

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ (МГТУ ГА)**

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УМР  
\_\_\_\_\_ В.Криницин  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2007 г.

**РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОПД.Р.01 Электрорадиоизмерения**

(Наименование, шифр по ГОС)

Специальность (специализация) \_\_\_\_\_ 160903 \_\_\_\_\_

(Шифр по ГОС)

Факультет «Авиационных систем и комплексов»

Кафедра «Технической эксплуатации авиационных электросистем и  
пилотажно-навигационных комплексов»

Курс 3, Форма обучения очная, Семестр 7, 8

Общий объем часов на дисциплину: 200 час.

В том числе:

<b>Вид занятий</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Семестр 5</b>	<b>Семестр 6</b>
Лекции	72	36	36
Практические занятия	-	-	-
Лабораторные занятия	40	20	20
Самостоятельная работа	88	44	44
Курсовой проект	-	-	-
Зачет	7-й и 8-й семестры	Зачет	Зачет
Экзамен	-	-	-

МОСКВА – 2007 г.

Рабочая программа составлена на основании примерной учебной программы дисциплины и в соответствии с Государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускника по специальности 160903.

Рабочую программу составил:  
Перегудов Г.Е., доцент, к.т.н.

(подпись)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры «ТЭАЭС и ПНК»,  
протокол № 11 от "30" мая 2007 г.

Заведующий кафедрой  
Воробьев В.Г., профессор, д.т.н.

(подпись)

Рабочая программа одобрена методическим советом по специальности 16903 «Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов».

Протокол № 5 от "19" июня 2007 г.

Председатель методического совета  
Константинов В.Д., профессор, к.т.н.

(подпись)

Рабочая программа согласована с Учебно-методическим управлением (УМУ).

Начальник УМУ: Логачев В.П.

(подпись)

## 1. Цель и задачи дисциплины

### 1.1. Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование профессиональных знаний и практических навыков по применению аналоговых и цифровых измерительных приборов, выбору методов измерения электрических величин и оценки погрешностей результатов измерений.

### 1.2. Задачи изучения дисциплины.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

#### 1.2.1. Иметь представление:

о принципе работы микропроцессорных цифровых вольтметров и цифровых осциллографов;  
 -о принципе построения измерительных генераторов  
 -об автоматизации процессов измерения.

#### 1.2.2. Знать:

-принципы действия и конструкции аналоговых приборов для измерения тока, напряжения, мощности, частоты фазы;  
 - принцип действия цифровых вольтметров, частотомеров, измерителей индуктивности и емкости;  
 -принцип действия и основные характеристики электронно-лучевых осциллографов;  
 -принцип действия мостов и компенсаторов ;  
 -методы измерения магнитных величин;  
 -основные характеристики электрорадиоизмерительных приборов, устанавливаемых на воздушных судах ГА;  
 -принципы построения информационно-измерительных систем на основе стандартных интерфейсов;  
 -принципы построения измерительно-вычислительных комплексов; на самолетах ГА.

#### 1.2.3. Уметь:

-измерять ток и напряжение электромеханическими и электронными аналоговыми и цифровыми приборами;  
 -измерять частоту и интервалы времени цифровыми частотомерами;  
 -определять характеристики электрических сигналов с помощью Электронно-лучевых осциллографов;  
 -измерять параметры электрических цепей с помощью мостов, измерителей добротности, комбинированных аналоговых и цифровых вольтметров;  
 -рассчитать погрешность прямых и косвенных измерений основных электрических величин.

#### 1.2.4. Иметь опыт:

-измерения постоянных и переменных токов и напряжений комбинированными электромеханическими, электронными и цифровыми приборами;  
 -определения характеристик сигналов с помощью электронно-лучевого осциллографа;  
 -измерения параметров сопротивления, индуктивности и емкости с помощью Цифровых приборов и мостов переменного тока;  
 -расчета инструментальных и методических погрешностей при измерении электрических сигналов и параметров электрических цепей.

## **2. Содержание дисциплины.**

2.1. Наименование размеров, объемов в часах.  
Содержание лекций, ссылки на литературу.

### **Раздел 1. Аналоговые электромеханические измерительные приборы ([1] с. 94 – 136, 2 с 246 – 288).**

Лекция 1.1. Введение. Роль электрических измерений при эксплуатации воздушных судов ГА. Основные требования, предъявляемые к авиационному приборному оборудованию, особенности конструкции авиационных измерительных механизмов. Структура аналоговых измерительных приборов.

Лекция 1.2. Магнитоэлектрические измерительные приборы. Принцип действия. Уравнение шкалы. Чувствительность. Магнитоэлектрические амперметры и вольтметры. Расширение пределов измерения. Комбинированные аналоговые измерительные приборы.

