



ОКП 42 7612

УДК 620.179.1.05

ТОЛЩИНОМЕР УЛЬТРАЗВУКОВОЙ УТ9215

Техническое описание и инструкция по эксплуатации
43.4987.001.01.000 ТО

Составил: Бархатов В.А.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	Назначение ультразвукового толщиномера УТ9215	3
2.	Технические характеристики	3
3.	Комплект поставки	4
4.	Принцип действия ультразвукового толщиномера	5
5.	Устройство и работа прибора	6
6.	Органы управления и индикации	8
7.	Перечень сообщений, выдаваемых прибором	9
8.	Инструкция по эксплуатации	10
	8.1. Включение прибора	10
	8.2. Проведение измерений	10
	8.3. Настройка прибора	11
	8.4. Запоминание данных	12
	8.5. Установка кода точки	12
	8.6. Просмотр энергонезависимой памяти прибора	12
	8.7. Стирание энергонезависимой памяти	13
	8.8. Включение и выключение подсветки индикатора	13
	8.9. Выключение прибора	13
	8.10. Сообщение о разряде батарей	14
9.	Настройка прибора	14
	9.1. Настройка прибора с одной мерой толщины	14
	9.2. Настройка прибора по двум мерам толщины	15
10.	Поверка прибора УТ9215	15
	10.1. Операции поверки	16
	10.2. Средства поверки	16
	10.3. Требования к квалификации поверителя	18
	10.4. Требования безопасности	18
	10.5. Условия поверки	18
	10.6. Проведение поверки	18
	10.7. Оформление результатов поверки	19
11.	Дополнительные погрешности ультразвукового толщиномера	20
	11.1. Погрешность от слоя контактной жидкости (от слоя краски)	20
	11.2. Погрешность от шероховатости наружной стенки изделия	21
	11.3. Погрешность от непараллельности стенок изделия	21
	11.4. Измерение толщины стенки трубы малого диаметра	22

11.5. Измерение остаточной толщины стенки	24
12. Примеры кодировки данных на объектах контроля	25
13. Неисправности и методы их устранения	27
14. Маркирование и пломбирование прибора	27
15. Правила хранения и транспортирования прибора	28
16. Свидетельство о консервации и упаковке	28
17. Гарантийные обязательства и сведения о рекламациях	29
18. Протокол поверки	30
19. Таблица скоростей продольных ультразвуковых волн в сталях	31
20. Таблица скоростей продольных ультразвуковых волн в сплавах алюминия	32
21. Таблица скоростей продольных ультразвуковых волн в сплавах на основе титана	32
22. Таблица скоростей продольных ультразвуковых волн в сплавах на основе меди	33
23. Составы контактных жидкостей	34
24. Пример заключения по ультразвуковой толщинометрии	35

1. Назначение ультразвукового толщиномера УТ9215

Прибор УТ9215 предназначен для определения остаточной толщины стенок труб, баков цистерн и т.д. с целью выявления мест коррозии и механической эрозии металла. В приборе реализован неразрушающий ультразвуковой метод измерений при доступе к контролируемым поверхностям с одной стороны. Прибор имеет высокую чувствительность, что позволяет проводить измерение остаточной толщины стенки при высокой степени коррозии донной поверхности. Также высокая чувствительность обеспечивает возможность измерений через слой краски на поверхности изделия.

Измерительная схема прибора осуществляет компенсацию основной погрешности УЗ толщиномера, которая имеется у раздельно-совмещенного преобразователя и образуется из-за V-образного хода ультразвуковых волн в изделии.

Ультразвуковой толщиномер УТ9215 представляет собой малогабаритный цифровой прибор с автономным питанием.

Прибор УТ9215 содержит микропроцессор и энергонезависимую память данных. Прибор может запоминать до 999 измерений вместе с кодом точки замера. Прибор снабжен каналом вывода данных (СОМ портом), через который результаты измерений передаются в персональный компьютер.

Дальнейшая обработка данных контроля - формирование текстовых документов - производится на компьютере с помощью программ, поставляемых в комплекте с прибором.

2. Технические характеристики

- 2.1. Диапазон измеряемых толщин - 0,6 ÷ 300 мм.
- 2.2. Дискретность измерительной шкалы в диапазонах:
 - 2.2.1. толщина 0,6 - 19,99мм - 0,01 мм.
 - 2.2.2. толщина 20,0 - 199,9мм - 0,1мм.
 - 2.2.3. толщина 200 - 300мм - 1мм.
- 2.3. Максимальная погрешность измерений в диапазонах толщин:
 - 2.3.1. толщина 0,6 - 19,99мм - ±0,07 мм.
 - 2.3.2. толщина 20,0 - 199,9мм - ±0,3 мм.

2.3.2. толщина 200 - 300мм - ± 2 мм.

2.4. Настройка прибора на скорость звука в материалах производится в диапазоне 1300 - 8000 м/с.

2.5. Индикация измерений - цифровая (3,5 десятичных разряда).

2.6. Индикация акустического контакта осуществляется на цифровом табло (акуст.контакт).

2.7. Предусмотрена автоматическая фиксация данных на цифровом табло прибора.

2.8. Имеется подсветка цифрового индикатора для проведения измерений при низкой освещенности.

2.9. Ультразвуковой приемо-передатчик прибора имеет временную регулировку чувствительности (ВРЧ). Диапазон ВРЧ - 40 дБ.

2.10. Прибор имеет встроенную энергонезависимую память на 999 измерений, включая код точки для каждого измерения. Время хранения данных более 20 лет. Количество циклов записи-стирания не менее 10 000 000.

2.11. Прибор снабжен портом вывода данных (СОМ портом), с помощью которого результаты измерений передаются на персональный компьютер.

2.12. Питание автономное от 2 элементов 316 (3В), зарубежный аналог - тип R6.

2.13. Время непрерывной работы с комплектом батарей - не менее 25 часов.

2.14. Время непрерывной работы с включенной подсветкой индикатора - не менее 2 часов.

2.15. Габаритные размеры - 75 × 143 × 35 мм³.

2.16. Вес с комплектом батарей - 0,3 кг.

2.17. Рабочий диапазон температур $-10^{\circ} \div +40^{\circ} \text{C}$.

3. Комплект поставки

Ниже приведен типовой комплект поставки ультразвукового толщиномера УТ9215

Таблица 1.

Наименование изделия	есть - "+", поставляется дополнительно "-".
Толщиномер ультразвуковой УТ9215	+
Комплект элементов типа 316 (2шт.)	+
Кабель для подключения преобразователей	+
Кабель связи с персональным компьютером (нуль-модем)	+
Сумка	+
Преобразователи	
П121-2,5-14	+
П121-5,0-8	+
П121-10,0-4*4	-
Высокоимпедансный преобразователь	-
Согласованный преобразователь	-
Программное обеспечение (1 дискета 1,44')	
UT9215A.EXE - основная рабочая программа	+
UT9215.HLP - файл справки	+
SETUP.EXE - программа установки	+
UNSET.EXE - программа демонтажа	+
Техническая документация	
"Толщиномер ультразвуковой УТ9215. Техническое описание и	+

инструкция по эксплуатации” 43.4987.001.01.000 ТО	
“Толщиномер ультразвуковой УТ9215. Программа обработки данных УТ9215А.EXE. Руководство пользователя”	+

4. Принцип действия ультразвукового толщиномера

В приборе УТ9215 используется метод ультразвуковой эхолокации. Принцип действия прибора демонстрирует рисунок 1. В качестве излучателя и приемника акустических сигналов используется раздельно-совмещенный пьезоэлектрический ультразвуковой преобразователь 2. Преобразователь 2 (ПЭП) устанавливается на поверхность изделия 3. Для обеспечения акустического контакта поверхность под ним смазывается контактной жидкостью. Ультразвуковой толщиномер 1 формирует зондирующий импульс (мощный короткий электрический сигнал), который поступает на излучающую пьезопластину ПЭП. Излучающая пьезопластина возбуждает акустический зондирующий импульс в изделии 3. Этот импульс распространяется вглубь изделия, отражается от его противоположной стенки и возвращается обратно к преобразователю. Приемная пьезопластина ПЭП преобразует отраженный акустический импульс в электрические колебания (донный эхосигнал). Донный эхосигнал поступает в ультразвуковой толщиномер, где усиливается приемником, до амплитуды достаточной для обнаружения сигнала.

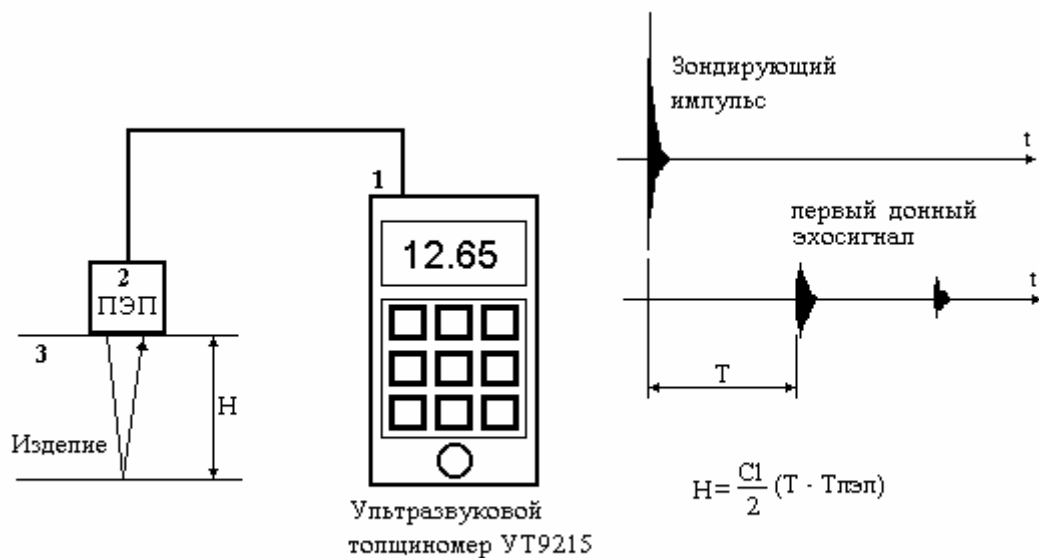


Рис.1. Принцип действия ультразвукового толщиномера.

Ультразвуковой толщиномер УТ9215 производит измерение задержки донного эхосигнала методом перехода через ноль известного в зарубежной литературе под названием “zero crossing”. Работу по данному методу демонстрирует рисунок 2. Прибор снабжен пороговым дискриминатором в задачу которого входит обнаружение эхосигнала. Если эхосигнал превышает порог, то прибор начинает ждать перехода сигнала через ноль. В этот момент времени измеряется задержка эхосигнала. К достоинствам такого способа измерения следует отнести то, что момент перехода сигнала через ноль не зависит от амплитуды сигнала, следовательно обеспечивается высокая стабильность показаний прибора.

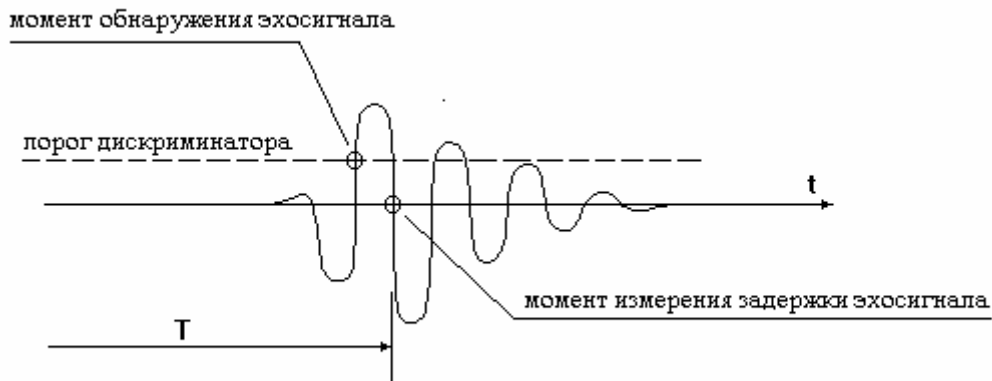


Рис.2 Измерение задержки эхосигнала методом перехода через ноль.

Прибор измеряет время задержки первого донного эхосигнала относительно момента излучения зондирующего импульса, обозначим это время - T . В измеренное время T входит некоторое время пробега волн в самом преобразователе - $T_{пэп}$, поэтому время, пропорциональное толщине изделия определяется разностью ($T - T_{пэп}$). Путь пробега волн в изделии равен произведению скорости продольных волн на время - $Cl*(T - T_{пэп})$. Учитывая, что волны пробегают толщину изделия два раза, получим

$$H = Cl*(T - T_{пэп})/2.$$

Ультразвуковой толщиномер УТ9215 производит расчет толщины изделия по выше приведенной формуле.

