

Программа подготовки магистратуры

Направление подготовки:

12.04.04 «Биотехнические системы и технологии»

Профиль:

«Персонализированные, носимые и имплантируемые
биомедицинские системы»



2021



Об институте

Институт биомедицинских систем Национального исследовательского университета «МИЭТ» ведёт свою историю с 1 сентября 1993 года, когда на кафедре теоретической и экспериментальной физики факультета электроники и компьютерных технологий первые 25 студентов начали обучение по специальности «Биотехнические и медицинские аппараты и системы». В 1999 на базе кафедры теоретической и экспериментальной физики была образована кафедра биомедицинских систем, которая в 2008 году и была преобразована в Институт биомедицинских систем (Институт БМС). В настоящее время Институт ежегодно набирает на обучение около 50 бакалавров и 10-15 магистров.

С самого начала образовательная программа была организована в виде междисциплинарной системы естественных и инженерных наук с тесным взаимодействием образовательного и научного процесса с самым активным участием студентов, профессорско-преподавательского и научно-исследовательского персонала.

Основная цель образовательной программы — это развитие и саморазвитие целостной личности исследователя-разработчика, готового к участию во всех

стадиях процесса разработки современных электронных и компьютерных биомедицинских систем — от идеи через концепцию, проектирование, прототипирование, испытания и сертификацию к постановке на серийное производство.

Руководство института:

Директор Института БМС, д.ф.-м.н., профессор **Селищев Сергей Васильевич**



Заместитель директора по образовательной деятельности, к.ф.-м.н., доцент **Потапов Дмитрий Александрович**



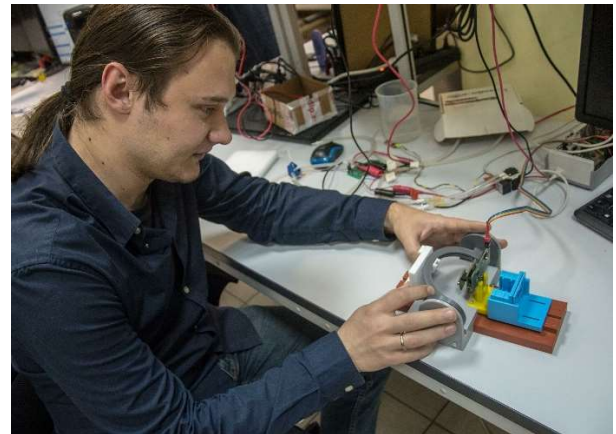
Заместитель директора по научной деятельности, к.т.н., доцент **Тельшев Дмитрий Викторович**





Основные направления научно-образовательной деятельности

1. Электрокардиографические системы
2. Автоматические внешние дефибрилляторы
3. Насосы (аппараты) вспомогательного кровообращения
4. Биосовместимые наноматериалы
5. Биомедицинская оптика
6. Тканеинженерные конструкции
7. Гемодиализные системы
8. Неинвазивные глюкометры
9. Системы «искусственная поджелудочная железа»
10. Чрескожная беспроводная передача энергии



Структура изучаемых курсов

Базовые модули

Иностранный
язык

Проектный
менеджмент

Корпоративная
культура

Профильные модули

Обязательная
часть

Дополнительная
часть

Дисциплины
по выбору

Практика

Производственная

Учебная:

- проектно-конструкторская
- преддипломная

Государственная итоговая аттестация





Профильные модули:

Обязательная часть:

Биомедицинская инженерия искусственных органов;
Персонализированные биомедицинские системы.

Дополнительная часть:

Проектирование медицинских электронных устройств;
Лазерная инженерия биосовместимых материалов;
Распространение электромагнитного излучения в биологических средах;
Гемодиализные системы;
Приборы и методы контроля состава крови;
Организация производства и вывод на рынок изделий медицинской техники;
Защита результатов интеллектуальной деятельности в области биомедицинской инженерии.

Дисциплины по выбору:

Фотометрия рассеивающих сред;
Электрокардиографические системы;
Биомедицинская нелинейная оптика;
Биомагнитные явления.



