

## РАБОТА УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТОЛЩИНОМЕРА А1208 С ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ SENDAST

Цель работы: демонстрация совместимости прямых пьезоэлектрических преобразователей SENDAST с ультразвуковым толщиномером А1208 от компании ООО «АКС».

Сокращения:

ПЭП – пьезоэлектрический преобразователь

УТ – ультразвуковой толщиномер

НО – настроечный образец

ПК – персональный компьютер

Оборудование:

1. Ультразвуковой толщиномер А1208
2. ПЭП П111-5,0-6 SENDAST
3. ПЭП П111-2,5-10 SENDAST
4. НО для настройки толщиномеров и дефектоскопов
5. Комплект образцов толщиной 0,6 – 50,0 мм.

План работы:

1. Провести подготовку и настройку УТ согласно руководству по эксплуатации.
2. В режиме ПАМЯТЬ провести по 20 измерений для каждой толщины НО.
3. Сохранить полученные результаты измерений толщин на ПК, сгруппировать данные в таблицу.
4. Провести расчёты погрешности измерения и сравнить с номинальной погрешностью УТ, сделать выводы.
5. Продемонстрировать измерения толщины на комплекте образцов в диапазоне 0,6-50,0 мм.

### ХОД РАБОТЫ

В данной работе было использовано два ПЭП SENDAST с рабочей частотой 5 МГц и 2,5 МГц. Алгоритм действий для каждого ПЭП абсолютно одинаковый, поэтому далее в описании и пояснении хода работы не будем указывать, каким именно ПЭП проводились те или иные действия.



Рис. 1  
Используемое оборудование

1. Согласно руководству по эксплуатации УТ А1208 проведём подготовку прибора к использованию. Для этого, так как используются совмещённые преобразователи, подключим одинарный кабель LEMO 00 к немаркированному разъёму. Включаем прибор. Далее проводим настройку и адаптацию прибора к параметрам используемого ПЭП. В режиме НАСТРОЙКА на строке «ПЭП» нажимаем клавишу F1 (Тест). Следуя инструкциям на экране УТ, проводим адаптацию прибора (Рис. 2-3). Прибор готов к работе.



Рис. 2

Настройка и адаптация прибора к параметрам ПЭП П111-5,0-6 SENDAST



Рис. 3

Настройка и адаптация прибора к параметрам ПЭП П111-2,5-10 SENDAST

2. В УТ А1208 имеется функция сохранения результатов – режим ПАМЯТЬ. В данном режиме, создавая отдельную группу для каждой измеряемой толщины и типа ПЭП, проведём измерения. Измерения будем проводить на НО с известными действительными толщинами и скоростью распространения ультразвуковой продольной волны (Рис. 4), по 20 измерений для каждой толщины.

Наименование	Результаты измерений		
	Номинальные значения	Действительные значения	Допускаемые отклонения
СОП-ОС ст. 20 № 30916			
Толщина 1-ой ступеньки, мм	4,0	3,97	± 0,10
Толщина 2-ой ступеньки, мм	6,0	5,98	± 0,10
Толщина 3-ей ступеньки, мм	8,0	8,01	± 0,10
Толщина 4-ой ступеньки, мм	10,0	9,98	± 0,10
Толщина 5-ой ступеньки, мм	12,0	11,98	± 0,10
Толщина 6-ой ступеньки, мм	14,0	13,97	± 0,10
Толщина 7-ой ступеньки, мм	16,0	16,03	± 0,10
Скорость УЗ продольной волны, м/с	5920	5920	±5%
Шероховатость обработки поверхностей образца СОП, мкм			Не хуже Rz 20

Рис. 4

Параметры настроечного образца

Таблица 1 – Соответствие созданных групп измеряемой толщине и ПЭП

Номер группы	Измеряемая толщина, мм	Тип ПЭП
2	4	П111-5,0-6,0 SENDAST
3	6	П111-5,0-6,0 SENDAST
4	8	П111-5,0-6,0 SENDAST
5	10	П111-5,0-6,0 SENDAST
6	12	П111-5,0-6,0 SENDAST
7	14	П111-5,0-6,0 SENDAST
8	16	П111-5,0-6,0 SENDAST
9	4	П111-2,5-10,0 SENDAST
10	6	П111-2,5-10,0 SENDAST
11	8	П111-2,5-10,0 SENDAST
12	10	П111-2,5-10,0 SENDAST
13	12	П111-2,5-10,0 SENDAST
14	14	П111-2,5-10,0 SENDAST
15	16	П111-2,5-10,0 SENDAST



Рис. 5

Измерение толщины НО ПЭП П111-5,0-6 SENDAST



Рис. 6

Измерение толщины НО ПЭП П111-2,5-10 SENDAST

3. В УТ А1208 реализована функция переноса данных на ПК. Воспользовавшись этой функцией, сохраним файл с именем results.csv на ПК. Отображение данных в файле results.csv представлены на рисунке 7. Для удобства дальнейшей обработки полученных результатов измерений, сгруппируем их в таблицу 2.