Следует отметить, что данная формула является приближенной поскольку на самом деле ультразвуковые волны имеют V - образный путь в изделии и длина такого пути всегда больше, чем удвоенная толщина изделия. Ошибка измерения толщины, связанная с приближенным расчетом, называется основной погрешностью ультразвукового толщиномера. Погрешность зависит от размера пьезоэлементов, длины волны и от формы ультразвукового пучка ПЭП.

Основная погрешность наиболее сильно проявляется при измерении малых толщин. Для типичных раздельно-совмещенных преобразователей на частоту 2,5 - 5,0 МГц основная погрешность начинает проявляться при толщине 20мм и менее по стали. Погрешность постепенно увеличивается с уменьшением толщины изделия.

Основная погрешность представляет собой систематическую ошибку, которую можно исключить. Ультразвуковой толщиномер УТ9215 корректирует расчет толщины, исключает основную погрешность и выводит результат на индикатор. Коррекция основной погрешности производится индивидуально для каждого типа ПЭП.

Так как прибор измеряет время пробега волн и вычисляет толщину изделия по известной теоретической зависимости, то реализуется косвенный метод измерений. В частности, с этим связан целый ряд дополнительных погрешностей ультразвукового толщиномера. Подробнее см. П.11.

5. Устройство и работа прибора

Толщиномер УТ9215 представляет собой малогабаритный прибор, работающий под управлением микропроцессора. Блок-схема УТ9215 показана на Рис.3.

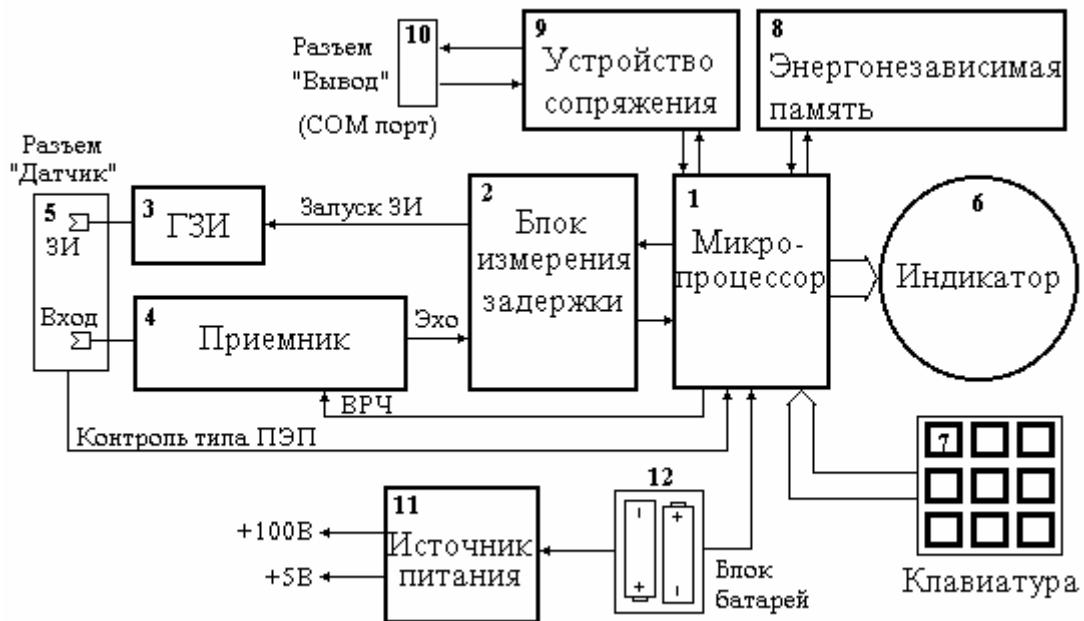


Рис.3. Блок-схема ультразвукового толщиномера УТ9215.

Центральным элементом прибора является микропроцессор 1, на который возложены практически все функции управления другими устройствами, а также проведение вычислений. Режим работы микропроцессора 1 задается оператором с кнопочной клавиатуры 7. Состояние микропроцессора, результаты вычислений, заставки и т.д. выводятся на жидкокристаллический индикатор 6 (ЖКИ).

Измерительная схема прибора состоит из генератора зондирующих импульсов 3 (ГЗИ), приемника 4 и блока измерения задержки 2. Микропроцессор 1 подает команду блоку измерения задержки 2 на начало измерений. Блок измерения задержки 2 запускает ГЗИ 3, который в свою очередь формирует зондирующий импульс. Зондирующий импульс подается на разъем "Датчик" 5 и далее поступает на излучающую пьезопластину преобразователя. Донный эхосигнал от приемного пьезоэлемента ПЭП поступает на вход приемника 4, усиливается и подается на обработку обратно в блок измерения задержки 2. Блок измерения задержки производит преобразование задержки донного эхосигнала в цифровой код. Микропроцессор 1 считывает данный код, вычисляет толщину изделия и выводит результат на индикатор 6.

Во время проведения измерений микропроцессор 1 управляет чувствительностью приемника 4, обеспечивая временную регулировку чувствительности (ВРЧ). В зависимости от толщины изделия меняется чувствительность ПЭП. Микропроцессор 1 выравнивает чувствительность всего электроакустического тракта прибора.

Характеристика ВРЧ и параметры настройки зависят от типа преобразователя, поэтому микропроцессор определяет тип ПЭП по импедансу преобразователя и устанавливает ВРЧ и настройку оптимальную для данного ПЭП. Имеется связь от разъема "Датчик" 5 к микропроцессору "Контроль типа ПЭП".

Прибор УТ9215 содержит встроенную энергонезависимую память 8, которая обладает способностью сохранять данные при отключенном питании. В памяти 8 содержится личный номер прибора, текущий код точки, данные настройки преобразователей и результаты измерений. Микропроцессор может записывать данные в память 8, считывать и стирать их.

Для передачи данных в персональный компьютер прибор УТ9215 снабжен устройством сопряжения 9 и разъемом "Вывод" 10. Устройство сопряжения 9 обеспечивает работу со стандартным интерфейсом RS-232C. Персональный компьютер подключается к прибору УТ9215 с помощью типового кабеля "Нуль-модем".

Питание прибора осуществляется от двух элементов типа 316 (блок батарей 12). Батареи подключены к источнику питания 11, который вырабатывает стабилизированные напряжения +5В и +100В. Напряжение +100В используется для питания генератора зондирующих импульсов 3, а напряжение +5В - для всей остальной схемы.

Микропроцессор 1 имеет встроенный аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Напряжение батарей поступает в АЦП микропроцессора 1, где измеряется с частотой 20 раз в секунду. Микропроцессор постоянно контролирует напряжение блока батарей 12. При падении напряжения батарей ниже 1,96В микропроцессор выключает прибор.

6. Органы управления и индикации

Внешний вид ультразвукового толщиномера УТ9215 показан на Рис.4. Все управление прибором производится с кнопочной клавиатуры.

Кнопка **“ВКЛ/ВЫКЛ”** предназначена для включения и выключения прибора. Если прибор был выключен, и нажата кнопка **“ВКЛ/ВЫКЛ”**, прибор включается. При повторном нажатии кнопки прибор выключается.

Толщиномер УТ9215 имеет несколько режимов работы, которые устанавливаются кнопками.

“Работа (Н)” - измерение толщины изделия,

“Память”- запоминание толщины вместе с предварительно установленным кодом точки.

Кнопка действует только в режиме измерений **“Работа (Н)”**.

“Код точки” - установка кода точки,

“Настройка (С,h,L)” - настройка шкалы прибора с конкретным ПЭП,

“Вывод данных” - просмотр и передача данных в персональный компьютер.

В режимах **“Код точки”**, **“Настройка (С,h,L)”**, **“Вывод данных”** для различных установок используются кнопки **“Вверх (больше)”**, **“Вниз (меньше)”**.

Кнопка **“ФОН”** предназначена для включения и выключения подсветки индикатора. Кнопка работает во всех режимах.

Сообщения о режимах работы прибора выводятся на жидкокристаллический индикатор. В частности, в режиме **“Работа (Н)”** отображается толщина изделия в миллиметрах. Децимальная точка на индикаторе разделяет целую и дробную часть числа. В старшем разряде индикатора задействовано два сегмента для вывода старшего разряда толщины - 1 или ничего не отображается. Там же использовано два сегмента для отображения состояния измерительной системы прибора (см. Рис.4.).

Сегмент **“Акустический контакт”** загорается при обнаружении донного эхосигнала. После обработки эхосигнала прибор выводит толщину изделия в другие разряды индикатора. При пропадании акустического контакта, например, когда ПЭП отнимают от поверхности изделия, сегмент **“Акустический контакт”** гаснет и загорается сегмент **“Фиксация данных”**. Последний замер толщины сохраняется на индикаторе в течении 1 мин. По прошествии этого времени измерение сбрасывается в ноль, и гасится сегмент **“Фиксация данных”**.

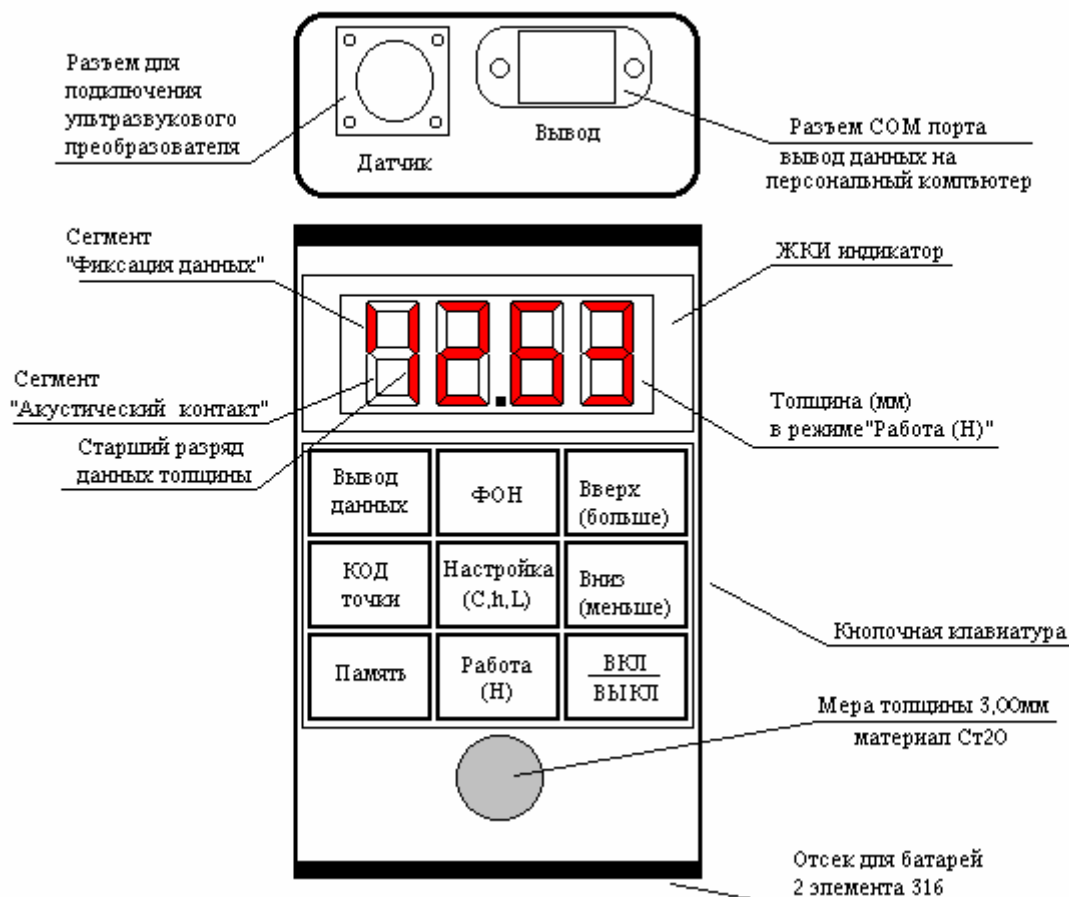


Рис.4. Органы управления и индикации ультразвукового толщиномера УТ9215.

На верхней панели прибора установлен разъем "Датчик" предназначенный для подключения ультразвукового преобразователя и разъем "Вывод" для подключения кабеля связи с персональным компьютером.

На нижней панели прибора установлен отсек батарей. Комплект батарей легко заменить, выдвинув крышку на нижней панели прибора.

7. Перечень сообщений, выдаваемых прибором

В процессе работы прибор УТ9215 выводит различные сообщения на индикатор. Все сообщения отображаются в течении 1с.

