

*МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Инноватика и менеджмент качества»

**ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИН ИЗДЕЛИЙ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРИБОРА**

Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов, обучающихся по направлению 27.03.01 «Стандартизация и метрология»



Курган 2015

Кафедра: «Инноватика и менеджмент качества»

Дисциплина: «Методы и средства измерения, испытаний и контроля»  
(направления 27.03.01).

Составил: канд. техн. наук, доцент В.В. Марфицын,  
канд. техн. наук, доцент В.Е. Овсянников.

Утверждены на заседании кафедры «25» февраля 2015 г.

Рекомендованы методическим советом университета «19» декабря 2014 г.

## 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Заключается в изучении теоретических основ ультразвукового контроля толщины изделий и в получении практических навыков использования ультразвукового толщиномера.

Средства измерения и измеряемые объекты.

- а) толщиномер ультразвуковой ТТ100;
- б) измеряемые образцы;
- в) ветошь.

Требуется: определить толщину изделия.

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Суть ультразвукового метода заключается в излучении в изделие и последующем принятии отраженных ультразвуковых колебаний с помощью специального оборудования и дальнейшем анализе полученных данных с целью определения наличия дефектов, а также их эквивалентного размера, формы (объемный/плоскостной), вида (точечный/протяженный), глубины залегания и пр.

Параметры выявленных дефектов определяются с помощью ультразвуковых дефектоскопов. Так например, по времени распространения ультразвука в изделии (если известна скорость ультразвука, скорость распространения ультразвуковых волн в различных материалах) в данном металле) определяют расстояние до дефекта, а по амплитуде отраженного импульса – его относительный размер.

На сегодняшний день существует пять основных методов **УЗК**: теневой, зеркально-теневой, зеркальный, дельта-метод и эхо-метод. В промышленности **ультразвуковой контроль металла** проводят, как правило, в диапазоне ультразвуковых волн от 0,5 МГц до 10 МГц. В отдельных случаях **неразрушающий контроль сварных швов** проводится ультразвуковыми волнами с частотой до 20 МГц, что позволяет выявлять очень небольшие дефекты.

Ультразвук низких частот применяют при: работе с объектами большой толщины (ультразвуковой контроль отливок, поковок, сварных соединений выполненных электрошлаковой сваркой); контроле металлов, имеющих крупнозернистую структуру (чугун, медь, аустенитные стали) и большое затухание – «плохо проводят ультразвук».

К главным преимуществам ультразвукового контроля качества металлов и сварных соединений относятся:

- высокая точность и скорость исследования, а также его низкая стоимость;
- безопасность для человека (в отличие, к примеру, от рентгеновской дефектоскопии);

- высокая мобильность вследствие применения портативных ультразвуковых дефектоскопов;
- возможность проведения ультразвукового контроля (в отдельных случаях) на действующем объекте, т.е. на время проведения УЗК не требуется выведения контролируемой детали/объекта из эксплуатации.
- при проведении УЗК исследуемый объект не повреждается.

К основным недостаткам УЗК относятся:

- при ультразвуковой дефектоскопии невозможно дать ответ на вопрос о реальных размерах дефекта, т.к. размер дефекта определяется его отражательной способностью и поэтому по результатам контроля дается эквивалентный размер дефекта (например: имеющиеся в изделии два реальные дефекта одного размера и формы, расположенные на одной глубине, но один из которых заполнен воздухом, а другой шлаком будут давать отраженные импульсы различной амплитуды и, соответственно оценены как дефекты, имеющие различные размеры).

Следует отметить, что, некоторые дефекты в силу их характера, формы или расположения в объекте контроля практически невозможно выявить ультразвуковым методом. Кроме того, затруднителен контроль деталей небольшой размера и толщины, а также деталей, имеющих сложную форму с криволинейными и сферическими поверхностями малого радиуса.

Кроме того, при проведении ультразвукового контроля в отличие от радиографического, как правило, невозможно однозначно охарактеризовать дефект (шлаковое включение, пора, вольфрамовое включение и др.);

- трудности при ультразвуковом контроле металлов с крупнозернистой структурой, из-за большого рассеяния и сильного затухания ультразвука;

- подготовка поверхности контроля к контролю, для ввода ультразвуковых волн в металл, а именно: очистка поверхности контроля от загрязнений, отслаивающейся окалины, ржавчины, брызг расплавленного металла и др. и создание необходимой шероховатости поверхности не хуже Rz 40 и волнистости не более 0,015, т.к. даже небольшой воздушный зазор между пьезоэлектропреобразователем (ПЭП) – пьезоэлектропреобразователи для проведения ультразвукового контроля) и изделием может стать непреодолимой преградой для распространения ультразвуковых волн;

- необходимость нанесения на контролируемый участок изделия после его зачистки непосредственно перед выполнением контроля контактных жидкостей (специальные гели, глицерин, машинное масло, и др.) для обеспечения стабильного акустического контакта.

