

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра электронной техники и технологии

## ***ЭЛЕКТРОННАЯ ЛЕЧЕБНАЯ АППАРАТУРА***

Методические указания и контрольные задания

для студентов специальности

«Медицинская электроника»

заочной формы обучения

Минск 2007

УДК 615.841(075.8)  
ББК 53.5 я 73  
Э 45

Составители:  
А. Н. Осипов, С. С. Стебунов, М. В. Давыдов

Э 45      **Электронная** лечебная аппаратура : метод. указания и контрольные задания для студ. спец. «Медицинская электроника» заочн. формы обуч. / сост. А. Н. Осипов, С. С. Стебунов, М. В. Давыдов. – Минск : БГУИР, 2007. – 15 с.

Приведены содержание дисциплины «Электронная лечебная аппаратура», общие методические указания к ее изучению и варианты контрольной работы, тематика и требования к курсовой работе.

Настоящие методические указания и контрольные задания предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Медицинская электроника» заочной формы обучения.

**УДК 615.841(075.8)**  
**ББК 53.5 я 73**

© Осипов А. Н., Стебунов С. С., Давыдов М. В., составление, 2007  
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2007

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Предмет дисциплины и цель ее преподавания .....	4
2. Задачи изучения дисциплины и ее структура .....	4
3. Рекомендации по изучению дисциплины .....	4
4. Наименование тем и их содержание .....	5
5. Перечень лабораторных работ.....	8
6. Перечень практических занятий.....	9
7. Контрольная работа.....	10
8. Курсовой проект .....	12
Литература .....	14

## 1. ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛИНЫ И ЦЕЛЬ ЕЕ ПРЕПОДАВАНИЯ

Предметом изучения дисциплины «Электронная лечебная аппаратура» являются методы проектирования и технической эксплуатации средств медицинской электроники (СМЭ).

Цель дисциплины – изучение принципов работы медицинских электронных аппаратов, их принципиальных и структурных схем, путей воздействия на организм человека с целью получения лечебного эффекта; изучение методов разработки и расчета параметров медицинских электронных аппаратов.

## 2. ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ЕЕ СТРУКТУРА

Дисциплина «Электронная лечебная аппаратура» предназначена для подготовки специалистов-инженеров, занимающихся проектированием и эксплуатацией СМЭ. Поставленная цель достигается путем самостоятельного изучения основных и дополнительных литературных источников, прослушивания курса лекций по основным разделам дисциплины, проведения практических занятий по наиболее сложным темам и выполнения курсовой работы.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- **знать** искусственные источники внешних лечебных воздействий, принципы работы, принципиальные и структурные схемы медицинских аппаратов, используемых для лечения заболеваний, конструктивно-технологические особенности медицинской аппаратуры;
- **уметь** эксплуатировать и обслуживать существующую лечебную медицинскую аппаратуру, разрабатывать новые физиотерапевтические приборы и аппараты;
- **иметь представление** о медицинских аспектах воздействия физических факторов на организм человека при лечении и профилактике заболеваний.

Программа дисциплины рассчитана на 16 часов аудиторных занятий, проводимых в двух семестрах: лекций – 4 часа, практических занятий – 4 часа, лабораторных работ – 8 часов. В осеннем семестре выполняется одна контрольная работа, в весеннем – курсовой проект. Форма отчетности: экзамен и теоретический зачет.

## 3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Электронная лечебная аппаратура» является системной в подготовке студентов специальности «Медицинская электроника». Ее изучение основано на использовании знаний, полученных студентами по следующим дисциплинам: «Физика», «Основы анатомии и физиологии человека», «Аналоговая схемотехника СМЭ», «Элементная база средств медицинской электроники», «Цифровая и импульсная техника», «Микропроцессоры в средствах медицинской электроники».

Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов со специальной технической литературой, знакомство с последними достижениями науки и техники, отраженными в научных журналах, а также использование технических средств обучения, компьютеров при выполнении лабораторных и курсовой работ.

Рабочим планом дисциплины предусмотрено выполнение контрольной работы в девятом семестре. Варианты заданий указываются преподавателем индивидуально для каждого студента во время установочной сессии. При выполнении контрольной работы студент дает полные ответы на два теоретических вопроса, которые поясняются схемами, рисунками, диаграммами. При решении задачи студент должен сделать обоснованный выбор схемы электрической принципиальной аппарата или блока электронной лечебной аппаратуры, провести выбор и расчет номиналов элементной базы. Результатом решения задачи является схема электрическая принципиальная с рассчитанными значениями номиналов ее элементов.

