

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович

Должность: Ректор МИЭТ

Дата подписания: 31.10.2023 14:01:31

Уникальный идентификатор:

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР



И.Г. Игнатова

2019 г.

## ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

### «Принципы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов и цифровых сенсорных сетей»

Программа повышения квалификации разработана в Центре НТИ «Сенсорика» с целью формирования у слушателей компетенций, необходимых для разработки и практического использования сквозных технологий Национальной технологической инициативы.

Москва – 2019

## **1. Цель реализации программы**

Опережающее формирование компетенций специалистов для участия в разработке, производстве и эксплуатации цифровых сенсорных сетей медицинского назначения, использующих беспроводные интерфейсы

## **2. Требования к результатам обучения**

Формируемая профессиональная компетенция – способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК-2 по направлению 201000 «Биотехнические системы и технологии»).

### **Планируемые результаты обучения**

В результате освоения программы слушатель должен знать:

- физические основы взаимодействия электромагнитного излучения радио- и оптического диапазона с биологическими тканями;
- основные принципы построения биомедицинских беспроводных интерфейсов;
- основные схемотехнические решения, использующиеся для построения передающих и приёмных модулей;
- методы проектирования и оптимизации беспроводных интерфейсов для цифровых сенсорных сетей медицинского назначения;

слушатель должен уметь:

- выбирать частотный диапазон электромагнитного излучения в зависимости от назначения сенсорной сети;
- решать задачи многокритериальной оптимизации передатчиков и приёмников в составе беспроводных интерфейсов;
- оценивать электромагнитную безопасность беспроводного интерфейса для человека.

### 3. Содержание программы

#### Учебный план

программы повышения квалификации

«Принципы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов  
и цифровых сенсорных сетей»

Категория слушателей: специалисты с профильным и непрофильным высшим образованием

Срок обучения: 72 час.

Форма обучения: очная.

№ п/п	Наименование разделов	Всего, час.	В том числе	
			лекции	практич. и лаборат. занятия
1	Принципы и методы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов с использованием радиочастотного излучения	48	48	
2	Принципы и методы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов с использованием оптического излучения	24	24	
Итоговая аттестация			Тест	

**Учебно-тематический план  
программы повышения квалификации**

**«Принципы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов  
и цифровых сенсорных сетей»**

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего, час.	В том числе	
			лекции	практич. и лаборат. занятия
1	2	3	4	5
<b>1</b>	<b>Принципы и методы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов с использованием радиочастотного излучения</b>			
1.1	Физические основы взаимодействия радиочастотного излучения с биологическими средами	4	4	
1.2	Принципы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов на основе низкочастотной индуктивной связи (ближнее поле)	12	12	
1.3	Принципы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов на основе высокочастотной индуктивной связи (дальнее поле)	4	4	
1.4	Методы проектирования и оптимизации конструкции приёмных и передающих модулей	24	24	
1.5	Нагрев биологических тканей при беспроводной чрескожной передаче энергии с помощью индуктивной связи	2	2	
1.6	Проблема электромагнитной совместимости и помехозащищённости	2	2	
<b>2</b>	<b>Принципы и методы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов с использованием оптического излучения</b>			
2.1	Физические основы взаимодействия оптического излучения с биологическими тканями	8	8	
2.2	Безопасный уровень локального ИК-облучения тела человека и принципиальные ограничения оптических беспроводных систем медицинского назначения	4	4	
2.3	Методы проектирования и оптимизации конструкции приёмных и передающих модулей	12	12	

**Учебная программа повышения квалификации**  
**«Принципы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов**  
**и цифровых сенсорных сетей »**

**Модуль 1.** Принципы и методы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов с использованием радиочастотного излучения

Тема 1.1 Физические основы взаимодействия радиочастотного излучения с биологическими средами (4 часа)

Электромагнитные свойства биологических тканей.

Поглощение радиочастотного излучения в биологических тканях.

Методы математического описания прохождения радиочастотного излучения через биологические ткани.

Тема 1.2. Принципы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов на основе низкочастотной индуктивной связи (ближнее поле) (12 часов)

Назначение и основные характеристики беспроводных биомедицинских интерфейсов на основе низкочастотной индуктивной связи.

Структурная схема беспроводного биомедицинского интерфейса на основе низкочастотной индуктивной связи.

Математическая модель беспроводного биомедицинского интерфейса на основе низкочастотной индуктивной связи.

Основные характеристики беспроводного биомедицинского интерфейса на основе низкочастотной индуктивной связи.

Тема 1.3 Принципы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов на основе высокочастотной индуктивной связи (дальнее поле) (4 часа)

Структурная схема беспроводного биомедицинского интерфейса на основе высокочастотной индуктивной связи.

Математическая модель беспроводного биомедицинского интерфейса на основе высокочастотной индуктивной связи.

Основные характеристики беспроводного биомедицинского интерфейса на основе высокочастотной индуктивной связи.

Тема 1.4 Методы проектирования и оптимизации конструкции приёмных и передающих модулей (24 часа)

Критерии оптимизации (целевые функции) беспроводных биомедицинских интерфейсов.

Алгоритмы проектирования приёмных и передающих модулей.

Геометрическая оптимизация приёмников и передатчиков.

Алгоритмы и методы подстройки рабочей частоты при изменении взаимного положения приёмного и передающего модулей.

