

УДК 389.001.4

Н.Т. Бойматов, Р.Р. Джаббаров, О.Ш. Хакимов

*Научно-исследовательский институт стандартизации, метрологии и сертификации, Ташкент, Республика Узбекистан*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ПРОДОЛЬНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ ПРИ ПОВЕРКЕ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ. ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

*Рассматривается вопрос внедрения поверки контрольных образцов неразрушающего контроля путем их сличения с комплектом образцовых, ежегодно поверяемых контрольных образцов с помощью высокочувствительного ультразвукового дефектоскопа. Проведена обработка результатов и оценена неопределенность определения скорости продольной ультразвуковой волны, являющейся одним из основных показателей при оценке соответствия.*

**Ключевые слова:** *неопределенность измерения, контрольный образец, критерий, соответствие, сличения, скорость продольной ультразвуковой волны.*

### **Введение**

Неразрушающий контроль изделий и промышленных объектов является мощнейшим средством достижения высокого качества отечественной продукции и единственным инструментом определения параметров находящихся в эксплуатации конструкций и сооружений.

В связи с принятием в Узбекистане Закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (от 28.09.2006 г. № ЗРУ-57) и Постановления Кабинета Министров Республики Узбекистан «О дополнительных мерах по реализации Закона Республики Узбекистан «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (от 10.12.2008 г. № 271) особую актуальность приобретают вопросы экспертизы промышленной безопасности и, соответственно, резко возрастает роль неразрушающего контроля, являющегося доказательной базой оценки состояния опасных производственных объектов. Указанные обстоятельства инициируют совершенствование технической базы существующих лабораторий неразрушающего контроля и создание значительного числа новых лабораторий, оснащаемых современной диагностической техникой. Все это приводит к необходимости совершенствования системы метрологического обеспечения неразрушающего контроля и, соответственно, требует совершенствования технической базы государственной метрологической службы.

В настоящее время в Узбекистане наибольшее применение находит ультразвуковой метод неразрушающего контроля. Для регулировки, калибровки, поверки средств ультразвукового контроля используются так называемые стандартные образцы (контрольные образцы по новой терминологии – ISO/TS 18173:2005). Обязательной операцией поверки подобных образцов является измерение скорости и затухания продольной ультразвуковой волны в материале образца.

Ультразвуковой контроль является наиболее востребованным методом неразрушающего контроля изделий и промышленных объектов в Узбекистане. Важным элементом обеспечения достоверности результатов ультразвукового контроля являются специальные меры – контрольные образцы для дефектоскопии. В ультразвуковой дефектоскопии и толщинометрии контрольные образцы предназначены для хранения, воспроизведения и передачи физических величин:

- скорости распространения ультразвука (м/с);
- затухания ультразвука (дБ) или коэффициента затухания (дБ/см);
- эффективной площади дефекта (мм<sup>2</sup>);
- эффективной толщины материала (мм).

Обычно применяются меры СО-1, СО-2 и СО-3 по ГОСТ 14782-86. Эти меры изготавливают из определенного материала с заданными значениями геометрических параметров, с установленной скоростью и затуханием продольной ультразвуковой вол-

ны. Стандартные образцы для дефектоскопии и в Узбекистане и в СНГ подлежат первичной (при выпуске из производства) и периодической (в процессе эксплуатации) поверке. При поверке (как первичной, так и периодической), наряду с внешним осмотром, необходимо определять скорость и затухание продольной ультразвуковой волны в материале образца и геометрические параметры образца.

В Узбекистане отсутствует возможность измерения скорости и затухания продольной ультразвуковой волны, поэтому полноценная поверка контрольных образцов для дефектоскопии возможна только за пределами страны, в частности, в метрологических центрах Белоруссии, России и Украины.

**Постановка проблемы и анализ литературы.**

Сличения являются одним из способов контроля метрологических характеристик (МХ) средств поверки в процессе эксплуатации. Сличения могут применяться также для определения характеристик погрешностей средств измерений в тех случаях, когда не созданы (не имеются) эталоны или образцовые средства измерений, обеспечивающие их поверку с требуемой точностью [1].

