

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор
МГЭИ им. А.Д.Сахарова БГУ


С.А. Маскевич
16.08 2018

Регистрационный № УД- 680-17уч.

**ЭЛЕКТРОНИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ.
АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ**

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-100 01 01 Ядерная и радиационная безопасность

2017

Вопи
Боготыто

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-100 01 01-2013 и учебного плана специальности 1-100 01 01 «Ядерная и радиационная безопасность» № 46-14/уч.

СОСТАВИТЕЛИ:

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

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.В. Журавков, декан факультета мониторинга окружающей среды Учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» БГУ, кандидат биологических наук, доцент;

И.Г. Тарутин, главный научный сотрудник отдела лучевой и комплексной терапии Республиканского научно-практического центра онкологии и медицинской радиологии имени Н.Н. Александрова, доктор технических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой ядерной и радиационной безопасности «Международного государственного экологического института им. А.Д.Сахарова» БГУ(протокол № 5 от 15.12.2017г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д.Сахарова» БГУ (протокол № 4 от 16.01.2018г.).

I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели изучения дисциплины «Электроника и автоматизация. Автоматизация измерений» состоит в изучении особенностей электроники, применяемой в экспериментальной ядерной физике, проблем выбора типа детектора ионизирующих излучений (ИИ) и его согласования с регистрирующей электроникой, необходимой аналоговой и цифровой обработкой сигналов, ознакомление с магистрально-модульными системами, применяемыми для автоматизации ядерно-физических измерений

Для достижения указанных целей студентам необходимо:

- изучить практические аспекты использования сцинтилляционных, газоразрядных и полупроводниковых детекторов в ядерно-физических измерительных приборах;
- ознакомиться с методами согласования детекторов с последующей регистрирующей электроникой;
- изучить структурные схемы спектрометрических каналов регистрации сигналов и их последующей аналоговой и цифровой обработки, ознакомиться с современными методами расчёта электронных схем;
- ознакомиться с практическими электронными схемами, используемыми в радио- и спектрометрических приборах;
- ознакомиться с аппаратными средствами блочно-модульных систем, используемых для автоматизации ядерно-физических измерений;
- приобрести навыки экспериментальной работы, ознакомиться с основными тенденциями развития электронной техники современного ядерно-физического эксперимента, научиться правильно формулировать задачи и цели, решаемые электронными методами в ядерной физике;
- получить представление о современном этапе развития ядерной электроники и ее месте среди других технических наук.

В результате изучения дисциплины «Электроника и автоматизация. Автоматизация измерений» студент должен в соответствии с образовательным стандартом:

знать:

- основные типы детекторов, используемые для регистрации ИИ и особенности их применения;
- основные схемы ядерно-физической электроники, используемые для регистрации сигналов с детекторов ИИ и их последующей обработки;
- методы и средства автоматизации обработки ядерно-физических данных;

уметь:

- 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;
- рассчитывать схемы ядерно-физической электроники с помощью современных специализированных пакетов программ;
- устранять мелкие неисправности электронной аппаратуры.

Для организации самостоятельной работы студентов по дисциплине следует использовать информационные технологии: разместить в свободном доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к лабораторным занятиям, список рекомендуемой литературы, задания для самоконтроля, электронные пособия и учебники и др.).

Учебная программа по дисциплине «Электроника и автоматизация. Автоматизация измерений» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования первой ступени по специальности 1-100 01 01 «Ядерная и радиационная безопасность».

Дисциплина изучается на четвертом курсе (8 семестр). Программа рассчитана на 160 часов занятий, из которых 78 часов отводится на аудиторные занятия. На лекции отводится 42 часов, на лабораторные занятия – 36 часов.

Форма текущей аттестации по дисциплине – зачет и экзамен в 8-м семестре.

Форма получения высшего образования – очная.

II. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение

Ядерно-физическая электроника в научных исследованиях и в радиологии. Задачи систем автоматизации экспериментальных установок.

Тема 2. Детекторы ионизирующего излучения

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

Тема 3. 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 сцинтилляционных счётчиков. Подавление шумов ФЭУ.

Тема 4. Спектрметрические усилители

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

Тема 5. Стандарты на уровни сигналов, сигнальные кабели и импедансы

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

Тема 6. 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 7. Специальные устройства

Идентификация частиц с помощью телескопов детекторов согласно формуле Бете-Блоха. Идентификация частиц с помощью телескопов детекторов по эмпирическому соотношению энергии и длины пробега. Идентификация частиц по времени пролета. Идентификация частиц в ЭВМ. Анализ формы импульсов.

Тема 8. Цифровая электроника в экспериментальной ядерной физике

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

Тема 9. Переработка ядерно-физической информации

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Аналоговый мультиплексор. Амплитудный анализатор. Регистрация многопараметрической информации. Многоканальный счет событий. Анализ информации. Корреляторы-усреднители. Корреляционные времяпролётные спектрометры. Генерирование псевдослучайной последовательности импульсов.

