

воздушной камерой. Эти шумы можно уменьшить изолированием датчика, однако мало что можно сделать с шумами, проходящими через тело человека, особенно в диапазоне нижних частот.

*Электромагнитные помехи.* Наибольшее влияние оказывает электромагнитные помехи связанные с влиянием сети 220В 50 Гц, необходимо использовать экранированные кабели, а также экранировать аналоговую часть системы, кроме того активно используются режекторные фильтры.

Указанные рекомендации предполагают использование хорошо защищенных, высококачественных, чувствительных акустических датчиков, соединенных относительно короткой проводящей линией с устройством регистрации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривонос П.С., Крыжановский В.Л., Лаптев А.Н. Функциональные методы исследования легких: учебно-методическое пособие. Минск: БГМУ, 2009. 62 с.
2. Ицкович А. И., Шумарова Е. Ю., Коренбаум В. И. Современные проблемы анализа дыхательных шумов. // Тихоокеан. мед. жур., 2005, №2. С.11-13.
3. Проничев И. В. Лекции по физиологии центральной нервной системы. // М.: Свифт, 2004. 214с.
4. Kraman S.S., Wodicka G.R., Kiyokawa H., Pasterkamp H. // Biomed. Instrum. Technol, 2002. Vol. 36, No. 3. – P. 177–182.
5. Изделие медицинского назначения прибор бронхофонографический диагностический автоматизированный «ПАТТЕРН-01». Регистрационное удостоверение № ФСР 2009/04789 от 22.04.2009 г. Федеральная служба по надзору в сфере здравоохранения и социального развития.
6. Мальшев В.С., Ардашникова С.Н., Каганов С.Ю., Манюков М.Ф., Медведев В.Т. Способ регистрации дыхательных шумов. // Пат. RU 2038041 U1 РФ, МПК А61В5/00 / Заяв. 16.09.1992; опубл. 27.06.1995. – 16 с.
7. Rossi M., Sovijarvi A.R., Piirila P., Vannuccini L., Dalmaso, F., Vanderschoot J. Environmental and subject conditions and breathing manoeuvres for respiratory sound recordings // Eur. Respir. Rev., 2000, N10. P. 611–615.

#### **ПРИМЕНЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Каззаева А.А., Болотина И.О.

Научный руководитель: Болотина И.О., доцент, к.т.н.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: aas7@tpu.ru

#### **APPLICATION OF SPACE TECHNOLOGIES FOR IMAGING BIOLOGICAL OBJECTS**

Kazazaeva A.A., Bolotina I.O.

Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. Bolotina I.O.

Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: aas7@tpu.ru

*В статье рассмотрена возможность применения ультразвукового метода контроля, используемого в аэрокосмической промышленности, для целей визуализации биологических объектов сложной геометрической формы в медицине. Приведено описание метода и поэтапная реконструкция изображения. При этом предварительно созданная САД модель контролируемого изделия загружается в программное обеспечение контроля в STEP формате. В дальнейшем она выступает не только в качестве исходного объекта для генерации программ сканирования, но и в качестве шаблона при реконструкции*

трехмерного изображения. Предлагаемый метод позволит проводить диагностику и терапию частей тела человека, имеющих сложную геометрическую форму (колени, локти). Экспериментальные исследования проводились с помощью автоматизированной ультразвуковой системы томографического контроля. Представлены результаты экспериментальных исследований по визуализации биологического объекта сложной геометрической формы.

*The article discusses the possibility of using the ultrasonic inspection method used in the aerospace industry, for the purposes of visualization of biological objects of complex geometric shapes in medicine. The description of the method and the gradual reconstruction of the image. In this pre-established CAD model of the controlled product is loaded into the control software in the STEP format. Thereafter, it acts not only as a source object for generating scanning programs but also as a template for the three-dimensional image reconstruction. The proposed method allows the diagnosis and therapy of human body parts with complex geometric form (knees, elbows). Experimental research of were carried out using the automated system of ultrasonic tomographic control. The results of experimental research by imaging of biological objects of complex geometric shapes.*

**Введение.** На сегодняшний день самым чувствительным и информативным методом неразрушающего контроля является ультразвуковой метод. Данный вид контроля широко распространен в аэрокосмической промышленности, в производстве которой в последние годы значительно увеличилось использование композитных материалов. Соответственно существует необходимость контроля данных материалов на наличие структурных дефектов типа расслоений, включений (как правило, технологических пленок), недопитанных зон (зон повышенной пористости), непроклеев в клеевых соединениях. Получаемая с использованием ультразвукового метода контроля информация о размере, площади и ориентации дефекта в пространстве, дает возможность построения качественного изображения для последующей оценки работоспособности и ресурса конструкции из композиционных материалов[1-3].

Очень часто детали из композиционных материалов, применяемых для изготовления космических аппаратов, имеют сложную геометрию, для контроля качества которых требуются усовершенствованные методы контроля. Аналогичные задачи стоят и перед биомедицинской инженерией, когда необходимо провести диагностику или терапию таких сложных по геометрии частей тела человека, как колени и локти.

В этом случае становится целесообразным применить в медицине методы и системы, используемые для ультразвукового контроля изделий аэрокосмической промышленности.

**Описание метода.** Несомненным преимуществом применения систем ультразвукового метода контроля является возможность производить автоматическое движение пьезопреобразователя по заданным координатам сложной геометрической формы.

