

Учреждение образования  
«Международный государственный экологический институт  
имени А.Д. Сахарова»  
Белорусского государственного университета

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ  
О. И. Родькин  
2024

Регистрационный № УД-1604-24/уч.



**ЭЛЕКТРОНИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ**

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для  
специальности:

1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность

2024 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-100 01 01-2021 от 25.04.2022 и учебного плана учреждения образования для специальности 1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность Рег.№134-21/уч. от 25.06.2021.

### **СОСТАВИТЕЛИ:**

А.И. Киевицкая, профессор кафедры ядерной и радиационной безопасности учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» БГУ, доктор физико-математических наук, доцент;

Е.В. Емельяненко, доцент кафедры ядерной и радиационной безопасности учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» БГУ, кандидат технических наук, доцент;

Т.В. Дацкевич, старший преподаватель кафедры ядерной и радиационной безопасности Учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» БГУ

### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

В.А. Иванюкович, доцент кафедры информационных технологий в экологии и медицине учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» БГУ, кандидат физико-математических наук, доцент;

С.В. Прибылев, начальник сектора дальнего зарубежья и проектов отдела маркетинга научно-производственного унитарного предприятия «АТОМТЕХ»

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой ядерной и радиационной безопасности «Международного государственного экологического института им. А.Д. Сахарова» БГУ (протокол № 10 от 20.05.2024);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» БГУ (протокол № 10 от 19.06.2024)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Электроника – это область науки и техники, изучающая взаимодействие с электромагнитными полями заряженных частиц, а также использующая методы разработки электронных устройств и приборов. Получение теоретических представлений об основах электроники и их применение для построения современного медицинского электронного оборудования, а также оборудования для измерения характеристик ионизирующих излучений позволяют обеспечить практические навыки на уровне, позволяющем осуществлять грамотное техническое обслуживание указанного электронного оборудования, находящегося в эксплуатации, а также автоматизированных технологических процессов, применяемых при измерении различных физических величин, имеющих неэлектрическую и электрическую природу происхождения. Возрастание количества измерений, нарастание сложности аппаратуры, повышение требований к точности, расширение использования математических методов обработки результатов измерений и обнаружения ошибок приводят к значительному росту трудоемкости и стоимости измерений и требует создание специализированных автоматизированных средств измерений. Непрерывное развития ядерных технологий в энергетике и медицине невозможно без электроники и средств автоматизации процессов. Названные направления требуют обеспечения такой профессиональной подготовки специалистов, при которой они будут располагать системой знаний, умений и навыков в актуальных для них областях электроники и автоматизации измерений.

**Цель учебной дисциплины:** теоретическая и практическая подготовка инженеров в области аналоговой и цифровой электроники, аналоговой и цифровой обработки сигналов в автоматизированных измерительных системах, ознакомление с явлениями и принципами, лежащими в основе устройств и работы электронных приборов, применяемых в медицине и при автоматизации измерений.

**Задачи** учебной дисциплины:

- формирование четких представлений о принципах действия электронных устройств;
- овладение знаниями по принципам действия аналоговых, цифровых и преобразовательных устройств;
- квалифицированно формулировать задания на разработку электронной измерительной аппаратуры для измерения характеристик ИИ и оценивать ее совместимость с другими устройствами.

**В результате усвоения учебной дисциплины студент должен знать:**

- основные электротехнические законы и методы анализа электрических и магнитных цепей; – назначение и принцип действия основных узлов оборудования, содержащих электронные устройства и автоматизированные устройства измерения;
- общие принципы измерения основных электрических величин, связанных с профилем инженерной деятельности;
- роль и назначение первичных преобразователей, процессоров, программно-аппаратных комплексов для автоматизации измерений;

**уметь:**

- определять электрические и электронные схемы;

- экспериментально определять параметры и характеристики типовых электронных устройств;
- производить измерения электрических величин;
- работать с современной радиоизмерительной аппаратурой; – работать с современными цифровыми устройствами;
- работать с детекторами ИИ;
- определять оптимальные электрические характеристики модулей регистрирующей электроники магистрально-модульных систем, используемых в прикладной ядерной физике;
- определять методы и средства для оптимальной обработки ядерно-физических сигналов.