Выполнение контрольной работы предусматривает не только изучение студентами учебной и методической литературы, но и самостоятельную работу со справочной и специальной научно-технической литературой, патентными и рекламно-информационными источниками. Это позволит приобрести навыки анализа изделия медицинской электроники с целью обоснованного выбора по заданным терапевтическим параметрам.

Ответы на вопросы должны быть полными, отражать их сущность и поясняться рисунками, графиками и диаграммами (можно в виде ксерокопий). При решении задачи необходимо приводить описание методов расчета, расшифровывать условные обозначения.

#### **4. НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ И ИХ СОДЕРЖАНИЕ**

*Осенний семестр*

##### **Введение. Классификация методов воздействий на организм**

**Медицинские аспекты действия физических факторов при лечении и профилактике заболеваний. Классификация методов и физической природы внешних воздействий на организм человека, используемых при лечении и профилактике заболеваний\***. Обзор физиотерапевтических и хирургических медицинских аппаратов, их классификация [1; 2; 3; 4; 5].

##### **Аппаратура для лечения постоянным током**

Физическое обоснование гальванизации и электрофореза, методика проведения процедур [2; 4].

**\*Примечание.** Темы, выделенные жирным шрифтом, читаются во время установочных и обзорных лекций.

**Схемы аппаратов общей гальванизации и электрофореза.** Аппараты гальванизации и электрофореза полости рта [2; 4; 5; 6].

## **Электростимуляция**

**Мышечная электростимуляция. Электровозбудимость мышц. Электростимуляторы. Физиологическое обоснование воздействия периодическими сигналами. Классификация методов электростимуляции. Методики проведения процедур электростимуляции** [2; 3; 4; 8].

**Виды сигналов электростимуляции. Прямоугольные импульсы, остроконечные импульсы, диадинамические токи, синусоидально модулированные токи, сигналы Траверта 2–5. Особенности использования сигналов различной частота и формы. Сигналы электроанальгезии** [2; 4; 8].

Программно-аппаратная реализация аппаратов электростимуляции. Структурные и принципиальные электрические схемы портативных аппаратов чрескожной электростимуляции. Блоки генераторов, модулятора, схемы защиты по току, схемы аппаратов на основе ОЭМЭВМ. Выходные каскады на основе источников тока и источников напряжения. Принципы построения и работы [2; 3; 4; 8].

**Аппараты электроанальгезии и электросна.** Физиологическое обоснование применения электрического воздействия при лечении болевых синдромов. Аппараты лечебного электроанаркоза. Аппараты для электроанальгезии. Биотехническая система электроанальгезии. Аппарат для электросна [2; 4; 5; 6; 8].

**Электрокардиостимуляторы.** Основные электрофизиологические сведения. Электрическая электрокардиостимуляция. **Типы кардиостимуляторов: асинхронные, R-синхронизированные, R-запрещающие. Селектор R-зубцов электрокардиосигналов.** Методы возбуждения и генераторы импульсов. Возбуждающие электроды, источники питания и электромагнитная интерференция. Чрескожная электрокардиостимуляция [2; 3; 8].

Электростимуляция внутренних органов. Приборы и аппараты электростимуляции органов дыхания, мочевого пузыря, прямой кишки и анальных сфинктеров, желудочно-кишечного тракта [2; 4; 8].

Многоканальная электростимуляция опорно-двигательного аппарата. Основы метода программного биоэлектрического управления движениями человека. Принципы построения систем. Синтез сигналов стимуляции, биоэлектрический образ движения и программы биоуправления [2; 8].

Способы и устройства терапии с биологической обратной связью. Аппараты электростимуляции с автоматическим управлением частотой и длительностью стимула [2; 8].

## **Магнитотерапевтические аппараты**

**Механизм воздействия магнитного поля на организм. Магнитные свойства вещества. Разновидность магнитных полей. Особенности воздей-**

**ствия магнитного поля на различные участки человеческого тела. Биотропные параметры магнитных полей [1; 7; 12].**

**Магнитотерапевтические аппараты локального, распределенного, общего действия. Системы комплексной магнитотерапии [1; 7; 11].**

Формирование и анализ метрики векторов магнитного поля [1; 7].

