

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК 004.942.001.57

Смирнова
Валерия Викторовна

Модели воздействия ультразвуковых колебаний
на различные части тела человека

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра
по специальности 1-39 80 03 Электронные системы и технологии

Научный руководитель
Камлач Павел Викторович
кан. техн. наук, доцент

Минск 2022

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Ультразвуковые методы и приборы для применения в хирургии, терапии и медицинской диагностике в настоящее время прочно вошли в практику здравоохранения. Так, объём использования в медицине ультразвуковых приборов и аппаратов для визуализации внутренних органов уже стал сравнимым с лидером в этой области – рентгеновской техникой. Растёт число научных центров, разрабатывающих новые акустические методы и приборы для применения в медицине. В мировой научной литературе имеются десятки книг, посвященных различным аспектам медицинского ультразвука и, прежде всего, ультразвуковой визуализации тканей.

Биологические эффекты, достигаемые с помощью фокусированного ультразвука, весьма многообразны: от разрушения тканей до стимуляции различных физиологических процессов или активизации действия лекарственных веществ в определенном участке организма. В широкую клиническую практику вошли ультразвуковые методы локального не инвазивного разрушения злокачественных и доброкачественных опухолей.

Сегодня имеется огромное разнообразие медицинских процедур, которые основываются на самых разных физических явлениях. Естественно, очень важной задачей является изучение и понимание того, каким образом на тело человека будет действовать та или иная процедура и как сконструировать устройство для её грамотного проведения.

Однако, сборка прототипов устройств и проверка их работы в реальных условиях зачастую представляется довольно трудозатратным и дорогим процессом. Решением этой проблемы в некоторой степени может быть специализированное программное обеспечение для моделирования физических воздействий. Одной из таких программ и является Sim4Life.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Моделирование воздействия ультразвука на биологические ткани человека позволяет сократить время проектирования аппаратов ультразвуковой терапии.

Цель и задачи исследования

Целью является моделирование воздействия ультразвуковых колебаний при различных частотах на часть тела человека.

Задачи исследования:

1. Построить геометрическую модель биологических тканей в пакете Sim4Life.
2. Провести исследование в пакете Sim4Life с построенной моделью биологических тканей на заданном диапазоне частот.
3. Разработать рекомендации по использованию пакета Sim4Life для определения оптимальных параметров ультразвука.

Область исследования

Тема диссертационной работы утверждена Советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники». Содержание магистерской диссертации соответствует стандарту высшего образования ступени (магистратуры) ОСВО 1-39 80 03-2019 специальности 1-39 80 03 «Электронные системы и технологии».

Объект исследования: методы и средства ультразвукового воздействия.

Предмет исследования: амплитудно-частотная характеристика ультразвука.

Информационная база

База сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

Новизна полученных результатов

Научная новизна и значимость полученных результатов работы заключается в разработке методики моделирования воздействия сфокусированного ультразвука на биологические ткани.

Теоретическая значимость работы заключается в анализе процессов воздействия ультразвукового поля с учетом особенностей компьютерного моделирования.

Практическая значимость работы заключается в дальнейшем изучении разработанной цифровой модели моделирования, которая позволит дельно изучить необходимую частоту ультразвукового воздействия на тело человека.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приводится обоснование актуальности работы.

В первой главе проводится рассмотрение различных программ, позволяющих провести моделирование тех или иных воздействий на тело человека.

А именно программы OpenSim, COMSOL Multiphysics, Sim4Life. Исследование будет проводиться с помощью программы Sim4Life. Sim4Life является узкоспециализированной интегрированной средой и не может решать задачи квантовой физики, однако имеет широкие возможности в исследовании взаимодействия электронных устройств и биологической среды.

