол метрологической поверки и указывается погрешность +35%.

## 9.6. Определение погрешности эквивалентной площади отражателей

9.6.1. Погрешность эквивалентной площади отражателей определяется также для данных в дальней зоне преобразователя. При этом используется рассчитанное значение затухания в СОП  $\delta$  и параметр В. Погрешность эквивалентной площади определяют для данных каждого преобразователя и в протоколе метрологической поверки указывается максимальная погрешность. Если погрешность эквивалентной площади составляет более 15%, то СОП признается не прошедшим поверку.

9.6.2. Вначале определяется осредненное значение амплитуды эхосигнала от плоскодонного отражателя по формуле (9). Затем заполняется таблица 5 результатами расчетов.

$$A_i^{\text{cp}} = 8,686 * B - 40 \lg R_i - 8,686 * \delta * R_i \quad [\text{дБ}] \quad (9)$$

В последнюю строку таблицы 5 заносятся погрешности амплитуд эхосигналов. расчет погрешностей производится по формуле (10).

$$\Delta A_i = A_i - A_i^{\text{cp}} \quad [\text{дБ}] \quad (10)$$

Таблица 5

Номер измерения (i)	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Глубина залегания плоскодонного отражателя, мм ( $H_i$ )	55	70	90	110	125	140	155	170	190
Расстояние до отражателя, мм ( $R_i$ )									
Амплитуда эхосигнала, дБ ( $A_i$ )									
Средняя амплитуда эхосигнала, дБ ( $A_i^{\text{cp}}$ )									
Погрешность амплитуды, дБ									

( $\Delta A_i$ )									
------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

9.6.3. Среднее значение площади плоскодонного отражателя определяется по среднему диаметру, найденному в П.6.2.

$$S_{cp} = \pi D^2/4 \quad [\text{мм}^2] \quad (11)$$

9.6.4. Погрешность эквивалентной площади плоскодонных отражателей в СОП определяется на основе статистического анализа погрешностей амплитуды ( $\Delta A_i$ ) по формуле (12).

$$\Delta S = 2,306 * S_{cp} * \sqrt{\frac{1}{7} \sum_{i=4}^{12} \left( 10^{\frac{\Delta A_i}{20}} - 1 \right)^2} \quad [\text{мм}^2] \quad (12)$$

## 10. Оформление результатов измерений

Результаты измерений заносят в паспорт СОП, форма которого приведена в приложении 1.

## Приложение 1

Наименование организации-владельца образца

ПАСПОРТ № \_\_\_\_\_

г.Екатеринбург

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 19\_\_ г.

Стандартный образец предприятия \_\_\_\_ СОП № \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

Аттестация проводилась следующими средствами измерений:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### Характеристики СОП

Таблица 1.

Глубина залегания отражателя, мм	10	25	40	55	70	90	110	125	140	155	170	190
Диаметр отражателя, мм												
Амплитуда эхосигнала, дБ с ПЭП П121-1,25- <sub>0</sub>												
Амплитуда эхосигнала, дБ с ПЭП П121-2,5- <sub>0</sub>												
Амплитуда эхосигнала, дБ с ПЭП П121-5,0- <sub>0</sub>												

Примечание: амплитуды эхосигналов плоскодонных отражателей нормированы на амплитуду эхосигнала от отверстия диаметром 6 мм в СО-2 по ГОСТ 14782-86.

Скорость поперечных волн: \_\_\_\_\_ м/с.

Коэффициент затухания: на частоте 1,25 МГц - \_\_\_\_\_ дБ/мм,  
на частоте 2,5 МГц - \_\_\_\_\_ дБ/мм,  
на частоте 5,0 МГц - \_\_\_\_\_ дБ/мм,

Эквивалентная площадь отражателей: \_\_\_\_\_ мм<sup>2</sup>

Погрешность эквивалентной площади: \_\_\_\_\_ мм<sup>2</sup>

Паспорт составил: \_\_\_\_\_ Подпись: \_\_\_\_\_

№ Удостоверения: \_\_\_\_\_ (м.п.)