Источники магнитного поля. Твёрдые магниты, эластичные магниты, электромагнитные аппараты, магнитные жидкости, рассасывающие магниты. Индукторы. Катушки Гельмгольца, электромагниты. Расчёт параметров. Контроль магнитного поля. Технические характеристики промышленных магнитоизмерительных приборов. Физиологически активные точки. Допустимые границы применения магнитных полей в лечебной практике [1; 7; 12].

*Весенний семестр*

### **Аппаратура для терапии**

#### **постоянным электрическим полем и аэроионами**

Механизмы лечебного воздействия постоянным электрическим полем и аэроионами. Франклинизация. Генераторы аэроионов: электроэффлювиальные, радиоактивные, гидроаэроионизаторы, термические ионизаторы, фотоионизаторы [2; 4; 6].

Конструкции аппаратов терапии аэрозолями. Меры безопасности в аппаратах электроаэрозольтерапии [2; 13].

#### **Электротерапевтические высокочастотные аппараты**

**Аппараты для дарсонвализации и терапии токами надтональной частоты. Дарсонвализация общая и местная. Аппараты для дарсонвализации. Терапия токами надтональной частоты [14; 15].**

Аппараты УВЧ-терапии. Источники УВЧ-излучения. Импульсная УВЧ-терапия. Специфическое действие поля УВЧ. Аппаратура для УВЧ-терапии. Измерение мощности УВЧ-излучения. Измеритель мощности [5; 14].

Аппараты индуктотермии. Особенности воздействия высокочастотным магнитным полем. Эквивалентная схема взаимодействия с индуктором [4; 5].

Высокочастотные хирургические аппараты. Электрохирургия (электрокоагуляция, электротомия). Аппаратура для электрохирургии. Расчёт площади электродов [4].

#### **Ультразвуковые аппараты**

Особенности использования ультразвука. Биологическое воздействие ультразвука. Схема образования УЗ-волн [5; 9].

**Источники УЗ-колебаний. 2- и 4-тактные схемы генераторов. Схемы с бестрансформаторным выходом. Схемы с ФАПЧ [9].**

Аппаратура для ультразвуковой терапии. УЗ-аппаратура, применяемая в стоматологии. Аппаратура УЗ-терапии. Измеритель мощности УЗ-колебаний [9].

## 5. ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Название темы	Содержание	Объем, ч
<i>Осенний семестр</i>		
1. Исследование методов гальванизации и электрофореза и аппаратуры для их реализации	Изучение воздействия постоянного тока на тело человека, изучение схем и режимов работы аппарата для гальванизации «Поток-1», исследование методов лекарственного электрофореза	4
2. Способы генерации сигналов электростимуляции	Изучение способов генерации сигналов электростимуляции, приобретение навыков программного синтеза различных видов сигналов с помощью микропроцессоров	4

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Название темы	Содержание	Объем, ч
<i>Осенний семестр</i>		
1. Расчет мостовой схемы выходного каскада электромиостимулятора со стимуляцией током	Изучение общих принципов построения выходного каскада электромиостимулятора со стимуляцией током. Выбор элементной базы и расчет значения номиналов ЭРЭ	2
<i>Весенний семестр</i>		
2. Ориентировочный расчет надежности электронной лечебной аппаратуры	Расчет показателей безотказности на ранней стадии проектирования	2

## 7. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

### Вариант 1

1. Физическое обоснование гальванизации и электрофореза.
2. Основы метода программного биоэлектрического управления движениями человека.
3. Задача.

### Вариант 2

1. Классификация методов и физической природы внешних воздействий на организм человека, используемых при лечении и профилактике заболеваний.
2. Аппарат чрескожной электростимуляции.
3. Задача.

### Вариант 3

1. Электрические принципиальные схемы аппаратов гальванизации.
2. Синтез сигналов стимуляции, биоэлектрический образ движения и программы биоуправления.
3. Задача.



#### **Вариант 4**

1. Электровозбудимость мышц.
2. Системы электростимуляции с автоматическим управлением частотой заполнения стимула, длительностью стимула.
3. Задача.

#### **Вариант 5**

1. Электрические характеристики нервно-мышечной ткани.
2. Механизм воздействия магнитного поля на организм. Магнитные свойства вещества.
3. Задача.

#### **Вариант 6**

1. Физиологическое обоснование воздействия периодическими сигналами.
2. Разновидность магнитных полей.
3. Задача.

#### **Вариант 7**

1. Виды сигналов электростимуляции.
2. Катушка Гельмгольца.
3. Задача.

#### **Вариант 8**

1. СМТ и ДДТ.
2. Электромагниты.
3. Задача.

