

# ТРУБНАЯ ТОЛЩИНОМЕТРИЯ СОВМЕЩЕННЫМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ П111 SENDAST В СООТВЕТСТВИИ С ГОСТ Р ИСО 16809-2015

## ОБОРУДОВАНИЕ:

- Ультразвуковой дефектоскоп А1214 EXPERT;
- Пьезоэлектрический преобразователь П111-5,0-6 SENDAST;
- Пьезоэлектрический преобразователь П111-5,0-6-ПРТ SENDAST;
- Пьезоэлектрический преобразователь П111-10,0-6-ПРТ SENDAST Micro (рабочая поверхность  $\varnothing 2,5$ мм).

## ВВЕДЕНИЕ

Целью данной работы является демонстрация возможности проведения ультразвуковой толщинометрии по ГОСТ Р ИСО 16809-2015 с использованием прямых совмещённых преобразователей П111-SENDAST, имеющих сверхмалую мертвую зону и широкополосные сигналы предельно малой длительности, и дефектоскопа общего назначения А1214 EXPERT.

Измерения были проведены на образцах, которые представляют собой отрезки труб диаметром от 22 мм до 52 мм с толщиной стенки от 1,5 мм до 3,0 мм.

УНИКАЛЬНОСТЬ ДАННОЙ РАБОТЫ - измерения таких малых трубных толщин от 1,5 до 3,0 мм проводились именно **СОВМЕЩЁННЫМИ** ПЭП, а не отдельно-совмещёнными типа П112.

Также использование дефектоскопа вместо толщиномера придаёт универсальность данному методу.

Рассмотрим стандарт, в соответствии с которым была проведена работа.

ГОСТ Р ИСО 16809-2015 «Контроль неразрушающий. Контроль ультразвуковой. Измерение толщины» устанавливает принципы ультразвукового измерения толщины металлических и неметаллических материалов на основе измерения времени прохождения ультразвуковых импульсов. Данный стандарт идентичен международному стандарту ИСО 16809:2012 "Контроль неразрушающий. Ультразвуковое измерение толщины" (ISO 16809:2012 "Non-destructive testing. Ultrasonic thickness measurement", IDT).

Стандарт был утверждён приказом Росстандарта № 555-ст от 04.06.2015 и действует с 01.03.2016.

ГОСТ Р ИСО 16809-2015 определяет четыре режима измерений:

**Режим 1:** измерение времени прохождения от начального импульса возбуждения до первого эхо-сигнала, минус коррекция нуля для учета толщины протектора преобразователя, компенсации износа и слоя контактной среды (режим однократного эхо-сигнала).

**Режим 2:** измерение времени прохождения от конца линии задержки до первого донного эхо-сигнала (режим однократного эхо-сигнала линии задержки).

**Режим 3:** измерение времени прохождения между донными эхо-сигналами (многократные эхо-сигналы).

**Режим 4:** измерение времени прохождения импульса от излучателя до приемника в контакте с донной поверхностью (теневой метод).

В работе будем применять **Режим 3**, так как это наиболее подходящий выбор для измерения малых толщин совмещёнными пьезоэлектрическими преобразователями.

**ГОСТ Р ИСО 16809-2015 Контроль неразрушающий. Контроль ультразвуковой. Измерение толщины**  
Идентичен (IDT) ISO 16809:2012

Применяется с 01.03.2016

**Статус: Действующий**  
(действ. с 01.03.2016)

**Вид/Индекс:**  
ГОСТ Р

**Номер:**  
ИСО 16809-2015

**Утвержден:**  
приказом Росстандарта от 04.06.2015 N 555-ст

**Принявший орган:**  
Росстандарт

**Код ОКС/МКС:**  
19 Испытания  
19.100 Неразрушающие испытания

**Тип документа:**  
Нормативно-технический документ

**Опубликован:**  
Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2019 год

**Информация о сверке**  
Официальное издание М.: Стандартинформ, 2015

ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет

Рис.1

Статус ГОСТ Р ИСО 16809-2015

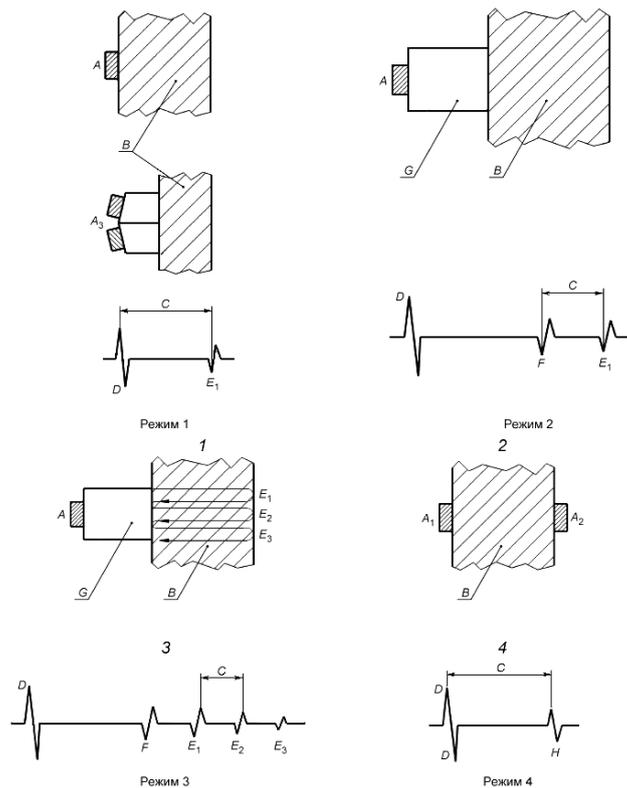


Рис.2

Режимы измерения.

A - передающий/принимающий преобразователь; A - передающий преобразователь; A - принимающий преобразователь; A - раздельно-совмещенный преобразователь; B - испытуемый объект; C - время прохождения акустического пути; D - отметка импульса передачи; E-E - донные эхо-сигналы; F - эхо-сигнал от границы раздела; G - задержка; H - принятый импульс.

## П111-5,0-6 SENDAST

В первую очередь, перед началом измерений, необходимо настроить глубиномер ультразвукового дефектоскопа. В общем случае настройка глубиномера заключается в определении времени прохождения ультразвукового импульса в протекторе преобразователя и определении скорости распространения ультразвуковой волны в объекте контроля (чем точнее будут измерены данные параметры, тем точнее будет проведено измерение толщины).

