

**Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники**

УДК 537.633:611.77

Самуйлов  
Иван Владимирович

**Модель биологических тканей человека для исследования распределения энергии импульсных магнитных полей при транскраниальной магнитной стимуляции.**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-38 80 03  
«Приборы, системы и изделия медицинского назначения»

---

Научный руководитель

Давыдов Максим Викторович

канд. техн. наук, доцент

---

Минск 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) – раздел медицины, в котором мощные импульсные магнитные поля используются изменяют мозговую активность с терапевтической или диагностической целью. ТМС при помощи коротких и мощных магнитных импульсов стимулирует кору головного мозга. Данный метод имеет определенный потенциал в качестве средства терапевтического вмешательства.. Если проводящая среда, например мозг, попадает в переменное магнитное поле, то в этой среде индуцируется электрический ток. Таким образом появление ТМС позволило проводить электрическую стимуляцию «без электродным» способом.

Для успешной реализации методов ТМС в медицине необходимо знать, какая амплитуда тока возбуждается в тканях, для определения дозы необходимого излучения. Непосредственное измерение уровня сигнала предполагает инвазивным метод внедрение электродов, что не всегда возможно, особенно если измерять наведенный сигнал в мозге. Для определения уровня наведенных сигналов проводят измерения на вырезанных тканях, животных, создают математические и физические модели.

Исходя из выше перечисленного перед соискателем была поставлена цель– изучить распределение энергии импульсного магнитного поля на физической модели тканей человека.

Поставленные задачи:

–создать физическую многослойную модель тканей человека. В качестве модели было решено использовать тканевые образцы , пропитанные солевым раствором NaCl. Каждый слой должен обладать электрическими характеристиками сходными с характеристиками биологических тканей;

–для определения оптимальных параметров пропитки слоев модели провести исследование зависимости удельного сопротивления ткани от концентрации раствора и от раствора наполнения ткани;

– изучить распределение наведённых сигналов на модели.

Для исследования были выбраны следующие ткани человека: кожа, мышечная ткань и жировая ткань. Модель должна соответствовать их электрическим свойствам.

Тема данной работы является актуальной т.к. её результаты позволят разработать простую в производстве физическую модель биологических тканей человека. С помощью, которой можно будет улучшить расчет дозы энергии магнитных полей при проведении физиотерапии. Так же с ее помощью,

возможно оценивать влияние фоновых электромагнитных полей на организм человека.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Цель и задачи исследования**

Целью работы является изучение распределения энергии импульсного магнитного поля на физической модели тканей человека.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие задачи:

–создать физическую многослойную модель тканей человека. В качестве модели было решено использовать тканевые образцы , пропитанные солевым раствором NaCl. Каждый слой должен обладать электрическими характеристиками сходными с характеристиками биологических тканей;

–для определения оптимальных параметров пропитки слоев модели провести исследование зависимости удельного сопротивления ткани от концентрации раствора и от раствора наполнения ткани;

– изучить распределение наведённых сигналов на модели.

Объектом исследования является модель биологических тканей человека для исследования распределения энергии импульсных магнитных

Предметом исследования являются амплитуды сигналов наведенные импульсным магнитным полем

Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-38 80 03 «Приборы, системы и изделия медицинского назначения».

### **Личный вклад соискателя**

Все основные научные результаты, представленные в работе, получены соискателем самостоятельно на базе УО «БГУИР». В диссертации изложены результаты научно-исследовательских работ, выполненных автором в соавторстве (3 публикаций).

Личный вклад соискателя заключается в проведении теоретических исследований, разработка методик проведения экспериментов, проведение исследований, обработка экспериментальных данных.

Участие научного руководителя: кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой ТОЭ УО «БГУИР» Давыдова М.В. заключалось в обсуждении структуры, целей и задач исследований, обсуждении и обобщении результатов теоретических и практических исследований, проведенных автором самостоятельно.

### **Апробация результатов диссертации**

Результаты исследования были представлены на X-ой Международной научно-технической конференции «МЕДЭЛЕКТРОНИКА-2016» (декабрь 2016., Минск, БГУИР), IV-ом Белорусско-Китайским молодежном инновационном

форуме «Новые горизонты» (октябрь 2017., Минск, БНТУ) , а также на конференции «Мониторинг техногенных и природных объектов»( ноябрь 2017., Минск, БГУИР)

По материалам диссертации опубликовано 3 печатных работ, из них 3 научные статьи

### **Структура и объем диссертации**

Диссертация состоит из общей характеристики работы, введения, трёх глав с выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

Общий объем диссертации составляет 61 страницы, 38 иллюстраций, 12 таблиц, 21 наименований в библиографическом списке.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **В диссертации присутствуют следующие структурные части:**

