

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СБОРА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ДАННЫХ

**Н. В. Косицын, В. В. Петров**

*Кафедра «Прикладная физика», ФГБОУ ВПО «Саратовский  
государственный университет им. Н. Г. Чернышевского»;  
ООО «Корпорация «СпектрАкустика», г. Саратов;  
nikkosizin@yandex.ru*

**Ключевые слова и фразы:** акустический объектив; акустическое поле; методы акустической микроскопии и томографии; реконструкция акустических изображений; эхо-импульс.

**Аннотация:** Разработан программный комплекс для управления сбором и визуализацией научных данных в рамках акустической микроскопии или томографии. Программный комплекс предназначен для использования в разрабатываемом высокоразрешающем акустическом томографе с системой сканирования механического типа и акустическим объективом с центральной частотой 100 МГц. Представлены результаты экспериментов по построению акустических 3D-изображений различных объектов с применением разработанного программного комплекса.

---

### Введение

Приборы и методы неразрушающего контроля имеют большое практическое значение для широкого спектра производственной деятельности. В настоящее время системы акустической микроскопии и томографии представляют собой полностью автоматизированные комплексы [1]. Несмотря на то что теоретическая база методов ультразвукового контроля хорошо представлена в [2 – 8], все же остается немало трудностей в процессе разработки высокоразрешающих систем [9 – 10].

При проектировании систем акустической микроскопии, предназначенных для анализа поверхностных дефектов и внутренних неоднородностей объектов, одними из определяющих задач являются разработки:

- системы механического или электронного сканирования;
- программного комплекса, служащего для управления процессом сбора и визуализации данных.

Так как в пакетах компьютерной алгебры, зачастую, отсутствует возможность доступа к необходимой компьютерной периферии, то подобная система управления должна отвечать следующим требованиям возможностей:

- получать 2D- и 3D-изображения объекта в реальном времени;
- просматривать с любого ракурса реконструкции акустического изображения;
- определять координаты любой точки, а также расстояния между двумя любыми точками объекта;
- иметь возможности сглаживания и фильтрации изображения с последующим сохранением результатов в одном из графических форматов.

## Постановка задачи

Цель исследования – реализация программного комплекса, удовлетворяющего всем вышеперечисленным требованиям, а также адаптация данного программного комплекса к разрабатываемому акустическому томографу.

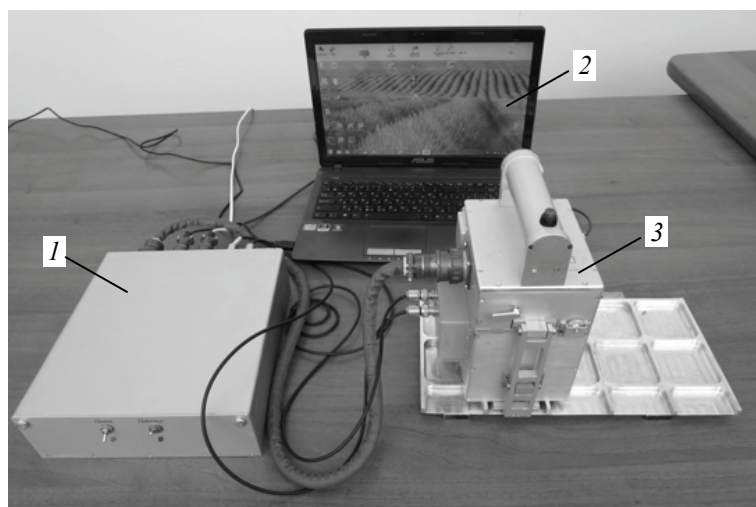
## Ультразвуковая система сканирования

На рисунке 1 представлен разрабатываемый акустический томограф (АТ). Выносной блок 3 АТ содержит механическую систему сканирования, акустический объектив с центральной частотой 100 МГц и систему подачи иммерсионной жидкости в область фокусировки ультразвукового пучка.

Основными составляющими электронного блока 1 являются генератор зондирующих импульсов, аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и контроллеры шаговых двигателей. Специально разработанная программа на ПК позволяет управлять всем циклом сбора и визуализации за один сеанс сканирования, которое проводится сфокусированным ультразвуковым пучком с минимальным пространственным шагом по пространственным координатам в 5 мкм. Проникающая способность упругой волны позволяет получать информацию как о расположении дефектов внутри материала, так и рельефе на дальней поверхности относительно объектива исследуемого объекта. Система работает в режимах сканирования А, В и С.