Трудоустройство выпускников:

- Abbott Russia
- Samsung
- General Electric Healthcare
- Philips Electronics
- Siemens Healthcare
- ProfWay Group
- ЗАО «НПФ «БИОСС»
- МЕДСИ
- АО «Зеленоградский инновационно-технологический центр»
- ООО «ЗИТЦ медицинской техники»
- ГКБ им. М. П. Кончаловского
- ООО «Нейроботикс»
- ООО «ЭСДИАР»
- ООО «Фотометрикс»
- Фармстандарт-Медтехника
- ООО «МКС»
- ЗАО «НПФ «БИОСС»



GE Healthcare

PHILIPS



SIEMENS
Healthcare



Zelenograd innovation-technology
center of medical equipment



ЭСДИАР

Разработка медицинских приборов



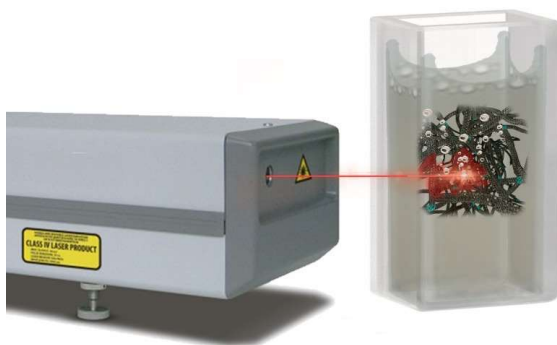
Научно-исследовательские лаборатории:

Моделирования,
проектирования и
разработки систем
вспомогательного
кровообращения



Беспроводных
биомедицинских интерфейсов

Систем искусственной
биомедицинской регуляции



Биомедицинских
нанотехнологий





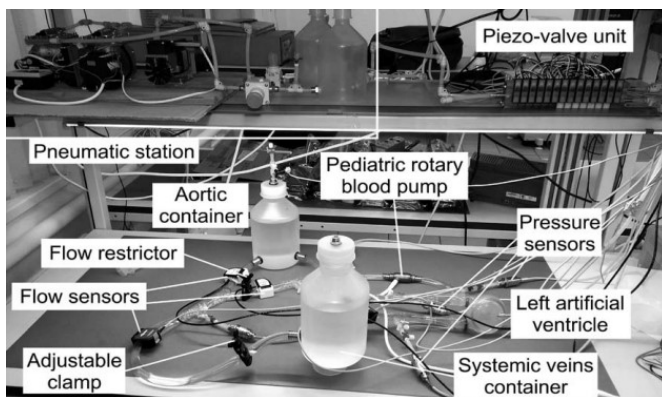
Научно-исследовательская лаборатория моделирования, проектирования и разработки систем вспомогательного кровообращения

Деятельность лаборатории направлена на разработку роторных насосов крови, применяемых в качестве моста к трансплантации и долгосрочной терапии у пациентов с тяжелой формой сердечной недостаточности.



АВК-Н «Спутник»

В лаборатории выполняются работы по математическому и стендовому моделированию систем вспомогательного кровообращения и их взаимодействия с сердечно-сосудистой системой.



Фотография гидравлического контура стенда педиатрической сердечно-сосудистой системы с детским роторным насосом крови

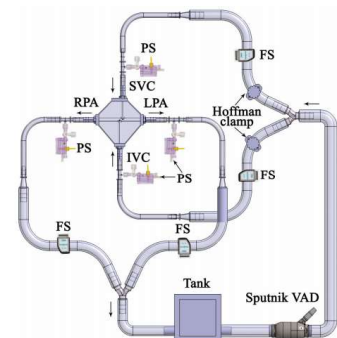
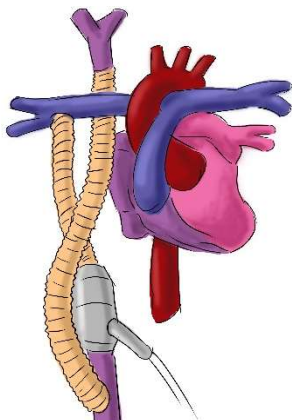
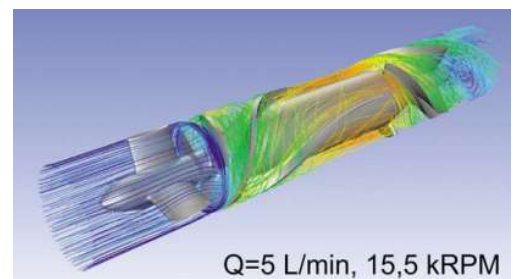