Сличениям подлежат средства измерений одинакового уровня точности. Например, сличается группа образцовых средств измерений 1-го разряда или группа образцовых средств измерений 3-го разряда и т. д. Различают два способа сличений:

*Способ первый.* Сличения средств поверки посредством меры более высокой точности (разряда);

*Способ второй.* Сличения средств поверки посредством меры, МХ которой одного порядка со сличаемыми средствами. При этом используют попарные сличения средств поверки.

Рассматриваемая, нами методика обработки результатов сличений с целью определение скорости продольной ультразвуковой волны в контрольных образцах ультразвуковой (УЗ) дефектоскопии, основана на втором способе.

**Вариант периодической поверки контрольных образцов для ультразвуковой дефектоскопии.** Определение акустических характеристик поверяемых контрольных образцов возможно путем их сличения с комплектом образцовых, ежегодно поверяемых стандартных образцов с помощью высокочувствительного ультразвукового дефектоскопа, используемого в качестве компаратора. Внешний осмотр и определение геометрических параметров поверяемых стандартных образцов осуществляются в соответствии с действующим документом.

Подобный подход к поверке стандартных образцов является более предпочтительным, но и более затратным для государственной метрологической службы, так как потребует ежегодную поверку в иностранных центрах комплекта собственных исходных образцовых стандартных образцов.

Знание скорости продольной ультразвуковой волны и коэффициента затухания ультразвуковых колебаний имеет большое значение в ультразвуковой (УЗ) дефектоскопии при применении безобразцовых способов дефектоскопии, например, при применении АРД или SKH-диаграмм. Однако, определение ее непосредственно на объекте контроля достаточно затруднительно, а порой просто невозможно.

**Основной материал. Обработка результатов измерений скорости продольной ультразвуковой волны**

Определение скорости продольной ультразвуковой волны в контрольных образцах производится путем измерения времени  $t$  распространения ультразвуковой волны между первым и третьим донным сигналом в образце. Скорость продольной ультразвуковой волны определяется по формуле:

$$C = \frac{4 \cdot h}{t} \cdot 1000 = \frac{4 \cdot h}{t_3 - t_1} \cdot 1000 \text{ м/с}, \quad (1)$$

где  $h$  – толщина контролируемого образца (мм), измеренная микрометром;  $t$  – измеренное время (мкс);  $t_3 - t_1$  – измеренный интервал времени между первым и третьим донным сигналом.

Попарные сличения проводят по схеме:

$$\begin{aligned} \Delta_{12} &= x_1 - x_2; \\ \Delta_{13} &= x_1 - x_3; \Delta_{23} = x_2 - x_3; \\ \Delta_{14} &= x_1 - x_4; \Delta_{24} = x_2 - x_4; \Delta_{34} = x_3 - x_4; \\ &\dots\dots\dots \\ \Delta_{1L} &= x_1 - x_L; \Delta_{2L} = x_2 - x_L; \dots; \Delta_{L-1,L} = x_{L-1} - x_L, \\ \Delta_{1L} &= x_1 - x_L; \Delta_{2L} = x_2 - x_L; \dots; \Delta_{L-1,L} = x_{L-1} - x_L, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $x_i - x_j$  – разность показаний  $i$ -го и  $j$ -го сличаемых средств измерений;  $L$  – число сличаемых средств измерений.

Для каждого попарного сличения выполняют многократные измерения.

При статистической обработке экспериментальных данных получают средние арифметические значения

$$\bar{\Delta}_{ij} = \bar{x}_i - \bar{x}_j, \quad i \neq j, \quad (i, j = 1, 2, \dots, L) \quad (3)$$

и оценки суммарной дисперсии случайных погрешностей попарно сличаемых средств измерений

$$S_{ij}^2 = S_i^2 + S_j^2, \quad i \neq j, \quad (i, j = 1, 2, \dots, L), \quad (4)$$

где

$$\bar{x}_i - \bar{x}_j = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})}{n}$$

разность средних арифметических показаний  $i$ -го и  $j$ -го сличаемых средств измерений;  $S_i^2$  – оценка дисперсии случайной погрешности  $i$ -го сличаемого средства измерений;

$$S_{ij}^2 = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk} - \bar{x}_{ik} + \bar{x}_{jk})^2}{n-1}. \quad (5)$$

Далее применив принцип [2] взаимного пересчета характеристик погрешности в характеристики неопределенности, оценивается суммарная стандартная неопределенности  $i$ -го и  $j$ -го сличаемых средств измерений.