## Описание программного комплекса

Программный комплекс состоит из двух независимых программ. Программа *Scanning* (рис. 2) управляет процессом сбора данных во время сканирования. Одними из основных ее функций являются сохранение данных сканирования для последующей обработки и предварительная визуализация акустических изображений ближней и дальней поверхностей исследуемого объекта во время сканирования. Данная программа управляет перемещением акустического объектива и обеспечивает считывание оцифрованных эхо-сигналов из внутренней памяти АЦП с последующей записью их в файл.



**Рис. 1. Акустический томограф;**

1 – электронный блок; 2 – персональный компьютер (ПК);

3 – выносной блок сканирования

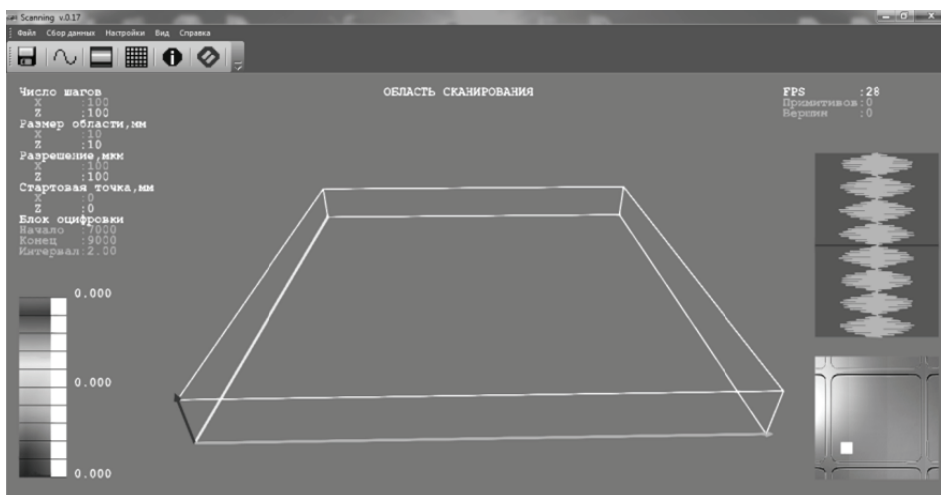


Рис. 2. Главное окно программы *Scanning* после запуска

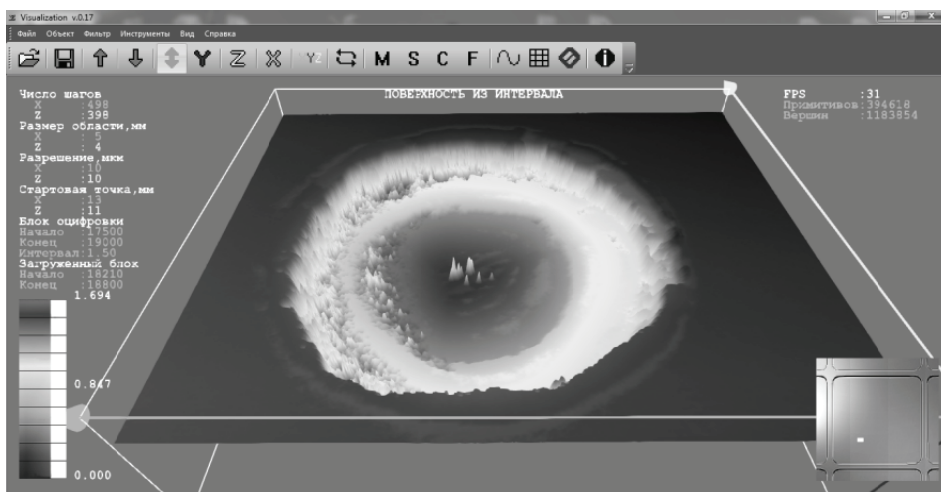


Рис. 3. Главное окно программы *Visualization* с загруженными данными результата сканирования засверленного отверстия диаметром 3 мм

Программа *Visualization* (рис. 3) выполняет загрузку и обработку результатов сканирования. Программа позволяет визуализировать:

- акустические 3D-изображения поверхностей объекта;
- 2D(3D)-изображения срезов объекта вдоль осей координат (амплитудные карты);
- 3D-изображение любого желаемого диапазона (задается на осциллограмме);
- одновременно все поверхности и срезы исследуемого объекта.