Для ПЭП П111-5,0-6 SENDAST время прохождения ультразвукового импульса в протекторе преобразователя определим методом, в котором используются три однотипных пьезоэлектрических преобразователя SENDAST, без использования образцов. Суть метода заключается в следующем:

1. Один из преобразователей подключают к генератору, а второй к приёмнику ультразвукового дефектоскопа (раздельный режим);
2. Устанавливают прямые совмещённые ПЭП, как показано на рисунке 3. Притирая рабочие поверхности ПЭП и перемещая ПЭП один относительно другого, добиваются получения максимального значения сигнала на экране дефектоскопа.
3. Измеряют интервал времени между импульсом возбуждения и принятым сигналом.
4. Повторяют указанные операции, используя первый и третий, а также второй и третий ПЭП.
5. Время распространения звука в протекторе определяют по формуле:

$$t_i = \frac{1}{2} (t_{ik} + t_{im} - t_{km}) \quad (1)$$

$$i \neq k \neq m$$

где  $t_i$  - время распространения звука в протекторе  $i$ -го преобразователя, мкс;  $t_{ik}$  - измеренный в микросекундах интервал времени при использовании в качестве излучателя  $i$ -го и приемника  $k$ -го ПЭП;  $m, i, k$  равны 1, 2, 3.

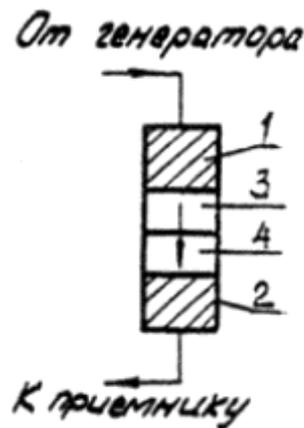


Рис.3

Схема измерения время прохождения ультразвукового импульса в протекторе преобразователя.

1 - первый ПЭП; 2 - второй ПЭП; 3 - призма первого ПЭП; 4 - призма второго ПЭП

Итак, возьмём три однотипных ПЭП П111-5,0-6 SENDAST (Рисунок 4) с заводскими номерами, указанными в таблице 1.



Рис. 4

Три однотипных ПЭП П111-5,0-6 SENDAST

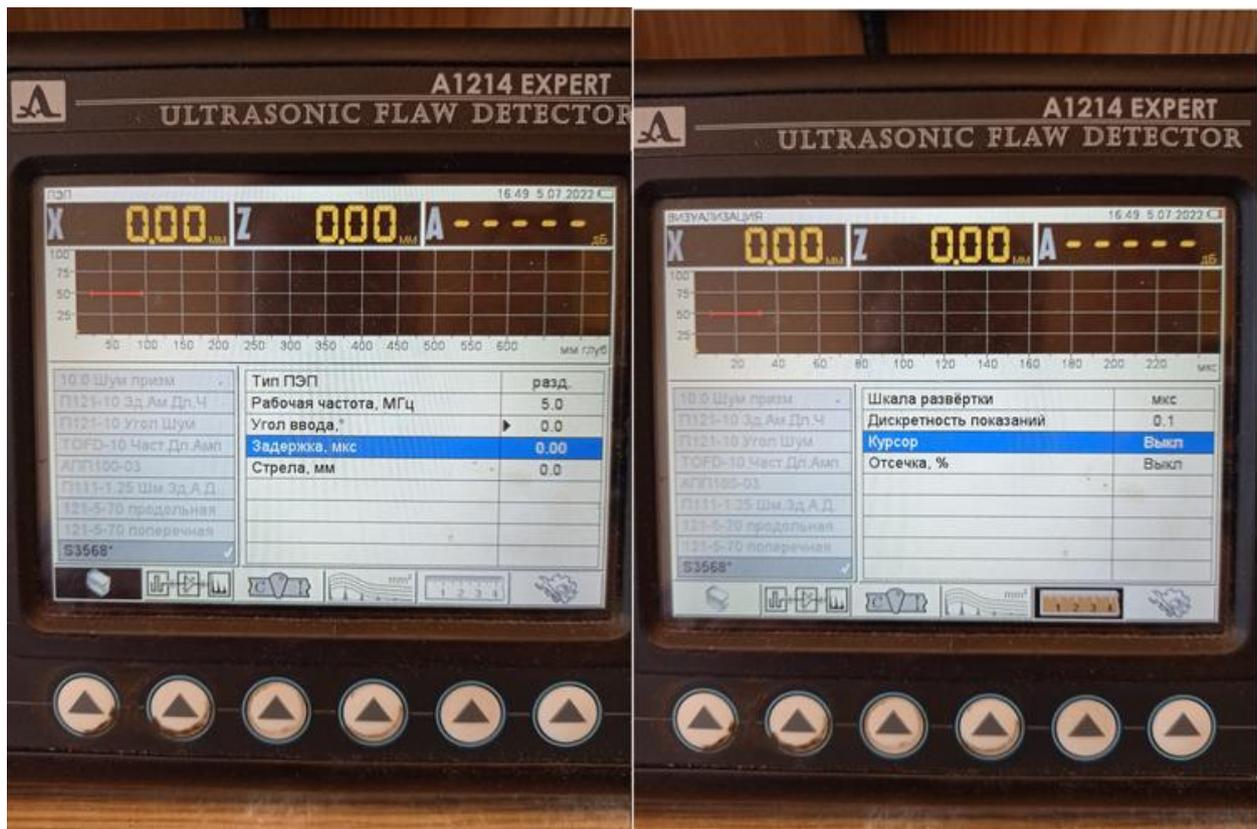


Рис. 5

Начальные настройки дефектоскопа

Порядковый номер ПЭП	Заводской номер ПЭП
1	18226
2	18227
3	18224

Проведём измерения в соответствии с описанной выше методикой.

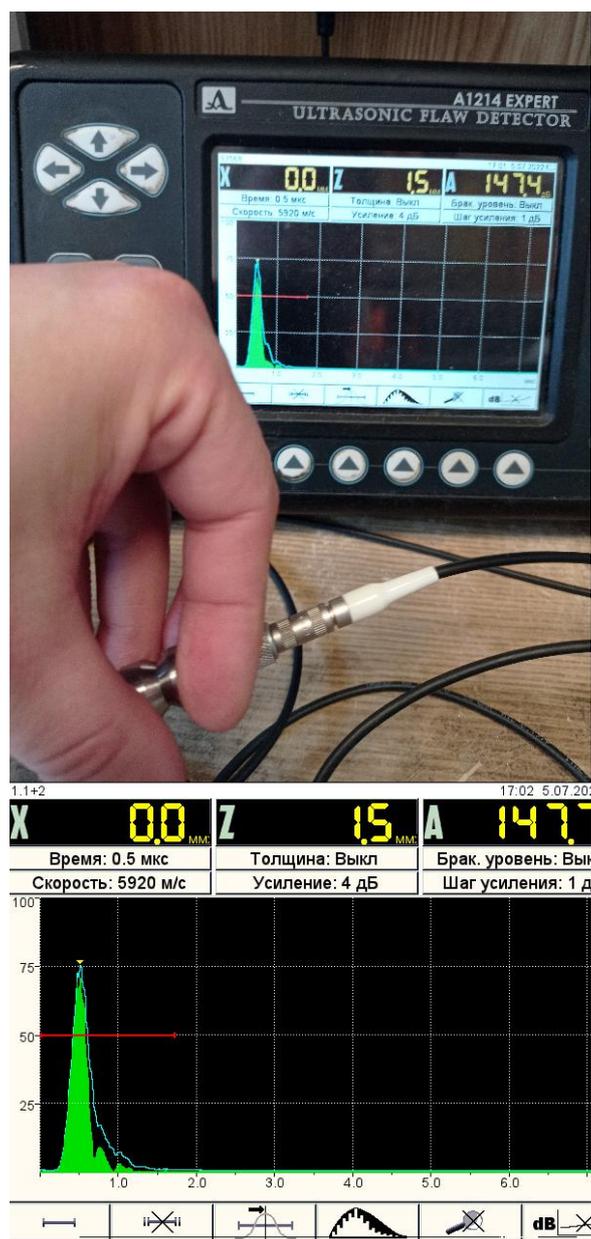


Рис. 6

Измерение интервала времени при использовании в качестве излучателя 1-го и приёмника 2-го ПЭП