Тема 10. Системы и средства автоматизации в экспериментальной ядерной физике

Магистрально-модульные системы NIM, КАМАК, «Вектор», P-896, VME. Крейты, платы и объединительные платы VME. Магистраль МЭК 821. Программное обеспечение систем автоматизации. Стандарты PCI и CompactPCI. Перспективы развития магистрально-модульных систем.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела	Название раздела, темы	Кол-во аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1.	Тема 1. Введение Ядерно-физическая электроника в научных исследованиях и в радиологии. Задачи систем автоматизации экспериментальных установок.	2			4			
2.	Тема 2. Детекторы ионизирующего излучения Полупроводниковые детекторы. Ионизационные камеры и пропорциональные счетчики. Счетчики Гейгера-Мюллера. Гашение счётчиков Гейгера-Мюллера входной цепью. Электронные схемы гашения: а) гашение путем понижения потенциала; б) гашение с обращением потенциала. Сцинтилляторы. Свойства неорганических сцинтилляторов. Свойства органических сцинтилляторов. Координатно-чувствительные детекторы. Лавинные фотодиоды как детекторы фотонного излучения. Многопиксельные лавинные фотодиоды со структурой металл-резистивный слой-полупроводник. Питание детекторов.	6			4			

Номер раздела	Название раздела, темы	Кол-во аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
3.	Тема 3. Особенности схем включения детекторов излучений. Основная схема включения детекторов излучений. Детекторы как датчики тока. Эквивалентная схема входа. Выбор параметров входной цепи. Оценка интегрирующего действия входной цепи. Передача импульсов напряжения и тока. Схемы включения ФЭУ и фотодиодов. КЭУ и схемы их включения. Стабилизация сцинтилляционных счётчиков. Подавление шумов ФЭУ.	4			4			
4.	Тема 4. Спектрометрические усилители. Предусилитель. Усилитель-формирователь: требования, предъявляемые к спектрометрическим усилителям; формирование импульсов с помощью RC-цепочек. Активный фильтр. Формирование импульсов с помощью линий задержки. Компенсация полюса нулём. Восстановление нулевой линии. Подавление влияния наложения импульсов.	2			4			
5.	Тема 5. Стандарты на уровни сигналов, сигнальные кабели и импедансы. Линейный NIM-сигнал. Положительные логические NIM-сигналы; отрицательный логический NIM-сигнал; кабели, волновые и согласующие сопротивления.	2						

Номер раздела	Название раздела, темы	Кол-во аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
6.	<p>Тема 6. Обработка аналоговых импульсов.</p> <p>Быстродействующий дискриминатор с фиксированным порогом; нуль-детекторы; двухпороговый дискриминатор; дискриминатор с порогом, пропорциональным амплитуде; дискриминаторы с компенсацией влияния амплитуды и времени нарастания. Одноканальные анализаторы; линейные схемы пропускания и расширители импульсов; усилители с задержкой; суммирующий усилитель; стабилизатор спектра. Схемы совпадений: схемы совпадений со связями по постоянному току; схема совпадений с формирователями на входе; сложные логические схемы; схемы задержки; кабельные задержки; схемы задержки на одновибраторах; преобразователь времени в амплитуду; приборы совпадений.</p>	8			4			
7.	<p>Тема 7. Специальные устройства.</p> <p>Идентификация частиц.</p> <p>Идентификация частиц с помощью телескопов детекторов согласно формуле Бете-Блоха.</p> <p>Идентификация частиц с помощью телескопов детекторов по эмпирическому соотношению энергии и длины пробега.</p> <p>Идентификация частиц по времени пролета. Идентификация частиц в ЭВМ. Анализ формы импульсов.</p>	2			4			

Номер раздела	Название раздела, темы	Кол-во аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
8.	Тема 8. Цифровая электроника в экспериментальной ядерной физике. Счетчики. Таймеры. Считывание счетчиков и таймеров. Интенсиметры. Полупроводниковые ЗУ. Классификация типов памяти. Матрица-накопитель. Запоминающие элементы. ЗУ большой ёмкости. FPGA — программируемые логические матрицы.	4			4			
9.	Тема 9. Переработка ядерно-физической информации. Принцип аналого-цифрового преобразования, параметры АЦП, метод пилы, АЦП поразрядно-го уравнивания; оснащение АЦП. Аналоговый мультиметр-сор. Амплитудный анализатор, регистрация амплитудных спектров. Регистрация многопараметрической информации. Многоканальный счет событий. Анализ информации. Корреляторы-усреднители. Усреднитель с аналоговой памятью. Цифровой усреднитель. Корреляционные время-пролётные спектрометры. Корреляционный метод в нейтронной спектрометрии. Генерирование псевдослучайной последовательности импульсов.	4			4			

Номер раздела	Название раздела, темы	Кол-во аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
10.	Тема 10. Системы автоматизации экспериментальных установок. Магистрально-модульные системы. Стандарты систем автоматизации, протоколы объединительных шин. Системы NIM, КАМАК, «Вектор», P-896, VME. Крейты, платы и объединительные платы VME. Основные определения магистрали МЭК 821. Типы циклов, основная структура и диаграммы магистрали МЭК 821. Взаимосвязь сигнальных линий объединительной платы. Оконечные схемы. Обозначение сигналов и линий магистрали МЭК 821. Взаимосвязанные и широковещательные сигналы магистрали. Шина DTB магистрали МЭК 821. Линии шины DTB. Линии адресации. Передача данных прерывания. Арбитрация служебная. Программное обеспечение систем автоматизации. Стандарт PCI. CompactPCI.	8			4			

Перечень тем лабораторных занятий

Тема 1. Введение

Ядерно-физическая электроника в научных исследованиях и в радиологии. Задачи систем автоматизации экспериментальных установок.