Сообщения о включении и выключении прибора:

- "n.XXX", где XXX - десятичное число, личный номер прибора,
- "OFF" - выключение прибора после 10 минутного ожидания, сопровождается звуковым сигналом,
- "End" - выключение прибора из-за разряда батарей, сопровождается звуковым сигналом.

Сообщения о подключении ультразвуковых преобразователей:

- "P.oFF" - подключен высокоимпедансный преобразователь или нет преобразователя,
- "P. 2.5" - подключен преобразователь П112-2,5-14,
- "P. 5.0" - подключен преобразователь П112-5,0-8,
- "P.10.0" - подключен преобразователь П112-10,0-4*4,

- “**P. on**” - подключен согласованный низкоомный преобразователь.

Сообщения о режимах работы прибора:

- “**H**” - режим измерения толщины изделия,
- “**C:h.L**” - режим настройки шкалы прибора,
- “**C**” - установка скорости звука,
- “**h**” - установка толщины на малой мере,
- “**L**” - установка толщины на большой мере,
- “**Out.**” - режим просмотра и вывода данных,
- “**XXX.E**”, где **XXX** - десятичное число, - номер записи в памяти. Также выводится при включении прибора и отображает общее количество записей в памяти.
- “**AX:XX**”, где **A**- буква, **X** - цифра. Установка кода точки. Отображается еще при запоминании данных.
- “**FULL**” - энергонезависимая память прибора полностью заполнена.
- “**ErAS**” - стирание энергонезависимой памяти.

8. Инструкция по эксплуатации

8.1. Включение прибора.

Включите прибор, кратковременно нажав на кнопку “**Вкл/Выкл**”. После отпускания кнопки прибор начинает выводить на индикатор заставки следующего содержания. Вначале выводится личный номер прибора “**n.XXX**”, затем отображается количество измерений, хранящихся в памяти прибора, “**XXX.E**”. Далее выводится информация о подключении ультразвукового преобразователя. Возможны следующие варианты сообщений.

- “**P.oFF**” - подключен высокоимпедансный преобразователь или нет преобразователя,
- “**P. 2.5**” - подключен преобразователь П112-2,5-14,
- “**P. 5.0**” - подключен преобразователь П112-5,0-8,
- “**P.10.0**” - подключен преобразователь П112-10,0-4*4,
- “**P. on**” - подключен согласованный низкоомный преобразователь.

Все сообщения прибора здесь и далее отображаются в течении 1с.

После вывода общих заставок прибор переходит в режим измерения толщины изделий - “**РАБОТА (H)**”. Перед установкой режима выводится заставка “**H**” и загружаются данные настройки для подключенного преобразователя. Прибор готов к проведению измерений!

8.2. Проведение измерений.

Место измерения на изделии должно быть зачищено до металлического блеска. шероховатость зачищенной поверхности не должна превышать Rz40. Смажьте контактной жидкостью место замера и установите на него ультразвуковой преобразователь.

Переведите прибор в режим измерений нажав на кнопку “**РАБОТА (H)**”. Прибор отобразит заставку “**H**” и выведет на индикатор “**000**”. При обнаружении донного эхосигнала на индикаторе загорается сегмент акустического контакта, а после обработки эхосигнала на индикатор выводится толщина изделия в миллиметрах, например “**.16.45**”. Если убрать преобразователь с изделия, пропадет донный эхосигнал, и прибор зафиксирует последнее измерение на индикаторе. При этом сегмент акустического контакта гаснет и загорается сегмент фиксации данных, например “**16.45**”. Прибор УТ9215 сохраняет результат измерения на индикаторе в течении 1мин. По прошествии этого времени измерение сбрасывается. На индикатор выводится “**000**”.

Если в процессе работы произошел переход между диапазонами дискретности шкалы (см. П.2.2.), то меняется формат представления данных. При измерении толщины вблизи 20мм прибор может показать результат “.19.99”, а при небольшом увеличении толщины сразу отображается “.20.0”.

Прибор производит измерение толщины 2,5 раза в секунду. Если в течение цикла измерения произошла потеря акустического контакта, на индикаторе остается предыдущее измерение и загорается сегмент фиксации данных. Для получения адекватных измерений необходимо следить за акустическим контактом - добиваться ровного (без моргания) горения сегмента акустического контакта.

При смене ультразвукового преобразователя в режиме “РАБОТА (Н)” прибор автоматически определяет тип преобразователя, выводит сообщение о подключении нового преобразователя (см. П.7) и, самое главное, загружает настройку данного ПЭП. Если Вы заранее провели настройку прибора с различными преобразователями, то в процессе измерений при переходе с одного диапазона толщин на другой достаточно просто заменить преобразователь. Настройки будут устанавливаться автоматически.

С другой стороны постоянный контроль типа преобразователя обеспечивает также и контроль за электрическим контактом прибора с ПЭП. В случае обрыва провода, соединяющего преобразователь с прибором, будет выдано сообщение “P.oFF”.

ВНИМАНИЕ! Прибор определяет только тип преобразователя, но не его номер. При замене преобразователей одного и того же типа настройка не меняется. В этом случае может увеличиться погрешность измерений за счет разброса параметров ПЭП.

8.3. Настройка прибора

Подробности настройки прибора см. в П.9. Здесь же описывается формальный алгоритм настройки. Для проведения настройки необходимы две меры толщины, изготовленные из того же материала, что и контролируемое изделие, и охватывающие по толщинам будущий диапазон контроля.

При нажатии кнопки “**Настройка (С,h,L)**” прибор выводит заставку “ С:h.L”, затем выдается сообщение о подключенном преобразователе (“P.oFF”, “P. 2.5”, “P. 5.0”, “P.10.0”, “P. on”) и далее начинается процесс настройки.

Настройка прибора начинается с установки скорости звука. Выводится заставка “С ”, затем отображается собственно скорость звука в метрах в секунду, например “5920”. Скорость звука увеличивается и уменьшается с помощью кнопок “**ВВЕРХ (больше)**”, “**ВНИЗ (меньше)**”.

Если нажать и удерживать кнопку “**ВВЕРХ**” или “**ВНИЗ**”, то кнопка переходит в режим автоповтора, т.е. скорость звука автоматически увеличивается или уменьшается на 1м/с с частотой 4 раза в секунду. Более того после 10 обычных автоповторов, если продолжать удерживать кнопку, изменение скорости производится на 10м/с. При отпускании кнопки ее режим возвращается в первоначальное состояние.

После установки нужной скорости звука нажмите еще раз кнопку “**Настройка (С,h,L)**”. Прибор перейдет в режим установки толщины на малой мере. На индикаторе появится заставка “h ” и затем “000”.

Смажьте контактной жидкостью рабочую поверхность малой меры толщины и установите на нее преобразователь. Прибор будет непрерывно измерять толщину и выводить ее на индикатор. Кнопками “**ВВЕРХ (больше)**”, “**ВНИЗ (меньше)**” установите показания прибора равными толщине малой меры. Допускается корректировка измерений в режиме фиксации данных.

Нажмите еще раз кнопку “**Настройка (С,h,L)**”. Прибор перейдет в режим установки толщины на большой мере. На индикаторе появится заставка “L ” и затем “000”.

Аналогично смажьте контактной жидкостью рабочую поверхность большой меры и установите на нее преобразователь. Прибор будет производить замеры толщины. Кнопками “**ВВЕРХ (больше)**”, “**ВНИЗ (меньше)**” установите показания прибора равными толщине большой меры. Допускается корректировка показаний прибора в режиме фиксации данных.

Далее при нажатии на кнопку “**Настройка (С, h, L)**” прибор последовательно переходит в режимы коррекции толщины на малой и затем на большой мерах (“**h**”, “**L**”.....). Проведите коррекцию толщин в этих режимах несколько раз до тех пор пока показания прибора на мерах малой и большой толщины на совпадут с истинными размерами мер с точностью $\pm 0,02$ мм в диапазоне толщин 0,6-19,99мм и с точностью $\pm 0,1$ мм. в диапазоне толщин 20,0-199,9мм.

ВНИМАНИЕ! В процессе настройки прибора запрещается переключать или отключать ультразвуковой преобразователь. Будьте внимательны!!! Коррекция толщины на малой мере производится только в режиме “**h**”, а коррекция толщины на большой мере - только в режиме “**L**”.

8.4. Запоминание данных

Результат измерения толщины, отображаемый на индикаторе в режиме “**РАБОТА (H)**”, заносится в энергонезависимую память прибора при нажатии кнопки “**ПАМЯТЬ**”.

Измерения запоминаются вместе с предварительно установленным кодом точки. Например был установлен код точки “**A1:01**”. В режиме измерений было получено значение толщины “**9.12**” и Вы нажали кнопку “**ПАМЯТЬ**”. На индикатор выводится код точки “**A1:01**” в течении 1с, затем прибор возвращается снова в режим измерений. В памяти прибора добавляется измерение **9.12мм** с кодом **A1:01**. Количество записей в энергонезависимой памяти увеличивается на 1.

Кнопка “**ПАМЯТЬ**” работает только в режиме измерений, в других режимах кнопка бездействует.

Если память прибора заполнена до конца, а Вы тем не менее пытаетесь занести измерение в память, то прибор выдает звуковой сигнал и выводит сообщение “**FULL**”.

8.5. Установка кода точки

Результаты замеров толщины в различных точках оборудования должны сопровождаться информацией о месте замера. Эта информация указывается в коде точки. Перед тем как проводить замеры рекомендуется каким-либо образом разметить объект контроля и присвоить местам замеров некоторые коды.

Код точки, реализованный в приборе УТ9215, содержит четыре символа - первую букву и три цифры. Причем символы разделены на две пары двоеточием, например “**F1:99**”. В кодах допускаются латинские буквы **A, b, C, d, E, F, G, H, L, n, o, P, S, t, U**, и арабские цифры **0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9**. Примеры кодов на объектах контроля см. в П.12.

Прибор переходит в режим установки кода точки после нажатия кнопки “**КОД точки**”. Прибор выводит на индикатор действующий код точки и переходит в режим редактирования кода. Символ, подлежащий редактированию, мигает на индикаторе. Изменение символа производится кнопками “**ВВЕРХ**”, “**ВНИЗ**”. Переход к редактированию следующего символа осуществляется повторным нажатием кнопки “**КОД точки**”.

Текущий код точки хранится в энергонезависимой памяти прибора. При выключении прибора код точки не теряется. При новом включении прибора текущий код точки считывается из памяти автоматически.

При стирании энергонезависимой памяти текущий код точки уничтожается и устанавливается код “**A0:00**”.

Под одним и тем же кодом точки может запоминаться сколько угодно измерений естественно в пределах памяти прибора (999 записей).

8.6. Просмотр энергонезависимой памяти прибора

Результаты измерений толщины хранятся в энергонезависимой памяти прибора в той последовательности как они были записаны пользователем. Запись в памяти имеет структуру “Код точки - Измерение”. Все записи пронумерованы. Первая запись имеет номер 1, вторая - 2, и т.д. до 999.

Переход на просмотр памяти осуществляется нажатием кнопки **“Вывод данных”**. В этом же режиме производится быстрый вывод данных в персональный компьютер (см. описание программы UT9215A.EXE).

После нажатия кнопки **“Вывод данных”** выводится заставка **“Out.”** и далее прибор готовится выдать первую запись. На индикатор выдается номер записи **“001.E”**.

Если энергонезависимая память прибора пуста (нет ни одной записи), на индикатор выводится сообщение **“000.E”**, прибор подает звуковой сигнал и уходит в режим измерений (заставки **“H”**, **“000”**).

Просмотр записей осуществляется повторными нажатиями кнопки **“Вывод данных”**. Пусть номер записи для просмотра **“025.E”** и Вы нажали кнопку **“Вывод данных”**. Прибор сначала выдает код точки, скажем **“L0:01”**, затем выводится само измерение, например **“120,7”**, и прибор готовится к выводу следующей записи, отображая при этом ее номер **“026.E”**. Время отображения кода точки и измерения установлено по 2с. Этого времени достаточно для записи измерений на бумагу, если нет персонального компьютера.

В моменты, когда выводится номер записи, можно пролистать их без просмотра нажимая на кнопки **“ВВЕРХ”**, **“ВНИЗ”**.

Ручной просмотр записей в памяти довольно трудоемкий и длительный процесс. Эта функция предназначена в основном для аварийных ситуаций, когда невозможна передача данных на персональный компьютер.

8.7. Стирание энергонезависимой памяти

После передачи результатов измерений в персональный компьютер необходимо очистить память прибора, т.е. подготовить ее к записи новых данных. Естественно, стертые замеры пропадают.

Стирание памяти вызывается одновременным нажатием кнопок **“КОД точки”** и **“ПАМЯТЬ”**, причем кнопки нужно удерживать в нажатом состоянии 3с. Прибор выводит сообщение о стирании памяти - **“ErAS”**.

