

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

**Эхо-импульсный метод измерения толщины авиационных  
изделий с применением ультразвукового толщиномера  
УТ-301**

Электронные методические указания к лабораторной работе

САМАРА

2010

УДК 629.7 + 004.9

ББК 39.5

Т 468

Авторы-составители: **Макаровский Игорь Мстиславович,**  
**Тиц Сергей Николаевич**

Рецензенты: доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности В. Н. Вякин;  
доцент кафедры эксплуатации авиационной техники В. А. Прилепский.

Редакторская обработка С.Н. Тиц

Компьютерная верстка С.Н. Тиц

Доверстка С.Н. Тиц

Эхо-импульсный метод измерения толщины авиационных изделий с применением ультразвукового толщиномера УТ-301 [Электронный ресурс] : электрон. метод. указания к лаб. работе / М-во образования и науки РФ, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); авт.-сост. И. М. Макаровский; С. Н. Тиц. – Электрон. текстовые и граф. дан. (0,54 Мбайт). - Самара, 2010. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

Методические указания входят в единый методический комплекс, включающий теоретический материал и методические указания к шести лабораторным работам. Комплекс лабораторных работ создан с использованием современных средств неразрушающих методов контроля, полученных университетом в ходе выполнения инновационной образовательной программы «Развитие центра компетенций и подготовки специалистов мирового уровня в области аэрокосмических и геоинформационных технологий».

Методические указания предназначены для магистрантов факультета инженеров воздушного транспорта в рамках магистерской программы «Контроль, динамика и испытания систем авиационной техники» по направлению 162300.68 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей», изучающих дисциплину «Методы неразрушающего контроля авиационных конструкций».

Методические указания разработаны на кафедре эксплуатации авиационной техники.

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2010

## Содержание

Теоретическая часть .....	4
1.1 Назначение и физическая сущность ультразвукового метода .....	4
1.2 Ультразвуковой толщиномер УТ - 301 .....	6
2. Практическая часть .....	10
2.1 Подготовка толщиномера к работе .....	10
2.2 Измерение толщины .....	12
2.3 Режим минимального значения .....	13
2.4. Измерение скорости распространения УЗК .....	13
2.5. Работа с памятью толщиномера .....	14
2.6. Выключение толщиномера .....	17
2.7. Общие рекомендации по работе с толщиномером .....	18
Вопросы для самопроверки .....	20
Содержание отчета .....	20
Литература .....	20

*Цель работы:* ознакомление с назначением и физической сущностью ультразвукового эхо – импульсного метода измерения толщины изделий, устройством и принципом работы ультразвукового толщиномера УТ-301.

## 1. Теоретическая часть

### 1.1 Назначение и физическая сущность ультразвукового метода

#### *Назначение*

Ультразвуковые методы дефектоскопии и, в частности, эхо - импульсный метод относятся к числу наиболее универсальных методов исследования конструкций и полуфабрикатов. Они позволяют определять разнообразные свойства изделий, изготовленных из акустически прозрачных конструкционных материалов (металлов, пластмасс и др.), а также позволяет измерить толщину изделия и измерить скорость распространения УЗК.

Данный метод позволяет вести контроль изделий без демонтажа деталей из конструкции. Метод обладает высокой чувствительностью к дефектам, что позволяет эффективно использовать его и для целей технического диагностирования ЛА.

#### *Физическая сущность метода*

Ультразвуковые колебания (УЗК) при введении в акустически прозрачную среду распространяются в виде ультразвуковых волн на значительные расстояния без существенного ослабления.

Интенсивность УЗК  $I$  на расстоянии  $X$  от излучателя зависит от акустических свойств среды, характеризуемых коэффициентом линейного затухания  $\alpha$ , и их начальной интенсивности  $I_0$ :

$$I_x = I_0 e^{-2\alpha X}$$

Степень затухания УЗК зависит от характера упругих связей и строения вещества, частоты колебаний и т. д. Так, например, при определенном размере зерна вещество может оказаться практически «непрозрачным» для УЗК. Большинство конструкционных материалов (металлов) имеет сравнительно мелкозернистую структуру, что позволяет использовать ультразвуковой метод для исследования деталей, имеющих длину до нескольких метров.

Важной характеристикой среды является акустическое сопротивление  $Z$ , которое определяет характеристики прохождения и отражения УЗК от границы раздела двух сред. Его определяют как произведение плотности вещества  $\rho$  на скорость распространения в нем звука  $C$ :

$$Z = \rho C.$$

Акустические сопротивления материалов существенно различаются, так как они различаются по плотности и скорости распространения звука (таблица 1).

Скорость распространения УЗК, в свою очередь, определяется модулем упругости материала  $E$  и его плотностью. Скорость распространения УЗК в виде продольных волн  $C_{\text{прод}}$  определяют из выражения:

$$C_{\text{прод}} \approx \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

В твердой среде наряду с продольными волнами (сжатия—растяжения) могут распространяться и другие виды ультразвуковых волн (поперечные, поверхностные и другие), которые различаются скоростью распространения.