Во второй главе описана методика исследования в пакете Sim4Life. Данная глава состоит из трех разделов. В первом разделе рассмотрена теория акустического моделирования. Акустический решатель может быть применен для численного моделирования установок, связанных с явлениями линейной акустики в слышимом диапазоне и ультразвуковом диапазоне. Во втором разделе для выполнения симуляции рассматривается создание геометрической модели биологических материалов и одноэлементного фокусирующего излучателя. В третьем разделе описана настройка параметров для проведения симуляции, приведены их свойства и подробно рассмотрен список настроек в пакете Sim4Life.

В результате просчета программой симуляции для извлечения доступно множество различных данных. **В третьей главе** рассмотрена зависимость распространения интенсивности ультразвука вглубь модели для различных частот, таких как 110 кГц, 880 кГц, 1 МГц, 2 МГц, 2.5 МГц, 3 МГц, 3.5 МГц, 7.5 МГц, 10 МГц, 15 МГц, 29 МГц.

Распределение интенсивности при частоте 110 кГц в структуре модели представлено на рисунке 1.

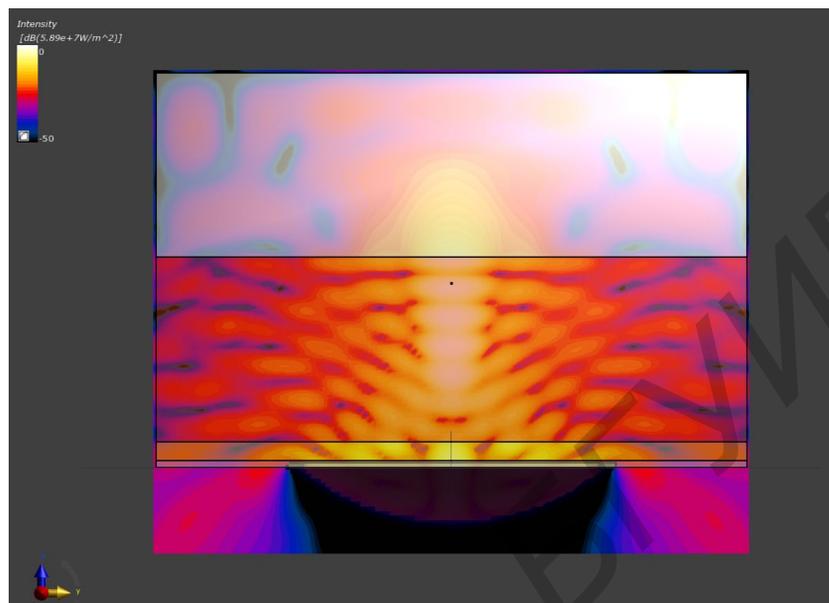


Рисунок 1 – Распределение интенсивности в структуре модели

Распределение интенсивности для частоты 7,5 МГц в структуре модели представлено на рисунке 2.