Важно отметить, что после стирания памяти теряется текущий код точки и действующие настройки всех ПЭП. Код точки устанавливается **“A0:00”**. Параметры настройки всех ПЭП устанавливаются одинаковыми: скорость звука - $C1=5920$ м/с, время задержки волн в преобразователе $T_{пэп}=2000$ нс.

После стирания памяти требуется новая настройка прибора.

8.8. Включение и выключение подсветки индикатора

Иногда возникает потребность проводить замеры толщины в условиях низкой освещенности. Типичные примеры - измерения внутри бака, котла или работа в вечернее и ночное время. Здесь просто необходима подсветка цифрового индикатора.

Подсветка включается и выключается при нажатии кнопки **“ФОН”**. Нужно помнить, что подсветка индикатора требует довольно много энергии. Время непрерывной работы прибора сильно уменьшается.

8.9. Выключение прибора

Выключение прибора производится нажатием на кнопку **“Вкл/Выкл”**. Если прибор был включен, он выключается. И наоборот, если прибор был выключен - он включается.

Прибор UT9215 имеет функцию автовыключения. Если в течении 10мин. с прибором не производилось никаких действий, то прибор выводит на индикатор сообщение **“OFF”**, выдает короткий звуковой сигнал и выключается.

8.10. Сообщение о разряде батарей

В процессе работы прибор УТ9215 постоянно контролирует напряжение батарей. Если напряжение батарей упало ниже 1,96В, прибор прерывает текущую работу, выводит сообщение “**End**”, выдает короткий звуковой сигнал и выключается. Для продолжения работы необходимо заменить комплект батарей.

9. Настройка прибора

Ультразвуковой толщиномер УТ9215 измеряет время задержки донного эхосигнала относительно зондирующего импульса и производит расчет толщины изделия по формуле (см. П.4)

$$H = Cl*(T - T_{пэп})/2$$

Откуда видно, что для настройки шкалы прибора нужно установить два параметра, время задержки волн в преобразователе $T_{пэп}$ и скорость продольных волн в изделии Cl . Алгоритм настройки так или иначе содержит установку обоих параметров.

Прибор УТ9215 поддерживает два способа настройки.

9.1. Настройка прибора с одной мерой толщины

Для настройки необходима одна мера толщиной 3-5мм и должно быть известно точное значение скорости звука в изделии. Мера изготавливается из того же материала, что и изделие. При контроле малоуглеродистых сталей рекомендуется использовать меру толщиной 3,00мм, встроенную в корпус прибора. Скорости звука в различных металлах приведены в приложении 2 (П.19-П.22) настоящей инструкции.

Настройка вызывается нажатием кнопки “**Настройка (C,h,L)**”. Прибор выводит заставку “**C:h.L**”, затем выдает сообщение о подключенном преобразователе (“**P.oFF**”, “**P. 2.5**”, “**P. 5.0**”, “**P.10.0**”, “**P. on**”) и далее начинается процесс настройки.

Вначале устанавливается скорость звука. Прибор выводит заставку “**C**”, затем отображается собственно скорость звука в метрах в секунду, например “**5920**”. Скорость звука увеличивается и уменьшается посредством нажатия на кнопки “**ВВЕРХ (больше)**”, “**ВНИЗ (меньше)**”. Если нажать и удерживать кнопку “**ВВЕРХ**” или “**ВНИЗ**”, то кнопка переходит в режим автоповтора, т.е. скорость звука автоматически увеличивается или уменьшается на 1м/с с частотой 4 раза в секунду. Более того после 10 обычных автоповторов, если продолжать удерживать кнопку, изменение скорости производится на 10м/с. При отпускании кнопки ее режим возвращается в первоначальное состояние.

После установки скорости звука нажмите еще раз кнопку “**Настройка (C,h,L)**”. Прибор перейдет в режим установки толщины на мере. На индикаторе появится заставка “**h**” и затем “**000**”.

Смажьте контактной жидкостью рабочую поверхность меры и установите на нее преобразователь. Прибор будет непрерывно измерять толщину меры и выводить результат на индикатор. Кнопками “**ВВЕРХ (больше)**”, “**ВНИЗ (меньше)**” установите показания прибора равными толщине меры.

Корректировка толщины в режиме “**h**” производится подгонкой времени задержки волн в преобразователе $T_{пэп}$. Допускается корректировка толщины в режиме фиксации данных.

Нажмите кнопку “**РАБОТА (H)**”. Прибор запомнит параметры настройки для данного преобразователя и будет готов к проведению измерений.

ВНИМАНИЕ! В процессе настройки запрещается переключать или отключать ультразвуковой преобразователь. Коррекция толщины на мере производится только в режиме “h”. Не нажимайте еще раз кнопку “**Настройка (С,h,L)**”, т.к. прибор перейдет в другой режим - “L”. Если, все же, такое произошло, повторите настройку сначала.

9.2. Настройка прибора по двум мерам толщины

Для проведения настройки необходимы две меры толщины, изготовленные из того же материала, что и контролируемое изделие, и охватывающие по толщинам будущий диапазон измерений.

При нажатии кнопки “**Настройка (С,h,L)**” прибор выводит заставку “ С:h.L”, затем выдается сообщение о подключенном преобразователе (“P.oFF”, “P. 2.5”, “P. 5.0”, “P.10.0”, “P. on”) и далее прибор переходит в режим установки скорости звука. Выводится заставка “С ”, затем отображается собственно скорость звука. Кнопками “**ВВЕРХ (больше)**”, “**ВНИЗ (меньше)**” установите приближенное значение скорости.

Нажмите еще раз кнопку “**Настройка (С,h,L)**”. Прибор перейдет в режим установки толщины на малой мере. На индикаторе появится заставка “h ” и затем “000”.

Смажьте контактной жидкостью рабочую поверхность малой меры и установите на нее преобразователь. Прибор будет выводить толщину на индикатор. Кнопками “**ВВЕРХ (больше)**”, “**ВНИЗ (меньше)**” установите показания прибора равными толщине малой меры.

Нажмите еще раз кнопку “**Настройка (С,h,L)**”. Прибор перейдет в режим установки толщины на большой мере. На индикаторе появляется заставка “L ” и затем “000”.

Аналогично смажьте контактной жидкостью рабочую поверхность большой меры и установите на нее преобразователь. Кнопками “**ВВЕРХ (больше)**”, “**ВНИЗ (меньше)**” установите показания прибора равными толщине большой меры.

Далее при нажатии на кнопку “**Настройка (С,h,L)**” прибор последовательно переходит в режимы коррекции толщины на малой и затем на большой мерах (“h ”, “L ”.....). Проведите коррекцию толщин в этих режимах несколько раз до тех пор пока показания прибора на мерах малой и большой толщины не совпадут с истинными размерами мер с точностью $\pm 0,02$ мм в диапазоне толщин 0,6-19,99мм и с точностью $\pm 0,1$ мм. в диапазоне толщин 20,0-199,9мм.

Нажмите кнопку “**РАБОТА (H)**”. Прибор запомнит параметры настройки для данного преобразователя и будет готов к проведению измерений.

Важно отметить, что в режиме установки толщины на малой мере “h ” прибор производит коррекцию меняя время пробега волн в ПЭП Тпэп, а в режиме “L ” коррекция производится изменением скорости звука Сl.

Способ настройки по двум мерам толщины обеспечивает наибольшую точность настройки и позволяет учесть некоторые дополнительные погрешности, например погрешность при контроле труб малого диаметра (см. П.11.4.).

ВНИМАНИЕ! В процессе настройки запрещается переключать или отключать ультразвуковой преобразователь. Будьте внимательны!!! Коррекция толщины на малой мере производится только в режиме “h ”, а коррекция толщины на большой мере - только в режиме “L ”.

10. Поверка прибора УТ9215

Настоящие методические указания распространяются на ультразвуковой толщиномер УТ9215 и устанавливают методику его первичной и периодической поверки. Периодичность поверки - один раз в год.

10.1. Операции поверки

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 3. Операции поверки проводятся организациями Госстандарта или аккредитованными метрологическими службами. В случае отрицательного результата при проведении одной из операций поверку ультразвукового толщиномера прекращают и прибор признают не прошедшим поверку.

Таблица 2.

Номера пунктов в документе	Наименование операций	Обязательность проведения операции при		
		выпуске из производства	выпуске после ремонта	эксплуатации и хранения
10.6.1.	Внешний осмотр	да	да	да
10.6.2.	Опробование	да	да	да
10.6.3.	Настройка прибора	да	да	да
10.6.4.	Определение основной абсолютной погрешности шкалы прибора	да	да	да
10.6.5.	Поверка чувствительности прибора	да	да	нет

10.2. Средства поверки

При проведении поверки должны быть использованы стандартные комплекты мер толщины КМТ-176 М1 или КУСОТ-180. Допускается проведение поверки на специализированном комплекте мер толщины, разработанном для поверки ультразвукового толщиномера УТ9215. Параметры мер в специализированном комплекте указаны в таблице 3.

Меры специализированного комплекта изготавливаются из мелкодисперсной стали марки Ст20. Рабочие поверхности мер шлифуются. Допустимая величина шероховатости поверхности - Rz10 (10мкм). Рекомендуется изготовить все меры толщины из одной заготовки, например прутки Ø60 и длиной 600мм. В этом случае достигается высокая воспроизводимость скорости звука по комплекту мер.

Таблица 3.

№ Меры	Материал	Толщина (мм)	Диаметр (мм)
1	Ст20	2,0 ± 0,02	20,0 ± 1
2	Ст20	3,0 ± 0,02	20,0 ± 1
3	Ст20	5,0 ± 0,02	20,0 ± 1
4	Ст20	10,0 ± 0,02	20,0 ± 1
5	Ст20	20,0 ± 0,02	20,0 ± 1
6	Ст20	30,0 ± 0,05	30,0 ± 1
7	Ст20	40,0 ± 0,05	30,0 ± 1

8	Ст20	$60,0 \pm 0,05$	$30,0 \pm 2$
9	Ст20	$80,0 \pm 0,05$	$50,0 \pm 2$
10	Ст20	$120,0 \pm 0,05$	$50,0 \pm 2$
11	Ст20	$160,0 \pm 0,05$	$50,0 \pm 2$

Допускается хромирование или никелирование поверхностей мер с толщиной покрытия не более 10мкм. Определение толщины меры производится после нанесения покрытия. Погрешность толщины не должна превышать нормы, указанные в таблице 3. Комплект мер толщины должен быть поверен в органах государственной метрологической службы.

Для проверки чувствительности прибора используется образец с боковыми цилиндрическими отверстиями (Рис.5).

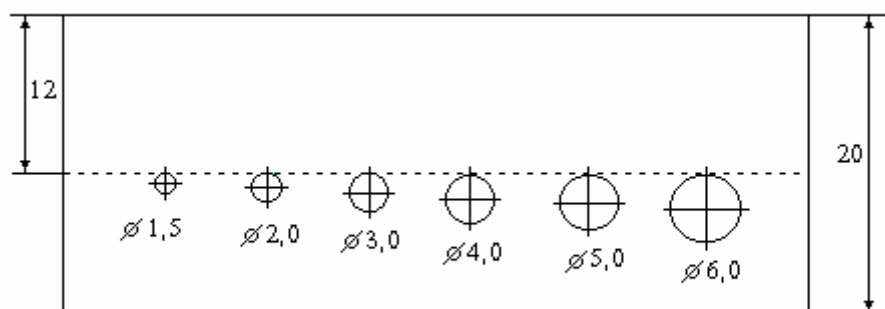


Рис.5. Эскиз образца для проверки чувствительности прибора. Толщина образца 15мм. Расстояние между осями отверстий 30мм. Марка стали Ст20.

Цилиндрические отверстия в образце представляют собой отражатели с малой эквивалентной площадью. Акустические параметры отверстий сведены в таблицу 4.

Таблица 4.

Эквивалентная площадь цилиндрических отверстий (экв. диаметр в мм) в зависимости от типа преобразователя

Преобразова- тель	Ø1,5мм	Ø2 мм	Ø3 мм	Ø4 мм	Ø5 мм	Ø6 мм
П112-2,5-14	$3,5\text{мм}^2(2,1)$	$4,1\text{мм}^2(2,3)$	$5,0\text{мм}^2(2,5)$	$5,8\text{мм}^2(2,7)$	$6,5\text{мм}^2(2,9)$	$7,1\text{мм}^2(3,0)$
П112-5,0-8	$1,8\text{мм}^2(1,5)$	$2,0\text{мм}^2(1,6)$	$2,5\text{мм}^2(1,8)$	$2,9\text{мм}^2(1,9)$	$3,2\text{мм}^2(2,0)$	$3,5\text{мм}^2(2,1)$
П112-10,0- 4*4	$0,9\text{мм}^2(1,0)$	$1,0\text{мм}^2(1,1)$	$1,2\text{мм}^2(1,3)$	$1,4\text{мм}^2(1,4)$	$1,6\text{мм}^2(1,5)$	$1,8\text{мм}^2(1,6)$

Примечание: эквивалентные площади отверстий в таблице 4 указаны при прозвучивании их в дальней зоне ультразвукового преобразователя.