Помимо выявления дефектов в изделиях, посредством ультразвука можно измерять и толщину изделий (ультразвуковая толщинометрия). Основой методики является пьезоэлектроакустический способ, при котором пьезоэлектропреобразователь посылает в изделие и последующем принимает отраженные от донной поверхности ультразвуковые колебания, считывает время на прохождение данного расстояния и обрабатывает полученные данные.

### 3 ПРИНЦИП РАБОТЫ И КОНСТРУКЦИЯ ПРИБОРА

Толщиномер ультразвуковой ТТ100 предназначен для ручного контактного измерения толщины изделий из металлов и их сплавов, пластмасс, керамики и других материалов, имеющих две параллельные поверхности. Контролируемые изделия должны иметь поверхности с максимальной шероховатостью до  $Rz = 80$  мкм со стороны ввода ультразвукового сигнала и до  $Rz = 160$  мкм с противоположной стороны.

Толщиномер предназначен для измерения толщины изделий при одностороннем доступе к контролируемому объекту. Измеряемые изделия должны иметь плоскую форму. Внешний вид электронного блока прибора представлен на рисунке 1.

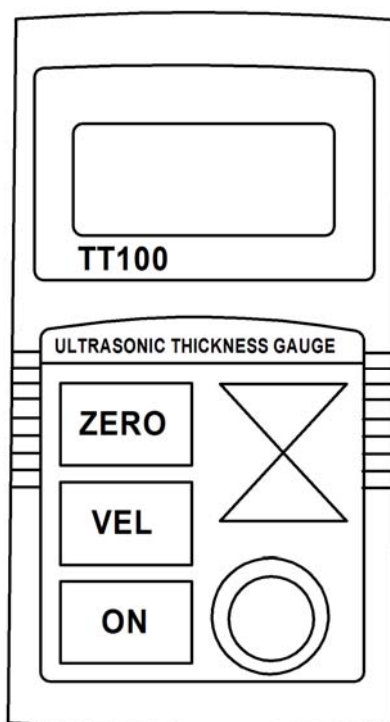


Рисунок 1 – Внешний вид электронного блока прибора ТТ100

В комплектацию прибора входят:

- электронный блок;
- ультразвуковой преобразователь (с сигнальным кабелем);
- элемент питания типа АА;
- связующий гель.

Электронный блок содержит следующие функциональные клавиши:

- включения прибора (клавиша ON);
- включения режима измерения скорости (клавиша VEL);
- включения калибратора (клавиша ZERO);
- регулировки значений скорости, толщины и выбора ячеек памяти (клавиши ▼ или ▲);

## 4 ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИБОРА

### 4.1 Подготовка прибора к работе

4.1.1 Извлечь толщиномер из укладочного ящика.

4.1.2 Вставить в контейнер электронного блока элементы питания, соблюдая полярность.

4.1.3 Подключить к электронному блоку кабель ультразвукового преобразователя (штепсель с красным концом – в гнездо излучения, находящееся ближе к краю корпуса электронного блока).

4.1.4 Нажав клавишу ON, включить прибор. Спустя несколько секунд на дисплее высветится значение скорости звука, полученное в предыдущем измерении.

4.1.5 Воспользовавшись предусмотренной в толщиномере функцией калибровки, проверить работоспособность прибора, для чего:

- нанести тонкий слой связующего геля на контактную поверхность преобразователя и контрольный образец (круглый стальной диск), расположенный на передней панели корпуса электронного блока;

- нажатием клавиш ▼ или ▲ установить на дисплее скорость, равную 5900 м/с;

Примечание: В памяти прибора сохраняется 5 значений скорости, которые последовательно заменяются вновь устанавливаемыми значениями. Поэтому величина 5900 м/с может храниться в памяти прибора, и тогда будет проще не устанавливать это значение, а найти его повторными нажатиями на клавишу VEL, т.е. последовательным перебором 5 сохраненных значений скорости;

- установить преобразователь на контрольный образец и нажать клавишу ZERO. На дисплее высветятся расположенные в ряд четыре черточки — — — — —, которые характеризуют готовность аппаратуры и начнут последовательно исчезать, после чего должно появиться значение 4,0 мм. Это свидетельствует о готовности прибора к работе.

### 4.2 Измерение толщины контролируемого объекта

4.2.1 Выбрать место на контролируемом объекте для установки ультразвукового преобразователя. На нем не должно быть ржавчины, грязи, каких-либо покрытий, затрудняющих проникновение ультразвукового сигнала.

4.2.2 Выполнить операции, изложенные в разделе 4.1.

4.2.3 Нажатием клавиши VEL и клавиш ▼ или ▲ откорректировать индицируемое на дисплее значение скорости звука до необходимой величины.