Тема 2. Детекторы ионизирующего излучения

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

Тема 3. 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 сцинтилляционных счётчиков. Подавление шумов ФЭУ.

Тема 4. Спектрометрические усилители

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

Тема 5. 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 6. Специальные устройства

Идентификация частиц с помощью телескопов детекторов согласно формуле Бете-Блоха. Идентификация частиц с помощью телескопов детекторов по эмпирическому соотношению энергии и длины пробега. Идентификация частиц по времени пролета. Идентификация частиц в ЭВМ. Анализ формы импульсов.

Тема 7. Цифровая электроника в экспериментальной ядерной физике

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

Тема 8. Переработка ядерно-физической информации

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Аналоговый мультиплексор. Амплитудный анализатор. Регистрация многопараметрической информации. Многоканальный счет событий. Анализ информации. Корреляторы-усреднители. Корреляционные времяпролётные спектрометры. Генерирование псевдослучайной последовательности импульсов.

Тема 9. Системы и средства автоматизации в экспериментальной ядерной физике

Магистрально-модульные системы NIM, КАМАК, «Вектор», P-896, VME. Крейты, платы и объединительные платы VME. Магистраль МЭК 821. Программное обеспечение систем автоматизации. Стандарты PCI и CompactPCI. Перспективы развития магистрально-модульных систем.

IV. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Цитович А.П. Ядерная электроника, М. Энергоатомиздат, 1984.
2. Шмидт Х. Измерительная электроника в ядерной физике, М. Мир, 1989.
3. Григорьев В.А., Колюбин А.А., Логинов В.А. Электронные методы ядерно-физического эксперимента, М. Энергоатомиздат, 1988.
4. В.И. Виноградов. Дискретные информационные системы в научных исследованиях. М., Атомиздат, 1976, 28 с. 280.
5. В.И. Виноградов. Информационно-вычислительные системы: распределенные модульные системы автоматизации. — 2-е изд., перераб. и доп. — М., Энергоатомиздат, 1986. — 336 ис.: ил.
6. Певчев Ю.Ф., Финогенов К.Г. Автоматизация физического эксперимента. Учебное пособие, М. Энергоатомиздат, 1986.

Дополнительная литература

7. Группен К. Детекторы элементарных частиц: Справочное пособие. Пер. с англ.— Новосибирск: «Сибирский хронограф». 1999.
8. Акимов Ю.К. Фотонные методы регистрации излучений. — Дубна: ОИЯИ, 2006. — 281 с.
9. Акимов Ю.К. Полупроводниковые детекторы ядерных излучений. — Дубна: ОИЯИ, 2011. — 277 с.
10. Акимов Ю.К. Газовые детекторы ядерных излучений. — Дубна: ОИЯИ, 2009. — 243 с.
11. Мелешко Е.А. Наносекундная электроника в экспериментальной физике. М.: Энергоатомиздат, 1987. 216 с.
12. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники / пер. с англ., М.: Мир, 1998.
13. Гринфилд Дж. Транзисторы и линейные ИС / пер. с англ., М.: Мир, 1992.
14. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника/ пер. с нем., М.: Мир, 1982.
15. А.А. Мячев. Интерфейсы средств вычислительной техники. Энциклопедический справочник. М: Радио и связь, 1993.
16. Руководящий нормативный документ. Приборы и средства автоматизации для научных исследований. Магистраль МЭК 821. Магистраль микропроцессорной системы для данных от 1 до 4 байтов. (Перевод стандарта МЭК 821). РД 88 212-88. Дата введения 01.07.89. СКБ АП. 3.168. т.300. 22.02.89.

Наименования и виды методических средств:

№ п / п	Наименование	Вид
1.	Учебно-информационные материалы по теме лекций	Электронный файл- *.pdf
2.	Презентации	Электронный файл- *.ppt
3.	Тестовые задания	Электронный файл- *.doc

Формы контроля знаний:

№ п / п	Форма
1.	Проведение опроса на лабораторных занятиях
2.	Проведение зачета по курсу
3.	Проведение экзамена по курсу

V. Протокол согласования учебной программы с другими дисциплинами специальности

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

Учебную программу разработали:
старший преподаватель кафедры ядерной и радиационной безопасности

В.А. Михайлов

VI. Дополнения и изменения к учебной программе на ____ / ____ учебный год

№ п / п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ядерной и радиационной безопасности (протокол № 5 от 15.12.2017).

И.О. заведующего кафедрой

К.Т.Н., доцент _____ О.В. Гусакова

УТВЕРЖДЕНО

Декан факультета мониторинга окружающей среды

К.Б.Н., доцент _____ В.В. Журавков