#### **Вариант 9**

1. Особенности использования сигналов различной частота и формы.
2. Технические характеристики промышленных магнитоизмерительных приборов.
3. Задача.

#### **Вариант 10**

1. Схемы защиты по току.
2. Магнитотерапевтические аппараты локального, распределенного, общего действия. Структурные схемы аппаратов.
3. Задача.

#### **Вариант 11**

1. Схемы аппаратов на основе ОЭМЭВМ.
2. Методы и средства формирования сигналов управления излучателями.
3. Задача.

#### **Вариант 12**

1. Выходные каскады аппаратов электростимуляции на основе источников тока и источников напряжения. Принципы построения и работы.
2. Механизмы лечебного воздействия аэроионами.
3. Задача.

### **Вариант 13**

1. Электростимуляция органов дыхания.
2. Аппараты франклинизации.
3. Задача.

### **Вариант 14**

1. Аппараты электросна.
2. Аппараты франклинизации.
3. Задача.

### **Вариант 15**

1. Физиологическое обоснование применения электрического воздействия при лечении болевых синдромов.
2. Конструкции аппаратов терапии аэрозолями.
3. Задача.

### **Вариант 16**

1. Биотехническая система электроанальгезии.
2. Электротерапевтические высокочастотные аппараты.
3. Задача.

### **Вариант 17**

1. Основные сведения об электрической кардиостимуляции.
2. Аппараты местной дарсонвализации. Форма и параметры сигналов.
3. Задача.

### **Вариант 18**

1. Асинхронный ЭКС.
2. Источники УВЧ-излучения.
3. Задача.

### **Вариант 19**

1. R-запрещающий ЭКС.
2. Блок АПЧ аппарата УВЧ-терапии.
3. Задача.

### **Вариант 20**

1. P-синхронизированный ЭКС.
2. Измерение мощности УВЧ-излучения.
3. Задача.

### **Вариант 21**

1. Бифокальный ЭКС.
2. Особенности воздействия высокочастотным магнитным полем. Эквивалентная схема взаимодействия с индуктором.
3. Задача.

### **Вариант 22**

1. Орторитмический ЭКС.
2. Электрохирургия (электрокоагуляция, электротомия).
3. Задача.

### **Вариант 23**

1. Выходные каскады ЭКС.
2. Биологическое воздействие ультразвука.
3. Задача.

### **Вариант 24**

1. Умножители напряжения ЭКС.
2. Источники УЗ-колебаний.
3. Задача.

### **Вариант 25**

1. 2- и 4-тактные схемы выходных каскадов аппаратов УЗТ. Схемы с бестрансформаторным выходом.
2. Биотропные параметры магнитных полей.
3. Задача.

## **8. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

Цель курсового проектирования: систематизация и закрепление теоретических знаний студентов по основным разделам курса, получение практических навыков работы с технологической и конструкторской документацией, системами ГОСТов и ОСТов, нормативно-технической документации.

Темы курсовых проектов должны быть посвящены проектированию основных блоков и узлов медицинских аппаратов, а также самих медицинских аппаратов; связаны с выполнением научно-исследовательских работ по данной тематике в рамках госбюджетных и хоздоговорных НИР и заказов предприятий и организаций.

Научно-исследовательские проекты должны содержать аналитический материал по решаемой проблеме, теоретический и экспериментальный разделы.

Примерные темы курсовых проектов:

- Проектирование аппарата для электропунктуры с заданной формой электрического импульса.
- Проектирование СВЧ-излучателя с задаваемой диаграммой направленности для аппарата СВВ-терапии.
  - Разработка электроимпульсного аппарата для терапии.
  - Разработка R-запрещающего кардиостимулятора.
  - Разработка импульсного дефибрилятора.
  - Разработка магнитотерапевтического аппарата для терапии переменным магнитным полем.
  - Разработка аппарата гальванизации.

- Проектирование инструмента для электрохирургического аппарата.
- Разработка электрофлювиального генератора ионов.
- Разработка противоболевого электронейростимулятора.
- Проектирование аппаратов индуктотерапии.
- Разработка аппарата дарсонвализации.

Курсовой проект должен быть выполнен в соответствии с заданием и представлен пояснительной запиской и комплектом графической части. Объём пояснительной записки – 35–40 страниц рукописного текста с иллюстрациями (формат А4), приложением из технологических документов и спецификаций (при необходимости), графической части формата А1. Исходными данными для курсовой работы являются: схема электрическая принципиальная электронного блока СМЭ (как правило, результат решения задачи контрольной работы), технические требования к условиям эксплуатации, сборке и монтажу устройства, а также программа выпуска изделия.