Рассматриваемая нами методика обработки результатов сличений контрольных образцов (КО) основана на втором способе.

При контроле МХ КО определяют:

- характеристику случайной составляющей погрешности ( $u_A$  – стандартной неопределенности) каждого из сличаемых КО – оценку дисперсии  $S^2$ ;
- систематическую  $\eta$  составляющую погрешности ( $u_B$  – стандартной неопределенности) каждого КО.

Если вычисленные ( $u_A^2 = S^2$ ,  $u_B = \eta$ ) МХ КО не превышают допускаемых ( $\sigma_{пр}^2$ ,  $\eta_{пр}$ ) значений, т.е. если  $S^2 < \sigma_{пр}^2$ ,  $\eta < \eta_{пр}$ , то подтверждается их метрологический статус, если же превышают, то дают рекомендации по исследованию (уточнению путем введения поправки) МХ КО или снижению их метрологического статуса.

### Выводы

1. В заключение можно отметить, что оценивание суммарной стандартной неопределенности для каждого КО дает возможность анализировать МХ этих образцов. Если МХ КО не превышают допускаемых значений, следовательно, они сохраняют свой метрологический статус или наоборот.

2. Полученные результаты работ дают возможность держателям данных контрольных образцов Республики Узбекистан проводить работы по

контролю (метрологической аттестации, поверке и калибровке) КО ультразвуковой дефектоскопии не выходя за пределы Республики Узбекистан.

### Ожидаемый эффект

Описанные временные изменения процедур поверки позволят заметно сократить материальную нагрузку организаций, осуществляющих неразрушающий контроль, и являются стимулирующим фактором развития этого вида деятельности в Узбекистане.

Однако данный вариант поверки может быть допущен только как временный, так как он не обеспечивает требуемой достоверности определения акустических параметров образцов.

### Список литературы

1. МИ 1832–88 ГСИ. Сличения групп средств поверки одинакового уровня точности. Основные правила.
2. Захаров И.П. Теория неопределенности в измерениях: учебное пособие / И.П. Захаров, В.Д. Кукуш –Х.: Консум, 2002. – 256 с.
3. Неразрушающий контроль: Справочник в 7 т. / Под общей ред. В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 2004. – Т. 3: Ультразвуковой контроль. – 864 с.
4. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
5. Guide to the Expression of Uncertainty in measurement/First edition-ISO/Switzerland. 1993/-101 p. Руководство по выражения неопределенностей измерения. Русский перевод. Научный редактор В.А.Славев – СПб.:НПО ВНИИМ им. И.М.Менделеева, 1999. – 134 с.

Поступила в редколлегию 12.01.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И. В. Руженцев, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

### ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ ПОДОВЖНЬОЇ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ХВИЛІ ПРИ ПОВІРЦІ КОНТРОЛЬНИХ ЗРАЗКІВ УЛЬТРАЗВУКОВИХ МЕТОДІВ НЕРУЙНУЮЧОГО КОНТРОЛЮ. ОЦІНКА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Н.Т. Бойматов, Р.Р. Джаббаров, О.Ш. Хакимов

*Розглядається питання впровадження повірки контрольних зразків неруйнующого контролю шляхом їх звірення з комплектом зразкових контрольних зразків, які щорічно повіряються, за допомогою високочутливого ультразвукового дефектоскопа. Проведена обробка результатів і оцінена невизначеність визначення швидкості подовжньої ультразвукової хвилі, що є одним з основних показників при оцінці відповідності.*

**Ключові слова:** невизначеність вимірювання, контрольний зразок, критерій, відповідність, звірення, швидкість подовжньої ультразвукової хвилі.

### LONGITUDINAL ULTRASONIC WAVE VELOCITY DETERMINATION AT VERIFICATION CONTROL SAMPLES ULTRASONIC NDT METHODS. EVALUATION OF UNCERTAINTY

N.T. Boymatov, R.R. Djabbarov, O.SH. Khakimov

*The question of implementation of test samples verification nondestructive testing by comparison them with a set of model test samples each year which are verified using high-sensitivity ultrasonic flaw. Analysis of the result is executed and uncertainty of the longitudinal ultrasonic waves velocity determination is evacuated, which is one of the key indicators in assessing compliance.*

**Keywords:** measurement uncertainty, the control sample, criterion, conformity, checking's, velocity of a longitudinal ultrasonic wave.