

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. М.В. ЛОМОНОСОВА



XXIII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ  
И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ НАУКАМ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

**“ЛОМОНОСОВ-2016”**

СЕКЦИЯ  
**“ФИЗИКА”**

Сборник тезисов докладов  
**Том 1**

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ МГУ  
2016

**XXIII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых по фундаментальным наукам «Ломоносов—2016». Секция «Физика». Сборник тезисов.** — М. Физический факультет МГУ, 2016. 264 с.

ISBN 978-5-8279-0127-3

**Оргкомитет секции:**

Сысоев Н.Н. — декан физического факультета (председатель);  
Федянин А.А. — заместитель декана (зам. председателя);  
Федосеев А.И. — заместитель декана (зам. председателя);  
Гапочка М.Г. — заместитель декана (зам. председателя);  
Корнеева Ю.В. — председатель СМУ физического факультета  
Лебедев А.С. — председатель профкома студентов физического факультета  
Паршинцев А.А. — ответственный секретарь.

**Экспертный совет секции:**

Сысоев Н.Н. — профессор, декан физического факультета (председатель).	Пирогов Ю.А. — профессор;
Андреев В.Г. — доцент;	Плохотников К.Э. — ст. науч. сотрудник;
Бушуев В.А. — профессор;	Потанин С.А. — доцент;
Гордиенко В.М. — профессор;	Савельев-Трофимов А.Б. — профессор;
Доленко Т.А. — ст. науч. сотрудник;	Степанов М.Е. — доцент
Жуковский В.Ч. — профессор;	Твердислов В.А. — профессор;
Засов А.В. — профессор;	Тимошенко В.Ю. — профессор;
Зубов В.Е. — профессор;	Уваров А.В. — профессор;
Казанский А.Г. — профессор;	Форш П.А. — доцент;
Короленко П.В. — профессор;	Хомутов Г.Б. — профессор;
Кульбачинский В.А. — профессор;	Хохлова В.А. — профессор;
Максимочкин В.И. — профессор;	Чуличков А.И. — профессор;
Митрофанов В.П. — профессор;	Шалыгина Е.Е. — профессор;
Наний О.Е. — профессор;	Широков Е.В. — доцент;
Орешко А.П. — доцент;	Ягола А.Г. — профессор.
Ормонт М.А. — доцент;	

Подписано в печать 25.03.2016.  
Объем 22,5 п.л. Тираж 120 экз.  
Заказ №

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова  
119991 ГСП-1. г. Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.  
Отпечатано в отделе оперативной печати физического факультета.

ISBN 978-5-8279-0127-3

© Физический факультет МГУ, 2016

представляется как действительная и мнимая часть диэлектрической проницаемости роговицы. Объёмная концентрация воды находится с помощью модели Бруггемана [2].

В результате работы был рассчитан и собран спектрометр. Были проведены тестовые эксперименты с препаратами роговицы человеческого глаза.

### Литература

1. *Pickwell E. and Wallace V. P.*, Biomedical applications of terahertz technology// J. Phys. D: Appl. Phys. 39, R301–R310 (2006)
2. *Bennett D. B., et al.*, Terahertz sensing in corneal tissues// J. Biomed. Opt. 16(5), 057003 (2010)

## ВИРТУАЛЬНЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СКАНЕР ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОЧЕЧНЫХ КАМНЕЙ

Сухоручкин Д.А., Сапожников О.А.

*.МГУ имени М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия*

*E-mail: [da.sukhoruchkin@physics.msu.ru](mailto:da.sukhoruchkin@physics.msu.ru)*

В настоящее время ультразвуковые исследования занимают особое место среди методов медицинской интроскопии или, другими словами, методов визуализации внутренних органов и структур [1]. Они основаны на эффекте частичного отражения ультразвуковых волн от тканей человеческого тела и компьютерном преобразовании отраженной волны в изображение на экране.

Кроме множества плюсов данного метода, имеется ряд недостатков, например, трудность получения диагностических данных при наблюдении через структуры со значительным отражением или затуханием и рассеянием ультразвука костными тканями, газосодержащими структурами [2]. Другим недостатком существующих режимов ультразвуковой визуализации является то, что они рассчитаны на получение изображений мягких тканей и поэтому не обладают достаточной специфичностью при исследовании твердотельных включений типа почечных камней. Целью настоящей работы является исследование возможности улучшения ультразвуковой визуализации подобных рассеивателей.

При доплеровской ультразвуковой диагностике почечных камней в лабораторных условиях наблюдалось явление, которому дали название «артефакт мерцания» (twinkling artefact). Он проявляется в виде изменяющей свой цвет мозаики при изображении некоторых твердых рассеивателей в режиме цветной доплеровской ультразвуковой диагностики. Причины наблюдения артефакта по различным теориям приписываются либо акустическим явлениям, либо методам компьютерной обработки экспериментальных данных [2]. Поэтому необходимо специально исследовать способы визуализации рассеяния волн на почечных камнях.