Так, скорость распространения поперечных (сдвиговых) волн близка к половине скорости продольных ( $C_{\text{попер}} \sim 0,5 C_{\text{прод}}$ ), а скорость поверхностных (сдвиговых) волн близка к половине скорости волн поперечных ( $C_{\text{пов}} \sim 0,9 C_{\text{попер}}$ ).

Акустические сопротивления газов, жидкостей и металлов соотносятся между собой соответственно как 1:3000:10000, благодаря чему создаются благоприятные условия для отражения УЗК от границы раздела двух сред.

Таблица 1 - Акустические характеристики конструкционных материалов

Материал	$\rho$	$C_L$	$C_T$	$Z$
Алюминий (сплавы)	2,7	6260	3080	16,9
Железо (сплавы)	7,8	5850	3230	45,6
Медь (сплавы)	8,9	4700	2260	41,8
Магний (сплавы)	1,7	4600	2200	7,82
Титан (сплавы)	4,5	6000	3500	27,0
Органическое стекло	1,18	2670	1120	3,14
Вода	1,0	1456	—	1,5
Минеральное масло	0,97	1477	—	1,43
Воздух	$1,29 \times 10^{-3}$	321	—	$4,2 \times 10^{-4}$

При равенстве акустических сопротивлений контактирующих сред УЗК без отражения переходят из одной среды в другую. При других соотношениях акустических сопротивлений происходит частичное или полное отражение ультразвука от границы раздела. Так, от границы раздела «металл—воздух» происходит практически полное отражение ультразвуковых волн.

Основной частью излучателя УЗК является пьезоэлектрический преобразователь, представляющий собой пластинку, изготовленную из пьезокерамического материала (титанат бария, циркон-титанат свинца и др.). Такие преобразователи обладают свойством прямого и

обратного пьезоэффекта. Если пластинку сжимать или растягивать, то на её электродах появляются электрические заряды (прямой пьезоэффект), если же пластинку поместить в переменное электрическое поле, то будут изменяться её геометрические размеры, т.е. возникнут механические колебания (обратный пьезоэффект).

В излучателях УЗК пластинки обычно колеблются по толщине. Собственная (резонансная) частота колебаний  $f_p$  зависит от толщины  $t$  и скорости ультразвука  $C_L$  в материале пластинки:

$$f_p = C_L / 2 t.$$

При подаче на пластинку напряжения, частота которого отлична от частоты её собственных колебаний, возникают вынужденные колебания, амплитуда которых значительно меньше, чем на резонансной частоте.

Колебания пластинки переходят в другую среду, с которой она контактирует. С другой стороны, УЗК могут поступать на пластинку из внешней среды. При этом на электродах пластинки возникает переменное электрическое напряжение.

Устройства, предназначенные для ввода, приема и преобразования УЗК, называют искательными головками или ультразвуковыми щупами.

Для обеспечения акустического контакта излучателя с поверхностью ввода УЗК зазор между ними заполняют контактной смазкой (минеральное масло, вода, глицерин и т. д.). При этом в тело детали можно ввести до 10 % энергии, генерируемой излучателем.

При необходимости ввода УЗК в тело детали под углом к поверхности, а также для получения поперечных (сдвиговых) и поверхностных волн используют акустические призмы.

Действие акустической призмы основано на отражении, преломлении и трансформации УЗК на границе раздела двух сред с различными акустическими свойствами.

## **1.2 Ультразвуковой толщиномер УТ - 301**

### *Назначение*

Толщиномер ультразвуковой УТ-301 предназначен для измерения при одностороннем доступе толщины деталей и элементов конструкции, изготовленных из стали, стекла, алюминиевых и титановых конструкционных сплавов и др.

При известном значении толщины детали, толщиномер может использоваться для определения скорости распространения ультразвуковых колебаний.

В толщиномере используется контактный способ обеспечения акустической связи ультразвукового пьезоэлектрического преобразователя с объектом контроля путём прижатия контактной поверхности преобразователя к поверхности контролируемого объекта на уча-

стке измерения толщины.

Предельные значения параметров контролируемых изделий в зоне измерения толщины, ограничивающие применение толщиномера, при их отдельном воздействии:

- Максимальное допустимое значение непараллельности поверхностей – 3 мм на базовой длине поверхностей – 20 мм;
- Максимальное затухание УЗК в материале изделий на частоте 2,5 МГц – 0,1 дБ/см;
- Температура поверхности контролируемых изделий – в диапазоне от  $-10^0$  до  $+50^0$ .

#### *Конструкция толщиномера УТ-301*

Толщиномер выполнен в удобном металлическом универсальном корпусе с чехлом для транспортировки и набором преобразователей.