**владеть:**

- общими принципами измерения основных электрических величин;
- методикой чтения электрических схем и определения характеристик типовых электрических устройств.

- методологией выбора электронных изделий для обеспечения функционирования автоматизированных измерительных и управляющих систем;
- навыками практической работы с современными системами схемотехнического моделирования и анализа электронных и автоматизированных измерительных устройств, измерительных преобразователей.

В результате усвоения учебной дисциплины студент должен обладать следующими **компетенциями**: применять знания основ цифровой электроники, вычислительной техники и основ электронных систем управления в научно-исследовательской, научно-технической и производственной деятельности (СК-18).

Связь с другими дисциплинами базируется на знаниях, полученных в результате прохождения математического анализа, электричества и магнетизма, основ научных исследований и инновационной деятельности. Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов с рекомендуемой литературой, интернет-источниками и так далее, а также использование современных программных и технических средств при выполнении лабораторных занятий.

Учебным планом по дисциплине предусмотрено 324 ч, из них аудиторных занятий – 162 ч (94 ч – лекции, 68 ч – лабораторные занятия).

Форма промежуточной аттестации – зачет и экзамен 7-ом семестре.

Форма получения высшего образования – очная (дневная).

Трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц.

# **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

## **Тема 1. Введение. Основные понятия электроники**

Предмет «Электроника и автоматизация измерений» и его задачи. Структура и содержание разделов курса. История развития электроники. Электрический заряд. Закон Кулона. Напряженностью электрического поля. Электрический потенциал и разность потенциалов. Электрический ток. Пассивные элементы цепи (идеальные и реальные). Сопротивление. Индуктивность. Емкость.

## **Тема 2. Анализ электрических цепей в режиме постоянного тока**

Источники и приемники электрической энергии. Активные и пассивные элементы. Линейная электрическая цепь. Графическое изображение электрической цепи. Идеальный и реальный источник напряжения. Идеальный и реальный источник тока. Элементы электрической цепи.

## **Тема 3. Расчет электрических цепей в режиме постоянного тока**

Первый закон Кирхгофа. Второй закон Кирхгофа. Закон Ома. Энергетический баланс в электрической цепи. Эквивалентные преобразования пассивных участков электрической цепи. Расчет цепей методом эквивалентных преобразований. Метод непосредственного применения законов Кирхгофа. Метод контурных токов. Метод узловых потенциалов.

## **Тема 4. Анализ линейных электрических цепей синусоидального тока**

Основные определения и понятия переменного и однофазно синусоидального тока. Действующее и среднее значения тока.

Получение синусоидальной ЭДС. Способы представления синусоидальных напряжений и токов. Анализ электрической цепи с пассивным двухполюсником. Сопротивление, индуктивность и емкость в цепи синусоидального тока. Энергетические соотношения в цепях переменного тока. Активная, реактивная и полная мощность. Коэффициент мощности. Баланс мощностей для цепей синусоидального тока. Последовательное соединение R-, L-, C-элементов. Анализ цепи при различных соотношениях реактивных сопротивлений. Резонанс напряжений. Параллельное соединение R-, L-, C-элементов и его анализ. Резонанс токов. Смешанное соединение R-, L-, C-элементов и его анализ.

## **Тема 5. Анализ трехфазных электрических цепей синусоидального тока**

Принцип получения трехфазной симметричной синусоидальной системы ЭДС. Основные определения. Трехфазный источник электрической энергии. Способы соединения фаз трехфазного источника электрической энергии. Соединение

трехфазного источника электрической энергии и приемника электрической энергии по схеме «звезда» и по схеме «треугольник». Мощность трехфазной цепи.