	1	2	3	4	5	6	7	8
61	2	3	3,98 mm					
62	2	4	3,98 mm					
63	2	5	3,98 mm					
64	2	6	3,97 mm					
65	2	7	3,99 mm					
66	2	8	4,01 mm					
67	2	9	3,98 mm					
68	2	10	3,98 mm					
69	2	11	3,99 mm					
70	2	12	3,99 mm					
71	2	13	3,98 mm					
72	2	14	3,98 mm					
73	2	15	3,99 mm					
74	2	16	3,99 mm					
75	2	17	3,99 mm					
76	2	18	3,98 mm					
77	2	19	3,98 mm					
78	2	20	3,97 mm					
79	3	1	6 mm					
80	3	2	6,01 mm					

Рис. 7  
Отображение данных в файле results.csv

Таблица 2 – Результаты измерений ПЭП П111-5,0-6 SENDAST

Номер измерения	Действительные значения толщины, мм						
	3,97	5,98	8,01	9,98	11,98	13,97	16,03
Измеренные значения толщины, мм							
1	3,98	6,00	8,00	10,03	12,03	14,01	16,09
2	3,99	6,01	8,01	10,03	12,03	14,02	16,09
3	3,98	6,01	8,01	10,03	12,04	14,03	16,10
4	3,98	6,02	8,01	10,05	12,03	14,06	16,10
5	3,98	5,99	8,04	10,02	12,07	14,05	16,10
6	3,97	6,02	8,01	10,03	12,05	14,02	16,11
7	3,99	5,99	8,01	9,98	12,03	14,02	16,09
8	4,01	6,02	8,01	10,03	12,02	14,05	16,09
9	3,98	6,01	8,04	10,02	12,04	14,02	16,10
10	3,98	5,99	8,01	10,03	12,05	14,02	16,09
11	3,99	6,02	8,01	10,03	12,04	14,02	16,07
12	3,99	6,02	8,01	10,03	12,05	14,03	16,09
13	3,98	6,02	8,01	10,01	12,07	14,01	16,10
14	3,98	6,00	8,01	9,98	12,09	14,01	16,09
15	3,99	6,01	8,00	10,03	12,03	14,04	16,09
16	3,99	6,00	8,01	9,99	12,09	14,04	16,08
17	3,99	6,02	8,02	10,03	12,05	14,00	16,09
18	3,98	6,03	8,01	10,01	12,05	14,02	16,09
19	3,98	6,01	8,02	9,98	12,09	14,02	16,08
20	3,97	6,01	8,01	10,03	12,03	14,02	16,09

Таблица 3 - Результаты измерений ПЭП П111-2,5-10 SENDAST

Номер измерения	Действительные значения толщины, мм						
	3,97	5,98	8,01	9,98	11,98	13,97	16,03
Измеренные значения толщины, мм							
1	3,93	5,93	7,99	9,96	11,96	13,93	16
2	3,93	5,97	8,00	9,94	11,95	13,93	16,04
3	3,92	5,96	7,98	9,97	11,98	13,98	16,00
4	3,95	5,96	7,99	9,93	11,96	13,95	16,00
5	3,92	5,95	7,98	9,96	11,99	13,93	16,00
6	3,94	5,97	7,98	9,96	11,95	13,97	16,01
7	3,95	5,97	7,99	9,95	12,00	13,91	16,01
8	3,95	5,96	7,98	9,96	11,97	13,98	16,00
9	3,94	5,95	7,98	9,96	11,95	14,02	16,00
10	3,93	5,94	7,96	9,95	12,02	13,92	16,01
11	3,93	5,95	7,95	10,00	11,97	13,99	15,99
12	3,96	5,96	8,01	9,94	11,97	13,98	16,03
13	3,94	5,99	7,99	9,97	11,95	13,93	16,01
14	3,94	5,95	7,98	10,06	11,98	13,96	16,00
15	3,93	5,94	8,01	9,98	11,97	13,92	16,00
16	3,97	5,96	7,96	9,95	12,02	13,98	16,02

17	4,00	5,95	7,98	9,93	11,99	13,91	16,01
18	3,93	5,96	7,98	10,05	11,95	13,98	16,01
19	3,92	5,96	8,01	9,94	11,97	13,95	16,00
20	3,93	5,95	7,97	9,94	11,98	14,00	16,06

4. На основании полученных результатов определим погрешности при измерении толщины. Для этого вычислим:

4.1. Систематическую составляющую погрешности измерений по формуле:

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{Д} - x_i)}{n}$$

где  $x_{Д}$  – действительное значение измеряемой толщины;  
 $x_i$  – результат  $i$ -го измерения толщины УТ;  
 $n$  – число измерений.