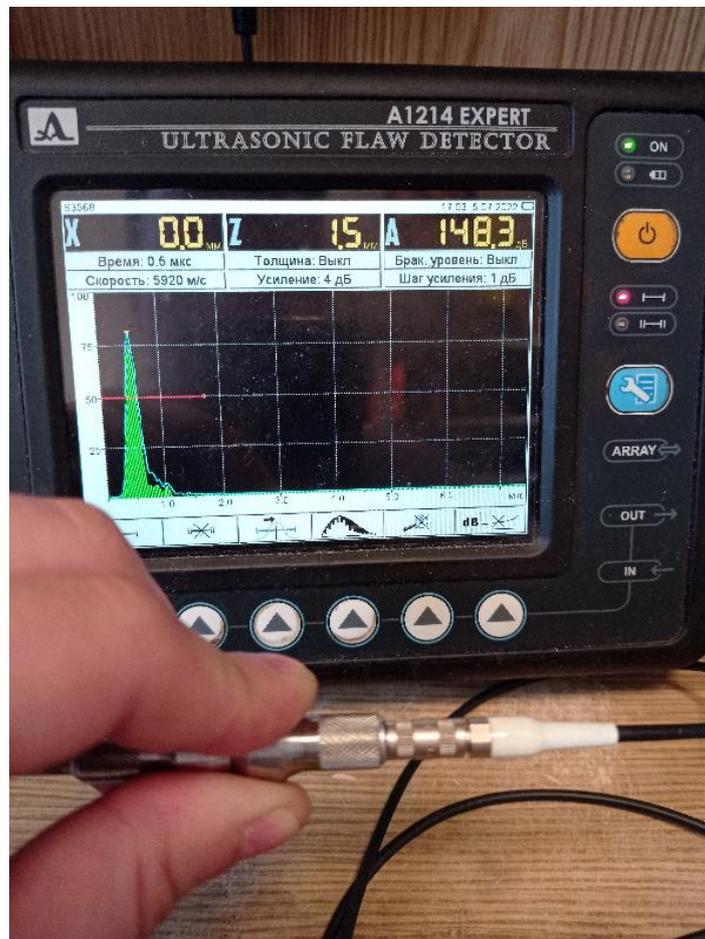


Рис. 7

Измерение интервала времени при использовании в качестве излучателя 2-го и приёмника 3-го ПЭП

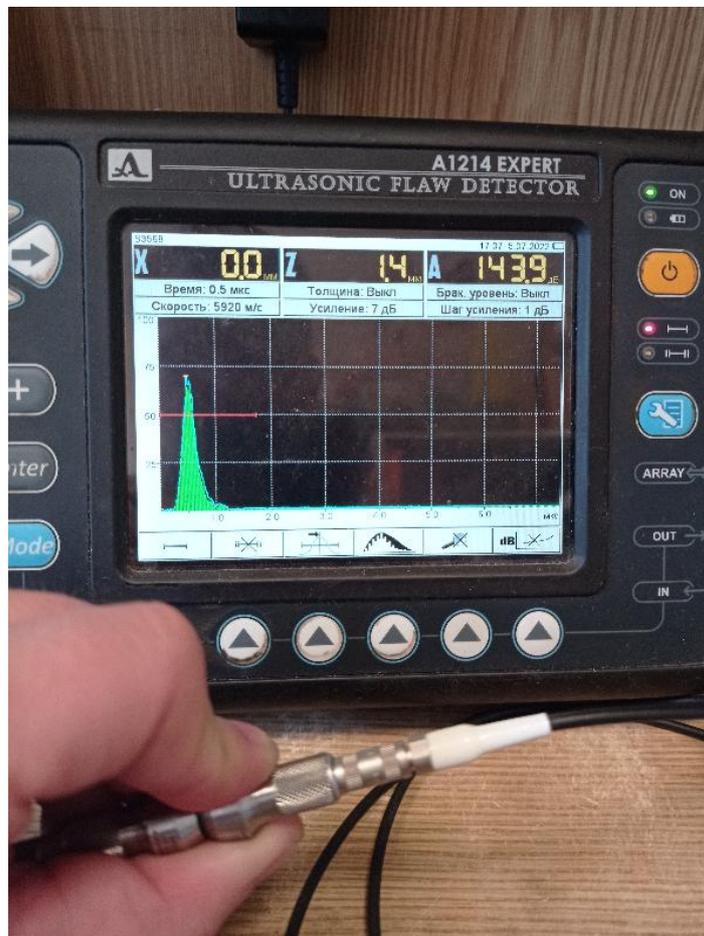


Рис. 8

Измерение интервала времени при использовании в качестве излучателя 1-го и приёмника 3-го ПЭП

Таким образом, измеренные интервалы времени равны:

$$t_{12} = t_{13} = t_{23} = 0,5 \text{ мкс.}$$

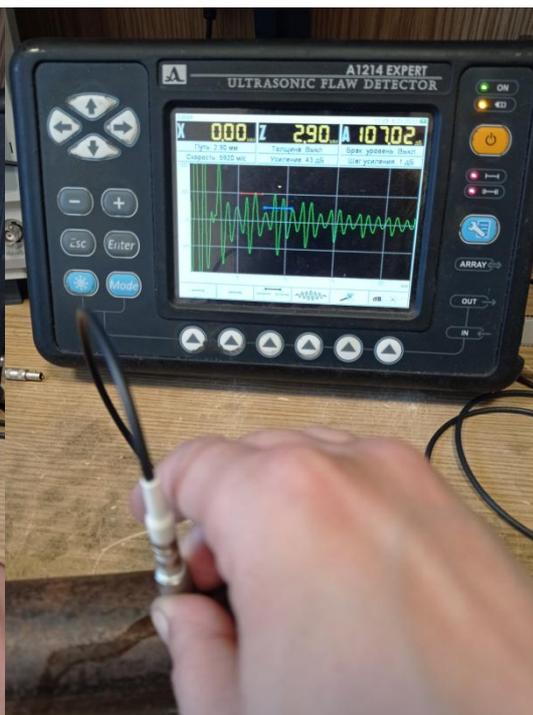
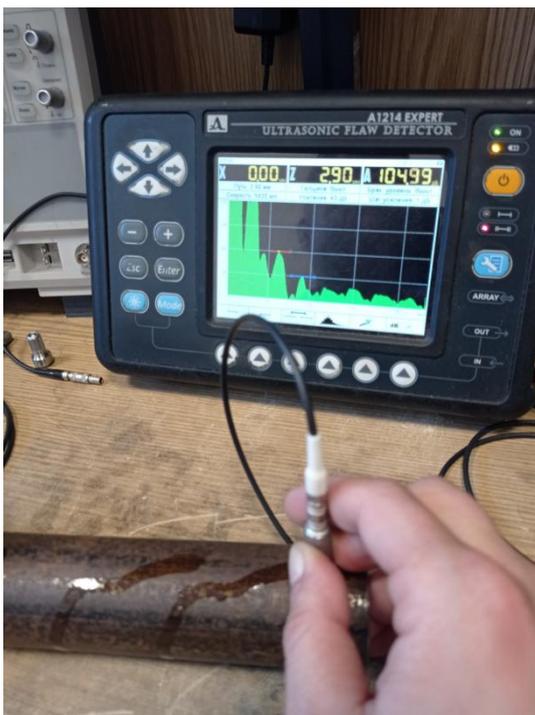
Подставляя полученные значения в формулу (1), определяем время прохождения ультразвукового импульса в протекторе первого преобразователя с заводским номером 18226, которым далее будем проводить измерения:

$$t_1 = \frac{1}{2} (0.5 + 0.5 - 0.5) = 0.25$$

Получили время прохождения ультразвукового импульса в протекторе ПЭП равным 0,25 мкс. Скорость распространения ультразвуковой волны в объекте контроля установим 5920 м/с.

Можно приступать к измерениям.

У дефектоскопа А1214 глубиномер расположен в верхней части экрана по центру (координата Z)



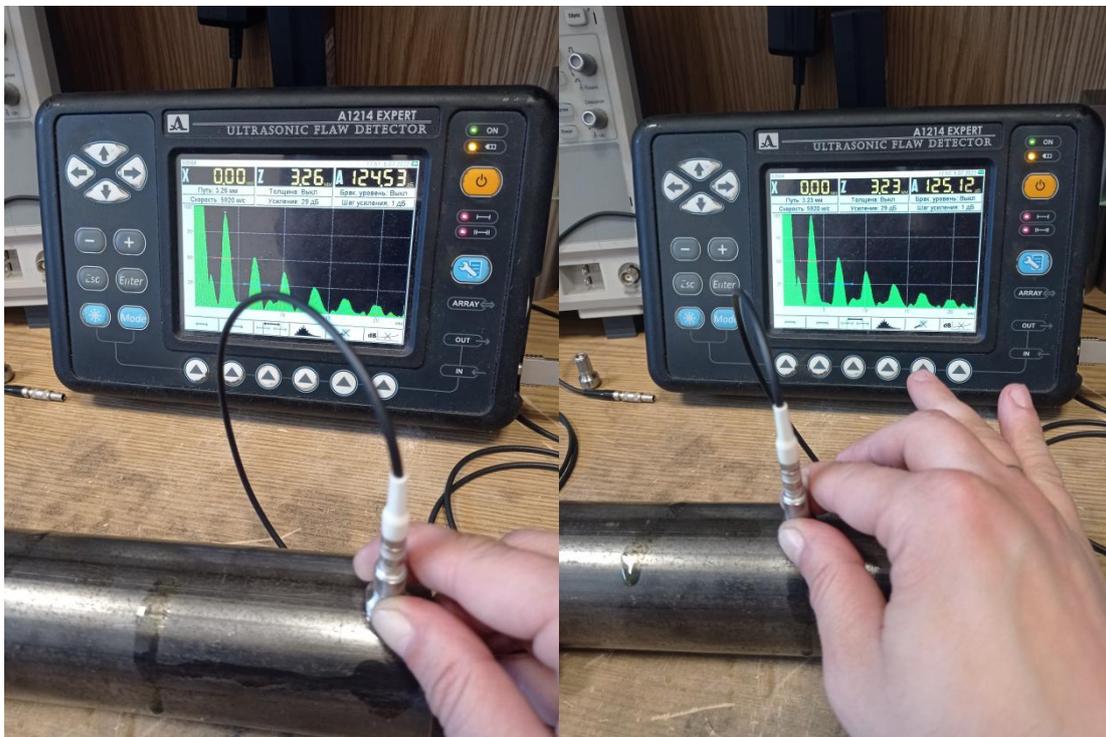


Рис. 9

Проведение измерений толщины трубных образцов преобразователем П111-5,0-6 SENDAST

## П111-5,0-6-ПРТ SENDAST

Как и в случае с П111-5,0-6 SENDAST, вначале настроим глубиномер дефектоскопа. Для П111-5,0-6-ПРТ SENDAST время прохождения ультразвукового импульса в акустической задержке ПЭП определяется по сигналу, отражённому от границы акустическая задержка-воздух (Рисунок 10).