4.2.4 Нанести гель на выбранное на контролируемом объекте место и слегка прижать к нему ультразвуковой преобразователь.

4.2.5 На дисплее должен высветиться знак ⊥, свидетельствующий о наличии акустического контакта, и появится значение измеренной толщины контролируемого объекта.

4.2.6 Снять с объекта ультразвуковой преобразователь. При этом значок ⊥ на дисплее исчезнет, а значение толщины останется.

### 4.3 Измерение скорости звука

4.3.1 Эта операция необходима в том случае, если скорость звука в контролируемом образце не известна. Ее можно определить на подобном образце – тест-объекте (т.е. изготовленном из того же самого материала, желательно – по одной и той же технологии и тех же самых размеров), предварительно измерив его толщину с помощью штангенциркуля или микрометра.

4.3.2 Прижать ультразвуковой преобразователь к выбранному месту тест-объекта, на дисплее появится значок  $\perp$  и какое-то значение толщины.

4.3.3 Убрать преобразователь с тест-объекта, при этом значок  $\perp$  исчезнет, а значение толщины останется.

4.2.5 Нажатием клавиш  $\blacktriangledown$  или  $\blacktriangle$  откорректировать индицируемое значение толщины до истинного значения толщины тест-объекта.

4.2.6 Нажать клавишу VEL, высветится величина скорости звука в материале тест-объекта, и это значение будет занесено в текущую память прибора.

Значения скоростей звука в различных средах приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Скорость распространения звука в различных материалах

Материал	Скорость распространения звука, м/с
Алюминий	6260
Цинк	4170
Серебро	3600
Золото	3240
Олово	3230
Железо и сталь	5900
Латунь	4640
Медь	4700
Вода	1480
Глицерин	1920
Кремнистый натрий	2350
Ацетат	2670
Фосфорная бронза	3530
Сосновая смола	4430
Стекло	5440
Магний	6310
Сплав молибдена и никеля	6020
Никель	5630
Сталь низкоуглеродистая	5850
Титан	6070
Сталь 3	5930
Сталь 10	5920
Сталь 40	5925
Сталь У8	5900
Сталь 50	5920

Сталь 45Л-1	5925
Сталь 30ХГСМА	5915
Сталь 30ХМА	5950
Сталь 30ХРА	5900
Сталь ЭП814	5900
Сталь ЭИ437БУ	5990
Сталь 816	5930
Сталь ХН70ВМТЮ	5960
Кварц плавленный	5930

## 5 УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1 Изучить теоретические положения измерения толщины изделий ультразвуковым методом.

2 Изучить конструкцию и правила использования ультразвуковым толщиномером ТТ100.

3 Выполнить калибровку прибора (см. пункт 4.1).

4 Произвести измерение толщины образца (см. пункт 4.2).

5 Занести результаты в отчет.

Пункты 4 и 5 повторяется для каждого из образцов.

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) тему;
- 2) цель работы;
- 3) краткие теоретические сведения по измерению толщину изделий ультразвуковым методом;
- 4) результаты измерений, оформленные в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Результаты измерений

Номер образца	Толщина изделия $H_{изд}$
1	
	...
	$H_{издср}$
...	

Здесь  $H_{издср}$  – среднее значение толщины покрытия.



## **6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 1 В чем сущность ультразвукового контроля?
- 2 Назовите основные методы ультразвукового контроля?
- 3 Достоинства методов ультразвукового контроля?
- 4 Недостатки методов ультразвукового контроля?
- 5 На чем основано измерение прибором ТТ100?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Клюев, В. В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] : справочник : в 3 томах / В. В. Клюев. – М. : Машиностроение, 2003.
- 2 Справочник по производственному контролю в машиностроении / под ред. А. К. Кутая. 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Машиностроение, 1974. – 676 с.
- 3 Технический контроль в машиностроении [Текст] : справочник проектировщика / под общ. ред. В. Н. Чупырина. – М. : Машиностроение, 1987. – 512 с.
4. Сайт производственного унитарного предприятия «НТО Промтехбезопасность». URL : <http://ntoptb.by/ultrazvukovaja-tolschinometriya/> (дата обращения: 25.01.15)
5. Толщиномер ультразвуковой : руководство по эксплуатации. URL: <http://ndttester.ru/files/tt100.pdf> (дата обращения: 25.01.15)

Марфицын Валерий Владимирович  
Овсянников Виктор Евгеньевич

**ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИН ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРИБОРА**

Методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов,  
обучающихся по направлению 27.03.01 «Стандартизация и метрология»

Редактор Е.А. Могутова

---

Подписано в печать	Формат 60×84 1/16	Бумага 65 г/м <sup>3</sup>
Печать цифровая	Усл.печ.л. 0,75	Уч.-изд.л. 0,75
Заказ	Тираж 25	Не для продажи

---

РИЦ Курганского государственного университета  
640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4  
Курганский государственный университет.