Лекция 1.3. Электродинамические измерительные приборы. Принцип действия, уравнение шкалы. Достоинства и недостатки. Электромагнитные измерительные приборы. Амперметры и вольтметры. Схемы включения.

Лекция 1.4. Электростатические измерительные приборы. Достоинства и недостатки. Логометры. Принцип действия. Применение логометров в приборном оборудовании воздушных судов ГА. Аналоговые электронные вольтметры постоянного и переменного тока. Структурные схемы. Универсальный аналоговый электронный вольтметр.

Лекция 1.5. Преобразователи амплитудного, средневыпрямленного и среднеквадратического значений измеряемого напряжения в аналоговых электронных вольтметрах. Особенности включения вольтметров, влияние формы кривой измеряемого напряжения на показания вольтметров. Частотные характеристики.

Лекция 1.6. Гальванометры. Теория движения подвижной части гальванометра, магнитоэлектрической системы. Баллистический режим. Частотная характеристика. Гальванометры постоянного тока. Вибрационный гальванометр. Гальванометрические усилители.

### **Раздел 2. Электрические измерения приборами сравнения ([2] с 288 – 326 ).**

Лекция 2.1. Компенсационный метод измерения. Точность метода. Принципиальные схемы компенсационных сопротивлений. Чувствительность измерительных установок. Погрешность измерений.

Лекция 2.2. Мосты постоянного тока. Условие равновесия. Уравновешенный и неуравновешенный четырехплечие мосты. Погрешности. Чувствительность. Применение в авиации. Мостовые схемы с логометрами. Логометры. Логометр с подвижным магнитом.

Лекция 2.3 Компенсационный метод измерения на переменном токе. Потенциометры переменного тока полярно-координатные и прямоугольно-координатные. Мосты переменного тока. Частотная независимость, сходимость, отдельный отсчет. Мосты для измерения индуктивности и емкости. Трансформаторные мосты.

Лекция 2.4. Компенсаторы постоянного тока. Шунтирующие и двойные декады. Звездобразные делители. Цифровые мосты постоянного и переменного тока. Автоматизация уравновешивания. Применение компенсаторов для измерения ЭДС, токов, сопротивлений. Погрешность измерений. Компенсаторы переменного тока. Автоматизация процесса уравновешивания. Резонансные измерители параметров элементов и цепей. Куметр.

### **Раздел 3. Цифровые электрорадиоизмерительные приборы ( [1] с 137 – 158 ).**

Лекция 3.1. Преобразование аналоговой величины в дискретную. Дискретизация и квантование. Цифровое кодирование системы счисления. Коды. Методы преобразования непрерывной величины в дискретную. Входные аналоговые устройства и преобразователи сигналов. Индикаторы.

Лекция 3.2. Основные технические характеристики аналого-цифровых преобразователей и цифровых преобразователей. Особенности построения цифровых вольтметров. Цифровые вольтметры постоянного тока с кодоимпульсным преобразованием и с время-импульсным преобразованием. Интегрирующие цифровые вольтметры. Цифровые вольтметры постоянного тока с двухтактным интегрированием. Цифровые вольтметры переменного тока.

Лекция 3.3. Цифровые приборы временного и частотного преобразования. Измеритель временных интервалов. Фазометры. Частотомеры. Преобразователи напряжение – частота.

Лекция 3.4. Цифровые преобразователи угол-код. и число - импульсные преобразователи. Цифровые приборы с обратной связью.

Лекция 3.5 Развертывающие и следящие преобразователи. Сравнительная характеристика. Интегральных аналого–цифровых преобразователей для построения электрорадиоизмерительных приборов.

### **Раздел 4. Измерительные генераторы сигналов ([1] с 159 - 176 ).**

Лекция 4.1. Классификация и основные характеристики измерительных генераторов. Низкочастотные измерительные генераторы синусоидальных колебаний: генераторы на биениях, LC – генераторы, RC – генераторы. Цифровые низкочастотные генераторы.

Лекция 4.2. Высокочастотные генераторы сигналов. Измерительные генераторы радиовещательного диапазона, метрового диапазона. Сверхвысокочастотные генераторы. Синтезаторы частоты. Генераторы качающейся частоты.

Лекция 4.3. Генераторы импульсов. Измерительные генераторы кодовых комбинаций импульсов. Цифровые генераторы сигналов специальной формы. Генераторы шумовых сигналов.

### **Раздел 5. Электронно-лучевые осциллографы для измерения формы сигналов, их спектров и нелинейных искажений ( [1] с 160 – 220 ).**

Лекция 5.1. Назначение, принцип действия и классификация осциллографов. Обобщенная структурная схема и основные параметры электронно-лучевого осциллографа. Универсальные осциллографы. Одноканальные и многоканальные осциллографы.