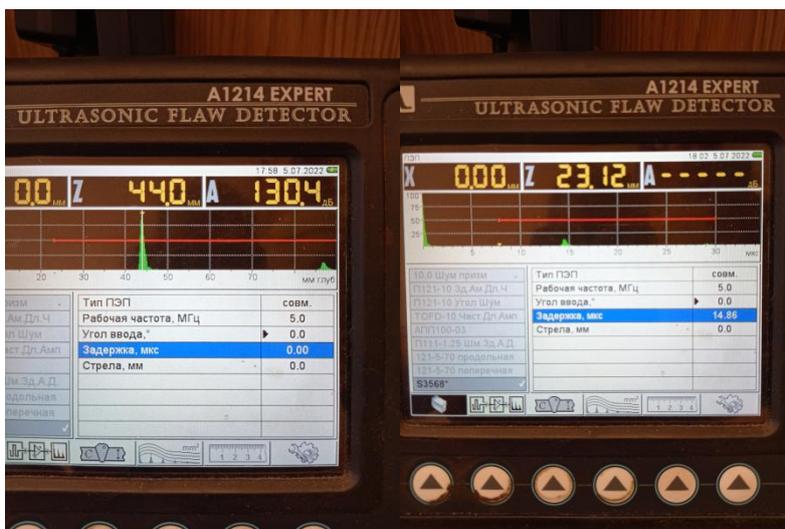
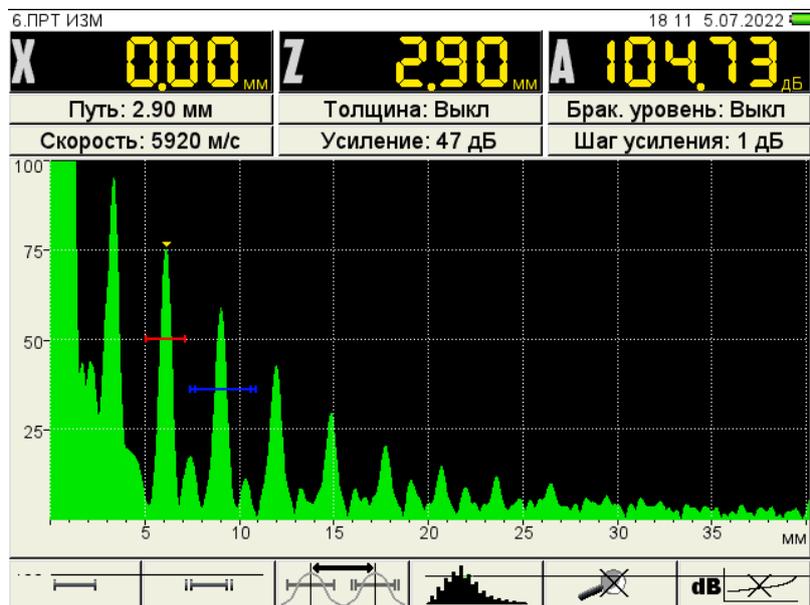
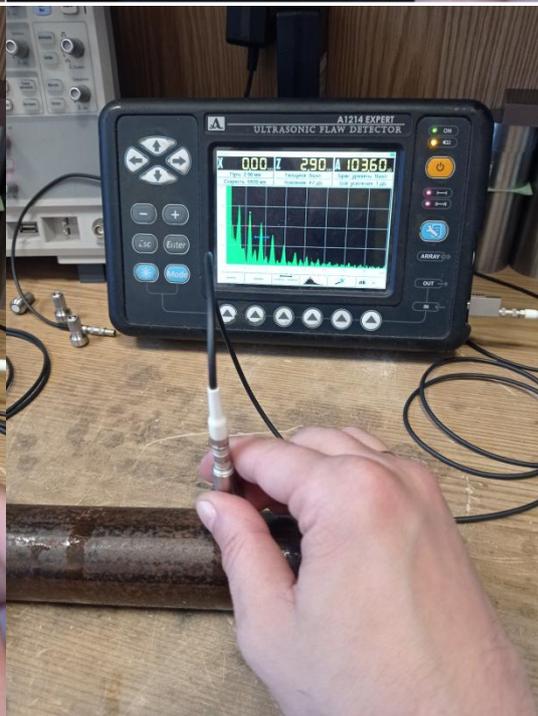


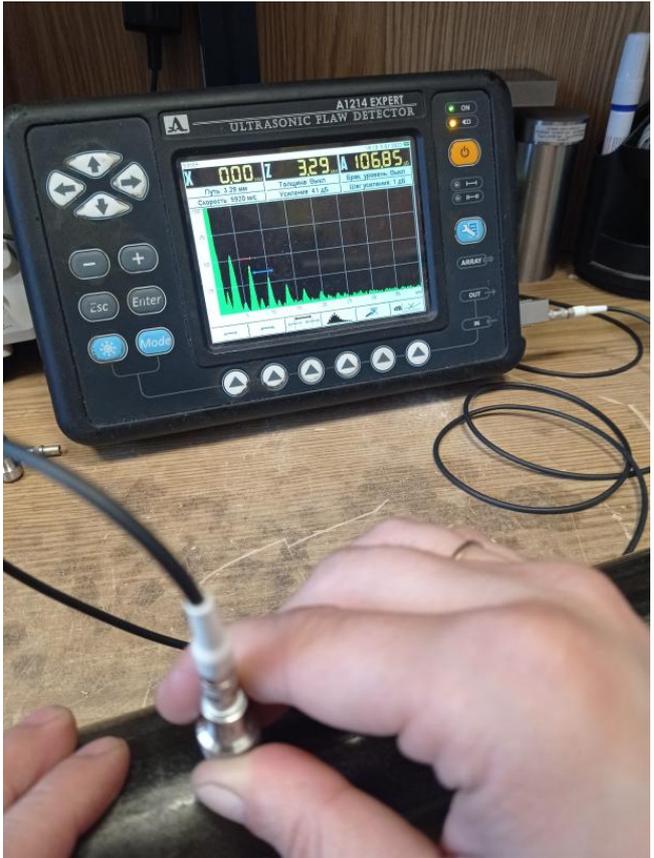
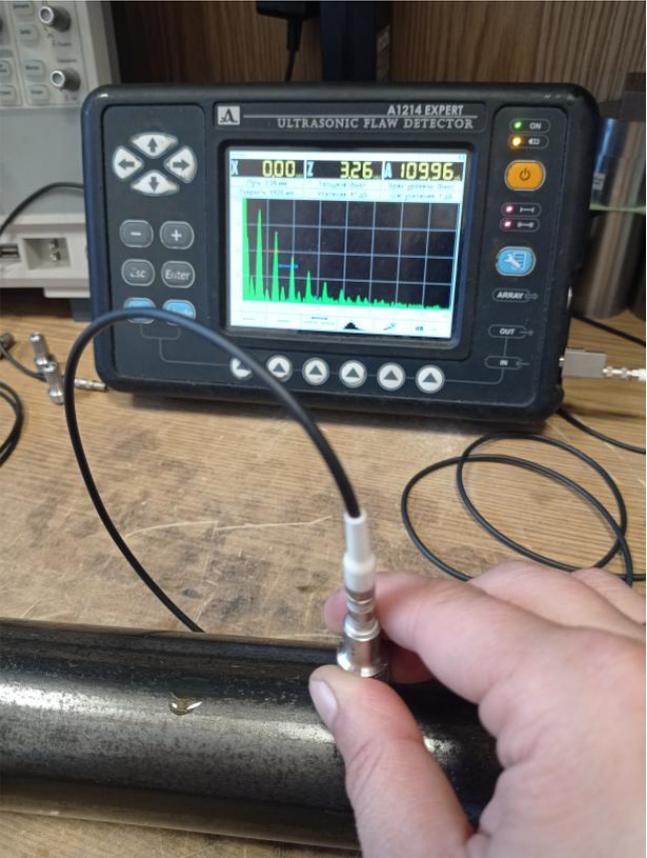
Рис. 10

Определение времени прохождения ультразвукового импульса в акустической задержке ПЭП

Таким образом, получаем время прохождения ультразвукового импульса в акустической задержке ПЭП равным 14,86 мкс. Скорость распространения ультразвуковой волны в объекте контроля устанавливаем 5920 м/с для образцов из углеродистой стали и 5770 м/с для образца из стали AISI 304 (образец  $\varnothing 22 \times 1,5$ ).

Проведём измерения.





