

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТКАНИ ЧЕЛОВЕКА

Лукашук В.С. Новицкая А.Е.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Камлач П.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Разработана методика проведения исследования моделирования воздействия ультразвука на биоткани человека. Установлено, что гель не препятствует Проведению ультразвуковой терапии даже в случаях его нанесения слоем до 2 мм. Установлена обратная зависимость между повышением частоты ультразвука и глубиной проникновения. Глубина проникновения ультразвукового воздействия составила 29,2; 27,4; 18,1 и 11,4 мм (для 0,89; 1; 2.89 и 3 МГц соответственно). Предложен алгоритм создания модели и проведения исследования.

Ключевые слова: ультразвук, терапевтическое воздействие, биоткани, глубина проникновения, частота ультразвука, моделирование, алгоритм, ультразвуковая терапия.

Введение. Ультразвуковые методы и приборы для применения в хирургии, терапии и медицинской диагностике в настоящее время прочно вошли в практику здравоохранения. В связи с этими фактами моделирование воздействий на биологические ткани является одним из важных направлений в предварительной оценке безопасности воздействий и их последствий.

В данной статье авторами показана методика проведения исследования и построения модели, применимая для программного обеспечения COMSOL 6.1.

Основная часть. Проведение моделирования можно разделить на несколько главных частей:

- создание модели;
- проведение исследования.

Это делается так как в данном программном обеспечении есть возможность проведения разных типов исследований на одной и той же модели.

Часть создания модели можно разделить на этапы выполнения, где первый этап имеет цель определения исследуемого объекта, его параметров и необходимой размерности (двумерная или трёхмерная), а также непосредственно типа исследования. После завершения первоначальной части, начинается второй этап, цель которого создание модели из предложенных примитивов, с использованием встроенных инструментов характерных для многих систем типа CAD, что позволяет также импортировать модели (геометрию) из совместимых версий программного обеспечения [1–5]. Третий этап имеет цель присвоения всем областям материалов, для установления физических свойств в конкретной области. Существует обширная библиотека встроенных материалов, однако программное обеспечение позволят создавать и свои материалы, где в зависимости от типа исследования могут потребоваться различные параметры. Четвёртый этап создания модели имеет цель разбиения геометрии на ограниченное количество примитивов определённой конфигурации (также называемых сеткой, что делается для упрощения крупной задачи до набора более мелких, это упрощает вычисления и позволяет параллельно решать элементы крупной задачи ускоряя вычисления). Сетка может создаваться как в автоматическом, так и в ручном режиме. На данном этапе важен баланс между вычислительными мощностями и размером элемента (для ультразвука ограничение по максимальному размеру элемента равно от 1,5 до 6 длин волн на сегмент) [6].

Подобным образом можно разделить на этапы выполнения и часть проведения исследования. Важно учесть, что данное исследование производится уже на готовой модели с уже просчитанной сеткой разбиения. Первый этап ставит целью задание функции изменения воздействия от времени (или иного необходимого параметра), наиболее удачным является задание её в аналитической форме, хотя доступны и другие способы. Вторым этапом является выделение на модели объекта плоскости или поверхности воздействия. Это производится через функцию Prescribed Velocity, присвоение ей поверхностей и функции изменения. Третий этап ставит целью проведение самого исследования, это выполняется путём ограничения времени моделирования и промежутков сохранения. Важно отметить, промежутки сохранения определяют лишь время, через которое сохраняется результат и не существенно влияют на производительность, минимальный шаг расчёта по времени определяется наименьшим элементом сетки. По окончании исследования в области результатов создаются графики, есть автоматически созданные, но можно добавить и свои, в зависимости от исследуемых параметров.

Заключение. На основе теоретической информации была построена модель и проведено исследование законов распространения ультразвука в среде плеча человека, а также проверено влияние геля на терапию. При проведении работы была разработана методика создания модели биологических тканей человека и рассмотрены основные этапы построения модели. Составлен алгоритм проведения исследования, его создания и обработки, полученных данных путём построения графиков и зависимостей. Разработанная модель может быть использована для исследований с различными параметрами ультразвука и тканей человека.

Список литературы

1. Booker, H. & Clemmow, P. The concept of an angular spectrum of plane waves and its relation to that of polar diagram and aperture distribution / H. Booker, P. Clemmow. – [Электронный ресурс]. – Proc. IEE 97, 11–17. – 1950.
2. Freedman, A. Transient fields of acoustic radiators / A. Freedman. – [Электронный ресурс]. – J. acoust. Soc. Amer. 48, 135–138. – 1970.
3. Miller, E. & Thurstone, F. Linear ultrasonic array design for echosonography / E. Miller, F. Thurstone. – [Электронный ресурс]. – J. acoust. Soc. Amer. 61, 1481–1491. – 1977.
4. Sherman, G., Stamnes, J., & Lalor, E. Asymptotic approximations to angular-spectrum representations / G. Sherman, J. Stamnes, E. Lalor. – [Электронный ресурс]. – J. Math. Phys. 17, 760–776. – 1976.
5. Zemanek, J. Beam behaviour within the near field of a vibrating piston / J. Zemanek. – [Электронный ресурс]. – J. acoust. Soc. Amer. 49, 181–191. – 1971.
6. Введение в COMSOL Multiphysics / COMSOL. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cdn.comsol.com/doc/5.4/IntroductionToCOMSOLMultiphysics.ru_RU.pdf

UDC 61:534.4:519.6

METHODOLOGY FOR MODELING ULTRASOUND THERAPEUTIC IMPACT ON HUMAN TISSUES

Lukashchuk V.S. Novitskaya A.E.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kamlach P.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT

Annotation. A methodology for conducting research on modeling the effects of ultrasound on human biological tissues has been developed. It has been established that the gel does not hinder the application of ultrasound therapy, even when applied in layers up to 2 mm thick. A reverse relationship has been identified between the increase in ultrasound frequency and the depth of penetration. The depths of ultrasound penetration were measured at 29.2 mm, 27.4 mm, 18.1 mm, and 11.4 mm for frequencies of 0.89 MHz, 1 MHz, 2.89 MHz, and 3 MHz, respectively. An algorithm for creating a model and conducting the research has been proposed.

Keyword: ultrasound, therapeutic effect, biological tissues, penetration depth, ultrasound frequency, modeling, algorithm, ultrasound therapy.