Курсовая работа считается законченной после того, как все разделы задания выполнены в полном объеме, пояснительная записка и чертежи подписаны студентом [31]. После проверки руководителем пояснительной записки и графической части необходимо исправить сделанные замечания, не стирая пометки преподавателя, и подготовить доклад для защиты работы. На защиту студент предоставляет вместе с курсовой работой электронную версию графической части, а также электронные библиотеки компонентов и промежуточные результаты работы пакета по трассировке схемы.

## ЛИТЕРАТУРА

### *ОСНОВНАЯ*

1. Системы комплексной электромагнитотерапии : учебное пособие для вузов / под ред. А. М. Беркутова, В. И. Жулева, Г. А. Кураева, Е. М. Прошина. – М. : Лаборатория Базовых знаний, 2000. – 376 с.
2. Электронная аппаратура для стимуляции органов и тканей / под ред. Р. И. Утямышева, М. Враны. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 384 с.
3. Бехтерева, Н. П. Электрическая стимуляция мозга и нервов у человека / Н. П. Бехтерева [и др.]. – Л. : Наука, 1990. – 263 с.
4. Ливенсон, А. Р. Электромедицинская аппаратура : учебн. пособие / А. Р. Ливенсон. – М. : Медицина, 1991. – 344 с.
5. Катона, З. Электроника в медицине : пер. с венг. / З. Катона; под ред. Н. К. Розмахина. – М. : Сов. радио, 1989. – 140 с.
6. Медицинская электронная аппаратура для здравоохранения : пер. с англ. / Л. Кромвелл [и др.]. – М. : Радио и связь, 1986. – 344 с.
7. Соловьёва, Г. Р. Магнитотерапевтическая аппаратура / Г. Р. Соловьёва. – М. : Медицина, 1991. – 175 с.
8. «Миотон» в управлении движениями / Л. С. Алев [и др.]. – Киев : Наук. думка, 1980. – 144 с.
9. Улащик, В. Г. УЗ терапевтическая аппаратура / В. Г. Улащик. – Минск : Беларусь, 1983. – 253 с.

### *ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ*

10. Диагностическая и терапевтическая аппаратура рефлексотерапии и биофизические методы диагностики : межвуз. темат. сб. / Калинин. политехн. ин-т; под ред. Л. А. Всеволожского. – Калинин : Калинин. ун-т, 1993. – 150 с.
11. Демецкий, А. М. Учебное пособие по применению магнитной энергии в практике здравоохранения / А. М. Демецкий, А. В. Цецохо. – Витеб. мед. ин-т. – Минск, 1990. – 76 с.
12. Демецкий, А. М. Введение в медицинскую магнитологию / А. М. Демецкий [и др.] ; Сев.-Кавказ. науч. центр высш. шк. – Ростов н/Д : Изд-во Рост. ун-та, 1991. – 96 с.
13. Применение радиоэлектронных приборов в биологии и медицине / под ред. Р. Е. Ковецкого. – Киев : Наук. думка, 1986. – 376 с.
14. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика / А. Н. Ремизов. – М. : «Высшая школа», 1996. – 616 с.

15. Влияние СВЧ излучений на организм человека и животных / под ред. И. Р. Петрова. – Л. : Медицина, Ленингр. отд-е, 1985. – 230 с.
16. Бырзу, И. Радиотерапия в клинике : пер. с рум. / И. Бырзу, Ш. Григореску. – Бухарест : Мед. изд-во, 1986. – 789 с.
17. Славцкий, Я. Л. Физиологические аспекты биоэлектрического управления протезами / Я. Л. Славцкий. – М. : Медицина, 1982. – 287 с.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

## ЭЛЕКТРОННАЯ ЛЕЧЕБНАЯ АППАРАТУРА

Методические указания и контрольные задания

для студентов специальности  
«Медицинская электроника»  
заочной формы обучения

Составители:

**Осипов** Анатолий Николаевич  
**Стебунов** Сергей Степанович  
**Давыдов** Максим Викторович

Редактор Т. П. Андрейченко

Корректор М. В. Тезина

---

Подписано в печать 15.03.2007.

Гарнитура «Таймс».

Уч.-изд. л. 0,8.

Формат 60x84 1/16.

Печать ризографическая.

Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 1,05.

Заказ 16.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П. Бровки, 6