Тема 1.5 Нагрев биологических тканей при беспроводной чрескожной передаче энергии с помощью индуктивной связи (2 часа)

Биотепловое уравнение (уравнение Пеннеса).

Теория термического поражения Хенрикса-Морица.

Стандарты термобезопасности медицинских приборов.

Тема 1.6 Проблема электромагнитной совместимости и помехозащищённости (2 часа)

Рабочие диапазоны, разрешённые диапазоны частот.

Методы расчёта удельной поглощённой мощности радиочастотного излучения.

Стандарты безопасности локального электромагнитного облучения.

**Модуль 2. Принципы и методы построения беспроводных биомедицинских интерфейсов с использованием оптического излучения**

Тема 2.1 Физические основы взаимодействия оптического излучения с биологическими тканями (8 часов)

Оптические свойства биологических тканей.

Уравнение переноса излучения и его приближения.

Потери энергии оптического излучения в биологических тканях

Тема 2.2 Безопасный уровень локального ИК-облучения тела человека и принципиальные ограничения оптических беспроводных систем медицинского назначения (4 часа)

Стандарты безопасности локального ИК-облучения тела человека.

Оценка предельных уровней мощности тока, генерируемого в приёмной части системы.

Тема 2.3 Методы проектирования и оптимизации конструкции приёмных и передающих модулей (12 часов)

Методы определения оптимальной формы приёмников оптического излучения.

Методы конструирования передатчиков. Компенсация эффекта обратного рассеяния.

#### 4. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория	Лекции, практические занятия	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска

## 5. Учебно-методическое обеспечение программы

### Раздел 1.

Основная литература:

1. Под ред. Камышко И.В. Медицинские приборы. Разработка и применение. М.: Медицинская книга, 2004.
2. Под ред. Боголюбова В.М. Техника и методика физиотерапевтических процедур. М.: Медицина, 2002.
3. А.А. Данилов, Г.П. Иткин, С.В. Селищев. Развитие методов чрескожного беспроводного энергообеспечения имплантируемых систем вспомогательного кровообращения // Медицинская техника, 2010. №4 (262), с. 8-15.

Дополнительная литература

1. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчёт индуктивностей: справочная книга. – 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отделение, 1986. – 488 с.
2. «Wiley encyclopedia of biomedical engineering», ed. M. Akay, Hoboken, John Wiley & Sons, Inc., 2006.

### Раздел 2.

Основная литература:

1. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. – М.: Мир, 1981. – Т.1.
2. Кейз К., Цвайфель П. Линейная теория переноса. – М.: Мир, 1972.

Дополнительная литература

1. M. Groß, R. Buß, T. Alder, R. Heinzelmann, D. Kalinowski, D. Jäger Artificial vision: an application for short-distance free-space optical interconnection // J. Opt. A: Pure Appl. Opt. 1, 1999. – p. 310-312.
2. K. Goto, T. Nakagawa, O. Nakamura and S. Kawata, “An Implantable Power Supply with an Optically Rechargeable Lithium Battery”// IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2001. – Vol. 48, No. 7. – p. 830–833.

3. Терещенко С.А., Подгаецкий В.М., Данилов А.А. Уточнённая диффузионная модель для описания взаимодействия лазерного излучения с биологической средой // Оптика и спектроскопия, т. 102, №.5, 2007. – с. 840-845.

#### **6. Оценка качества освоения программы**

Оценка качества освоения дисциплины выполняется преподавателем по итогам тестирования (устного опроса) слушателей.

Перечень вопросов для тестирования представлен в Приложении 1.

Слушатель считается аттестованным, если имеет положительные оценки (3,4 или 5) по всем разделам программы, выносимым на экзамен.

#### **7. Составители программы**

Данилов А.А., к.ф.-м.н., доцент

Директор ДРОП

  


## Приложение 1. Перечень вопросов для итогового тестирования

1. Принципы выбора носителя энергии (информации) при построении беспроводных биомедицинских интерфейсов.
2. Особенности распространения оптического излучения в биологических тканях.
3. Электромагнитные свойства биологических тканей.
4. Поглощение радиочастотного излучения в биологических тканях.
5. Влияние характеристик биологической ткани на оптимальную топологию беспроводного биомедицинского интерфейса на основе оптического излучения.
6. Влияние топологии приёмной и передающей катушек на взаимную индуктивность.
7. Методы расчёта взаимной индуктивности.
8. Методы оценки возможного уровня нагрева имплантируемых приёмников энергии.
9. Зависимость топологии беспроводного биомедицинского интерфейса от медицинских показаний.
10. Влияние топологии системы на стабильность и эффективность передачи энергии.
11. Компромиссное решение проблем обеспечения эффективности передачи энергии, стабильности передачи энергии и термобезопасности системы.
12. Преимущества и недостатки использования оптического излучения и индуктивной связи для чрескожной беспроводной передачи энергии.
13. Требования к термобезопасности имплантируемых медицинских приборов (сенсоров). Способы уменьшения нагрева имплантируемой части беспроводных биомедицинских интерфейсов.
14. Связь частоты излучения и топологии приёмников и источников излучения.
15. Уравнение переноса излучения и его приближения.
16. Методы расчёта удельной поглощённой мощности радиочастотного излучения.
17. Биотепловое уравнение (уравнение Пеннеса).
18. Теория термического поражения Хенрикса-Морица.
19. Геометрическая оптимизация приёмников и передатчиков.
20. Алгоритмы и методы подстройки рабочей частоты при изменении взаимного положения приёмного и передающего модулей.