

Федеральное агентство по образованию  
САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

Кафедра радиоп физики и  
нелинейной динамики

**Рабочая программа**  
по дисциплине **Спецкурс. Радиоизмерения**  
для специальности 013800 – радиоп физика и электроника,  
реализуемой на физическом факультете.

Саратов 2006 г.

Рабочая программа составлена в соответствии  
с Государственным стандартом  
высшего профессионального образования  
по специальности 013800 – РАДИОФИЗИКА И ЭЛЕКТРОНИКА  
(номер государственной регистрации 170 ен/сп от 17.03.2000 г.)

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p style="text-align: center;"><b>ОДОБРЕНО:</b></p> <p>Председатель учебно-методической<br/>комиссии физического факультета,<br/>профессор<br/>_____ В.Л.Дербов<br/>_____ 2006 г.</p> |  | <p style="text-align: center;"><b>УТВЕРЖДАЮ:</b></p> <p>Проректор по учебной работе,<br/>профессор<br/>_____ Е.М. Первушов<br/>_____ 2006 г.</p> |
|---|--|--|

**СОГЛАСОВАНО:**

Декан физического факультета,  
профессор \_\_\_\_\_

Д.А. Зимняков

Заведующий кафедрой радиофизики и  
нелинейной динамики физического  
факультета, профессор \_\_\_\_\_

В.С. Анищенко

| Вид учебной работы               | Бюджет времени по очной форме обучения, час<br>Полная программа |
|----------------------------------|---|
| Аудиторные занятия, всего        | 34  |
| в том числе лекции               | 34  |
| Самостоятельная работа студентов | 14  |
| Зачет, +/-                       | +   |

Автор: доцент кафедры радиофизики  
и нелинейной динамики, к.ф.-м.н.

О. Н. Соколов

## 1. Организационно-методическое сопровождение

Данная учебная дисциплина включает в себя чтение курса лекций (34 часов) и самостоятельную работу студентов (14 часов). Целью курса является: обучение основам проведения физического эксперимента по измерению радиовеличин, предоставление знаний по современным измерительным технологиям и радиоизмерительной аппаратуре. Занятия проводятся в течение 6 семестра, по 2 часа в неделю.

## 2. Тематический план учебной дисциплины

| № п.п. | Наименование раздела, подраздела, темы лекции                              | Бюджет учебного времени при очной форме обучения |             |                             |                     |                        | Форма текущего и итогового контроля |
|--------|--|--|-------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|-------------------------------------|
|        |  | Всего  | в том числе |                             |                     |                        |                                     |
|        |  |  | Лекции      | Лабораторные и практические | Семинарские занятия | Самостоятельная работа |                                     |
| 1      | 2  | 3  | 4           | 5                           | 6                   | 7                      | 8                                   |
|        | Введение   | 1  | 1           |                             |                     |                        | Регулярный опрос студентов          |
| 1      | Погрешности измерений  | 5  | 4           |                             |                     | 1                      |                                     |
| 1.1    | Виды погрешности   | 1  | 1           |                             |                     |                        |                                     |
| 1.2    | Статистическая обработка результатов измерений со случайными погрешностями | 4  | 3           |                             |                     | 1                      |                                     |
| 2      | Характеристики измерительных приборов                                      | 1  | 1           |                             |                     |                        |                                     |
| 3      | Аналоговые и цифровые измерительные приборы                                | 2  | 1           |                             |                     | 1                      |                                     |
| 4      | Исследование формы сигналов  | 7  | 7           |                             |                     |                        |                                     |
| 4.1    | Структура и принцип действия электронного осциллографа (ЭО)                | 6  | 4           |                             |                     | 2                      |                                     |
| 4.2    | Характеристики осциллографа  | 0,5  | 0,5         |                             |                     |                        |                                     |
| 4.3    | Виды осциллографов   | 0,5  | 0,5         |                             |                     |                        |                                     |
| 4.4    | Стробоскопический осциллограф  | 1  | 1           |                             |                     |                        |                                     |
| 4.5    | Исследование фазовых портретов и стробоскопических сечений                 | 1  | 1           |                             |                     |                        |                                     |
| 5      | Измерение интервалов времени   | 3  | 2           |                             |                     | 1                      |                                     |
| 6      | Измерение частоты  | 1  | 1           |                             |                     |                        |                                     |
| 7      | Измерение разности фаз   | 3  | 2           |                             |                     | 1                      |                                     |
| 8      | Измерение параметров многополюсников                                       | 4  | 4           |                             |                     | 3                      |                                     |
| 9      | Измерение характеристик случайных процессов                                | 6  | 4           |                             |                     | 2                      |                                     |
| 10     | Измерение спектров   | 10   | 7           |                             |                     | 3                      |                                     |
| 10.1   | Понятие текущего спектра   | 3  | 2           |                             |                     | 1                      |                                     |
| 10.2   | Анализатор спектра последовательного и параллельного действия              | 4  | 3           |                             |                     | 1                      |                                     |
| 10.3   | Разрешение анализатора спектра   | 3  | 2           |                             |                     | 1                      |                                     |
| Итого  |  | 48   | 34          |                             |                     | 14                     | Зачёт                               |