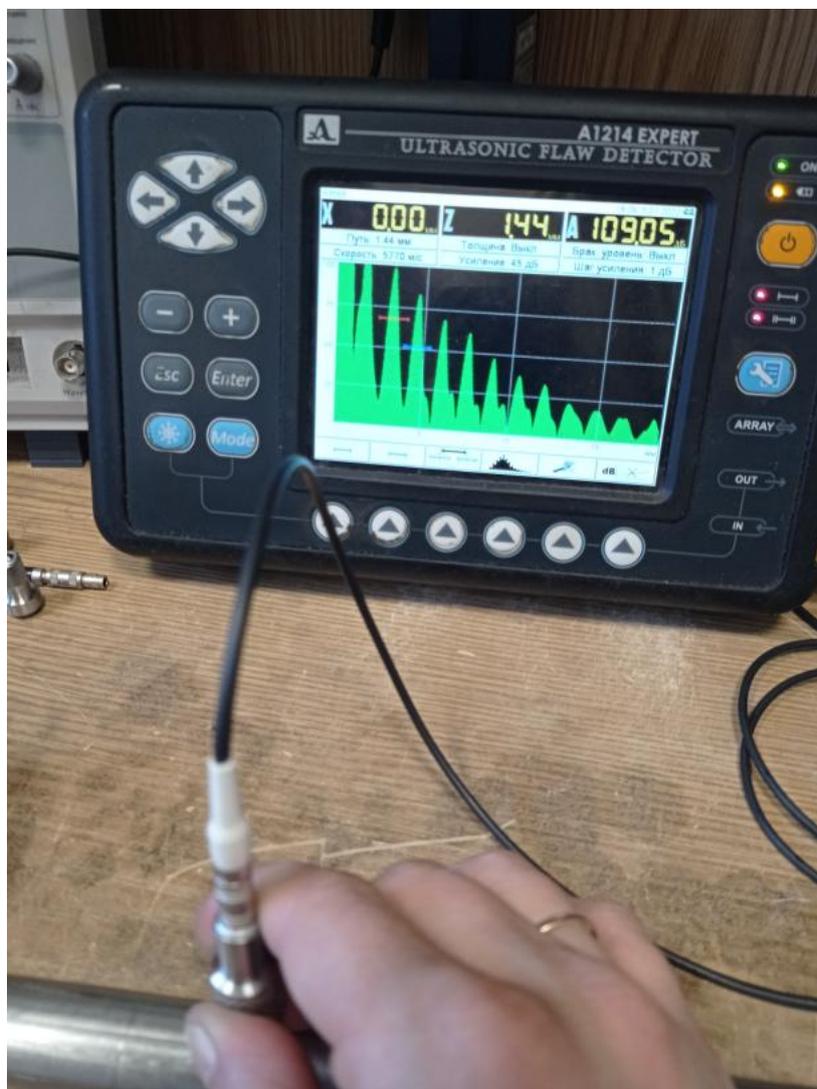
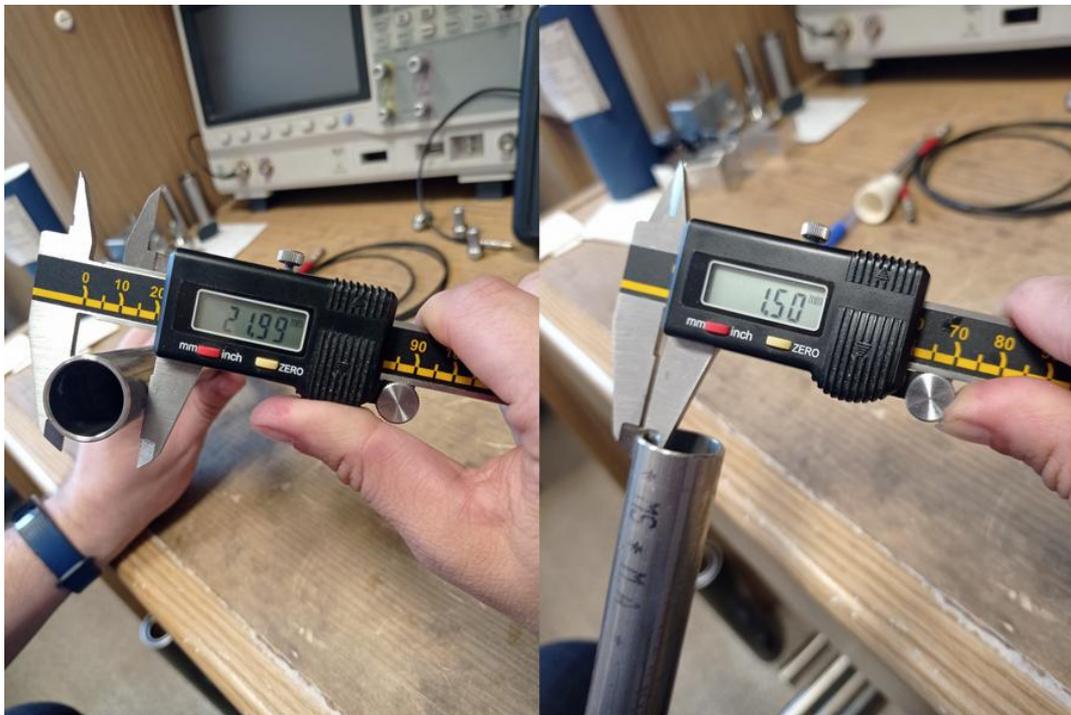


Рис. 11

Проведение измерений толщины трубных образцов преобразователем П111-5,0-6-ПРТ SENDAST

## П111-10,0-6-ПРТ SENDAST Micro



Рис. 12

Внешний вид П111-10,0-6-ПРТ SENDAST Micro

Для П111-10,0-6-ПРТ SENDAST Micro этапы по настройке глубиномера аналогичны настройке П111-5,0-6-ПРТ SENDAST.