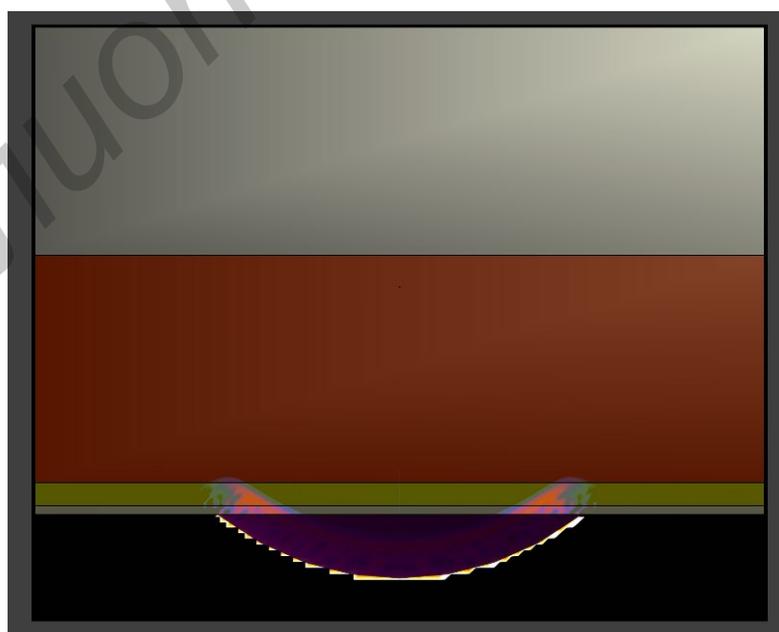


Рисунок 2 – Распределение интенсивности в структуре модели

Проведя исследование биологической модели тела человека (кожа – жир – мышцы – кость), можно сделать некоторые выводы.

При распределении ультразвука в структуре модели критическим является переход между слоями исследуемой модели. При переходе мягкие ткани – кость большая часть ультразвука рассеивается. И в кости полностью затухает. Это четко видно при частоте 110 кГц и 880 кГц.

Исследование проводилось сфокусированным ультразвуком. При увеличении частоты, глубина проникновения ультразвука вглубь модели уменьшалась. Так при частоте 2 МГц интенсивность не доходит до точки фокусировки, которая расположена на расстоянии 49 мм. То есть, исходя из проведенного моделирования можно сказать, что при изменении частоты, радиус фокусировки смещался ближе к коже. Максимум достигается на 33 мм (мышцы) при частоте 110 кГц, при частоте 880 кГц – 53 мм (мышцы), при 1 МГц – 38 мм (мышцы), при 2 МГц – 14 мм (мышцы), при 7,5 МГц – 2 мм (кожа).

Интенсивность в структуре модели распределялась пиками. При частоте 110 кГц расстояние между пиками приблизительно равно 10 мм. С увеличением частоты, увеличивается и расстояние между пиками.

Изменяя частоту и радиус сфокусированного излучателя, можно добиться локального применения, но при этом будет теряться глубина проникновения в структуру модели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации были собраны и проанализированы как теоретические данные, так и данные исследований, полученных в результате симуляций.

Был выполнен обзор различных программных пакетов компьютерного моделирования, проанализирована оптимальная сфера использования каждого на основании их возможностей и подобран пакет, подходящий для решения поставленных в диссертации задач.

В ходе работы была построена геометрическую модель биологических тканей вместе с одноэлементным фокусировочным излучателем в пакете Sim4Life, подробно описана настройка параметров симуляции ультразвукового воздействия.

Проведено исследование в пакете Sim4Life с построенной моделью биологических тканей на заданном диапазоне частот. Описано распределение интенсивности для частот: 110 кГц, 880 кГц, 1 МГц, 2 МГц, 2.5 МГц, 3 МГц, 3.5 МГц, 7.5 МГц, 10 МГц, 15 МГц, 29 МГц. Проведя анализ исследования, были сформулированы выводы и рекомендации по применению сфокусированного излучателя.

На основе полученных результатов симуляций разработаны рекомендации по использованию пакета Sim4Life для определения оптимальных параметров ультразвука.

Список публикаций соискателя

1. Сидорович, А. Ю. Моделирование воздействия транскраниальной магнитной стимуляции в пакете Sim4Life / А. Ю. Сидорович, Н. И. Куликов, В. В. Смирнова // Электронные системы и технологии : сборник материалов 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 19-23 апреля 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2021. – С. 259–261.

2. Смирнова, В.В. Моделирование воздействия физических факторов на тело человека / В.В. Смирнова, П.В. Камлач // Медэлектроника – 2020. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей XII Международной научно-технической конференции, Минск, 10 декабря 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2020. – С. 169–172.

3. Смирнова, В. В. Модель воздействия ультразвука в Sim4Life / В. В. Смирнова, П. В. Камлач // Электронные системы и технологии : сборник материалов 58-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, 18-22 апреля 2022 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Д. В. Лихаческий [и др.]. – Минск, 2022.