### **3. Содержание учебной дисциплины**

**Введение.** Фундаментальная роль измерений при экспериментальных научных исследованиях. Применение методов радиоизмерений и электронных измерительных приборов в разнообразных областях науки и техники. Основные понятия и определения. Единицы физических величин. Эталоны измерений. Эталоны электрических величин. Краткая историческая справка о создании стандартной системы единиц физических величин и эталонов измерений.

#### **Раздел 1. Погрешности измерений.**

##### **Тема 1.1.** Виды погрешностей.

Погрешность меры, преобразования, сравнения, фиксации результата измерения. Погрешность метода и инструментальная погрешность. Статическая и динамическая погрешности. Систематическая и случайная погрешности. Погрешности косвенных измерений (погрешность суммы, погрешность произведения).

##### **Тема 1.2.** Статистическая обработка результатов измерений со случайными погрешностями.

Математическое описание случайных величин и случайных процессов. Математическое ожидание, плотность вероятности, дисперсия, среднеквадратичное отклонение случайной величины. Нормальный закон распределения. Центральная предельная теорема. Оценка случайной погрешности. Доверительный интервал. Погрешность косвенных измерений.

#### **Раздел 2. Характеристики измерительных приборов.**

Диапазон измерений. Область рабочих частот. Абсолютная и относительная чувствительность. Разрешающая способность. Входное и выходное сопротивления. Класс точности.

#### **Раздел 3. Аналоговые и цифровые измерительные приборы.**

Аналоговые и цифровые измерения, их сравнительный анализ. Дискретизация и квантование. Выбор шага дискретизации. Погрешность квантования.

#### **Раздел 4. Исследование формы сигналов.**

##### **Тема 4.1.** Структура и принцип действия электронного осциллографа (ЭО).

Структурная схема осциллографа. Канал вертикального отклонения. Канал горизонтального отклонения. Синхронизация развертки. Явление синхронизации в природе и технике, его применение для синхронизации развертки. Внешняя и внутренняя синхронизация. Непрерывный и ждущий режим работы развертки. Канал управления яркостью луча.

##### **Тема 4.2.** Виды осциллографов.

Универсальные осциллографы, двухканальные осциллографы, двухлучевые осциллографы.

##### **Тема 4.3.** Стробоскопический осциллограф.

Применение стробоскопического осциллографа для высокочастотных измерений. Принцип действия стробоскопического осциллографа.

#### **Тема 4.4.** Исследование фазовых портретов и стробоскопических сечений.

Понятие фазового портрета. Виды фазовых портретов: состояние равновесия, предельный цикл, двумерный тор, странный аттрактор. Стробоскопическое сечение и сечение Пуанкаре. Наблюдение фазового портрета, стробоскопического сечения и сечения Пуанкаре при помощи осциллографа.