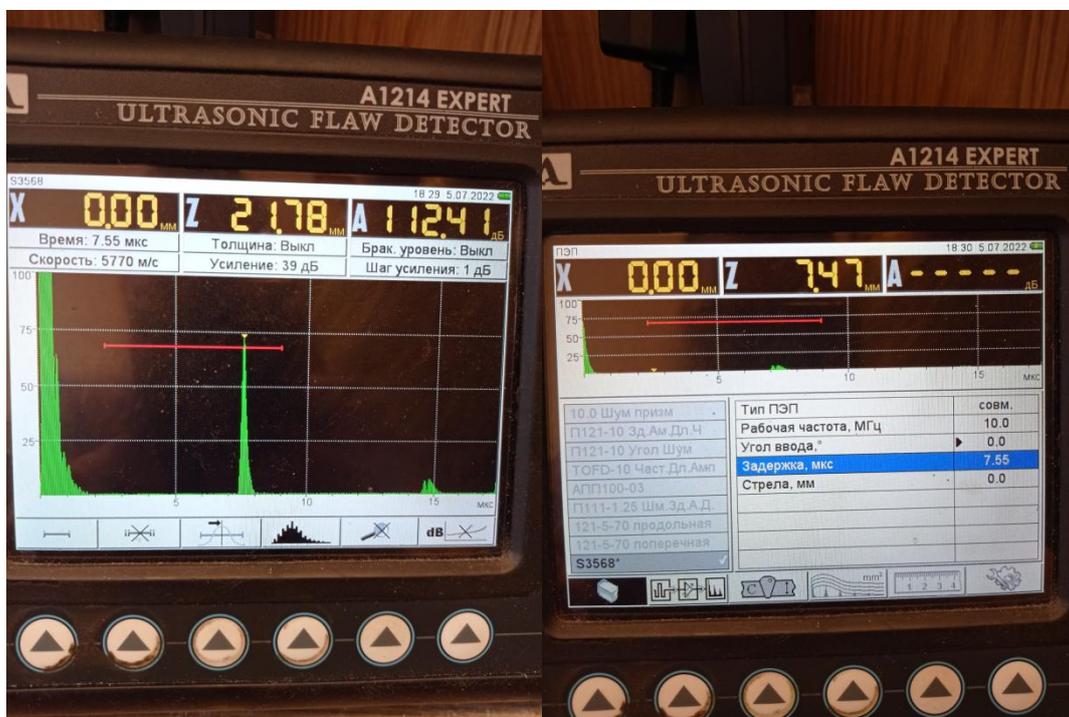


Рис. 13

Определение времени прохождения ультразвукового импульса в акустической задержке ПЭП  
Время прохождения ультразвукового импульса в акустической задержке ПЭП равно 7,55 мкс.  
Проведем измерения:

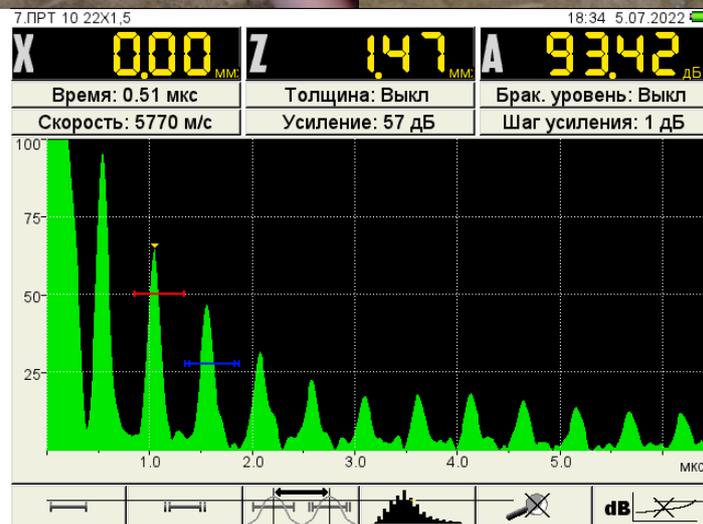
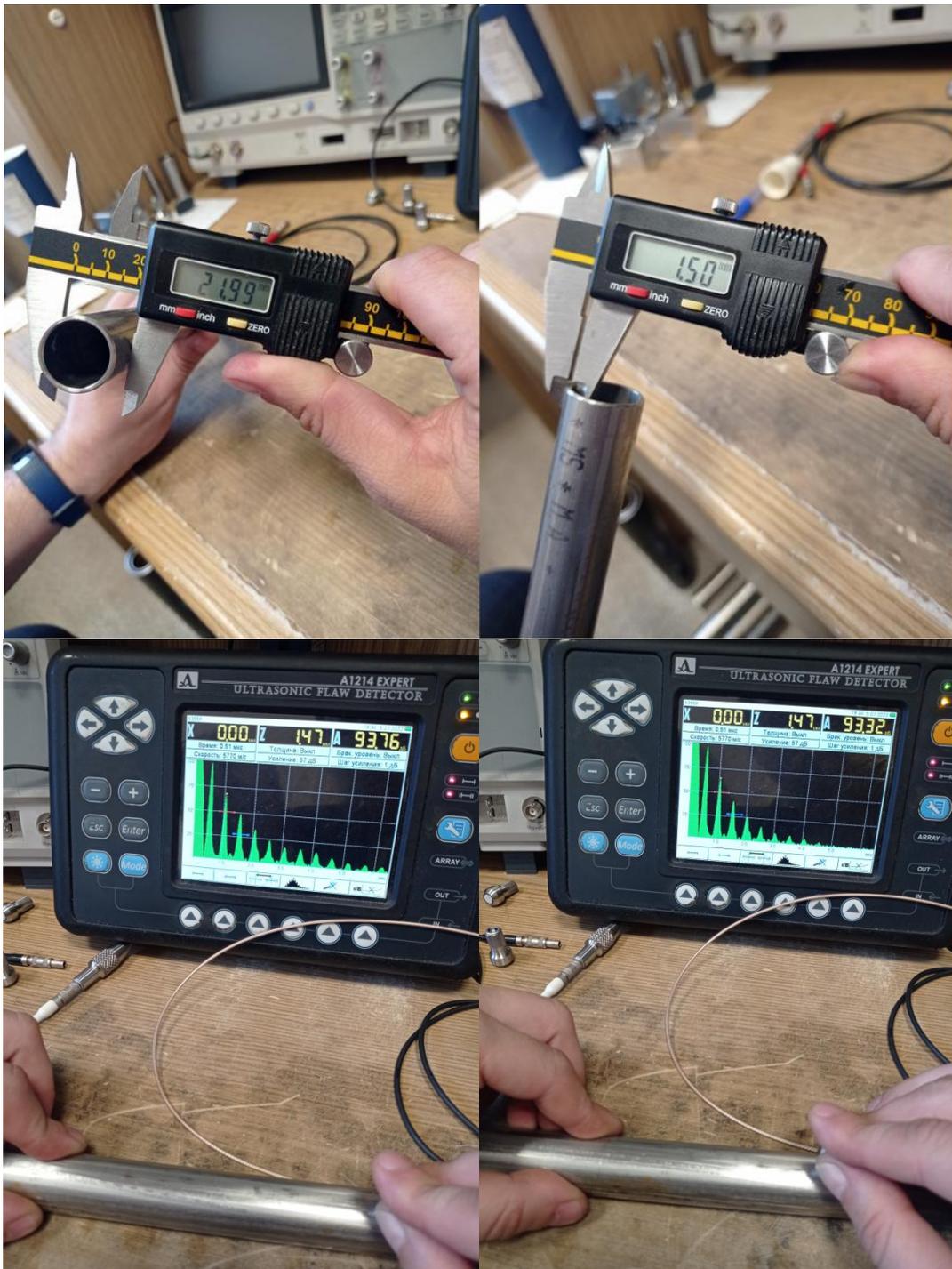


Рис. 14

Проведение измерений толщины трубных образцов преобразователем П111-10,0-6-ПРТ SENDAST Micro

Также необходимо отметить, что благодаря миниатюрным размерам П111-10,0-6-ПРТ SENDAST Micro, возможно решать специфические задачи такие, например, как проведение ультразвуковой толщинометрии внутри труб малого диаметра.

