

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
Балашовский институт (филиал)

Кафедра физики и информационных технологий

**ПОИСК ОПТИМАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ЧАСТОТ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ  
ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯТОРОМ «ДИАДЭНС» ПРИ ПРОВЕДЕНИИ  
ФИЗИОПРОЦЕДУРЫ**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

студентки 4 курса 143 группы  
направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии», профилю  
«Биомедицинская инженерия»,  
факультета математики, экономики и информатики  
Шабановой Анны Валерьевны

Научный руководитель  
доцент кафедры ФиИТ \_\_\_\_\_ А.С. Первушов  
(подпись, дата)

Зав. кафедрой ФиИТ  
кандидат педагогических наук,  
доцент \_\_\_\_\_ Е.В. Сухорукова  
(подпись, дата)

**Балашов 2017**

## ВВЕДЕНИЕ

Известно, что динамическая электронейростимуляция (ДЭНС) является методом рефлектроскопии, при котором выполняется безопасное воздействие на кожный покров человека. На сегодняшний день существует большое количество методов физиотерапевтического лечения токами.

Одним из видов влияния на организм человека импульсным электрическим током с целью усиления функционирования или возбуждения того или иного органа является электростимуляция. Она использует многообразные электрические импульсы, которые выступают в роли адекватных раздражителей для стимулируемых органов. Электростимуляция может использоваться как для лечения, так и с целью диагностики.

При проведении физиопроцедуры пациенты по-разному переносят воздействие электрических импульсов, поэтому зная наперед оптимальные значения токовых импульсов, генерируемых прибором, можно предварительно произвести настройку аппарата для проведения лечебной процедуры, удовлетворяющей комфортному состоянию человека.

Этим обосновывается актуальность выбранной темы работы «Поиск оптимальной области частот, генерируемых электростимулятором «ДиаДЭНС» при проведении физиопроцедуры».

**Объектом исследований** является электростимулятор «ДиаДЭНС», а **предметом** – поиск функций изменения пиковых напряжений для различных электродов и границ частот, генерируемых прибором и обеспечивающих эти напряжения.

**Практическая значимость** состоит в возможности прогнозирования значений пиковых напряжений, обеспечивающих комфортное состояние пациента во время проведения процедуры.

**Цель работы:** поиск оптимальной области частот, генерируемых прибором для обеспечения комфортного состояния пациента во время проведения физиопроцедуры.

### **Задачи исследования:**

1. Рассмотреть основные виды электростимуляции.
2. Изучить основные технические характеристики приборов, которые используются в клинической практике при проведении электропроцедур.
3. Провести опыты по исследованию влияния настроечных параметров аппарата «ДиаДЭНС» на изменение значений пиковых напряжений.
4. Выявить оптимальные области частот прибора, обеспечивающих комфортные значения пиковых напряжений.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

При работе над ВКР использовались следующие методы исследования: теоретический (сравнительный анализ), моделирование и эмпирический (математико-статистический).

### **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**В первой главе** рассматривается понятие процедуры электростимуляции, представляющей собой влияние на организм импульсного электрического тока для возбуждения или усиления функционирования того или иного органа, а также основные виды этой процедуры, такие как ионофорез, электрофорез и динамическая электростимуляция.

Электростимуляция является результативным, проверенным видом физиотерапевтического влияния на организм.

Существуют различные виды электростимуляции, такие как: стимуляция сердца, диафрагмы, структур спинного мозга, матки, маточных труб, мочевого пузыря, мочеточников и желудочно-кишечного тракта.

Ионофорез – это перенос ионов под кожу, осуществляемый с помощью постоянного гальванического тока низкого напряжения и малой силы. Этот метод является неинвазивным, поэтому не происходит повреждение кожи.

Благодаря воздействию гальванического тока на клеточные мембраны запускаются и ускоряются все обменные процессы, повышается тонус мышечных волокон и сосудистых стенок, улучшается кровообращение и, соответственно, кровоснабжение всех тканей. Кроме гальванизации, которая наиболее подходит для ионофореза, также могут использоваться другие токи с характеристиками выпрямленного тока.

Электрофорез – сложный лечебный комплекс сочетанного влияния на организм постоянного тока и частиц лекарственных веществ, введённых через неповреждённую кожу или слизистые оболочки. Лечебное действие лекарственного электрофореза основано на взаимодействии тока с тканями и на специфических реакциях организма, сочетающихся с фармакологическим действием лекарственного вещества. Существуют различные методики и модификации лекарственного электрофореза, отличающиеся способом нанесения лекарственного вещества, наложением электродов и видами электрического воздействия.