Органы управления и разъёмы толщиномера УТ-301: (см. рисунок 1)

1. Входной разъём приёмника;
2. Выходной разъём генератора;
3. Разъём последовательного интерфейса;
4. 4-х разрядный жидкокристаллический индикатор;
5. Индикатор акустического контакта;
6. Клавиша увеличения показаний;
7. Клавиша установки номера файла;
8. Клавиша уменьшения показаний;
9. Многофункциональная клавиша:
  - Включение/выключение режима ввода данных в режимах калибровки, измерения толщины и скорости УЗК;
  - Сброс показаний индикатора в режиме измерения толщины с индикацией минимального значения;
  - Запись информации в память в режиме записи;
  - Переключение режима вывода в режиме вывода информации на индикатор;
10. Клавиша циклического переключения режимов калибровки, измерения толщины и скорости УЗК;
11. Индикатор дискретности измерения толщины (разрядная точка);
12. Индикатор режима вывода информации из памяти на индикатор;
13. Клавиша включения/выключения режима вывода информации из памяти;
14. Клавиша включения/выключения режима записи;
15. Многофункциональная клавиша:
  - Переключение вводимых данных в режиме калибровки;

- Включение/выключение режима индикации минимальных значений в режиме измерения толщины;
- Переключение разрядов в режиме установки номера файла, записи и вывода информации, а также при вводе данных в режиме измерения толщины и скорости УЗК;

16. Образец для калибровки толщиномера;

17. Крышка батарейного отсека.

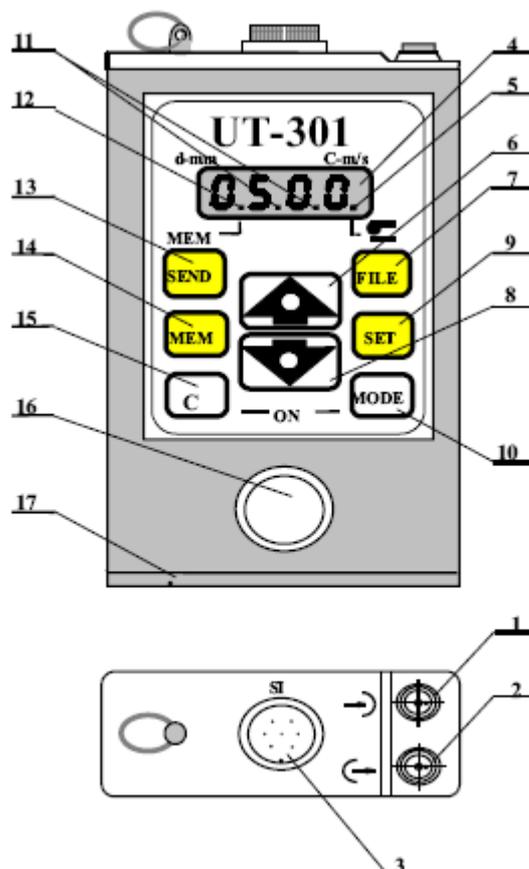


Рисунок 1 Органы управления и разъёмы толщиномера УТ-301

### *Принцип работы*

Принцип работы толщиномера основан на ультразвуковом импульсном эхо-методе измерения, который использует свойства ультразвуковых колебаний отражаться от границы раздела сред с разными акустическими сопротивлениями.

Передающая пластина преобразователя раздельно-совмещённого типа излучает импульс УЗК через линию задержки (призму) в направлении наружной поверхности изделия, толщину которого нужно измерить. Импульс УЗК распространяется в изделии до внутренней

поверхности, отражается от неё, распространяется в направлении наружной поверхности, и пройдя линию задержки (призму). Принимается приёмной пластиной.

Время распространения УЗК от одной грани изделия до другой и обратно связано с толщиной изделия зависимостью:  $d = \frac{C \cdot t}{2}$ ;

где d – толщина изделия;

C – скорость распространения УЗК в материале изделия;

t – время распространения УЗК от одной грани до другой и обратно.

Функциональная схема толщиномера приведена на рисунке 2.