Схема стенда испытаний соединения при одножелудочковом кровообращении



Схематическое изображение поддержки одножелудочкового кровообращения роторным насосом крови



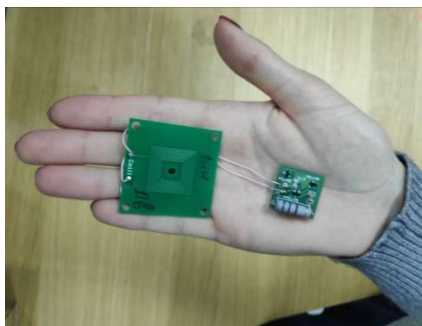
Q=5 L/min, 15,5 kRPM

Изображение 3D моделирования потока в роторном насосе Спутник, полученное в Ansys



Научно-исследовательская лаборатория беспроводных биомедицинских интерфейсов

Целью работы лаборатории беспроводных биомедицинских интерфейсов является создание современных технологий бесконтактной передачи данных и энергии между медицинскими устройствами. В фокусе внимания – беспроводное питание электронных имплантатов различного назначения, от нейростимуляторов до систем механической поддержки кровообращения. Научный коллектив лаборатории, вместе с проходящими практику студентами, ведёт интенсивные фундаментальные исследования и прикладные разработки с использованием уникального экспериментального оборудования, современных пакетов цифрового моделирования и передовых подходов к изучению сложных биотехнических систем. Магистранты в НИЛ ББИ знакомятся с современными технологиями беспроводной передачи энергии (в том числе к мобильным устройствам и электромобилям); получают навыки теоретических и экспериментальных исследований в области взаимодействия электромагнитного излучения с биологическими тканями; практику численного моделирования сложных биофизических процессов; опыт и навыки проектирования современной силовой электроники и разработки цифровых моделей электронных устройств.



Разработанный в НИЛ ББИ миниатюрный (20x20 мм) имплантируемый модуль питания имплантатов мощностью 500 мВт.

Испытания на лабораторном животном разработанного коллективом НИЛ ББИ устройства для беспроводного питания безаккумуляторных имплантатов.



Научно-исследовательская лаборатория систем искусственной биомедицинской регуляции

Ключевым направлением лаборатории являются исследование и разработка систем, позволяющих корректировать, контролируемо регулировать и поддерживать состав крови, что особенно важно для жизнеобеспечения пациентов с нарушенным гомеостазом, вызванным (поли)органной недостаточностью. Деятельность лаборатории направлена главным образом на создание автономной носимой аппаратуры «искусственная почка» и «искусственная поджелудочная железа».



Фотография лабораторных испытаний носимого аппарата для искусственного очищения крови с непрерывной регенерацией отработанного диализирующего раствора