4.2. Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$$

4.3. Интервал, в котором с установленной доверительной вероятностью  $P=0,95$  находится суммарная погрешность измерений, определяется неравенством:

$$\delta - \varepsilon\sigma < \Delta < \delta + \varepsilon\sigma$$

где  $\varepsilon$  – коэффициент Стьюдента, для доверительной вероятности  $P=0,95$  и числа измерений  $n=20$  равен 2,09.

Результаты вычислений занесём в таблицу 4 и сравним с допустимой погрешностью УТ А1208, которая вычисляется по формуле:

$$\pm(0,01 \cdot H + 0,05),$$

где  $H$  – измеряемая толщина.

Таблица 4 – Результаты вычислений погрешности

Действительная измеряемая толщина, мм	Систематическая составляющая погрешности	Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности	Интервал, в котором находится суммарная погрешность измерений	Допустимая погрешность прибора
ПЭП П111-5,0-6 SENDAST				
3,97	-0,014	0,008602325	-0,03 0	±0,09
5,98	-0,03	0,011401754	-0,05 -0,01	±0,11
8,01	-0,003	0,010049876	-0,02 0,02	±0,13
9,98	-0,0385	0,019817921	-0,08 0	±0,15
11,98	-0,069	0,021424285	-0,11 -0,02	±0,17
13,97	-0,0555	0,014991664	-0,09 -0,02	±0,19
16,03	-0,0615	0,008529361	-0,08 -0,04	±0,21
ПЭП П111-2,5-10 SENDAST				
3,97	0,0295	0,018834808	-0,01 0,07	±0,09
5,98	0,0235	0,012757351	0 0,05	±0,11
8,01	0,0265	0,015898113	-0,01 0,06	±0,13
9,98	0,015	0,034278273	-0,06 0,09	±0,15

11,98	0,006	0,021071308	-0,04 0,05	±0,17
13,97	0,014	0,031527766	-0,05 0,08	±0,19
16,03	0,02	0,016124515	-0,01 0,05	±0,21

## ВЫВОД

Из полученных результатов определения погрешностей измерений можно сделать выводы, что при работе УТ А1208 совместно с ПЭП SENDAST погрешность измерений не превышает установленную для данного прибора.

5. В заключении данной работы, проведём измерения толщины на образцах от 0,6 мм до 50 мм.  
 Диапазон толщин, мм:

0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,5; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 5,0; 8,0; 10,0; 15,0; 20,0; 30,0; 50,0.





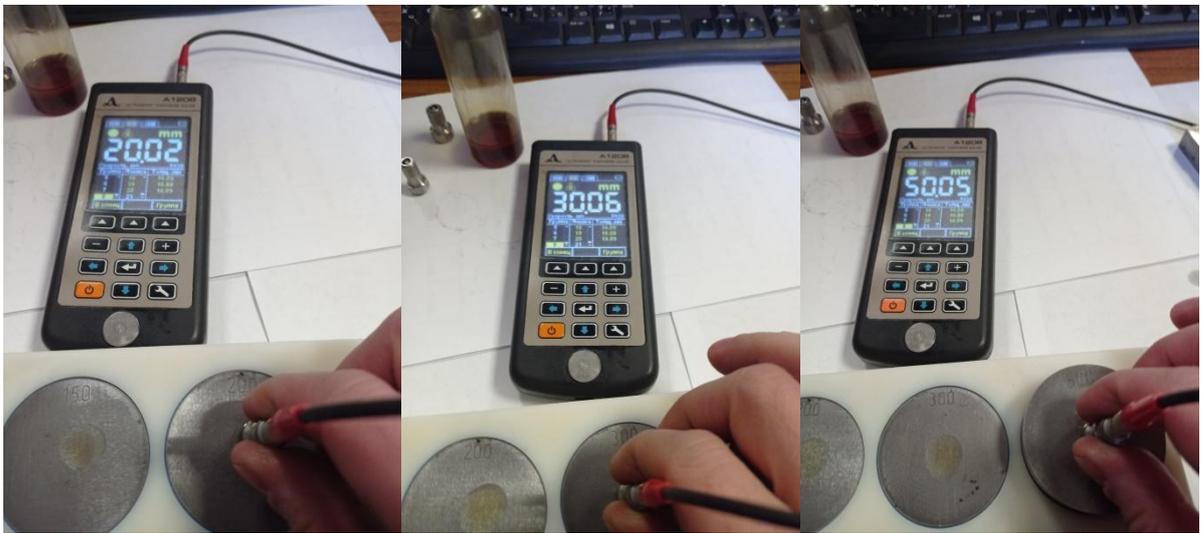


Рис. 8  
Измерения ПЭП П111-5,0-6 SENDAST







Рис. 9

Измерения ПЭП П111-2,5-10 SENDAST