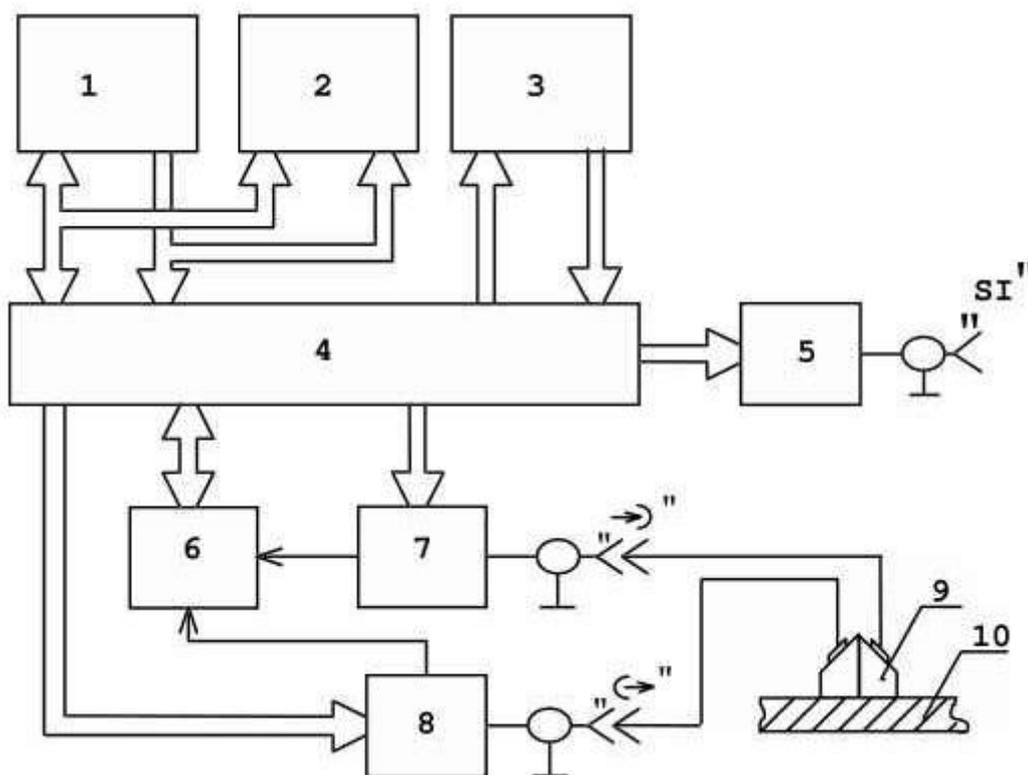


Рисунок 2 - Функциональная схема толщиномера

Работа толщиномера осуществляется под управлением БМУ (блок микропроцессорного управления) в соответствии с программой, находящейся в ПЗУ, и командами оператора, поступающими с клавиатуры толщиномера.

Генератор УЗК формирует короткий отрицательный видеоимпульс амплитудой ~ 80 В и длительностью переднего фронта не более 20 нС, который через разъём толщиномера поступает на излучающую пластину преобразователя.

Импульс УЗК, отражённый от внутренней поверхности изделия, принимается приёмной пластиной преобразователя и преобразуется в электрический сигнал, который поступает на

вход усилителя, а с выхода усилителя – в измерительный блок.

В измерительном блоке формируется импульс, длительность которого равна интервалу времени от момента формирования импульса генератора до момента прихода отражённого импульса в измерительный блок. Данный импульс в измерительном блоке преобразуется в цифровой код, который поступает в блок микропроцессорного управления.

Блок микропроцессорного управления осуществляет расчёт толщины изделия в соответствии с цифровым кодом, поступающим из измерительного блока, величиной скорости УЗК, введённой оператором и хранящейся в ОЗУ, типом преобразователя и величиной, равной времени распространения УЗК в данном преобразователе.

БМУ по командам оператора может также запоминать полученные значения в ОЗУ толщиномера, выводить ранее записанные величины на жидкокристаллический индикатор или, с помощью блока последовательного интерфейса, на внешние устройства.

Для комплектации толщиномера, при его поставке используется контактные прямые раздельно-совмещённые преобразователи на рабочие частоты 10, 5, 2.5 и 1.25 МГц с линией задержки (призмой) из кварцевого стекла и полиамида.

## **2. Практическая часть**

### **2.1 Подготовка толщиномера к работе**

Установите в толщиномер батарею. Для этого снимите крышку батарейного отсека и подключите к батарее колодку питания. Установив батарею в батарейном отсеке, закрепите крышку на корпусе толщиномера четырьмя винтами.

В зависимости от условий и объекта контроля выберите тип преобразователя. При этом учтите следующее:

- Преобразователь П112-10-4х4-Б применять при необходимости проведения измерения толщины плоских изделий с повышенной точностью, а также при измерении толщины стенок труб диаметром более 10 мм;
- Преобразователь П112-5-12/2-Б применять при проведении измерений толщин сильно корродированных плоских изделий и стенок труб большого диаметра (более 100 мм), а также при измерении толщины изделий из материалов с большим акустическим затуханием (например латуни);
- Преобразователь П112-10-6/2-А применять при измерении толщины стенок труб малого диаметра;
- Преобразователи П112-2,5-12/2-Б и П112-1,25-20/2-А применять при измерении толщины изделий из материалов с повышенным затуханием УЗК.

Подключите выбранный преобразователь к толщиномеру. При этом необходимо к разъёму «(→)» толщиномера подключить разъём ответвления соединительного кабеля с отличительной биркой.

*Включение толщиномера:* нажмите одновременно клавиши «С» и «MODE» и удерживайте их 1-2 сек. До появления на индикаторе надписи «On», которая перейдёт в надпись «GOOd», что свидетельствует о положительных результатах тестирования памяти толщиномера и его готовности к работе.