Программа *Visualization* позволяет использовать следующие методы подавления шумов на изображениях (параметры окна каждого из фильтров задаются пользователем):

- медианный фильтр;
- по методу среднего;
- вычитание постоянной составляющей;
- Фурье-фильтр (полоса пропускания задается пользователем).

Рассмотренный программный комплекс разработан на языке программирования C++ [11–12] с использованием библиотеки классов MFC (Microsoft Foundation Classes) [13]. Для визуализации применена графическая библиотека OpenGL.

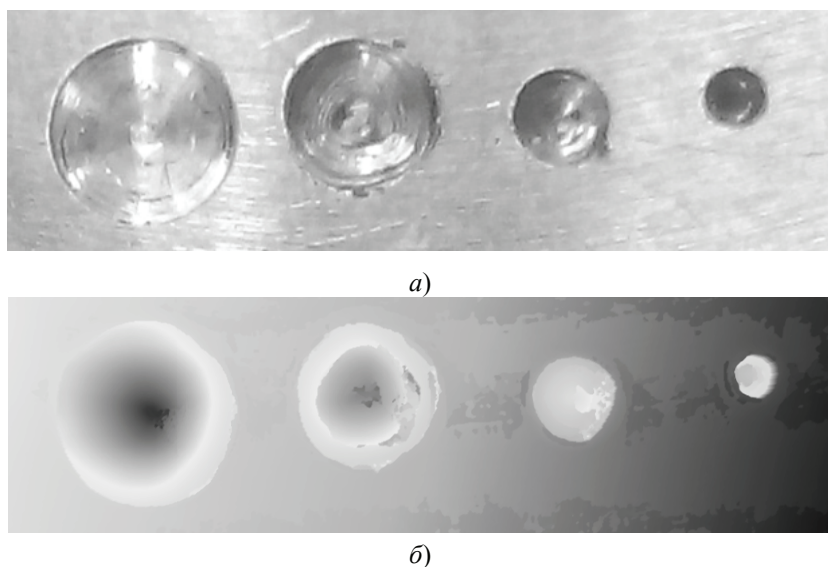
### Построение акустических 3D-изображений

На рисунке 4 показаны акустическое 3D-изображение и фотография поверхности монеты. Построенный рельеф монеты находится на ближней поверхности исследуемого объекта относительно акустического объектива. Разрешение по пространственным координатам составляет 5 мкм.

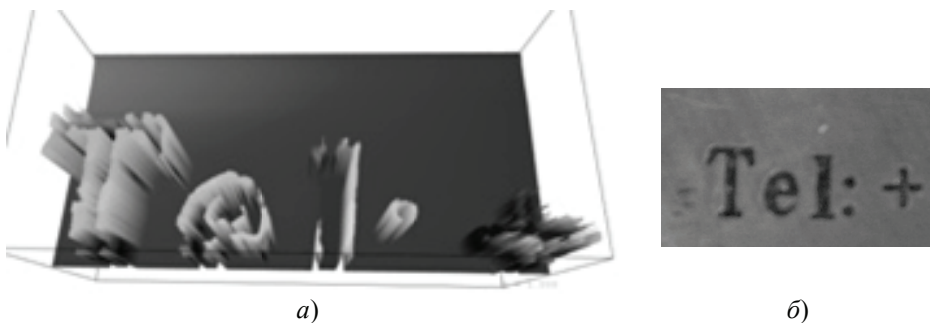
На рисунке 5 приведены изображение пластины из алюминиевого сплава толщиной 3 мм с нанесенными дефектами в виде четырех глухих отверстий диаметрами 4, 3, 2 и 1 мм соответственно и акустическое 3D-изображение этих дефектов. Отверстия находятся на дальней поверхности пластины относительно объектива и представленное акустическое изображение демонстрирует возможность получения АТ информации, скрытой за толщиной материала исследуемого объекта. Разрешение по обеим координатам составляет 20 мкм.