Ультразвуковая систематомографического контроля предназначена для выполнения процедур автоматизированного контроля, при которых сканирование объекта осуществляется при помощи манипулятора, оснащенного сервоприводом с функцией одновременного измерения и сохранения позиций измерений. Наличие в измеренных ультразвуковых данных информации о пространственной координате позволяет в реальном масштабе времени производить реконструкцию изображений с последующей визуализацией ультразвуковых индикаций и возможностью их локализации.

Расчёт траектории сканирования производится на стадии создания программы контроля конкретного объекта с учётом заданных границ зоны контроля. В упрощённом виде выполнение процедуры реконструкции можно разделить на два этапа, которые, выполняются параллельно. На первом этапе в квазистатическом режиме производится синтезирование локальных томограмм – двухмерных изображений на основе данных в одиночных позициях измерений. Непосредственно принцип реконструкции заключается в пространственном усреднении амплитудных значений эхограмм с учётом времён пробега от излучающего элемента до соответствующего синтезируемого элемента контролируемого объёма и обратно до принимающего элемента.

Второй этап реконструкции томографического изображения можно назвать динамическим, поскольку он реализуется путём наложения «соседних» локальных томограмм при движении измерительного преобразователя в процессе сканирования объекта контроля. Результатом данной реконструкции являются совмещенные изображения слоёв контролируемого объёма, которые в процессе контроля составляются в трёхмерное представление объекта контроля.

В динамическом режиме реконструкции изображений производится «составление» совмещенных изображений слоёв контролируемого объёма в объёмную модель. При этом предварительно CAD модель данного контролируемого изделия загружается в программное обеспечение контроля в STEP формате. В дальнейшем она выступает как в качестве исходного объекта для генерации программ сканирования, так и в качестве шаблона при реконструкции трёхмерного изображения.

**Экспериментальные исследования.** На рисунке 1 представлен внешний вид автоматизированной ультразвуковой системы томографического контроля, используемой для контроля композитных изделий для космической отрасли. В данной работе с помощью этой системы были проведены экспериментальные исследования по визуализации биологического объекта(БО) (тазобедренной части курицы) сложной геометрической формы.



*Рис. 1. Внешний вид автоматизированной ультразвуковой системы томографического контроля*

На рисунке 2 представлено проведение эксперимента с помощью автоматизированной ультразвуковой системы томографического контроля, на которой установлено программное обеспечение «РобоСкан». А также результаты эксперимента, проведенные одиночным УЗ датчиком с частотой 5 МГц на различных глубинах по отношению к поверхности биологического объекта (рисунки 3-4).



*Рис. 2. Проведение эксперимента с помощью автоматизированной ультразвуковой системы томографического контроля*

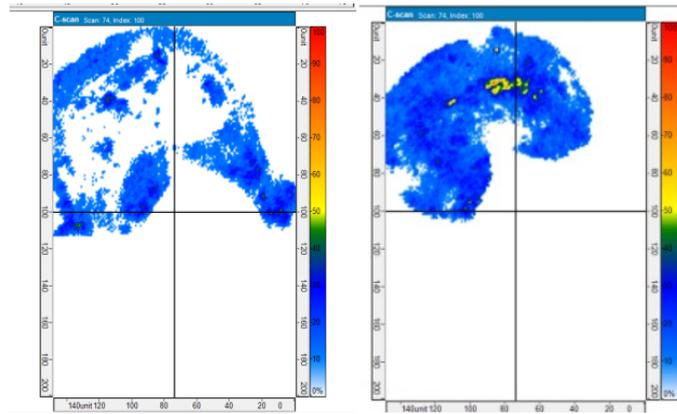


Рис. 3. Результаты ультразвуковой визуализации БО на глубине 10 мм (слева) и 15 мм (справа)

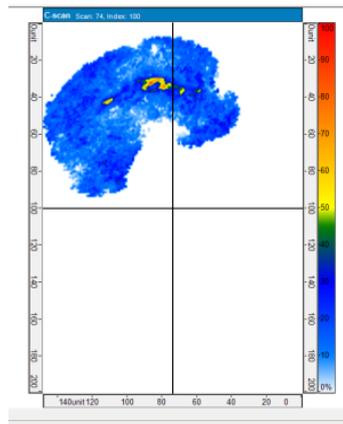


Рис. 4. Результаты ультразвуковой визуализации БО на глубине 20 мм

**Заключение.** В результате проведенных экспериментальных исследований было получено изображение БО сложной геометрической формы на различных глубинах. Это стало возможным благодаря использованию методов и аппаратуры для ультразвукового томографического контроля, применяемых в аэрокосмической промышленности. Таким образом, можно сделать вывод о том, что в настоящее время космические технологии можно успешно применять и для решения задач биомедицинской инженерии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешин Н.П., Григорьев М.В., Щипаков Н.А. Современное оборудование и технологии неразрушающего контроля ПКМ // Электронный научно-технический журнал «Инженерный вестник». – 2015. – №1. – С. 533-538.
2. Бикша Д. Использование композитных материалов в оборонной промышленности и аэрокосмической индустрии // Вестник электроники. – 2014. – №1. – С. 24-27.
3. Сенюшкин Н. С., Ямалиев Р. Р., Ялчибаева Л. Р. Применение композиционных материалов в конструкции БПЛА // Молодой ученый. — 2011. — №4. Т.1. — С. 59-61.