Отпустите клавиши. На индикаторе появится надпись «CAL», это означает что толщиномер перешёл в режим калибровки.

*Ввод исходных данных:* Установите тип используемого преобразователя, дискретность измерения и величину усиления. Для этого нажмите клавишу «SET». Нажмите клавишу «С», после появления на индикаторе кода установленного типа преобразователя, клавишами «▼» или «▲» установите код выбранного типа преобразователя в соответствии с таблицей 2.

Нажмите клавишу «С».

Таблица 2 - Используемые преобразователи

Тип преобразователя	Код преобразователя	Диапазон mm
П112-10-6/2-А	10 - А	0,5 - 20
П112-10-4x4-Б	10 - Б	0,5 - 100
П112-5-12/2-Б	5.0 - Б	1.0 - 300
П112-2,5-12/2-Б	2.5 - Б	2.0 - 300
П112-1,25-20/2-А	1.25 - А	4.0 - 300

После появления на индикаторе установленной величины усиления, клавишами «▼» или «▲» установите необходимое усиление в соответствии с таблицей 3. При этом имейте ввиду, что G-16 – минимальное усиление, а G-1 – максимальное. Нажмите клавишу «С». После появления на индикаторе значения дискретности, клавишами «▼» или «▲» установите нужную вам дискретность.

Таблица 3- Рекомендуемые усиления преобразователей

Код преобразователя	Рекомендуемое усиление	
	Для плоских изделий с радиусом кривизны более 20 мм.	Для изделий с радиусом кривизны менее 20 мм.
10 - А	G--3, G--2	G--2, G--1
10 - Б	G--6, G--4	G--3, G--2
5.0 - Б	G--10, G--8	G--6, G--4
2.5 - Б	G--16	G--12, G--10
1.25 - А	G--4, G--6	G-3

### *Калибровка нуля толщиномера*

Нажмите клавишу «SET» и установите преобразователь на образец для калибровки толщиномера, предварительно нанеся на него слой контактной смазки. На индикаторе появится точка наличия контакта, а после окончания калибровки (через 2-3 сек) – знак окончания (в форме квадрата) калибровки в крайнем правом углу индикатора. Снимите преобразователь с образца для калибровки и толщиномер перейдет в режим измерения толщины. При смене преобразователя необходимо заново произвести калибровку толщиномера.

## **2.2 Измерение толщины**

Вход в режим измерения толщины происходит автоматически после проведения калибровки «нуля», а также при циклическом переключении основных режимов (калибровки, измерения толщины и измерения скорости УЗК) при нажатии клавиши «MODE».

Перед проведением толщины необходимо установить скорость распространения УЗК в материале изделия, подлежащего контролю. Некоторые значения скорости распространения УЗК приведены в Приложении 1. Для установки необходимой скорости распространения УЗК нажмите клавишу «SET», при этом на индикаторе появится значение скорости распространения УЗК. Удерживая клавишу «SET» в нажатом положении, нажмите клавишу «С», при этом на индикаторе останется только младший разряд значения скорости.

Отпустите клавиши «С» и «SET» и, используя клавиши «▼» или «▲» установите требуемое значение младшего разряда скорости УЗК. После установки младшего разряда нажмите клавишу «С». После отпущения клавиши на индикаторе останется только второй разряд скорости. Используя клавиши «▼» или «▲» установите требуемое вам значение второго разряда

скорости так же, как производилась установка первого разряда.

После установки второго разряда, нажмите клавишу «С» и аналогично произведите установку третьего и четвёртого разряда скорости.

После окончания установки скорости нажмите клавишу «SET» и после отпускания клавиши толщиномер вернётся в режим измерения толщины.

Для измерения толщины нанесите контактную смазку на контролируемый участок изделия и прижмите к нему преобразователь. После появления индикации наличия контакта (в виде точки в правом нижнем углу индикатора) появится измеренное значение толщины.

После снятия преобразователя с изделия индикатор контакта исчезнет, а на индикаторе останется значение последнего измерения.

### **2.3 Режим минимального значения**

Данный режим обеспечивает стабильную индикацию минимального значения толщины в пределах конкретного измерения, исключая небольшие вариации толщины, например из-за нестабильного контакта или большой шероховатости поверхности.

Режим отличается от обычного режима миганием разрядной точки. Для установки данного режима, находясь в режиме измерения толщины, нажмите клавишу «С», при этом разрядная точка через 2-3 секунды начнёт мигать.

При проведении измерений в данном режиме толщиномер выбирает из получаемых значений минимальное, которое выводится на индикатор. Таким образом смена показаний индикатора происходит только в случае, когда измеряемая толщина меньше значения, находящегося в данный момент на индикаторе. Частота измерения при этом (при установленной дискретности 0,01 мм), увеличивается в 4-е раза (до 8-ми измерений в секунду). Частота измерений при установленной дискретности 0,01 мм увеличивается в два раза – до 4-х измерений в секунду.