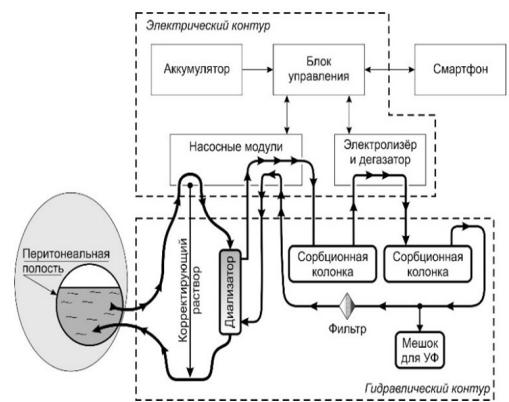
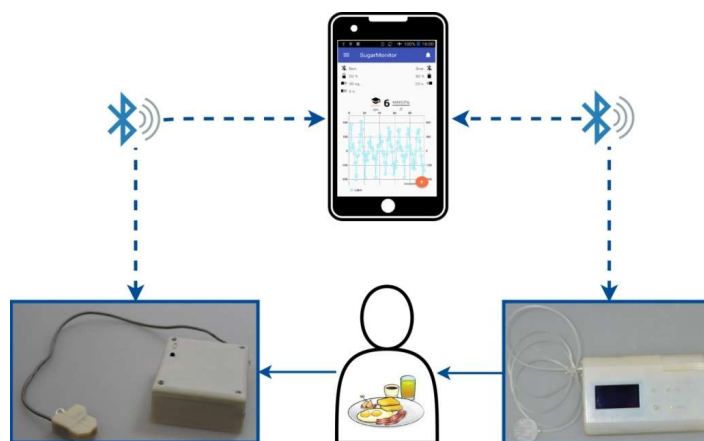


Схема носимого аппарата искусственного очищения крови с регенерацией диализата



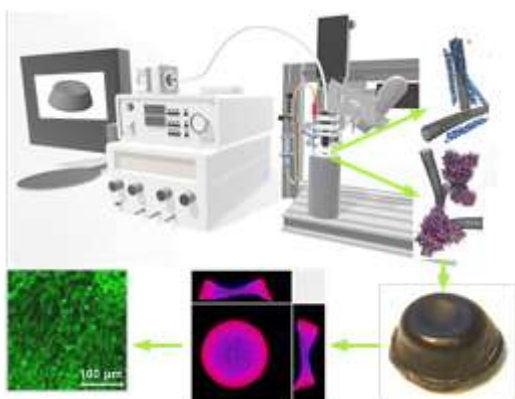
Структура экспериментального образца аппарата для адаптивной инсулинотерапии



Научно-исследовательская лаборатория биомедицинских нанотехнологий

В настоящее время научная лаборатория развивается в нескольких направлениях:

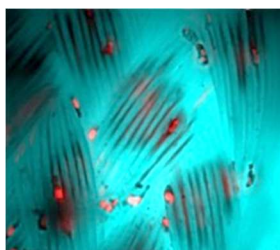
- Открытие новых физических явлений и разработка новых материалов для создания наноэлектронных и биоэлектронных компонентов.
- Разработка бионаноматериалов для создания имплантатов и интерфейсов с целью стимуляции регенерации тканей различных органов.
- Разработка оптоэлектронного оборудования для диагностики и восстановления биологических тканей.



Процесс создания нанокompозитных имплантатов для восстановления тканей органов, в том числе тканей сердца



Комплекс тензодатчиков для мониторинга мышечной активности в постинсультный период реабилитации пациента



Изображения волокон связок суставов с нанобиопокрытием, между которыми расположены клетки кости перед имплантацией в костный канал



Фотография аппарата для лазерного сваривания биологических тканей при проведении хирургической операции по восстановлению дефектов сердца



Выпускники 2021



Мобильная электрохимическая система трёхмерной печати биологических объектов

Андрианов
Дмитрий Игоревич



Введение

На сегодняшний день при сильном повреждении кожного покрова актуальным решением является пересадка кожи, аутопластика. К большому сожалению в ряде случаев данный метод применить невозможно. Наряду с этим существует клеточная дермопластика, суть, которой заключается в выращивании клеток кожи в лабораторных условиях *in vitro* с использованием дорогостоящих стационарных биопринтеров и их использовании для трансплантации. Эффективным средством решением этих проблем станет использование недорогих ручных биопринтеров, которые смогут использовать современные технологии биопечати в медицине при печати *in vivo*. Общая цель настоящего проекта состоит в том, чтобы вывести технологии биопечати на уровень применения в медицине на реальных пациентах для заживления ран.