Образец Рис.5 поверяется по геометрическим размерам. Определяется погрешность глубины залегания цилиндрической поверхности (размер 12мм) и погрешность изготовления диаметра отверстий. Максимальная допустимая погрешность указанных размеров $\pm 0,1\text{мм}$. Дополнительно проверяется сплошность металла образца. Проводится дефектоскопия образца прямым ультразвуковым преобразователем типа П111-5,0-К6 из комплекта “Приз-Д5”. Браковочный уровень по амплитуде устанавливается - 2 мм².

Поверка образца производится в органах государственной метрологической службы.

10.3. Требования к квалификации поверителя

К проведению измерений и обработке результатов измерений допускают лиц, имеющих удостоверение государственного поверителя и изучивших устройство и принцип работы аппаратуры по эксплуатационной документации "Толщиномер ультразвуковой УТ9215. Техническое описание и инструкция по эксплуатации" 43.4987.001.01.000 ТО.

10.4. Требования безопасности

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие требования безопасности:

10.4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.3.019-80.

10.4.2. Освещенность рабочего места поверителя должна соответствовать требованиям санитарных норм СН 245-71.

10.4.3. При проведении поверки необходимо подробно изучить техническое описание и инструкцию по эксплуатации ультразвукового толщиномера УТ9215.

10.5. Условия поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

10.5.1. Температура окружающего воздуха - $20 \pm 5^\circ\text{C}$.

10.5.2. Относительная влажность воздуха - $65 \pm 15\%$.

10.5.3. Атмосферное давление - 100 ± 4 кПа.

10.5.4. Напряжение комплекта батарей - не менее 2,5 В. Срок хранения батарей с даты выпуска - не более 1 года.

10.5.5. Внешние электрические и магнитные поля должны отсутствовать, либо находиться в пределах, не влияющих на работу прибора.

10.6. Проведение поверки

10.6.1. Внешний осмотр. При проведении внешнего осмотра должно быть установлено:

10.6.1.1. Соответствие комплектности прибора прилагаемой документации.

10.6.1.2. Отсутствие механических повреждений прибора УТ9215 и ультразвуковых преобразователей.

10.6.1.3. Наличие заводского или регистрационного номера на приборе. Наличие условных обозначений на ультразвуковых преобразователях.

10.6.2. Опробование.

10.6.2.1. Установите комплект батарей в прибор УТ9215. Батареи должны удовлетворять требованиям П.10.5.4. настоящих методических указаний.

10.6.2.2. Включите прибор, нажав на кнопку "Вкл/Выкл.". При этом должен загореться цифровой индикатор и должны выводиться заставки при включении прибора (см. П.8.1.).

10.6.3. Настройка прибора. Настройка производится по двум мерам толщины в соответствии с П.9.2 настоящего технического описания. Для каждого типа преобразователя установлен свой поверяемый диапазон толщин. Меры толщины, используемые для настройки, указаны в таблице 5.

Таблица 5.

Преобразователь	Мера малой толщины	Мера большой толщины
П112-2,5-14	№4 (10,0мм)	№11 (160,0мм)
П112-5,0-8	№2 (3,0мм)	№5 (20,0мм)
П112-10,0-4*4	№1 (2,0мм)	№4 (10,0мм)

10.6.4. Определение основной абсолютной погрешности шкалы прибора. Основная абсолютная погрешность шкалы толщин прибора поверяется в диапазоне настройки. Для каждого типа преобразователя диапазон толщин и максимальная допускаемая погрешность в нем указаны в таблице 6.

Таблица 6.

Преобразователь	Список мер поверяемого диапазона толщин	Максимально допустимая основная абсолютная погрешность шкалы прибора УТ9215
П112-2,5-14	№4 (10,0мм) - №11 (160,0мм)	±0,3мм
П112-5,0-8	№2 (3,0мм) - №5 (20,0мм)	±0,07мм
П112-10,0-4*4	№1 (2,0мм) - №4 (10,0мм)	±0,07мм

10.6.4.1. Переведите прибор в режим измерений нажав кнопку “РАБОТА (Н)”. Подключите ультразвуковой преобразователь к прибору. Прибор должен определить тип преобразователя и вывести на индикатор сообщение “**Р. 2.5**” для преобразователя П112-2,5-14, “**Р. 5.0**” - П112-5,0-8, “**Р.10.0**” - П112-10,0-4*4. Если сообщение не появляется, для какого-либо преобразователя, считается, что прибор не прошел поверку с этим преобразователем.

10.6.4.2. Смажьте контактной жидкостью рабочую поверхность меры и установите на нее преобразователь. На индикаторе прибора должен загореться сегмент акустического контакта, затем отображается замер толщины в миллиметрах.

10.6.4.3. Запишите показания прибора в протокол поверки (Приложение 1). Рассчитайте погрешность измерений ΔH как разность между толщиной меры H_m и показаниями прибора $H_{пр}$.

$$\Delta H = H_m - H_{пр}$$

Запишите погрешность прибора в протокол поверки.

10.6.4.4. Проведите операции по П.10.6.4.1. - 10.6.4.3. для всех мер толщины в диапазоне настройки данного преобразователя (см. Таблицу 6).

10.6.4.5. Проведите определение основной абсолютной погрешности шкалы прибора со всеми преобразователями. Считается, что прибор прошел поверку основной абсолютной погрешности с данным преобразователем, если максимальная погрешность в поверяемом диапазоне толщин не превышает значений, указанных в таблице 6.

10.6.5. Поверка чувствительности прибора. Преобразователь устанавливается на образец Рис.5 в положения над отверстиями и между ними. При установке преобразователя над отверстием прибор должен измерить расстояние до него 12мм с погрешностью $\pm 0,3$ мм, а при установке преобразователя между отверстиями прибор показывает толщину образца 20мм. Если чувствительность прибора низкая, показания над отверстиями будут существенно больше 13 - 15мм или прибор вообще будет пропускать эхосигнал от отверстия и захватывать донный эхосигнал.

10.6.5.1. Считается, что прибор прошел поверку чувствительности, если прибор измеряет глубину залегания отверстия $\varnothing 1,5$ мм с точностью $\pm 0,3$ мм с преобразователями П112-2,5-14, П112-5,0-8, П112-10,0-4*4.

10.7. Оформление результатов поверки

Результаты поверки заносят в протокол, форма которого приведена в Приложении 1.

10.7.1. В случае положительных результатов поверки оформляется протокол поверки установленной формы (см. Приложение 1).

10.7.2. В случае отрицательных результатов поверки выдается извещение о не пригодности ультразвукового толщиномера УТ9215.

10.7.3. Допускается расширение поверяемого диапазона толщин для конкретного преобразователя. В этом случае в протоколе поверки должен быть указан конкретный диапазон толщин, тип и номер преобразователя и максимальная погрешность измерений.

10.7.4. Допускается использование образцов для поверки чувствительности прибора, отличающихся от образца Рис.5. Например образцы с плоскодонными отражателями. При этом минимальная эквивалентная площадь отражателя в образце должна соответствовать эквивалентной площади отверстия $\varnothing 1,5\text{мм}$ в образце Рис.5. (см. Таблицу 4).

10.7.5. Поверка прибора УТ9215 с нестандартными преобразователями, производится по отдельным методикам, которые составляются на основе методических указаний П.10. Утверждение методик может проводиться региональными центрами стандартизации и метрологии.

11. Дополнительные погрешности ультразвукового толщиномера

Погрешность измерений ультразвукового толщиномера в каждом конкретном случае определяется множеством факторов. Общая погрешность складывается из основной погрешности и ряда дополнительных. Как было отмечено в П.4 основная погрешность в приборе УТ9215 учитывается методически и сведена к минимуму, поэтому ошибки измерений прибора УТ9215 в основном определяется дополнительными погрешностями, обусловленными влиянием различных факторов при измерениях.

11.1. Погрешность от слоя контактной жидкости (от слоя краски)

Некоторый слой контактной жидкости толщиной $\Delta L_{ж}$, расположенный между ПЭП и изделием, создает дополнительную задержку ультразвуковых волн - $\Delta T_{ж}$. Задержка определяется двойным пробегом волн через слой жидкости, один раз при излучении зондирующего импульса, другой - при приеме донного эхосигнала. Задержка $\Delta T_{ж}$ повышает показания прибора на величину

$$\Delta N_{ж} = \Delta L_{ж} * C_1 / C_{ж}$$

где: C_1 - скорость звука в изделии (параметр настройки прибора),
 $C_{ж}$ - скорость звука в жидкости.

Оценим величину погрешности. Пусть между ПЭП и изделием имеется слой воды толщиной 0,1мм. Скорость звука в воде 1500 м/с. Пусть прибор настроен для контроля стали со скоростью звука 6000 м/с. Очевидно погрешность будет равна

$$\Delta N_{ж} = 0,1 * 6000 / 1500 = 0,4\text{мм.}$$

Довольно большая погрешность от слоя контактной жидкости получается из-за того, что скорость звука в жидкости в несколько раз меньше, чем в металле. Следовательно для получения высокой точности измерений нужно уменьшать толщину слоя контактной жидкости.

В реальных условиях полному выдавливанию жидкости из под ПЭП препятствует капиллярный эффект. Даже при тщательной шлифовке образцов и рабочего торца ПЭП оставшийся слой контактной жидкости создает погрешность около 0,02 - 0,04мм.

Задержка волн в слое контактной жидкости присутствует при настройке прибора. В дальнейшем при проведении измерений нестабильность толщины слоя приводит к случайным погрешностям. Экспериментально установлено, что на шлифованных поверхностях при контроле металла не удается получить случайную погрешность от прижима ПЭП ниже чем $\pm 0,02$ мм.

Дополнительная погрешность от слоя между ПЭП и изделием типична при измерениях через слой краски. Нужно отметить, что скорость звука в лаках и красках больше, чем в жидкостях, ориентировочно 2200 - 3500 м/с. Поэтому тонкий слой покрытия меньше сказывается на измерениях, чем в случае с жидкостями.

Следует быть осторожным при контроле через слой краски на поверхности изделий. Во-первых, наличие нескольких слоев краски, нанесенных один на другой, увеличивают время прохождения ультразвука и прибор показывает больше толщину изделия, чем на самом деле. Слой краски толщиной 0,3 мм создает погрешность показаний прибора около 1 мм. Во-вторых, иногда под слоем краски находятся пятна ржавчины, которые полностью отражают ультразвук. В последнем случае прибор показывает минимальную толщину (0,2 ÷ 1,5мм).

11.2. Погрешность от шероховатости наружной стенки изделия

Качество зачистки места измерения также создает определенную погрешность. При прохождении ультразвуковых волн через шероховатую поверхность залитую контактной жидкостью часть волн непосредственно проходит в металл, а часть пробегает прослойку контактной жидкости. Волны задерживаются на некоторое суммарное время $\Delta T_{ш}$. Прибор измеряет толщину с дополнительной погрешностью $\Delta N_{ш}$.

Величина погрешности зависит не только от высоты пиков шероховатостей, но и от формы шероховатости, от того - регулярная или стохастическая шероховатость. Регулярная шероховатая поверхность получается после фрезерной или токарной обработки, а стохастическая поверхность - после зачистки шкуркой или шлифовальным камнем.

В настоящее время не найдено аналитических зависимостей (формул) для расчета погрешности толщиномера на шероховатых поверхностях. Можно полагать, что погрешность от шероховатой поверхности $\Delta N_{ш}$ приблизительно равна половине погрешности от слоя контактной жидкости $\Delta N_{ж}$.

$$\Delta N_{ш} \approx \Delta N_{ж}/2 .$$

Оценим погрешность $\Delta N_{ш}$ для случая контроля стали ($C_l=6000$ м/с, $C_{ж}=1500$ м/с) при шероховатости Rz40 (высота пиков шероховатостей составляет 0,04мм). Получим

$$\Delta N_{ш} \approx \Delta N_{ж}/2 = 0,04 * 6000 / 1500 / 2 = 0,08 \text{ мм} .$$

Таким образом требование к степени зачистки поверхности не более Rz40 гарантирует величину дополнительной погрешности от шероховатости не превышающую 0,1мм.

11.3. Погрешность от непараллельности стенок изделия

Пусть внешняя и внутренняя поверхности изделия расположены под небольшим углом φ (Рис.5). Вначале нужно определиться, что подразумевается под толщиной изделия в этом случае. Рационально понимать под толщиной **Н** размер изделия в месте проведения измерений, т.е. под преобразователем.