#### **Раздел 5. Измерение интервалов времени.**

Общие замечания. Методы временных развёрток. Метод дискретного счёта. Погрешности измерения.

#### **Раздел 6. Измерение частоты.**

Электронно-счётные частотомеры. Резонансный метод измерения частоты. Гетеродинный метод измерения частоты. Измерение частоты методом заряда и разряда конденсатора. Методы сравнения с частотой другого источника с помощью осциллографа. Погрешность измерения.

#### **Раздел 7. Измерение разности фаз.**

Измерение фазового сдвига по фигурам Лиссажу. Преобразование фазового сдвига в интервал времени. Цифровой фазометр.

#### **Раздел 8. Измерение параметров многополюсников.**

Классические и волновые матрицы, описывающие многополюсники. Измерение параметров классической матрицы передачи четырёхполюсника. Измерение АЧХ четырёхполюсника. Панорамный измеритель АЧХ. Измерение параметров многополюсников на высоких частотах. Измерение входного сопротивления с помощью измерительной линии. Измерение коэффициентов матрицы рассеяния четырёхполюсника: прямой метод, метод изменяющейся нагрузки. Панорамный измеритель КСВН и переходного ослабления.

#### **Раздел 9. Измерение характеристик случайных процессов.**

Понятие о стационарном процессе. Понятие об эргодичном процессе. Усреднение по ансамблю и по времени. Измерение функции распределения. Измерение одномерной плотности вероятности. Измерение взаимной и автокорреляционной функции эргодических стационарных случайных процессов.

#### **Раздел 10. Измерение спектров.**

##### **Тема 10.1.** Понятие текущего спектра.

Спектры. Непрерывный и дискретный спектры. Спектры реальных процессов. К чему приводит ограниченность времени наблюдения. Текущий спектр. Мгновенный спектр.

##### **Тема 10.2.** Анализатор спектра последовательного и параллельного действия.

Принципы аппаратного спектрального анализа. Роль селективного элемента. Структурная схема анализатора спектра последовательного действия. Супергетеродинный принцип. Структурная схема анализатора параллельного анализа. Сравнительная характеристика последовательного и параллельного анализаторов спектра.

##### **Тема 10.3.** Разрешение анализатора спектра.

Факторы, определяющие разрешающую способность анализатора спектра. Статическая разрешающая способность. Динамическая разрешающая способность.

Виды самостоятельной работы студента: работа с учебной литературой, разбор приводимых на лекции примеров.

#### **4. Перечень основной и дополнительной литературы.**

##### **Основная литература**

1. Б.В. Дворяшкин, Л.И. Кузнецов. *Радиотехнические измерения*. – М.: Советское радио, 1978.
2. Г.Я. Мирский *Радиоэлектронные измерения*.- М.: Энергия, 1975.
3. Б.Ф. Мейзда. *Электронные измерительные приборы и методы измерений*. – М.: Мир, 1990.
4. Р. А. Валитов, В.Н. Сретенский. *Радиотехнические измерения*. – М.: Советское радио, 1970.
5. Г.Я. Мирский. *Аппаратурное определение характеристик случайных процессов*. – М.: Энергия, 1972.
6. В.Ю. Кончаковский. *Цифровые измерительные устройства*.– М.: Энергоатомиздат, 1985.

##### **Дополнительная литература**

1. О.А. Бахвалов. *Радиотехнические измерения*. – М.: Высшая школа, 1964.
2. Ф. Тишер. *Техника измерений на сверхвысоких частотах*. – М.: Изд. физ.-мат. лит., 1963.

#### **5. Средства обучения**

В качестве средств обучения используется комплект рисунков и графиков по материалам всего курса. Каждый студент имеет перед собой свой комплект. Это значительно облегчает усвоение материала.

#### **6. Вопросы к курсу**

Что такое погрешность измерений? Каковы виды погрешности? Как устроен электронно-лучевой осциллограф? Каким образом можно исследовать форму сигнала? В чём заключается резонансный метод измерения частоты? Что такое фигуры Лиссажу? Какие величины и каким образом могут быть измерены с помощью этих фигур?