Выбор минимального значения осуществляется постоянно во время наличия контакта. В это время разрядная точка не мигает. После пропадания контакта через 2-3 секунды разрядная точка начинает мигать, что означает готовность толщиномера к выбору нового минимального значения.

Для выхода из режима индикации минимального значения необходимо нажать клавишу «С», при этом толщиномер возвращается в обычный режим измерения толщины и разрядная точка перестаёт мигать.

### **2.4. Измерение скорости распространения УЗК**

Для установки данного режима, находясь в режиме измерения толщины, нажмите клавишу «MODE», при этом на индикаторе появится значение скорости, полученное при последнем измерении скорости распространения УЗК. Перед проведением измерения скорости распространения УЗК необходимо установить толщину изделия или образца на участке контроля. Для этого нажмите клавишу «SET» и «С» и, используя клавиши «▼» или «▲», установите требуемое значение младшего разряда толщины. После установки младшего разряда нажмите клавишу «С» и после отпущения клавиши на индикаторе останется только второй разряд установленной толщины. Аналогично установите второй, третий, и четвёртые разряды. После окончания толщины нажмите клавишу «SET» и после отпущения клавиши толщиномер вернётся в режим измерения скорости распространения УЗК.

Для измерения скорости распространения УЗК нанесите контактную смазку на контролируемый участок изделия и прижмите к нему преобразователь. После появления индикации наличия контакта (точка в правом нижнем углу экрана) на индикаторе высвечивается измеренное значение скорости распространения УЗК в контролируемом материале.

После снятия преобразователя с изделия индикатор контакта исчезает, а на индикаторе остаётся значение последнего измерения.

При измерении скорости распространения УЗК в материале необходимо учитывать следующее:

- Толщина участка изделия, на котором производится измерение скорости распространения УЗК, должна быть известна с погрешностью не более  $\pm 0,1$  %. В противном случае будет увеличиваться погрешность измерения скорости распространения УЗК;
- Погрешность измерения скорости распространения УЗК обратно пропорциональна толщине участка, на котором производится измерение;
- При измерении скорости распространения УЗК на участках изделий с толщиной до 50 мм с плоской поверхностью или радиусом кривизны более 25 мм и шероховатостью поверхности не более 20  $\mu\text{м}$  уменьшить погрешность измерений можно используя дискретность измерений 0,01 мм;
- В том случае, если измерение скорости распространения УЗК в материале изделия производилось для её использования, в дальнейшем при контроле толщины необходимо по окончании измерения скорости распространения УЗК перейти в режим измерения толщины и установить полученное значение скорости распространения УЗК.

## **2.5. Работа с памятью толщиномера**

### *Запись информации в память*

Запись информации об измеренных значениях толщины или скорости распространения УЗК контролируемого материала производится в любом из 99-ти файлов, выбранном оператором.

Для установки номера файла, находясь в режиме измерения толщины или режиме измерения скорости. Нажмите клавишу «FILE», при этом на индикаторе появится номер установленного файла. Используя клавиши «▼» или «▲», установите требуемое значение младшего разряда номера файла. Нажмите клавишу «C» и, используя клавиши «▼» или «▲», установите требуемое значение старшего разряда номера файла.

Если, находясь в данном режиме, нажать клавишу «MODE», на индикаторе появится информация о количестве свободных ячеек памяти толщиномером.

Нажмите клавишу «FILE», при этом на индикаторе появится величина длины файла (число равное количеству ячеек памяти, находящемся в данном файле).

Нажмите клавишу «FILE», при этом толщиномер вернётся в тот режим (измерения толщины или скорости распространения УЗК), в котором он находился до первого нажатия клавиши «FILE», при этом на индикаторе также восстановится значение, бывшее на нём до предыдущего нажатия клавиши «FILE».

В память толщиномером записываются значение толщины или скорости распространения УЗК, находящиеся в момент записи на индикаторе, при этом толщиномер должен находиться в режиме измерения толщины или скорости УЗК соответственно.

Нажмите клавишу «MEM», при этом на индикаторе появится номер ячейки памяти файла. В которую будет произведена запись. Используя клавиши «▼» или «▲», можно, при необходимости, установить любой номер ячейки, в которую будет произведена запись информации, при этом для установки второго и третьего разряда номера необходимо нажать клавишу «C» соответствен один или два раза. Нажмите клавишу «SET», при этом на индикаторе появится надпись «SAVE». После отпущения клавиши толщиномер вернётся в тот режим (измерения толщины или скорости распространения УЗК), в котором он был до нажатия клавиши «MEM», а на индикатор вернётся значение толщины или скорости распространения УЗК.