Основной пучок ультразвуковых волн ПЭП падает на донную поверхность в области точки **а** Рис.6. Поскольку поверхность не параллельна, основной пучок волн отражается вбок и не попадает обратно на преобразователь. Эхосигнал от непараллельной донной поверхности формируется лучами, падающими на нее перпендикулярно, область точки **в**. Эхосигнал формируется боковыми лучами ПЭП. Путь ультразвуковых волн отмечен на Рис.6. как **L**, следовательно прибор и измерит величину **L**. Так как **L** < **Н**, погрешность измерений будет отрицательной, прибор будет показывать меньшую величину, чем **Н**.

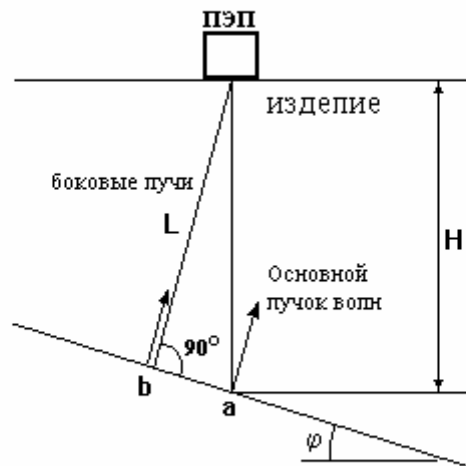


Рис.6. Измерение толщины при непараллельных стенках изделия.

Погрешность от непараллельности стенок равна разности $\Delta H_\varphi = H - L$. После небольших математических преобразований получим

$$\Delta H_\varphi = L * (1 - \cos \varphi) / \cos \varphi .$$

где: L - показания прибора при замере толщины.

Если известен угол наклона донной поверхности φ , то погрешность можно учесть пользуясь формулами

$$H = L + \Delta H_\varphi \quad \text{или} \quad H = L / \cos \varphi .$$

Формирование донного эхосигнала при непараллельных стенках, как было отмечено, происходит боковыми лучами ультразвукового пучка преобразователя. Типичные раздельно-совмещенные ПЭП имеют ширину диаграммы направленности около $5 - 7^\circ$, при больших углах наблюдается резкое уменьшение интенсивности ультразвуковых волн. Поэтому измерение толщины изделий с непараллельными стенками возможно при углах наклона φ в пределах $5 - 10^\circ$.

11.4. Измерение толщины стенки трубы малого диаметра

Погрешность зависит от того, как установлен преобразователь на трубе. Так как рабочий торец ПЭП плоский, а поверхность трубы цилиндрическая, между ПЭП и трубой возникает неравномерный зазор. Для обеспечения акустического контакта зазор заполняется контактной жидкостью, следовательно появляется погрешность от этой прослойки (см. П.11.1.). На Рис.7 показано рекомендованное положение ПЭП (вариант А). В этом положении погрешность от зазора между ПЭП и цилиндрической поверхностью трубы минимальна.

С другой стороны отражение волн тоже происходит от цилиндрической поверхности (внутренняя стенка трубы). Выпуклая цилиндрическая поверхность рассеивает ультразвуковой пучок, уменьшается амплитуда эхосигнала. Если толщина стенки невелика, сказывается интерференция волн в ближнем поле преобразователя.

Названные погрешности возрастают с уменьшением диаметра трубы и с уменьшением толщины стенки. Погрешность измерений может достигать $1 - 2$ мм.

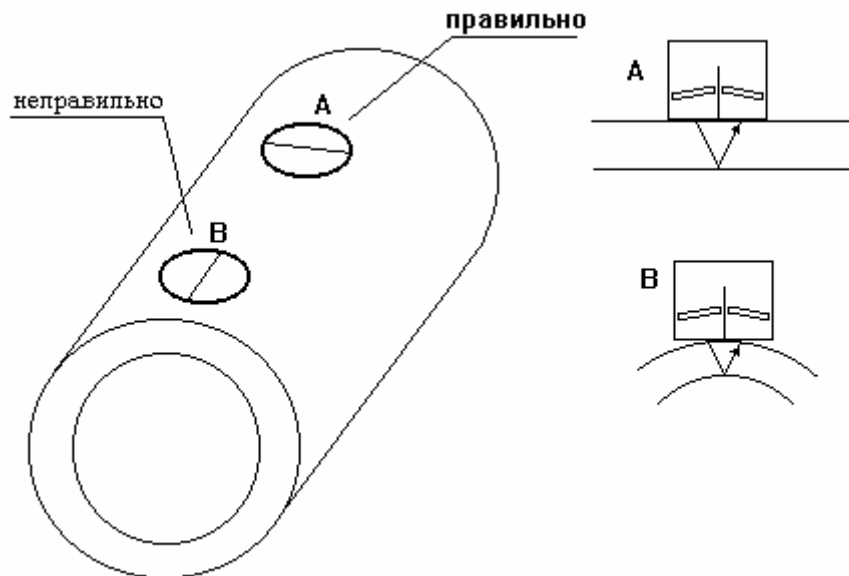


Рис.7. Установка преобразователя на трубе.

Если преобразователь устанавливается на трубу одинаковым образом, скажем в положение А Рис.7, то общая погрешность станет систематической. Часто для этой цели используют специальную оправку, которая охватывает преобразователь и позиционирует его на поверхности трубы.

Естественно систематическую ошибку можно учесть, если проводить настройку прибора по образцу, изготовленному из данного типоразмера трубы. Пример образца показан на Рис.8.

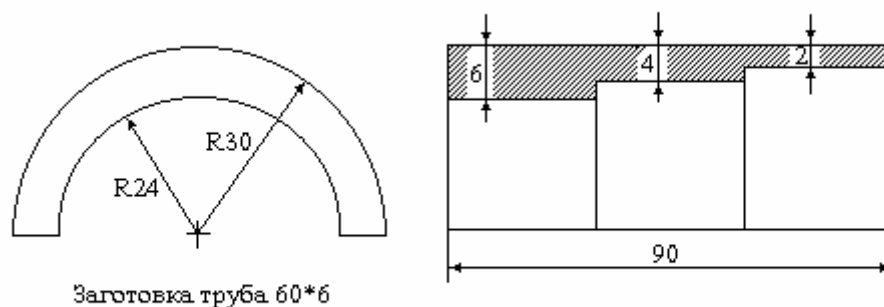


Рис.8. Образец из элемента трубы для настройки шкалы прибора.

Отрезок трубы протачивают на токарном станке изнутри. Выполняют две проточки. Одну на минимальную толщину стенки, другую на среднюю толщину. Например на Рис.8. для трубы 60*6 сделаны проточки с толщиной стенки 2 и 4 мм. Длина проточек выбирается несколько большей чем размер преобразователя.

Настройку прибора производят по толщинам 6 и 2 мм - от номинальной до минимальной толщины стенки. Затем проверяют основную погрешность шкалы прибора в середине диапазона на толщине 4 мм.

Приведенный способ компенсации погрешности на трубных элементах позволяет уменьшить погрешность измерений до $\pm 0,1$ мм.

11.5. Измерение остаточной толщины стенки

Основное назначение ультразвукового толщиномера УТ9215 - измерение толщины чистого металла при разрушенной донной поверхности или остаточной толщины стенки (Рис.9 а). Отражение ультразвуковых волн от неровной поверхности сопровождается рассеянием волн, что приводит к уменьшению амплитуды эхосигнала. Наблюдается также размывание эхосигнала связанное с тем, что волны, отраженные от пиков и впадин неровностей пробегают разный путь и приходят к преобразователю с различной задержкой (Рис.9 с).

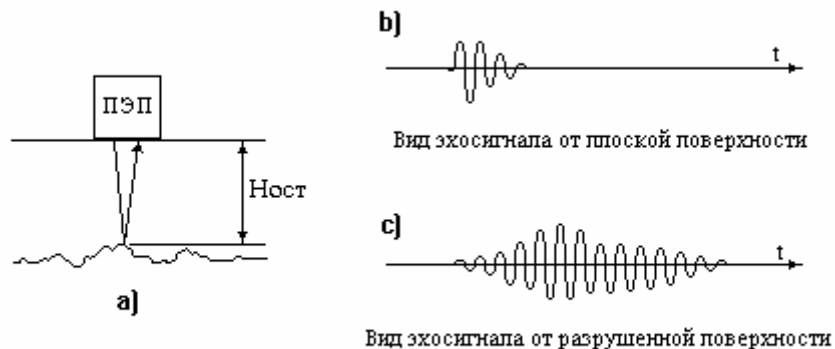


Рис.9. К измерению остаточной толщины стенки.

Для измерения остаточной толщины необходима высокая чувствительность прибора, такая чтобы при сильном уменьшении амплитуды эхосигнала прибор мог захватывать первый период колебаний эхосигнала. Тогда прибор измеряет остаточную толщину стенки. В противном случае произойдет пропуск одного или двух периодов, что может привести к увеличению измеренной задержки и, следовательно, к увеличению показаний прибора.

Желательно оценить чувствительность прибора к малым проявлениям коррозии металла. Для этого необходим образец, у которого над донной поверхностью изготовлены отражатели с малой эквивалентной площадью. Пример такого образца показан на Рис.5. В образце сделаны боковые цилиндрические отверстия диаметрами от 1,5 до 6 мм, причем глубина залегания цилиндрической поверхности у всех отверстий одинаковая - 12мм. Высота образца 20мм.

Проверка чувствительности прибора производится просто. Вначале проводится настройка прибора по мерам толщины. Затем ПЭП устанавливают на образец Рис.5 в положения над отверстиями и между ними. При установке ПЭП над отверстием прибор должен показывать расстояние до него 12мм с погрешностью $\pm 0,3$ мм, а при установке ПЭП между отверстиями прибор показывает толщину образца 20мм. Если чувствительность прибора низкая, показания над отверстиями будут существенно больше 13 - 15мм или прибор вообще будет пропускать эхосигнал от отверстия и захватывать донный эхосигнал. Эквивалентные площади отверстий в образце Рис.5 указаны в таблице 4.

Ультразвуковой толщиномер УТ9215 выявляет отверстие $\varnothing 1,5$ мм в образце Рис.5 с преобразователями П112-2,5-14, П112-5,0-8, П112-10,0-4*4.

Прибор позволяет обнаружить очень маленькие проявления коррозии (язвенную коррозию, питтинг, межкристаллитную коррозию вблизи донной стенки). С другой стороны, наличие межкристаллитной коррозии около наружной стенки изделия приводит к сильному отражению ультразвука и, следовательно, прибор покажет минимальное значение толщины (0,1 ÷ 1 мм). При межкристаллитной коррозии, пронизывающей весь объем металла, измерение толщины ультразвуковым методом невозможно.

Наконец последний, очень редкий, но все-таки вероятный случай - когда оператор пытается провести измерения над макродефектом в металле. Например, измерение толщины над крупной раковиной в виде полусферы может сопровождаться ложной потерей акустического контакта. Если преобразователь расположен точно над раковиной, прибор показывает остаточную толщину стенки. Если же ПЭП облучает боковую поверхность раковины наклоненную под углом $30 \div 50^\circ$ - ультразвуковые волны отражаются в толщу металла и не попадают обратно на ПЭП. Прибор показывает отсутствие акустического контакта, так как нет эхосигнала.

Другой пример - трещина поперек стенки. Прибор может не показать наличия акустического контакта даже если зачистить поверхность "до блеска". В этом случае требуется тщательное сканирование подозрительной области. Рекомендуется также не только перемещать преобразователь поступательно, прижимая его к контролируемой поверхности, но и вращать его вокруг своей оси. При обнаружении макродефектов необходимо дополнительное обследование другими методами.

12. Примеры кодировки данных на объектах контроля

Наиболее простой случай, когда необходимо проконтролировать небольшую область листа или какую-либо часть изделия. Рационально разметить область сеткой с одинаковым шагом (Рис.10). Горизонтальные линии сетки обозначаются первой половиной кода точки (A1, A2, A3, A4, A5 Рис.10), а вертикальные линии - второй половиной кода (01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10 Рис.10). В узлах сетки производятся замеры толщины и указывается код точки состоящий из обозначения горизонтальной и вертикальной линий, например A1:07 Рис.10.

Оператор устанавливает на приборе код точки, затем производит замер толщины и заносит результат в память прибора. Под одним и тем же кодом точки можно запомнить несколько измерений в районе одного узла сетки. После передачи данных в персональный компьютер и создания текстового документа в таблице результатов контроля несколько измерений с одним и тем же кодом будут сгруппированы вместе.

Рекомендуется делать эскиз контролируемой области, который потом оформляется в виде приложения к результатам измерений.