Метод динамической электростимуляции относится к варианту современной реализации способов электрорефлексотерапии, в основе которого лежат сложнейшие многоуровневые рефлекторные и нейрохимические реакции, которые запускают адаптационные и регуляторные механизмы организма.

**Вторая глава** посвящена изучению медицинской технологии процедуры динамической нейростимуляции при помощи прибора «ДиаДЭНС», где приведены общие сведения об аппаратах ДЭНС, режимы работы, способы и зоны воздействия, а также даны рекомендации при применении аппаратов ДЭНС.

Аппарат «ДиаДЭНС» используется для электростимуляции биологически активных точек и зон.

Лечебный модуль универсальных аппаратов представлен режимами «Терапия», «Тест» и лечебно-профилактической программой минимальной эффективной дозы (МЭД). В режиме «Терапия» имеется возможность установки различных частот, каждая из которых обладает определенными лечебными эффектами. Диагностический модуль аппаратов, включающий в себя режим «Скрининг» позволяет проводить быструю оценку функционального состояния организма и определять наиболее важные зоны воздействия.

Лечебное воздействие ДЭНС может проводиться на рефлексогенные зоны различной площади и биологически активные точки. Воздействие может осуществляться тремя способами: стабильным, лабильным или стабильно-лабильным. Все зоны воздействия делятся на основные и дополнительные. С обработки основных начинается лечение, а дополнительные зоны используются совместно с основными для усиления лечебного эффекта.

Выбор мощности (интенсивности) воздействия осуществляется индивидуально, для каждой зоны и режима стимуляции. Интенсивность электростимуляции условно подразделяется на три уровня энергетического воздействия: минимальный, комфортный и максимальный.

**В третьей главе** приводится обоснование исходных данных к проведению опыта по исследованию влияния частоты, генерируемой прибором «ДиаДЭНС» на пиковые напряжения и получены функции, описывающие поведение этих значений. Проведена оптимизация значений пиковых напряжений, определяющая наилучшие показания регулируемого параметра – частоты, генерируемой прибором.

На первом этапе исследований проводилась проверка точности значений частот, генерируемых прибором «ДиаДЭНС» и определение

пиковых значений напряжений. Руководствуясь рекомендациями по эксплуатации данного прибора, значения частот задавались в пределах от 20 до 200 Гц. Правильность заданных частот проверялась при помощи осциллографа (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты измерения значений пиковых напряжений

№ пп.	Частота, задаваемая прибором $\nu$ , Гц	Значение частоты, скорректированное на осциллографе $\nu_{кор}$ , Гц	Значение пикового напряжения U, В		
			«круг»	«эллипс»	«подкова»
1	20	20,2	1,44	1,56	1,51
2	40	40,3	1,72	1,62	1,69
3	60	60,4	1,86	1,71	1,83
4	80	80,3	1,92	1,82	1,94
5	100	100,2	2,03	1,95	2,02
6	120	120,4	2,23	2,1	2,27
7	140	140,3	2,34	2,31	2,35
8	160	160,3	2,56	2,58	2,49
9	180	180,2	2,89	2,95	2,65
10	200	200,1	2,98	3,32	2,75

Для того чтобы было возможным наперед предвидеть значения пиковых напряжений в зависимости частоты, генерируемой прибором, был установлен вид одномерных моделей, описывающих поведение этих напряжений.

Для реализации этого замысла использовался метод наименьших квадратов как один из самых наглядных статистических методов обработки экспериментальных данных.

С учетом характера изменения исследуемой величины для получения моделей, описывающих влияние частоты, генерируемой прибором  $\nu$ , в принятых пределах варьирования к исследованию были взяты четыре функции.

В качестве таких функций строились четыре статистические модели: линейная, квадратичная, экспоненциальная и логарифмическая, которые в

общем случае имеют вид:

$$Y_1 = a_0 + a_1 \cdot X \text{ — линейная функция,}$$

$$Y_2 = a_0 + a_1 \cdot X + a_2 \cdot X^2 \text{ — квадратичная функция,}$$

$$Y_3 = a_0 \cdot e^{a_1 X} \text{ — экспоненциальная функция,}$$

$$Y_4 = a_0 + a_1 \cdot \ln X \text{ — логарифмическая функция.}$$

В этих моделях  $a_0, a_1, a_2$  — искомые постоянные коэффициенты,  $Y$  — исследуемая величина (значения пиковых напряжений), а  $X$  — влияющий параметр (в нашем случае  $\nu$  — частота, генерируемая прибором).