### *Стирание информации в памяти*

Для стирания информации во всех файлах памяти нажмите клавишу «FILE». После появления на индикаторе информации об установленном номере файла (может быть любой) нажмите клавишу «SET» и, удерживая её в нажатом состоянии, нажмите клавишу «FILE». При этом во время стирания (примерно 10 секунд) на экране горит надпись: «Информация во всех файлах будет уничтожена».

Для стирания информации в одном из файлов после нажатия клавиши «FILE» с помощью клавиш «▼» или «▲» и «С» установите номер файла, в котором необходимо стереть информацию. Повторно нажмите клавишу «FILE». На индикаторе появится информация о длине файла.

Если необходимо стереть часть информации, т.е. «укоротить» файл, с помощью клавиш «▼» или «▲» и «С» установите длину файла, которую необходимо сохранить и нажмите клавишу «MODE». При этом информация, находящаяся в данном файле в ячейках с номерами равными и большими установленной длины файла, будет стёрта.

Если есть необходимость стереть всю информацию в выбранном файле, то после появления на индикаторе величины длины файла нажмите клавишу «SET» и, удерживая её в нажатом состоянии, нажмите клавишу «FILE».

#### *Вывод информации из памяти на индикатор толщиномера*

Перед выводом информации из памяти на индикатор необходимо установить номер файла, из которого будет производиться вывод информации. Установка номера файла осуществляется так же, как при подготовке к записи информации (см. выше).

После установки необходимо номер файла, находясь в режиме измерения толщины или скорости распространения УЗК, нажмите клавишу «SEND», при этом на индикаторе появится номер файла, а после отпускания клавиши – номер первой ячейки выбранного файла.

Для просмотра информации используйте клавиши «▼» или «▲», при нажатии на которые, номер ячейки изменяется на одну единицу и информация, находящаяся в данной ячейке появляется на индикаторе.

При отпускании клавиш на индикаторе появляется номер ячейки, из которой до этого выводилась информация на индикатор.

Для установки начального адреса просмотра информации отличного от нуля, используйте клавиши «▼» или «▲», установите требуемое значение младшего разряда номера ячейки. Нажмите клавишу «С». При нажатой клавише на индикаторе останется только второй разряд номера ячейки. Отпустите клавишу. Клавишами «▼» или «▲» установите требуемое значение второго разряда номера ячейки. Аналогично установите остальные разряды номера ячейки. Используя клавиши «▼» или «▲», начните просмотр информации.

Для изменения номера ячейки через десять или сто нажмите клавишу «С» один или два раза соответственно.

Для изменения последовательности вывода информации, (номер ячейки при нажатых клавишах «▼» или «▲» и информация, содержащаяся в этой ячейке, при отпущенном клавишах «▼» или «▲»), нажмите клавишу «SET».

Для выхода из режима вывода информации из памяти на индикатор нажмите клавишу «SEND», при этом толщиномер вернётся в тот режим (измерения толщины или скорости распространения УЗК), в котором он находился до входа в режим вывода информации на индикатор толщиномера.

### *Вывод информации из памяти через последовательный интерфейс*

Перед выводом информации из памяти необходимо установить номер файла, из которого будет производиться вывод информации. Установка номера файла описана выше.

Вывод информации осуществляется через упрощённый последовательный интерфейс со следующим протоколом:

- Скорость обмена – 4800 Бод;
- Длина слова – 7 бит;
- Количество стоповых бит – 2 бита;
- Контроль чётности – есть.

Для вывода информации на ПК необходимо подключить выход последовательного интерфейса толщиномера к последовательному интерфейсу ПК.

Для вывода информации в операционной системе DOS установите в дисковод прилагаемую дискету и запустите программу «ut\_pc.exe».

Находясь в режиме измерения толщины или скорости УЗК, нажмите клавишу «SEND» и удерживайте её до начала выдачи информации. Приблизительно через 5 секунд толщиномер начинает выдачу информации, содержащейся в выбранном файле. По окончании выдачи информации толщиномер вернётся в тот режим (измерения толщины или скорости распространения УЗК), в котором он находился до входа в режим вывода информации.

Для формирования файла после имени программы укажите имя файла, например: «ut\_pc.exe > имя файла».

Для вывода информации в операционной системе Windows запустите программу «UT301com.exe» и следуйте указаниям подсказки.

## **2.6. Выключение толщиномера**

Выключение толщиномера происходит автоматически через 3 минуты после проведения последнего измерения или манипуляции с клавишами толщиномера. При этом на экране загорается надпись «OFF». После выключения (пропадания индикации) толщиномер переходит в режим хранения информации с микропотреблением энергии. При снижении напряжения питания ниже допустимого значения (5,6 В), если в это время толщиномер

находился во включенном состоянии, на индикаторе появляется индикация разряда батареи и через 10 секунд толщиномер автоматически отключается и переходит в режим хранения информации. Информация записана в память толщиномера. А также все настройки толщиномера сохраняются при отсутствии батареи сколь угодно долго.