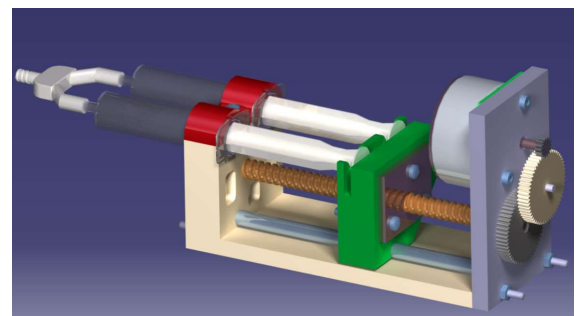
Материалы и методы

Устройство планируется использовать в медицине катастроф для оказания своевременной помощи пострадавшим. Процесс печати

представляет собой смешение клеток с гидрогелем и нанесение полученных биочернил на поврежденный участок кожи. Для реализации данного процесса печати была спроектирована мобильная электрохимическая система трёхмерной печати биологических объектов (рисунок).

Результаты

Для управления системой был разработан алгоритм, который затем был реализован в виде программы для микроконтроллера. Также была разработана электрическая принципиальная схема драйвера для управления шаговым двигателем.



Общий вид мобильной электрохимической системы трёхмерной печати биологических объектов



Разработка мобильного приложения для инсулинового насоса

Колесник
Александр
Алексеевич



Введение

Преимущества инсулиновой помпы для пациентов с диабетом 1 типа признаны как за ее метаболическую эффективность, так и за ее положительное влияние на качество жизни. Современные насосы надежны, компактны и легки и становятся все более совершенными, однако обладают малым функционалом или неудобны в управлении.

В НИЛ СИБР была разработана портативная инсулиновая помпа. Так как, блок индикации устройства имеет экран 128x64 точки и 5 функциональных кнопок, которых недостаточно для контроля состояния прибора, сигнализации об ошибках, возникающих в процессе работы, настройки параметров ввода инсулина, было решено разработать мобильное приложение для контроля параметров работы инсулинового насоса по протоколу Bluetooth Low Energy.

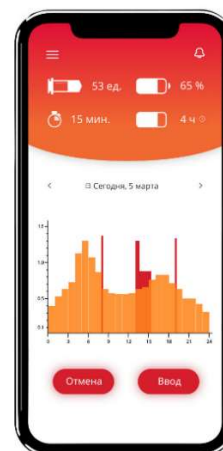
Результаты

Разработанное мобильное приложение предназначено для обеспечения доступа пользователей к информации о текущем состоянии и

управлением режимами работы инсулиновой помпы.

Основными функциями программного обеспечения являются: подключение/отключение к инсулиновой помпе, ввод болюсной дозы инсулина, выбор/редактирование базальных профилей, вывод информации текущего заряда батареи инсулиновой помпы, остаток инсулина в резервуаре в единицах, график ввода инсулина, замена картриджа.

Были проведены испытания совместной работы приложения и инсулинового насоса. Усредненная за 2 часа погрешность введения инсулина составила 1,8% от заданного значения.



Главный экран приложения





Электронная система обеспечения формирования клеточной структуры с целью восстановления нарушенных кожных покровов

Липкин Иоанн
Юрьевич



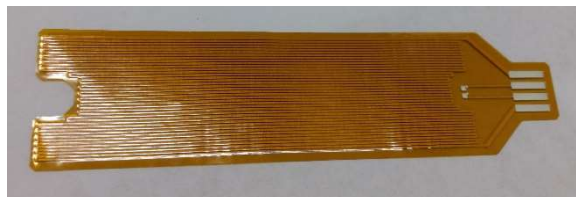
Введение

Как свидетельствует Росстат, ежегодно в России ожоговые травмы получают от 200 до 300 тысяч человек. Использование клеточных методов позволяет при минимальной биопсии ткани проводить лечение больших поражённых участков кожи. Поддержание жизнеспособности эпидермальных клеток имеет решающее значение для результатов лечения.