**Рис. 4. Изображение поверхности монеты:**  
а – акустическое; б – фотография



**Рис. 5. Изображения поверхности тестовой пластины:**  
а – фотография; б – акустическое



**Рис. 6. Изображения поверхности тестовой пластины:**  
*a* – акустическое; *б* – фотография

На рисунке 6 показаны изображение (фотография) пластины из алюминиевого сплава толщиной 2 мм с дефектом в виде надписи «Tel: +» и его акустическое 3D-изображение. Надпись находится на дальней поверхности пластины относительно объектива. Разрешение по обеим координатам составляет 50 мкм.

### Заключение

Приведены результаты по обработке программного комплекса для сбора и визуализации научных данных в рамках акустической микроскопии или томографии. Сравнение полученных акустических изображений рельефов поверхностей и реальных дефектов исследованных объектов позволяет сделать вывод о перспективности применения разработанных алгоритмов для создания автоматизированных систем акустической визуализации рельефов поверхностей, а также скрытых дефектов. Разработанный программный комплекс используется при построении целого ряда устройств и систем получения и обработки акустических изображений.

### Список литературы

1. Ultrasonic Microscopy of PVA TePla [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.pvatepla.com> (дата обращения: 10.05.2014).
2. Коневский, И. Н. Неразрушающие методы контроля : учеб. пособие / И. Н. Коневский, Е. Н. Сальникова. – Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2007. – 243 с.
3. Мэзон, У. Методы и приборы ультразвуковых исследований. Часть А : пер. с англ. / У. Мэзон. – М. : Мир, 1966. – 592 с.
4. Хилл, К. Применение ультразвука в медицине: физические основы : пер. с англ. / К. Хилл. – М. : Мир, 1989. – 568 с.
5. Сухоруков, В. В. Неразрушающий контроль. Акустические методы контроля : практ. пособие / В. В. Сухоруков. – М. : Высшая школа, 1991. – 283 с.
6. Белокур, И. П. Дефектология и неразрушающий контроль / И. П. Белокур. – Киев : Вища шк., 1990. – 207 с.
7. Карнишин, В. В. Линзовая акустическая микроскопия – новый неразрушающий метод контроля материалов и изделий электронной техники / В. В. Карнишин // Зарубеж. электрон. техника. – 1987. – № 7. – С. 65 – 79.
8. Глаговский, Б. А. Низкочастотные акустические методы контроля в машиностроении / Б. А. Глаговский, И. Б. Москобенко. – Л. : Машиностроение, 1977. – 208 с.
9. Kositsyn, N. V. High Resolution Ultrasonic System for 3D Image Capturing and Reconstruction / N. V. Kositsyn, S. A. Lapin, V. V. Petrov // 2013 Collaborative Conference on 3D & Materials Research (CC3DMR), Jeju, South Korea, 24 – 28 June 2013. – Jeju, South Korea, 2013. – P. 633 – 634.

10. Petrov, V. V. High Resolution Ultrasonic Tomography System / V. V. Petrov, N. V. Kositsyn, S. A. Lapin // Acoustics 2013 New Delhi «Technologies for a Quieter India», New Delhi, India, 10 – 15 November 2013. – New Delhi, India, 2013. – P. 633 – 634.

11. Мейерс, С. Наиболее эффективное использование С++ : пер. с англ. / С. Мейерс. – М. : ДМК Пресс, 2000. – 304 с.

12. Седжвик, Р. Фундаментальные алгоритмы на С++ : пер. с англ. / Р. Седжвик. – К. : ДиаСофт, 2002. – 436 с.

13. Круглински, Д. Программирование на Microsoft Visual С++ 6.0 для профессионалов : пер. с англ. / Д. Круглински, С. Уингоу, Дж. Шеферд. – СПб. [и др.] : Питер, 2004. – 861 с.

---

## Development of Software for Scientific Data Collection and Visualization

N. V. Kositsyn, V. V. Petrov

*Department “Applied Physics”, Saratov State University;  
Corporation “SpectrAcoustics”, Saratov;  
nikkosizin@yandex.ru*

**Key words and phrases:** acoustic lens; acoustic field; echo pulse; methods of acoustic microscopy and tomography; reconstruction of acoustic images.