К исследованию были приняты три типа электродов: круглый, эллиптический и в форме подковы.

После проведения расчета коэффициентов моделей для эллиптического электрода, искомые функции были найдены в виде:

$$Y_1 = 1,1518 + 0,0094 \cdot X \text{ — линейная модель,}$$

$$Y_2 = 1,618 - 0,0022 \cdot X + 0,00005 \cdot X^2 \text{ — квадратичная модель,}$$

$$Y_3 = 1,3382 \cdot e^{0,0042 \cdot X} \text{ — экспоненциальная модель,}$$

$$Y_4 = -0,9016 + 0,6859 \cdot \ln X \text{ — логарифмическая модель.}$$

Полученные модели являются функциональными зависимостями, описывающими изменение пиковых напряжений в зависимости от частоты, генерируемой прибором.

По этим моделям был проведен расчет значений пиковых напряжений и критерия согласия Пирсона  $\chi^2$ , по численному значению которого можно установить, какая из моделей наилучшим образом описывает поведение исследуемой величины.

Аналогичным образом проводилось исследование значений пиковых напряжений для круглого электрода и электрода в форме подковы.

Анализ графических иллюстраций изменения величин напряжений на вершине импульса, описываемых приведенными выше моделями, показал, что все построенные функции имеют как минимум по две точки пересечения

с опытной кривой, причем в рамках исследования для четырех, принятых к исследованию функций эти точки достаточно близки друг к другу. Такой анализ приводит к предположению, что зона, ограниченная этими точками пересечения, является оптимальной зоной изменения частоты импульса, генерируемой прибором.

В качестве примера приводится отыскание точек пересечения квадратичной модели для эллиптического электрода с оставшимися тремя функциями – линейной, экспоненциальной и логарифмической.

На первом этапе отыскивались точки пересечения квадратичной и экспоненциальной функций, графическая иллюстрация которых приведена на рисунке 1.

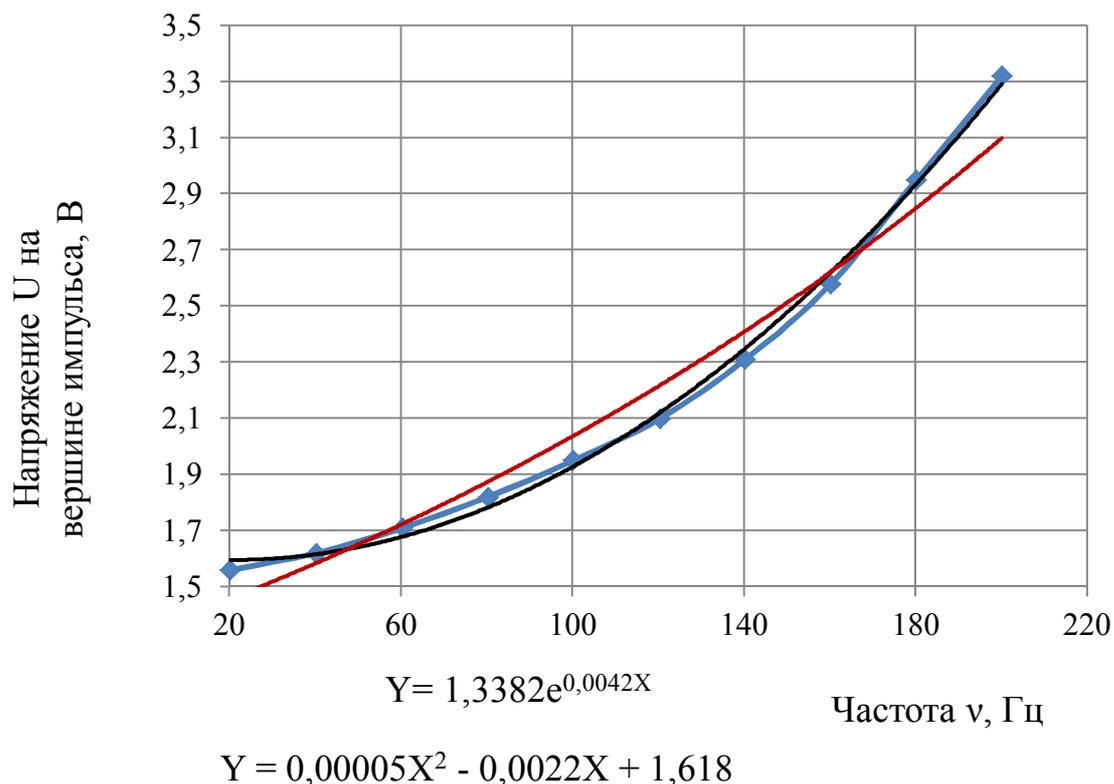


Рисунок 1 – Графическая иллюстрация пересечения графиков квадратичной и экспоненциальной моделей