	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
A1	A1:01	A1:02	A1:03	A1:04	A1:05	A1:06	A1:07	A1:08	A1:09	A1:10
A2	A2:01	A2:02	A2:03	A2:04	A2:05	A2:06	A2:07	A2:08	A2:09	A2:10
A3	A3:01	A3:02	A3:03	A3:04	A3:05	A3:06	A3:07	A3:08	A3:09	A3:10
A4	A4:01	A4:02	A4:03	A4:04	A4:05	A4:06	A4:07	A4:08	A4:09	A4:10
A5	A5:01	A5:02	A5:03	A5:04	A5:05	A5:06	A5:07	A5:08	A5:09	A5:10

Рис.10. Разметка небольшой области листа.

Если изделие имеет сложную конструкцию, его элементы и составные части лучше обозначить буквами, которые допустимы в старшем разряде кода точки (см. П8.5). Каждый элемент должен иметь разметку, состоящую из трех оставшихся цифр в коде точки. В качестве примера на рисунке 11 показано буквенное обозначение элементов бака.

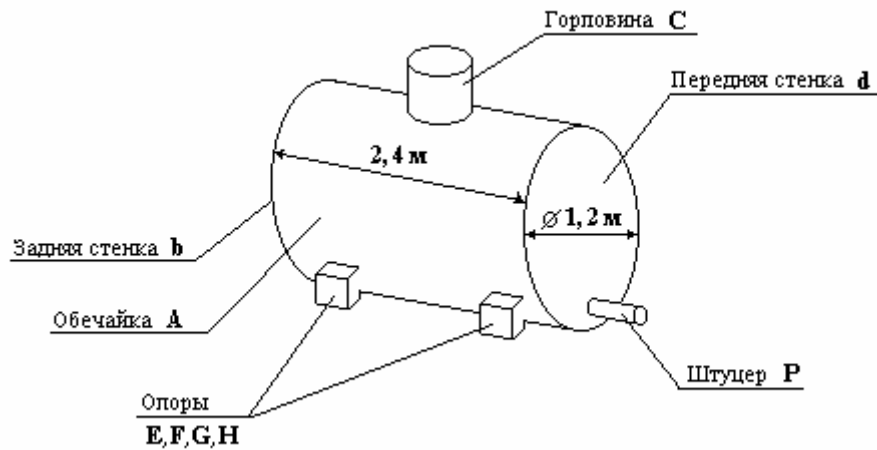


Рис.11. Обозначение элементов бака.

Развертка бака с указанием кодов точек изображена на Рис.12. Здесь обечайка бака А контролируется по узлам сетки, состоящей из продольных линий А0 - А7 и поперечных линий 00 - 04. Одна из точек замеров А6:02 обозначена на рисунке. Дополнительно вблизи опор Е, F, G, H имеется еще по 16 точек замеров. Подробно точки показаны для опоры Е. Используются коды точек E1:01 - E1:16. Здесь первая буква указывает элемент (опору Е), следующая за ней цифра 1 показывает, что замер сделан не на самой опоре, а на прилегающей к ней обечайке А. Вторая часть кода обозначает номер точки вблизи опоры.

Если необходимо производить измерения толщины опоры, то можно использовать коды типа E0:XX, F0:XX, G0:XX, H0:XX, где XX - номер точки на опоре.

Также производится еще 16 замеров вблизи горловины С. Коды точек установлены аналогично опорам - C1:01 - C1:16.

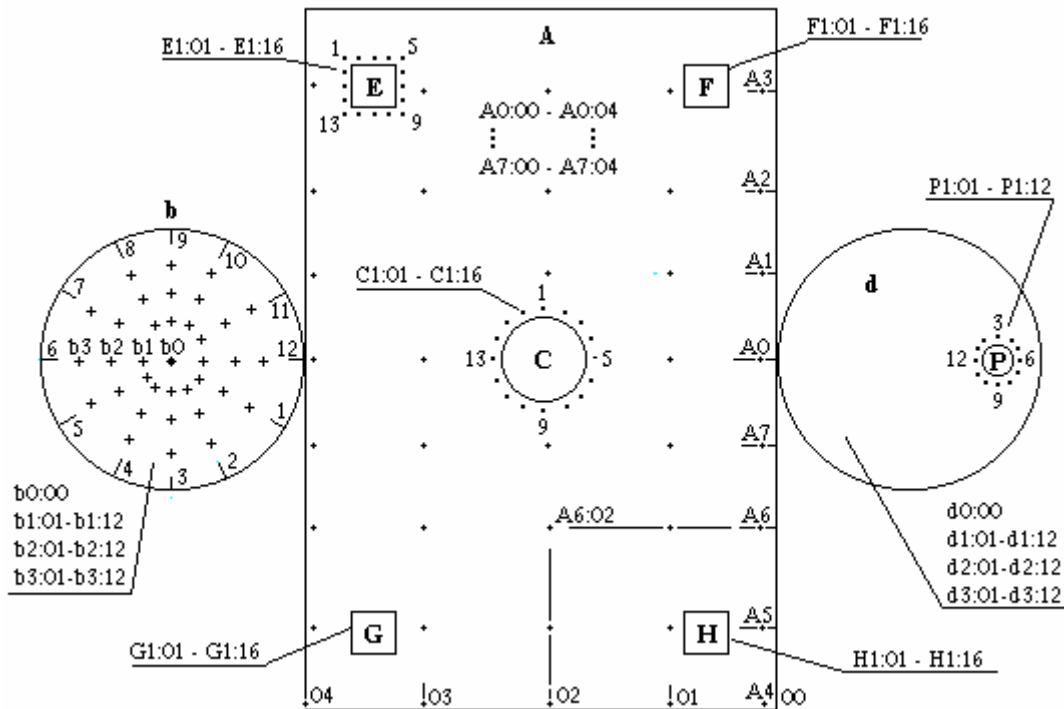


Рис.12. Развертка бака. Кодировка точек замеров толщины.

Передняя и задняя стенки бака **b**, **d** имеют круглую форму. Измерения толщины на них производится в центре круга b_0 и по концентрическим окружностям b_1 , b_2 , b_3 . На периметре окружности выделяется 12 точек. Номер точки 01 - 12 указывается по часам, ассоциируя окружность с циферблатом стрелочных часов. Код замера, например $b_2:10$, расшифровывается как измерение проведенное на задней стенке **b** на 2-й окружности в точке 10 часов.

Аналогичным образом установлены коды замеров вблизи штуцера **P** на передней стенке бака **d**. Коды имеют вид $P1:01 - P1:12$. Здесь цифра 1, следующая за буквой "P", обозначает, как и ранее, что замер сделан на прилегающей детали, т.е. на передней стенке **d**. Если нужно измерить толщину самого штуцера **P**, можно пользоваться кодом $P0:XX$, где XX - номер точки на штуцере.

Пример заключения по толщинометрии бака, полученный с помощью программы UT9215A.EXE, приведен в П.24 Приложение 4.

Запоминание измерений совместно с кодом точки позволяет однозначно определить место проведения замера. С помощью кодов точек можно разметить практически любое изделие.

13. Неисправности и методы их устранения

Некоторые виды неисправностей и способы их устранения приведены в таблице 7.

Таблица 7.

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
1. При включении прибора не светится цифровой индикатор	Полный разряд батарей	Заменить комплект батарей
2. При подключении ПЭП к прибору постоянно горит сегмент акустического контакта	Большая мертвая зона преобразователя	Заменить ПЭП
3. При установке преобразователя на меру толщины нет индикации акустического контакта	Отсутствие электрического контакта в кабеле или ПЭП	Отремонтировать кабель
4. При установке преобразователя на меру толщины не удается установить показания прибора, равными толщине меры	Износ ПЭП превысил допустимые пределы	Заменить ПЭП
5. При тестировании канала передачи данных в персональный компьютер выводится сообщение об ошибках работы СОМ порта	Обрыв привода или короткое замыкание в кабеле "нуль-модем"	Заменить кабель

14. Маркирование и пломбирование прибора

Наименование прибора "УТ9215" нанесено на передней панели. Заводской номер прибора и дата изготовления наносится на шильдике, установленном на верхней панели.

Товарный знак предприятия-изготовителя наносится на задней панели прибора. На одном из винтов, соединяющем нижнюю панель прибора, устанавливается пломба с номером приемки ОТК..

15. Правила хранения и транспортирования прибора

Толщиномеры УТ9215 должны храниться в сухом помещении в соответствии с условиями хранения 1 по ГОСТ 15150-69. В помещении для хранения не должно быть токопроводящей пыли, паров кислот, щелочей, а также газов, вызывающих коррозию и разрушающих изоляцию.

Толщиномеры должны храниться на стеллажах. Расстояние между стенками, полом хранилища и толщиномерами должно быть не менее 100 мм. Расстояние между отопительными устройствами хранилищ и толщиномерами должно быть не менее 0,5 м.

Упакованные толщиномеры могут транспортироваться любым видом транспорта, предохраняющим их от непосредственного воздействия осадков в соответствии с ГОСТ 12997-76 и "Общими правилами перевозки грузов".

При перевозке воздушным транспортом упакованные толщиномеры располагаются в герметизированных и отапливаемых отсеках.

Расстановка и крепление ящиков с толщиномерами в транспортных средствах должны исключать возможность их смещения, ударов и толчков.

16. Свидетельство о консервации и упаковке

16.1 Свидетельство о консервации.

Толщиномер ультразвуковой УТ9215 заводской номер _____
подвергнут консервации согласно требованиям технических условий 43.4987.003.01.000 ТУ.

Дата консервации _____

Срок консервации _____

Консервацию произвел _____
(ф.и.о. подпись)

Изделие после консервации принял _____
(.ф.и.о. подпись)

16.2. Свидетельство об упаковке.

Толщиномер ультразвуковой УТ9215 заводской номер _____
упакован согласно требованиям технических условий 43.4987.003.01.000 ТУ.

Дата упаковки _____

Упаковку произвел _____
(ф.и.о. подпись)

Изделие после упаковки принял _____
(ф.и.о. подпись)

17. Гарантийные обязательства и сведения о рекламациях

Изготовитель гарантирует соответствие ультразвукового толщиномера УТ9215 требованиям технических условий при соблюдении потребителем правил эксплуатации, транспортирования и хранения, установленных техническими условиями 43.4987.003.01.000 ТУ.

Гарантийный срок хранения толщиномера - 1 год со дня его изготовления.

Гарантийный срок эксплуатации толщиномера - 1,5 года со дня ввода его в эксплуатацию.

Средний срок службы толщиномера - не менее 5 лет.

Регистрируются все предъявленные рекламации и их краткое содержание. При отказе в работе или неисправности толщиномера в период гарантии изготовителя, потребителем должен быть составлен акт о необходимости ремонта и отправки толщиномера предприятию-изготовителю или вызова его представителя.

Таблица 8.

Дата	Содержание рекламации	Каким образом и кем восстановлено изделие	Подпись

Приложение 1.

/ Наименование поверяющей организации/

18. Протокол поверки

Толщиномер ультразвуковой УТ9215, заводской номер _____

поверен с комплектом мер толщины _____ № _____

/тип/

/номер аттестата/

Преобразователь П112-2,5-14 № _____			
№ Меры	Толщина меры (мм)	Показания прибора (мм)	Погрешность (мм)
№4	10,0		
№5	20,0		
№6	30,0		
№7	40,0		
№8	60,0		
№9	80,0		
№10	120,0		
№11	160,0		
Преобразователь П112-5,0-8 № _____			
№ Меры	Толщина меры (мм)	Показания прибора (мм)	Погрешность (мм)
№2	3,0		
№3	5,0		
№4	10,0		
№5	20,0		
Преобразователь П112-10,0-4*4 № _____			
№ Меры	Толщина меры (мм)	Показания прибора (мм)	Погрешность (мм)
№1	2,0		
№2	3,0		
№3	5,0		
№4	10,0		

Чувствительность по образцу с боковыми отверстиями		
Преобразователь	Наименьший диаметр выявляемого отверстия (мм)	Погрешность измерения расстояния до цилиндрической поверхности (мм)
П112-2,5-14 № _____		
П112-5,0-8 № _____		
П112-10,0-4*4 № _____		

Настоящий документ удостоверяет, что погрешность измерений прибора УТ9215, зав. № _____, во всем диапазоне толщин от ____ до ____ мм находится в пределах допустимого уровня. Чувствительность прибора соответствует нормам П.10.6.5. 43.4987.001.01.000 ТО.

Поверку проводил: _____ Дата "____" _____ 199__ г.

№ Удостоверения: _____ Подпись поверителя: _____

Приложение 2.