## **Тема 6. Трансформаторы. Электрические машины**

Назначение трансформатора. Назначение трансформатора. Конструкция и принцип действия, коэффициент трансформации Конструкция и принцип действия, коэффициент трансформации. регулирование вторичного напряжения трансформатора. Классификация электрических машин. Электрические машины переменного тока. Электрические машины постоянного тока. Генераторы постоянного тока. Двигатели постоянного тока.

## **Тема 7. Переходные процессы в линейных цепях**

Понятие переходного процесса и коммутации. 1-й и 2-ой законы коммутации. Независимые и зависимые начальные условия. Принужденная и свободная составляющие. Классический метод расчета переходных процессов. Расчет переходного процесса для RL-цепи и RC-цепи. Время переходного процесса и постоянная времени.

## **Тема 8. Нелинейные электрические цепи**

Определение нелинейных элементов. Параметры нелинейных резисторов. Методы расчета нелинейных цепей. Графический метод расчета нелинейных электрических цепей постоянного тока. Расчет последовательного, параллельного и смешанного соединения.

## **Тема 9. Магнитные цепи и измерительные трансформаторы**

Определение магнитного поля. Индукция магнитного поля. Напряжённость магнитного поля. Магнитный поток. Магнитная цепь. Магнитодвижущая (намагничающая) сила. Магнитные свойства вещества. Ферромагнитные материалы. Кривая намагничивания. Петля гистерезиса. Разновидности магнитных цепей. Законы магнитных цепей. Закон непрерывности магнитного потока. Закон Ома для неразветвленной магнитной цепи. Законы Кирхгофа для магнитной цепи. Расчет простых магнитных цепей: прямая задача и обратная задача. Аналогия магнитных и электрических цепей. Электромагниты. Принцип действия трансформатора, режимы работы. Внешняя характеристика и коэффициент полезного действия трансформатора. Автотрансформатор. Измерительные трансформаторы.

## **Тема 10. Сигналы и их спектральный анализ**

Классификация сигналов. Формы представления детерминированных сигналов. Цели и методы обработки физических сигналов. Спектральный анализ периодического и непериодического сигналов.

## **Тема 11. Преобразование сигналов линейными цепями с постоянными параметрами**

Основные понятия линейных электрических цепей. Спектральный анализ цепи с линейными параметрами. RC-цепи интегрирующего типа (фильтры нижних частот). RC-цепи дифференцирующего типа (фильтры верхних частот). Частотно-избирательные цепи.

## **Тема 12. Полупроводниковые приборы**

Основные свойства полупроводников. Полупроводники n- и p-типа. Электронно-дырочный переход. Вольтамперная характеристика p-n – перехода. Полупроводниковые диоды. Классификация и отличия различных полупроводниковых диодов. Биполярные транзисторы: устройство, режимы работы. Активный режим биполярного транзистора. Схемы включения транзисторов. Полевые транзисторы. МОП-транзисторы. Ключевой режим работы транзисторов.

## **Тема 13. Электроизмерительные приборы**

Электрические измерения. Общие сведения об электроизмерительных приборах. Погрешности приборов.

## **Тема 14. Детекторы ионизирующего излучения**

Полупроводниковые детекторы. Ионизационные камеры и пропорциональные счетчики. Счетчики Гейгера-Мюллера. Гашение счётчиков Гейгера-Мюллера. Сцинтиляторы. Координатно-чувствительные детекторы. Лавинные фотодиоды как детекторы фотонного излучения. Питание детекторов.

## **Тема 15. Особенности схем включения детекторов излучений**

Основная схема включения детекторов излучений. Детекторы как датчики тока. Эквивалентная схема входа. Передача импульсов напряжения и тока. Схемы включения ФЭУ и фотодиодов. КЭУ и схемы их включения. Стабилизация сцинтиляционных счётчиков. Подавление шумов ФЭУ.

## **Тема 16. Спектрометрические усилители**

Предусилитель. Усилитель-формирователь. Требования, предъявляемые к спектрометрическим усилителям. Формирование импульсов с помощью ЕС-цепочек. Активный фильтр. Формирование импульсов с помощью линий задержки. Компенсация полюса нулём. Восстановление нулевой линии. Подавление влияния наложения импульсов.