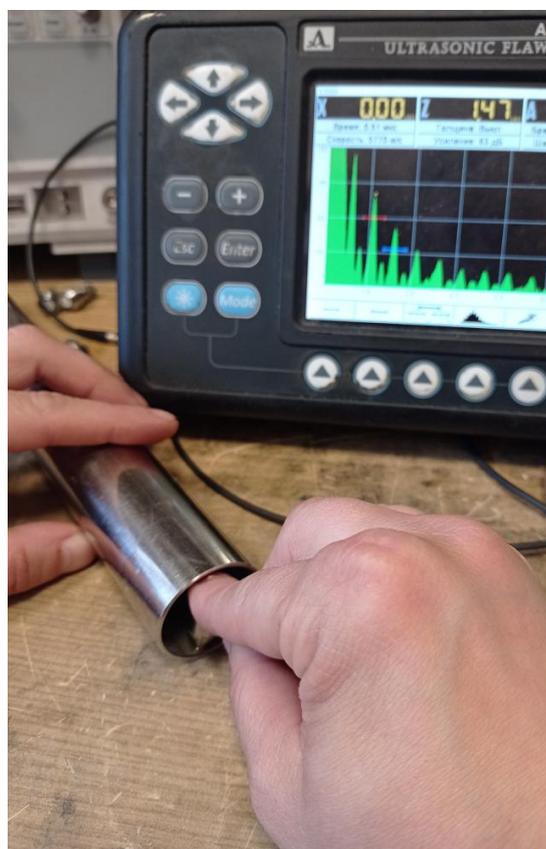


Рис. 15

Проведение измерений внутри трубы  $\varnothing 35 \times 1,5$  преобразователем П111-10,0-6-ПРТ SENDAST Micro

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе было продемонстрировано проведение ультразвуковой толщинометрии труб в соответствии с ГОСТ Р ИСО 16809-2015 с использованием прямых совмещённых преобразователей П111-SENDAST и дефектоскопа.

Благодаря таким уникальным характеристикам датчиков П111-SENDAST как:

- сверхмалая мертвая зона после возбуждения
- предельная малая длительность эхо-импульса
- высокое отношение сигнал-шум

такие задачи, как ультразвуковая толщинометрия труб малого диаметра и малой толщины становятся осуществимы без использования раздельно-совмещённых преобразователей.

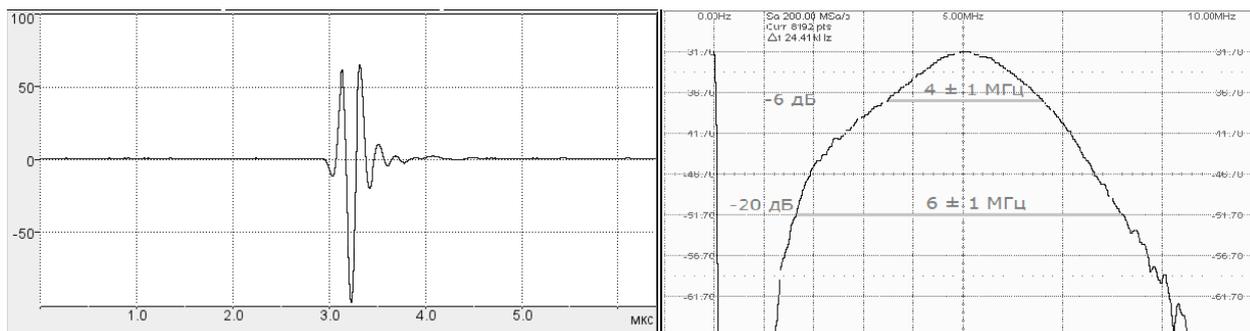


Рис. 16

Типовая длительность эхо-импульса и амплитудно-частотная характеристика П111-5,0-6 SENDAST

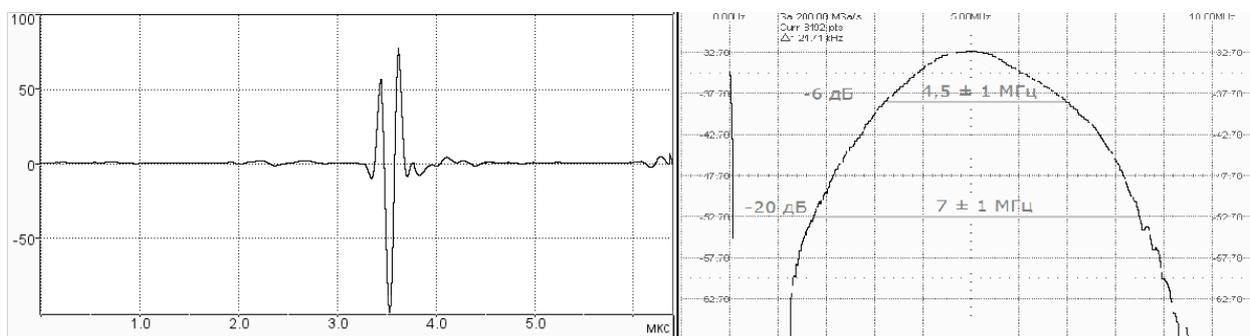


Рис. 17

Типовая длительность эхо-импульса и амплитудно-частотная характеристика П111-5,0-6-ПРТ SENDAST

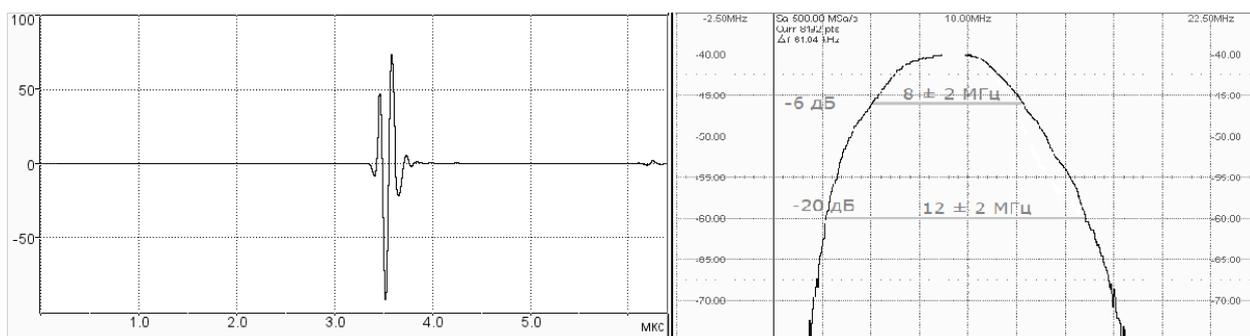


Рис. 18

Типовая длительность эхо-импульса и АЧХ П111-10,0-6-ПРТ SENDAST Micro