19. Таблица скоростей продольных ультразвуковых волн в сталях

Марка сплава (стали)	Скорость (мм/мкс) при 20°C	Температурный коэффициент скорости (мм/мкс/°C)
Железо "Ярмко"	5,930	0,5-0,7
СТЗ	5,930	0,5-0,7
СТ10	5,920	0,5-0,7
У10	5,925	0,5-0,7
СТ40	5,925	0,5-0,7
У8	5,900	0,5-0,7
СТ50	5,920	0,5-0,7
45Л-1	5,925	0,5-0,7
ПХ-15	5,965	0,5-0,7
40Х13	6,070	0,5-0,7
30ХГСА	5,915	0,5-0,7
30ХМА	5,950	0,5-0,7
08Х17Н14МЗ	5,720	0,5-0,7
1Х18Н9Т	5,720	0,5-0,7
12Х18Н10Т	5,760	0,5-0,7
ЭП33	5,650	0,5-0,7
ЭП428	5,990	0,5-0,7
ЭП543	5,750	0,5-0,7
30ХРА	5,900	0,5-0,7
ЭП814	5,900	0,5-0,7
ЭИ437БУ	5,990	0,5-0,7
ЭИ612	5,680	0,5-0,7
ЭИ617	5,930	0,5-0,7
ЭИ766А	6,020	0,5-0,7
ЭИ826	5,930	0,5-0,7
ХН77ТЮР	6,080	0,5-0,7
40ХНМА	5,600	0,5-0,7
ХН70ВМТЮ	5,960	0,5-0,7
ХН35ВТ	5,580	0,5-0,7
Х15Н15ГС	5,400	0,5-0,7
20ГСНДИ	6,060	0,5-0,7

Приложение 2 (Продолжение)

20. Таблица скоростей продольных ультразвуковых волн в сплавах алюминия

Марка сплава	Скорость (мм/мкс) при 20°C	Температурный коэффициент скорости мм/мкс/°C
Д16	6,380	1,0 - 1,2
Д16АТ	6,365	1,0 - 1,2
Д16ТПП	6,420	1,0 - 1,2
В95	6,280	1,0 - 1,2
В95Т1ПП	6,330	1,0 - 1,2
АМГ2	6,390	1,0 - 1,2
АМГ2М	6,390	1,0 - 1,2
АМГ3	6,400	1,0 - 1,2
АМГ5	6,390	1,0 - 1,2
АМГ5М	6,380	1,0 - 1,2
АМГ6	6,380	1,0 - 1,2
АМГ6М	6,405	1,0 - 1,2
АД	6,360	1,0 - 1,2
АД1	6,385	1,0 - 1,2
Д1	6,365	1,0 - 1,2
АМЦ	6,405	1,0 - 1,2
АК4-1	6,390	1,0 - 1,2

21. Таблица скоростей продольных ультразвуковых волн в сплавах на основе титана

Марка сплава	Скорость (мм/мкс) при 20°C	Температурный коэффициент скорости (мм/мкс/°C)
BT6C	6,150	0,6 - 0,7
OT4	6,180	0,6 - 0,7
BT4	6,090	0,6 - 0,7
BT14	6,105	0,6 - 0,7
BT9	6,180	0,6 - 0,7
ЗВ	6,170	0,6 - 0,7
BT1	6,080	0,6 - 0,7

Приложение 2 (Продолжение)

22. Таблица скоростей продольных ультразвуковых волн в сплавах на основе меди

Марка сплава	Скорость (мм/мкс) при 20 °С	Температурный коэффициент скорости (мм/мкс/°С)
Медь	4,680	0,5 - 0,6
М1	4,780	0,5 - 0,6
М2	4,750	0,5 - 0,6
ЛС52-1	4,050	0,5 - 0,6
ЛС59-1	4,360	0,5 - 0,6
ЛС63	4,180	0,5 - 0,6
Л62	4,680	0,5 - 0,6
Л63	4,440	0,5 - 0,6
Л68	4,260	0,5 - 0,6
БрХ0,8Д	4,850	0,5 - 0,6
БрХ0,8Д	4,860	0,5 - 0,6
БрКМЦ3-1	4,820	0,5 - 0,6
БрОЦ4-3	4,550	0,5 - 0,6
БрАМц9-2	4,060	0,5 - 0,6
БрАЖМц10-3-1,5	4,900	0,5 - 0,6

Приложение 3.

23. Составы контактных жидкостей

1. Ингибиторная смазка. Кальцинированную соду 0,048 кг и нитрид натрия 1,6 кг растворяют в 5 л. холодной воды с последующим кипячением в чистой посуде. Растворенные в 3 л, холодной воды 0,24 кг крахмала вливают в кипящий раствор нитрида натрия и соды. Раствор кипятят 3 - 4 минуты. После чего в него вливают 0,45кг глицерина и охлаждают. Рабочий диапазон температур смазки - $3 \div 40^{\circ}\text{C}$ ($276 \div 311\text{K}$).

2. Смазка на основе обойного клея. Обойный клей растворяют в теплой воде (20°C) в объемном отношении 1:1 \div 1:3 в зависимости от требуемой густоты смазки. Добавляют 3 \div 5% глицерина для предотвращения засыхания и 1 \div 2% тринатрийфосфата для ослабления корродирующего действия смазки на металлические поверхности.

3. Смазка на основе дикстрина. Состав: дикстрин 30 \div 34%, глицерин 9 \div 10%, сода 1%, вода - остальное. Дикстрин растворяют в воде, нагретой до 40 \div 50 $^{\circ}\text{C}$, добавляют глицерин и соду и размешивают до получения однородного состава.

24. Пример заключения по ультразвуковой толщинометрии

Файл: C:\UT9215\WORK\TANK.TXT

ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 179

Организация-владелец оборудования:
 Организация проводившая контроль:
 Ультразвуковой толщиномер УТ9215 №
 Дата контроля

ОБЪЕКТ КОНТРОЛЯ

Бак №1395783-11 длина 2,4м, диаметр 1,2м, марка стали Ст20

НАСТРОЙКИ ПРИБОРА

Преобразователь П112-5,0-8: С1=5942м/с Тпэп=1854нс

РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ

обечайка А (номинальная толщина стенки 6,5мм)

A0:00 6,48мм;	A0:01 4,21мм;	A0:02 5,57мм;	A0:03 6,23мм;	A0:04 6,19мм;
A1:00 6,12мм;	A1:01 3,77мм;	A1:02 6,18мм;	A1:03 6,32мм;	A1:04 6,49мм;
A2:00 6,22мм;	A2:01 3,99мм;	A2:02 6,12мм;	A2:03 6,42мм;	A2:04 6,27мм;
A3:00 5,62мм;	A3:01 4,23мм;	A3:02 5,99мм;	A3:03 6,12мм;	A3:04 5,82мм;
A4:00 5,85мм;	A4:01 4,58мм;	A4:02 6,12мм;	A4:03 6,52мм;	A4:04 5,82мм;
A5:00 6,12мм;	A5:01 5,11мм;	A5:02 6,44мм;	A5:03 6,38мм;	A5:04 6,25мм;
A6:00 6,15мм;	A6:01 6,31мм;	A6:02 6,13мм;	A6:03 6,17мм;	A6:04 6,18мм;
A7:00 6,12мм;	A7:01 6,11мм;	A7:02 6,14мм;	A7:03 6,18мм;	A7:04 6,12мм;

обечайка А (область опоры Е)

E1:01 6,12мм;	E1:02 6,11мм;	E1:03 6,13мм;	E1:04 6,02мм;
E1:05 6,01мм;	E1:06 6,06мм;	E1:07 6,03мм;	E1:08 6,05мм;
E1:09 6,04мм;	E1:10 6,08мм;	E1:11 6,02мм;	E1:12 6,03мм;
E1:13 6,12мм;	E1:14 6,10мм;	E1:15 6,01мм;	E1:16 6,12мм;

обечайка А (область опоры F)

F1:01 6,02мм;	F1:02 6,11мм;	F1:03 6,22мм;	F1:04 6,03мм;
F1:05 6,01мм;	F1:06 6,02мм;	F1:07 6,09мм;	F1:08 6,10мм;
F1:09 6,10мм;	F1:10 6,11мм;	F1:11 6,12мм;	F1:12 6,06мм;
F1:13 6,02мм;	F1:14 6,12мм;	F1:15 6,11мм;	F1:16 6,12мм;

обечайка А (область опоры G)

G1:01 6,06мм;	G1:02 6,11мм;	G1:03 6,12мм;	G1:04 6,15мм;
G1:05 6,11мм;	G1:06 6,12мм;	G1:07 6,19мм;	G1:08 6,20мм;
G1:09 6,22мм;	G1:10 6,03мм;	G1:11 6,12мм;	G1:12 6,23мм;
G1:13 6,12мм;	G1:14 6,12мм;	G1:15 6,11мм;	G1:16 6,11мм;

Файл: TANK.TXT, лист 1, листов 2

обечайка А (область опоры Н)

H1:01 6,15мм;	H1:02 6,10мм;	H1:03 6,10мм;	H1:04 6,07мм;
H1:05 5,41мм;	H1:06 5,02мм;	H1:07 4,77мм;	H1:08 3,29мм;
H1:09 5,85мм;	H1:10 6,11мм;	H1:11 6,02мм;	H1:12 6,07мм;
H1:13 6,18мм;	H1:14 6,13мм;	H1:15 6,11мм;	H1:16 6,09мм;

обечайка А (область горловины С)

C1:01 4,52мм;	C1:02 4,11мм;	C1:03 3,72мм;	C1:04 2,48мм;
C1:05 5,91мм;	C1:06 6,10мм;	C1:07 6,23мм;	C1:08 6,12мм;
C1:09 6,18мм;	C1:10 6,19мм;	C1:11 6,22мм;	C1:12 6,26мм;
C1:13 6,32мм;	C1:14 6,46мм;	C1:15 6,11мм;	C1:16 3,02мм;

передняя стенка d (номинальная толщина 8мм)

d0:00 7,72мм;			
d1:01 7,91мм;	d1:02 7,92мм;	d1:03 7,82мм;	d1:04 7,92мм;
d1:05 7,82мм;	d1:06 7,91мм;	d1:07 7,82мм;	d1:08 7,02мм;
d1:09 7,92мм;	d1:10 7,72мм;	d1:11 7,41мм;	d1:12 7,22мм;
d2:01 6,31мм;	d2:02 6,12мм;	d2:03 7,52мм;	d2:04 7,99мм;
d2:05 7,92мм;	d2:06 7,10мм;	d2:07 7,20мм;	d2:08 7,81мм;
d2:09 5,84мм;	d2:10 7,75мм;	d2:11 7,81мм;	d2:12 7,92мм;
d3:01 7,11мм;	d3:02 7,12мм;	d3:03 7,50мм;	d3:04 7,81мм;
d3:05 7,93мм;	d3:06 7,94мм;	d3:07 7,93мм;	d3:08 7,92мм;
d3:09 7,92мм;	d3:10 7,92мм;	d3:11 7,91мм;	d3:12 7,95мм;

передняя стенка d (область приварки штуцера Р)

P3:01 6,15мм;	P3:02 6,20мм;	P3:03 6,18мм;	P3:04 6,28мм;
P3:05 7,02мм;	P3:06 7,09мм;	P3:07 7,12мм;	P3:08 6,87мм;
P3:09 7,12мм;	P3:10 7,02мм;	P3:11 7,01мм;	P3:12 7,00мм;

задняя стенка b (номинальная толщина 8мм)

b0:00 8,02мм;			
b1:01 8,00мм;	b1:02 8,01мм;	b1:03 8,02мм;	b1:04 7,99мм;
b1:05 7,85мм;	b1:06 7,53мм;	b1:07 7,43мм;	b1:08 7,86мм;
b1:09 7,52мм;	b1:10 7,28мм;	b1:11 7,91мм;	b1:12 7,90мм;
b2:01 8,01мм;	b2:02 7,92мм;	b2:03 7,99мм;	b2:04 7,92мм;
b2:05 7,55мм;	b2:06 8,01мм;	b2:07 7,98мм;	b2:08 7,96мм;
b2:09 7,82мм;	b2:10 7,77мм;	b2:11 7,91мм;	b2:12 7,93мм;
b3:01 7,91мм;	b3:02 7,99мм;	b3:03 7,72мм;	b3:04 7,99мм;
b3:05 8,02мм;	b3:06 7,84мм;	b3:07 7,77мм;	b3:08 7,92мм;
b3:09 8,00мм;	b3:10 7,98мм;	b3:11 7,76мм;	b3:12 7,42мм;

Количество измерений: 206

Контроль проводил: Перевалов С.П.,

№ уд-ния 06.048,

Подпись: _____

Руководитель работ: Бархатов В.А.,

№ уд-ния 06.015,

Подпись: _____

Файл: TANK.TXT, лист 2, листов 2