## **2.7. Общие рекомендации по работе с толщиномером**

### *Подготовка поверхности*

Точность проведения измерений сильно зависит от контакта между преобразователем и поверхностью изделия. Если поверхность имеет сильную шероховатость, корродированна, или покрыта большим слоем ржавчины, то необходимо провести очистку поверхности с помощью напильника, рашпиля, шлифовальной бумаги, и т.д. Особенно тщательно необходимо подготовить поверхность при проведении измерений на трубах диаметром менее 40 мм. Краска не обязательно должна быть удалена, если её слой тонкий и она хорошо адгезированна с поверхностью изделия. Однако надо иметь в виду, что значение толщины краски войдёт в полученный результат измерения.

### *Выбор контактной смазки*

Чтобы быть возможной УЗК распространяться в материале, необходимо создать тонкий контактный слой между поверхностями изделия и преобразователя. В большинстве случаев машинное масло даёт удовлетворительный результат, возможно также использование глицерина, трансформаторного масла, и т.д. При контроле изделий с сильно корродированными поверхностями хорошие результаты может дать применение густых смазок типа циатим, солидол, и т.д. Густые смазки могут применяться также при контроле вертикальных поверхностей.

При выборе контактной смазки необходимо учитывать следующее:

- Смазка не должна химически взаимодействовать с поверхностью изделия;
- В смазке не должны образовываться воздушные пузыри в процессе манипуляций преобразователя;
- Смазка не должна застывать при низких температурах окружающей среды (если контроль проводится в подобных условиях).

### *Проведение измерений толщины*

При проведении измерений толщины изделия необходимо учитывать следующее:

- Постоянно контролируйте наличие сигнализации акустического контакта, только по-

явление индикации акустического контакта свидетельствует о том, что измерение произошло, в противном случае на индикаторе находится результат предыдущего измерения;

- Не давите сильно преобразователем на поверхность изделия. При переходе к следующей точке измерения всегда поднимайте преобразователь, не скользите по поверхности преобразователем, особенно если она шероховатая;
- Проводите минимум два измерения для одной точки;
- При повторном измерении держите преобразователь в одном и том же положении;
- Если при контроле изделия толщиномер устойчиво показывает толщину, заведомо меньшую толщины изделия в данной точке, то это может свидетельствовать о наличии раковины, расслоения, неоднородности и т.п. в данном месте. В этом случае необходимо провести контроль данного места ультразвуковым дефектоскопом или другим способом;
- При контроле изделий сложной формы очень эффективным является режим индикации минимального значения толщины.

#### *Проведение измерений с корродированными поверхностями*

В тех случаях, когда контактная или отражающая поверхность контролируемого изделия имеет большую шероховатость (более 40 мкм) или сильно корродированна необходимо учитывать следующие рекомендации:

- Применять густые контактные смазки, которые заполнили бы «впадины» на поверхности;
- При применении густых смазок необходимо учитывать возможность изменения показаний в момент снятия преобразователя, поэтому запись данных можно проводить только при установленном преобразователе;
- При контроле сильно корродированных или очень шероховатых участков изделий возможно, что излученный ультразвук не будет приниматься приёмной пластиной преобразователя, т.е. будет отсутствовать индикация акустического контакта. Это означает, что контроль толщины на данном участке изделия невозможен;
- Хорошие результаты даёт режим индикации минимального значения толщины.

#### *Измерение толщины стенок труб*

При измерении толщины труб необходимо учитывать следующее:

- При контроле труб диаметром менее 40 мм увеличьте усиление в соответствии с таблицей 3;

- Необходимо устанавливать преобразователь на трубу таким образом, чтобы ось преобразователя была перпендикулярна к продольной оси трубы;
- Хорошие результаты даёт режим индикации минимального значения толщины.

### **Вопросы для самопроверки**

1. Какова физическая сущность ультразвукового метода?
2. Какие факторы влияют на измерение толщины ультразвуковым способом?
3. Каков принцип работы ультразвукового эхо – импульсного толщиномера?
4. Кратко опишите методику проведения измерений.

### **Содержание отчета**

1. Краткие сведения о назначении и физической сущности ультразвукового метода;
1. Основные технические данные дефектоскопа УТ-301;
2. Результаты оценки точности измерения расстояний (толщины);
3. Рабочая методика контроля заданного объекта;
4. Результат контроля заданного объекта.

### **Литература**

1. Пивоваров В.А, Белоусов Г.Г, Померанцев Д.С, Пенкин А.А. Методы и средства оптико – визуальной диагностики авиационных ГТД: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2005. – 80с.
2. Пивоваров В.А., Машошин О.Ф. Дефектоскопия гражданской авиационной техники: Учеб. пособие для вузов. –М: Транспорт, 1997. – 136с.
3. Неразрушающий контроль материалов и изделий. Справочник. Под ред. Г.С.Самойловича М.: Машиностроение,1976. – 456с.