- Перечень условных обозначений и терминов. В данном разделе приведено сокращения двух термином используемых в работе;
- Введение. В данном разделе приведены цель исследования, четыре задачи и дано обоснование актуальности данной работы.
- Глава 1. Анализ механизмов взаимодействий магнитных полей с биологическими тканями. Данный раздел состоит из 5 подразделов, в том числе выводы по разделу. В главе проведено исследование литературы по тематике диссертации, и описаны магнитные свойства неорганических веществ, а также биологических веществ и тканей. Описан механизм взаимодействия магнитных полей с биологическими тканями. Описаны существующие электрические модели тканей человека, а также ионный состав.
- Глава 2. Разработка методики проведения исследования. Данный раздел состоит из 5 подразделов, в том числе выводы по разделу. В главе описаны характеристики используемой аппаратуры и приведены методики исследования для трех экспериментов.
- Глава 3. Исследование электрических и магнитных характеристик модели. Данный раздел состоит из 5 подразделов, в том числе выводы по разделу. В данной главе приведены графики и таблицы с результатами исследований.
- Заключение. В данной главе приведены выводы и результаты исследований.
- Список используемых источников. Данный раздел состоит из двух подразделов. В библиографическом списке перечислены используемые в работе

источники, в составе 21 работы. В списке публикаций соискателя приведен перечень трех публикаций автора по тематике данной диссертации.

–ПРИЛОЖЕНИЕ А. Статьи соискателя. В данном разделе приведены публикации соискателя.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Был проведен анализ литературы который показал перспективность данного направления исследований.

Проведено исследование зависимости удельного сопротивления от степени насыщения раствором соли NaCl различных концентраций. На широком интервале растворонаполнения данная зависимость имеет гиперболический вид. Для изготовления моделей было решено использовать интервал растворонаполнения в котором удельное сопротивление принимает линейный вид  $R_{уд} = k_1 \cdot X + k_2$ , где  $X$  – массовая доля раствора.

Из полученных экспериментальных данных следует что, в наименьшей степени удельное сопротивление зависит от растворонаполнения у образцов из войлока. Выбрав один уровень растворонаполнения и меняя концентрации соли можно создать стабильную модель биологических тканей.

Наиболее большой диапазон интервала растворонаполнения с 52 до 83%, в котором удельное сопротивление имеет линейный вид у образцов из войлока. Однако у образцов из хлопка по сравнению с войлоком наблюдается более большой интервал линейно изменяющегося сопротивления, с 150 до 1300 у образцов из хлопка с 100 до 400 у образцов из войлока. При этом у образцов у хлопка интервал растворонаполнения в котором удельное сопротивление имеет линейный вид меньше чем у войлока и составляет с 47,2 по 72%.

Образцы из синтетической ткани аппроксимируются прямолинейной зависимостью с наибольшим тангенсом угла наклона. Следовательно меняя только уровень влагонасыщенности можно добиться совпадения электрических характеристик образца с характеристиками биотканей.

Исследование формы импульса от размера щели между экранами показало., что чем больше щель между экранами, тем более локализована электрическая энергия. Следовательно, применение листовых экранов ухудшает характеристики индуктора магнитного поля. Амплитуда сигнала при размере щели в 6 см составляет 86% от сигнала без экрана, при размере щели в 10 см – 89%.

В результате экспериментов было установлено, что при изменении расстояния между индуктором и образцом меняется не только амплитуда, но и крутизна характеристики: чем ближе индуктор к образцу, тем более

локализовано излучение индуктора. Для оценки характеристики излучения индуктора была принята значение ширины кривой на высоте 0,7 от максимального. При удалении индуктора от образца на 5см характеристика шире на 43% по сравнению с характеристикой излучения индуктора без экрана, при удалении на 10см – на 80%.

Применение 3D-экрана увеличило локализовалось излучения индуктора. При удалении индуктора на 10 от образца Характеристика излучения кольцевого индуктора в среднем шире на 13% по сравнению с характеристикой излучения индуктора с 3D-экраном. Для оценки характеристика излучения индуктора была принята значение ширины кривой на высоте 0,7 от максимальной амплитуды. При уменьшении расстояния индуктор-образец приходится уменьшать размеры 3D-экрана. При размере 3D-экрана равным 2см, расстоянии индуктор-образец разница в наведенных сигналов становится минимальной.

Так же для создания модели потребовались экспериментальные данные об влиянии массы пресса на амплитуду сигналов, а также влияние пластинок из оргстекла на амплитуду сигналов. Было выявлено что использование разделительных полос из оргстекла в гетерогенной модели незначительно увеличивает амплитуду сигнала.

Также была исследована зависимость распределения энергии импульсных магнитных полей в гетерогенных моделях биологических тканях. С ростом расстояния, до оси излучения индуктора, амплитуда значительно падает. Наибольшая амплитуда сигнала зарегистрирована в слое моделирующую кожу т.к. этот слой максимально близок к индуктору и это слой с максимальным сопротивлением.

При сравнении сигналов снятых с биологических образцов и с модели видно что при небольшом удалении от оси излучения амплитуд сигналов в модели несколько завышены по сравнению со сигналами снятыми с биообразца. При удалении от точки 0 на 8 см амплитуды сигналов с различных слоев модели выравниваться на уровне 4В. В то же время амплитуды сигналов снятых с различных слоев биообразца сохраняют разницу в амплитуде сигналов в 4,5В