**Abstract:** Software complex for control and visualization of scientific data in the framework of acoustic microscopy and tomography have been developed. Software complex is aimed at the application in the development of high resolution acoustic tomography device with mechanical-type scanning system and acoustic objective with central frequency 100 MHz. The experimental results of 3D acoustical images of different objects with application of developed software complex are discussed.

### *References*

1. Ultrasonic Microscopy of PVA TePla, available at: <http://www.pvatepla.com> (accessed 10 May 2014).

2. Konevskii I.N. Sal'nikova E.N. *Nerazrushayushchie metody kontrolya* (Non-destructive testing), Vladivostok: Izdatel'stvo DVG TU, 2007, 243 p.

3. Mason W.P. (Ed.) *Physical Acoustics. Principles and Methods. Vol. I. Methods and Devices, Part A*, New York: Academic Press, 1964, 515 p.

4. Hill C.R., Bamber J.C., ter Haar G.R. (Eds.) *Physical principles of medical ultrasonic*, Wiley, 2004, 528 p.

5. Sukhorukov V.V. *Nerazrushayushchii kontrol'. Akusticheskie metody kontrolya* (Non-destructive testing. Acoustic monitoring procedures), Moscow: Vysshaya shkola, 1991, 283 p.

6. Belokur I.P. *Defektologiya i nerazrushayushchii kontrol'* (Defectology and nondestructive testing), Kiev: Vishcha shkola, 1990, 207 p.

7. Karnishin V.V. *Zarubezhnaya elektronnyaya tekhnika*, 1987, no. 7, pp. 65-79.

8. Glagovskii B.A., Moskovenko I.B. *Nizkochastotnye akusticheskie metody kontrolya v mashinostroenii* (Low-frequency acoustic control methods in engineering), Leningrad: Mashinostroenie, 1977, 208 p.

9. Kositsyn N.V., Lapin S.A., Petrov V.V. *2013 Collaborative Conference on 3D & Materials Research (CC3DMR)*, Jeju, South Korea, June 24-28 2013, pp. 633-634.

10. Petrov V.V., Kositsyn N.V., Lapin S.A. *Acoustics 2013 New Delhi «Technologies for a Quieter India»*, New Delhi, India, November 10-15 2013, pp. 633-634.

11. Meyers S. *More effective C++: 35 new ways to improve your programs and designs*, Addison-Wesley, 1995, 336 p.

12. Sedgewick R. *Algorithms in C++*, Addison-Wesley, 1999, 736 p.

13. Kruglinski D. J., Wingo S, Shepherd G. *Programming Microsoft Visual C++*, Microsoft press, 1998, 1150 p.

---

### **Entwicklung des Programmkomplexes für das Sammeln und die Visualisierung der wissenschaftlichen Daten**

**Zusammenfassung:** Es ist der Programmkomplex für die Steuerung vom Sammeln und der Visualisierung der wissenschaftlichen Daten im Rahmen der akustischen Mikroskopie oder der Tomografie entwickelt. Der Programmkomplex ist für die Nutzung in dem erarbeitenden hochfreigebenden akustischen Tomograph mit dem System des Scannens des mechanischen Typs und dem akustischen Objektiv mit der zentralen Frequenz 100MHz vorbestimmt. Es sind die Ergebnisse der Experimente nach der Konstruktion der 3D akustischen Darstellungen verschiedener Objekte unter Ausnutzung des entwickelten Programmkomplexes dargelegt.

---

### **Elaboration du complexe de programmation pour la collection et la visualisation de l'information**

**Résumé:** Est élaboré le complexe de programmation pour la commande de la collection et de la visualisation des données scientifiques dans le cadre de la microscopie acoustique ou tomographie. Le complexe est destiné à l'utilisation dans un tomographe acoustique de la haute permission avec la fréquence de 100 MHz. Sont présentés les résultats des expériences sur la construction 3D des images acoustiques de différents objets avec l'emploi du complexe de programmation élaboré.

---

**Авторы:** *Косицын Николай Васильевич* – аспирант кафедры «Прикладная физика», ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского», ведущий инженер-программист ООО «Корпорация «СпектрАкустика», г. Саратов; *Петров Владимир Владимирович* – доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Прикладная физика», ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского», генеральный директор ООО «Корпорация «СпектрАкустика», г. Саратов.

**Рецензент:** *Шановалов Александр Степанович* – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная физика», ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского», г. Саратов.