Для формирования клеточной структуры необходимо обеспечить нагрев до 37 °С и последующее поддержание до 20 минут, не более часа, что обусловлено её свойствами.

Материалы и методы

Электронная система состоит из двух основных взаимодействующих функциональных частей – контроллера, а также блока регистрации температуры и нагрева. В качестве нагревательного элемента используется гибкая печатная плата с выполненным на ней топологически сопротивлением. Это позволило увеличить площадь соприкосновения с нагреваемой ёмкостью и, в следствие, улучшить теплообмен.



Нагревательный элемент на гибком полиамидном носителе

Контроллер представляет собой печатную плату с реализацией на ней блоков: управления, индикации, понижения и стабилизации напряжения, пользовательского интерфейса, а также измерения температуры, за исключением термистора, который располагается на гибкой плате нагревательного элемента.

Результаты

Моделирование источников питания при разной нагрузке показало достаточность 4 АА батарей; при нагрузке нагревательного элемента в 4,7 Ом более часа активного нагрева.

Изготовленные печатные платы показали соответствие поставленным им задачам и технологическим требованиям на этапе проектирования. Разработанное программное обеспечение выполняется на контроллере и осуществляет управление всей электронной системой.



Метод спектроскопии диффузного рассеяния для неинвазивного определения концентрации глюкозы в биологических средах

Михайлов
Михаил
Олегович

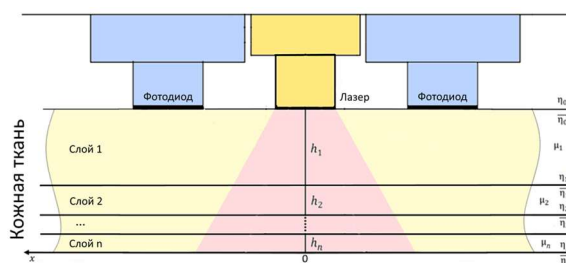


Введение

В настоящее время, по данным международной диабетической организации количество больных сахарным диабетом в мире составляет 463 млн человек. Инвазивные глюкометры являются единственными устройствами контроля концентрации глюкозы в крови. В то же время уже более 40 лет ведутся работы по созданию неинвазивных устройств.

Материалы и методы

Спектроскопия диффузного рассеяния заключается в регистрации диффузно отражённого/рассеянного излучения от биологической ткани и его последующем анализе.



Схематическое изображение
системы измерения

Для расчёта концентрации глюкозы в крови по показаниям фотодиодов разработана математическая модель системы измерений. Модель позволяет описать связь потока регистрируемого излучения с концентрацией глюкозы в крови для многослойной ткани и оценить чувствительность системы к изменению концентрации глюкозы в крови.

Результаты

Моделирование распределения интенсивности излучения показало, что суммарный поток регистрируемого излучения составляет 52,5 мкВт, что на несколько порядков выше темнового тока стандартного фотодиода. Согласно разработанной модели чувствительность устройства составила 0,4 % при изменении концентрации глюкозы на 1 ммоль/л.

Испытания макета сенсора глюкозы показали, что величины чувствительности устройства к изменению концентрации глюкозы в стационарной и проточной системах составили 0,13 % и 0,16 % и 1 ммоль/л соответственно.



Разработка метода адаптивной подстройки параметров системы чрескожной индуктивной передачи энергии на основе усилителя класса E

Селютина Елена
Викторовна

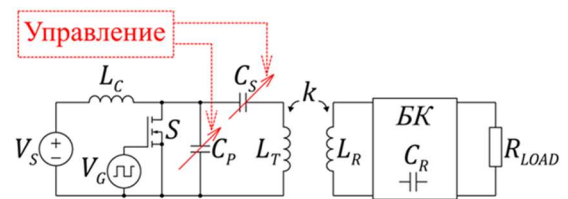


Введение

Беспроводное питание является перспективной технологией энергообеспечения активных имплантатов. Одной из основных проблем использования этой технологии являются смещения передатчика и приёмника относительно друг друга. Эти смещения ведут к изменению выходной мощности и к уменьшению общей эффективности системы. Целью работы было создание метода компенсации таких смещений.