Для исследования закономерностей рассеяния ультразвука на почечных камнях в настоящей работе развита численная модель для расчета распространения акустической волны в двумерном приближении, в которой камень рассматривается как изотропное упругое тело, а окружающая его среда является жидкостью. Падающая волна представляется в виде импульса плоской волны, что является хорошим приближением для ситуации, когда многоэлементный ультразвуковой датчик производит излучение одновременно всеми элементами, а изображение строится на основе соответствующей фазировки сигналов элементов в режиме приёма рассеянных волн. Для устранения паразитных отражений волны от границ области расчёта введен идеально-согласованный слой (PML). Схема расчета проиллюстрирована на рис. 1.

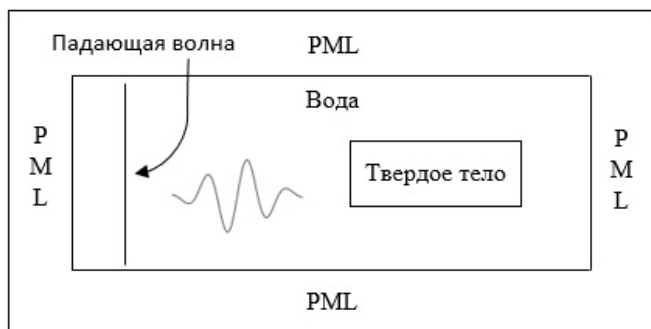
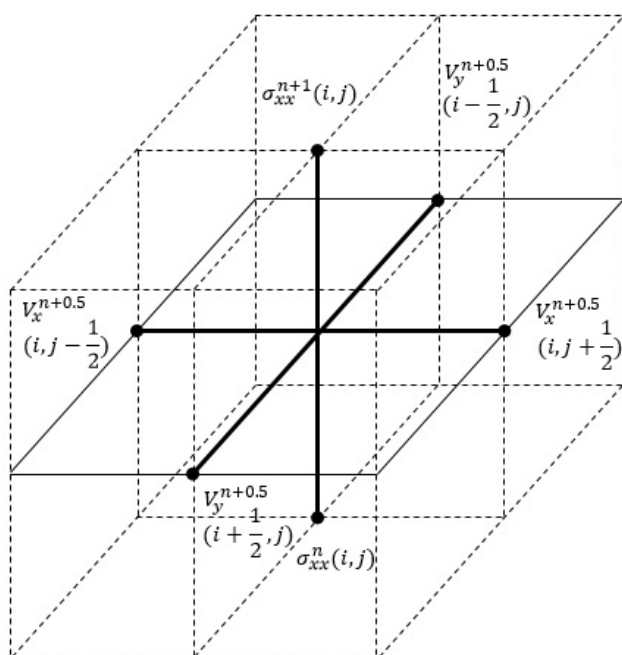


Рис. 1. Схема численного эксперимента

Рис. 2. Иллюстрация общего шаблона разностной схемы на примере расчета напряжения  $\sigma_{xx}$ 

Система уравнений для расчета поля представляет собой уравнение движения (2-й закон Ньютона) и закон Гука, связывающий линейным образом механические напряжения и деформации [3]:

$$\begin{cases} \rho \frac{\partial V_i}{\partial t} = \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} \\ \frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial t} = a_{ij} \frac{\partial V_i}{\partial x_j} \end{cases}$$

Здесь  $t$  – время,  $x_j$  – пространственные координаты ( $i, j = x, y$ ),  $\rho$  – плотность среды,  $V_i$  – декартовы компоненты скорости частиц среды,  $\sigma_{ij}$  – тензор напряжений,  $a_{ij}$  – тензор упругих модулей. В области PML уравнения модифицировались: использовались замена производной по пространственным координатам  $\frac{\partial}{\partial x_i} \rightarrow \frac{1}{s_x} \frac{\partial}{\partial x_i}$ , где масштабные множители выбирались в соответствии с работой [4]. Расчет производился методом конечных разностей [5]. Используемый шаблон расчета показан на рис. 2.

В результате численного моделирования рассчитываются рассеянные волны во всей области. Сигналы, приходящие на приёмные элементы диагностической решётки, в дальнейшем используются для построения изображения в соответ-

ствии со стандартными алгоритмами обработки сигналов в ультразвуковых сканерах [1].

Таким образом, получается возможным рассчитать поле рассеянной волны, что позволит изучить отражение волн от почечного камня и в дальнейшем смоделировать явление артефакта мерцания, что, в свою очередь, поможет определить его природу и причины наблюдения. Подробное изучение этого эффекта улучшит чувствительность и специфичность детектирования камней в почках.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ №14-15-00665

### Литература

1. Осипов Л.В. Ультразвуковые диагностические приборы: Практическое устройство для пользователей. – М.: Видар, 1999.
2. Lu W., Sapozhnikov O.A., *et al.* Evidence for trapped surface bubbles as the case for the twinkling artifact in ultrasound imaging. – *Ultrasound in Med & Biol*, 2013, v. 39, No. 6, pp. 1026-1038.
3. Красильников В.А. Введение в акустику: Учеб. пособие. М.: МГУ, 1992.
4. Hu F.Q. On constructing perfectly matched layers as an absorbing boundary condition for Euler equation. – 40<sup>th</sup> AIAA Aerospace Sciences Meeting & Exhibit, 2002-0227.
5. Sapozhnikov O.A., Maxwell A.D., *et al.* A mechanistic analysis of stone fracture in lithotripsy. - *J. Acoust. Soc. Am.*, 2007, v.112, No. 2, pp. 1190-1202.