## **Тема 17. Стандарты на уровни сигналов, сигнальные кабели и импедансы**

Линейный ММ-сигнал. Положительные логические ММ-сигналы; отрицательный логический ММ-сигнал; кабели, волновые и согласующие сопротивления.

## **Тема 18. Обработка аналоговых импульсов**

Дискриминаторы. Одноканальные анализаторы; линейные схемы пропускания и расширители импульсов; усилители с задержкой; суммирующий усилитель; стабилизатор спектра. Схемы совпадений; схемы задержки; преобразователь времени в амплитуду; приборы совпадений.

## **Тема 19. Цифровая электроника в экспериментальной ядерной физике**

Счетчики. Таймеры. Интенсиметры. Полупроводниковые ЗУ. ЕРСА — программируемые логические матрицы.

## **Тема 20. Переработка ядерно-физической информации Аналого-цифровые преобразователи (АЦП)**

Аналоговый мультиплексор. Амплитудный анализатор. Регистрация многопараметрической информации. Многоканальный счет событий. Анализ информации. Корреляторы-усреднители. Корреляционные времяяпролётные спектрометры.

## **Тема 21. Методы медицинской визуализации в контексте ядерной электроники**

Рентгенодиагностика и рентгенология. Рентгенография и рентгеноископия. Ультразвуковая диагностика. Компьютерная томография. Магниторезонансная томография. Радионуклидная диагностика. Ангиография. Интервенционная радиология. Информационные технологии для автоматизации деятельности медицинского учреждения и в медицинских лабораторных исследованиях.

## **Тема 22. Ознакомление с техническими особенностями оборудования для лучевой терапии**

Современные медицинские ускорители. Аппараты для брахиотерапии. Циклические ускорители.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
 (для очной (дневной) формы получения высшего образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1.	Введение. Основные понятия электроники	4			4			1,2,3,4, 5,6
2.	Анализ электрических цепей в режиме постоянного тока	4			4			1,2,3,4, 5,6
3.	Расчет электрических цепей в режиме постоянного тока	4			4			1,2,3,4, 5,6
4.	Анализ линейных электрических цепей синусоидального тока	4			4			1,2,3,4, 5,6
5.	Анализ трехфазных электрических цепей синусоидального тока	4			4			1,2,3,4, 5,6
6.	Трансформаторы. Электрические машины	4			4			1,2,3,4, 5,6
7.	Переходные процессы в линейных цепях	4			4			1,2,3,4, 5,6
8.	Нелинейные электрические цепи	4			4			1,2,3,4, 5,6
9.	Магнитные цепи и измерительные трансформаторы	4			4			1,2,3,4, 5,6
10.	Сигналы и их спектральный анализ	4			4			1,2,3,4, 5,6
11.	Преобразование сигналов линейными цепями с постоянными параметрами	4			4			1,2,3,4, 5,6
12.	Полупроводниковые приборы	4			4			1,2,3,4, 5,6
13.	Электроизмерительные приборы	4			4			1,2,3,4, 5,6
14.	Детекторы ионизирующего излучения	6			4			1,2,3,4, 5,6
15.	Особенности схем включения детекторов излучений	4			4			1,2,3,4, 5,6
16.	Спектрометрические усилители	4			4			1,2,3,4, 5,6
17.	Стандарты на уровни сигналов, сигнальные кабели и импедансы	4			4			1,2,3,4, 5,6

<b>Номер раздела, темы</b>	<b>Название раздела, темы</b>	<b>Количество аудиторных часов</b>					<b>Количество часов УСР</b>	<b>Форма контроля</b>
		<b>Лекции</b>	<b>Практические занятия</b>	<b>Семинарские занятия</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Иное</b>		
18.	Обработка аналоговых импульсов	4						1,5,6
19.	Цифровая электроника в экспериментальной ядерной физике	4						1,5,6
20.	Переработка ядерно-физической информации Аналого-цифровые преобразователи (АЦП)	6						1,5,6
21.	Методы медицинской визуализации в контексте ядерной электроники	6						1,5,6
22.	Ознакомление с техническими особенностями оборудования для лучевой терапии	4						1,5,6
	<b>ИТОГО</b>	<b>94</b>			<b>68</b>			