Материалы и методы

В работе исследовалась система беспроводного питания на основе индуктивной связи, с усилителем мощности класса E в генераторной части. Была предложена оригинальная идея динамической регулировки ёмкости конденсаторов C_p и C_s , позволяющая поддерживать постоянное напряжение и мощности на нагрузке при смещениях приёмной и передающей катушек относительно друг друга.



Принципиальная схема системы ЧИПЭ с ёмкостной подстройкой

Был предложен алгоритм определения номиналов конденсаторов, в среде LTSpice построена цифровая модель системы беспроводного питания и проведено исследование метода на основе численного моделирования.

Результаты

Было показано, что предложенный метод позволяет создавать системы с различными рабочими частотами (100 и 1 МГц), позволяющие поддерживать постоянную мощность в диапазоне 1...5 Вт при изменении расстояния между катушками в пределах 5...25 мм. Такие системы могут быть использованы для питания миниатюрных педиатрических насосов крови.



Алгоритм оптимизации работы обратной температурной связи для лазерного сваривания биологических тканей



Тарицына Надежда
Александровна

Введение

Лазерное сваривание — это метод, применяемый для восстановления целостности биотканей. Основным процессом является контроль температуры нагреваемой лазером области биоткани. Нагрев свыше 60 °С приводит к некрозу тканей. Одним из эффективных способов предотвращения перегрева является использование пропорционально-интегрально-дифференцирующего (ПИД) регулятора с обратной температурной связью.

Материалы и методы

Разработанный алгоритм состоит из 4 частей. В 1 части осуществляется обработка параметров биоткани. Во 2 части определяется коэффициент температуропроводности необходимый для моделирования зависимости охлаждения объекта от времени. В 3 части осуществляется моделирование охлаждения объекта с учетом нагрева.

Вычисляются параметры биоткани: масса и удельная теплоемкость на основе зависимости температуры от времени и мощности лазерного излучения от силы тока. В 4 части определяются оптимальные коэффициенты ПИД регулятора методами перебора по сетке и градиентного спуска.

Результаты

Проведена апробация разработанного алгоритма на 3 типах тканей *in vivo*. Алгоритм позволил сократить время подбора коэффициентов ПИД-регулятора и усовершенствовать контроль нагрева объекта во время процедуры лазерного сваривания. На рисунке представлена температурная кривая нагрева биообъекта до 40 °С с подобранными коэффициентами.



Исследование магнитных характеристик плоских концентрических катушек для индуктивных систем чрескожной передачи энергии

Хертек
Александр
Владимирович



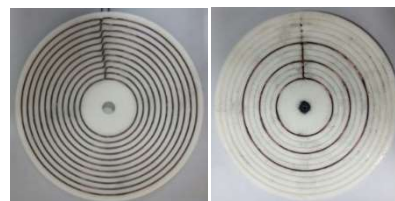
Введение

Одной из ключевых проблем создания биомедицинских систем индуктивного питания имплантатов является проектирование катушечных пар. От успешного решения этой проблемы зависят габариты системы, надёжность и безопасность системы, эффективность и стабильность передачи энергии. Целью работы было исследование характеристик плоских концентрических катушек индуктивности, используемых в НИЛ ББИ для чрескожной передачи энергии. используемых инструментов расчёта взаимной и собственной индуктивности катушек.

Материалы и методы

В среде Matlab была разработана программа для расчёта и анализа основных магнитных характеристик плоских концентрических катушек

индуктивности в зависимости от их основных конструктивных особенностей (размеры, число витков в обмотке). Результаты расчётов были сопоставлены с результатами измерения характеристик реальных катушек индуктивности.



Пример исследованных в работе катушек индуктивности

Результаты

Описана связь между геометрией и магнитными характеристиками катушек. Определена форма плоской катушки, соответствующая минимальной индуктивности. Показана возможность создания катушек различной формы с одинаковой, наперёд заданной собственной индуктивностью.