Для нахождения точки пересечения функций  $Y_2 = 1,618 - 0,0022 \cdot X + 0,00005 \cdot X^2$  и  $Y_3 = 1,3382 \cdot e^{0,0042X}$  приравнялись правые

части этих выражений, и полученное уравнение решалось относительно переменной  $X$ .

Уравнение, подлежащее решению, имело вид:

$$1,3382 \cdot e^{0,0042X} - 0,00005 \cdot X^2 + 0,0022 \cdot X - 1,618 = 0 \quad .(1)$$

Из графика видно, что графики исследуемых функций имеют две точки пересечения – в интервале от 20 до 60 Гц и от 140 до 180 Гц.

Зададим степень точности вычислений  $\delta=0,001$ . Это означает, что корни уравнения, обращающие его в тождество, будут являться границами, определяющими оптимальную область изменения исследуемого параметра – частоты, генерируемой прибором.

Используя для решения уравнения (1) метод хорд, вычислили левую границу оптимальной области изменения частот, генерируемых прибором, которая составляет  $v_{\min} = 45,679$  Гц. Аналогичным образом была найдена правая граница  $v_{\max} = 180,33$  Гц.

Аналогичным образом были найдены границы оптимальных областей изменения частоты  $\nu$  для круглого электрода и электрода в форме подковы, которые имеют вид:

- для круглого электрода –  $v_{\min} = 52,64$  Гц,  $v_{\max} = 178,54$  Гц,
- для электрода в форме подковы –  $v_{\min} = 48,46$  Гц,  $v_{\max} = 169,37$  Гц.

Окончательно найденные оптимальные области для всех исследуемых электродов сведены в таблицу 2.

Как видно из расчетов, значения левых и правых границ достаточно близки друг к другу, поэтому, применяя усреднение этих значений, нетрудно установить границы оптимальной области изменения частоты, генерируемой прибором для всех типов электродов:  $v_{\min} = 48,87$  Гц,  $v_{\max} = 176,1$  Гц.

Таблица 2 – Оптимальные области для всех исследуемых электродов

Вид электрода	Границы оптимальных областей $\nu$ , Гц	
	Нижняя	Верхняя
Эллиптический	$\nu_{\min}=45,679$	$\nu_{\max}=180,33$
Круглый	$\nu_{\min}=52,64$	$\nu_{\max}=178,54$
В форме подковы	$\nu_{\min}=48,46$	$\nu_{\max}=169,37$
Усредненные значения	$\nu_{\min}=48,87$	$\nu_{\max}=176,1$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной ВКР была достигнута поставленная цель – проведен поиск оптимальной области частот, генерируемых прибором для обеспечения комфортного состояния человека при проведении физиопроцедуры.

Были выполнены следующие задачи:

- рассмотрены основные виды электростимуляции;
- изучены общие технические характеристики приборов, используемых в клинической практике при проведении электропроцедур;
- проведены опыты по исследованию влияния настроечных параметров аппарата «ДиаДЭНС» на изменение значений пиковых напряжений;
- построены оптимальные области изменения настроечных частот прибора, обеспечивающих комфортные значения пиковых напряжений.

Используя известные методы обработки экспериментальных данных, построены статистические функции, описывающие изменение пиковых значений напряжений, в зависимости от частоты, генерируемой прибором. Полученные модели проверены на сходимость результатов с экспериментальными данными.

В ходе проверки на сходимость установлено, что для эллиптического электрода лучшей функцией, описывающей поведение значений пиковых напряжений является квадратичная, а для круглого и электрода в форме подковы – линейная.

Проведен поиск оптимальной области частот, генерируемых электростимулятором «ДиаДЭНС», удовлетворяющей комфортному состоянию человека при проведении физиопроцедуры.

Работа будет полезна студентам, обучающимся по направлению «Биотехнические системы и технологии», и медицинским работникам, осуществляющим свою деятельность в физиотерапии.