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### *Инновационные методы и подходы преподавания учебной дисциплины*

При организации образовательного процесса используется практико-ориентированный подход, который предполагает освоение содержания образования через решения практических задач; метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме; а также методы развития критического мышления, формирующие навыки работы с информацией в процессе чтения и письма.

### **Рекомендуемая литература**

#### *Основная*

1. Скорняков, В.А. Общая электротехника и электроника / В.А. Скорняков, В.Я. Фролов. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 176 с.
2. Бакалов, В.П. Медицинская электроника: основы биотелеметрии: учебное пособие / В.П. Бакалов. – Москва: Юрайт, 2021. –326 с.
3. Медицинская электроника: учебник / М.И. Базарбаев [и др.]. – Ташкент: ИПДТ им. Чулпана, 2019. – 224 с.
4. Дворников, С.В. Устройства приема и обработки сигналов: учебник для вузов. / С.В. Дворников, С.В. Мичурин, А.Ф. Крячко. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 512 с.
5. Шалыгин, М.Г. Автоматизация измерений, контроля и испытаний: учеб. пособие для бакалавров / М.Г. Шалыгин, Я.А. Вавилин. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 172 с.
6. Алехин, В.А. OrCAD. 17.2. Анализ и проектирование электронных устройств: учебное пособие для вузов / В.А. Алехин. – Москва: Горячая линия – Телеком, 2019. – 328 с.

#### *Дополнительная*

7. Синдеев, Ю.Г. Электротехника с основами электроники: учеб. пособие / Ю.Г. Синдеев. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2018. – 407 с. 14
8. Миловзоров, О.В. Электроника: учебник для прикл. бакалавриата / О.В. Миловзоров, И.Г. Панков. – Москва: Юрайт, 2019. – 334 с.
9. Лурье, М.С. Электротехника и электроника: курс лекций / М.С. Лурье, О.М. Лурье. – Красноярск: СибГТУ, 2012. – 417 с.
10. Яновский, В.П. Ядерная электроника и электротехника: учеб. пособие / В.П. Яновский. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 608 с.

### ***Формы контроля знаний***

<b>№ п / п</b>	<b>Форма</b>
1.	Выборочный контроль на лекциях
2.	Проведение лабораторных работ в группе
3.	Оформление отчетов по лабораторным работам
4.	Защита лабораторных работ
5.	Зачет
6.	Экзамен

### ***Примерный перечень тем лабораторных занятий***

1. Основы измерений. Радиоизмерительные приборы.
2. Характеристики и параметры полупроводниковых диодов.
3. Усилительные каскады на транзисторах.
4. Операционные усилители.
5. Генерирование электрических колебаний.
6. Нелинейные и параметрические преобразования сигналов.
7. Исследование характеристик длинных линий.
8. Спектральный анализ сигналов.
9. Простейшие линейные цепи.
10. Колебательные контуры.

### ***Наименования и виды методических средств***

<b>№ п / п</b>	<b>Наименование</b>	<b>Вид</b>
1	Учебно-информационные материалы по теме лекций	Электронный файл - *.pdf
2	Презентации	Электронный файл - *.ppt

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ С ДРУГИМИ  
ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях содержании учебной программы изучаемой дисциплине по	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Согласование с другими дисциплинами специальности не требуется			

Учебную программу разработали:

Профессор кафедры ядерной и радиационной безопасности  
А.И.Киевицкая

Доцент кафедры ядерной и радиационной безопасности  
Е.В.Емельяненко

Старший преподаватель кафедры ядерной и радиационной безопасности  
Т.В.Дашкевич