Лекция 5.2. Основные узлы электронно-лучевых осциллографов. Канал вертикального отклонения и канал горизонтального отклонения. Калибраторы амплитуды и длительности сигналов. Генератор развертки. Блок синхронизации. Линия задержки. Метрологические характеристики осциллографов.

Лекция 5.3. Специальные типы электронно-лучевых осциллографов. Скоростные осциллографы. Стробоскопические, цифровые и запоминающие осциллографы. Применение и выбор электронно-лучевого осциллографа.

Лекция 5.4 Осциллографические измерения. Визуальное наблюдение осциллограмм. Измерение напряжений методом прямого преобразования и методом сравнения. Измерение интервалов времени и частоты методом интерференционных фигур и методом круговой развертки.

Лекция 5.5 Измерение фазового сдвига и обобщенных параметров импульсов. Анализаторы спектра частот. Фильтровые анализаторы спектра параллельного и

последовательного действия. Дисперсионные, рециркуляционные и цифровые анализаторы спектра.

## **Раздел 6. Методы измерения электрических величин и приборы для их измерения. ([1] с 217 – 276)**

Лекция 6.1. Метод измерения напряжения и тока. Измерение напряжения в цепях постоянного тока методом непосредственной оценки, компенсационным и дифференциальным методом. Измерение постоянного тока прямым и косвенным методами.

Лекция 6.2. Измерение переменного напряжения и тока на низких и высоких частотах. Измерения импульсных напряжений диодно-конденсаторным и автокомпенсационным вольтметрами. Измерение напряжения одиночных импульсов аналоговым и цифровым импульсным вольтметрами.

Лекция 6.3. Методы измерения мощности. Измерение мощности в цепях постоянного тока и переменного тока промышленной частоты. Цепи однофазного синусоидального тока. Измерение мощности в цепях переменного тока повышенной и высокой частот.

Лекция 6.4. Измерение мощности электронным выпрямительным термоэлектрическим ваттметрами и ваттметром с преобразователем Холла. Измерение мощности осциллографом и цифровым ваттметром.

Лекция 6.5. Методы измерения частоты, временных интервалов и сдвига по фазе. Цифровые частотомеры. Измерение частоты и периода. Измерение частоты осциллографом по фигурам Лиссажу и с модуляцией яркости луча.

Лекция 6.6. Гетеродинный и резонансный способы измерения частот. Измерение временных интервалов. Измерение интервала времени с преобразованием масштаба времени, с преобразованием интервала в пропорциональное ему число импульсов, методом сравнения временных интервалов.

## **Раздел 7. Измерение параметров и характеристик полупроводниковых приборов, интегральных схем ([1] с 277 – 328).**

Лекция 7.1. Измерение характеристик диодов и параметров транзисторов. Классификация и параметры цифровых интегральных схем.

Лекция 7.2. Измерение статических параметров цифровых интегральных схем: передаточной характеристики входных и выходных данных, токов потребления и коэффициента разветвления по выходу.

Лекция 7.3. Измерение динамических параметров цифровых интегральных схем. Временные параметры. Импульсная помехоустойчивость.

## **Раздел 8. Автоматизация электрорадиоизмерений ([1] с 336 – 370 ; 3 с 288 – 308).**

Лекция 8.1. Основные направления автоматизации измерений. Микро ЭВМ и микропроцессоры. Информационно-измерительные системы, классификация и структура. Разновидности интерфейсов. Приборный стандартный интерфейс. Интерфейс КАМАК. Стандарты магистралей.

Лекция 8.2. Измерительно-вычислительные комплексы. Условия применения. Классификация. Применение ИВК в авионике ВС ГА.

Лекция 8.3. Микропроцессоры и интегральные схемы в измерительной технике. Цифровой мультиметр, осциллографы со встроенным микропроцессором. Аппаратура для проверки интегральных схем, для контроля динамических параметров интегральных схем.

Лекция 8.4. Проблема электромагнитной совместимости радиосистем на борту ВС. Требования норм летной годности к характеристикам элементов функциональных систем самолета, определяющим электромагнитную совместимость.

## 2.2. Перечень тем практических и семинарских занятий, их объем

Практические занятия учебным планом не предусмотрены

## 2.3. Перечень лабораторных работ (занятий), их объем - 40 час

ЛР –1. Изучение конструкции основных типов электромеханических измерительных приборов. – 4 час.

ЛР – 2. Исследование характеристик измерительных генераторов и кодоуправляемых источников постоянного тока – 4 час.

ЛР – 3. Измерение активных сопротивлений. Методы обработки косвенных измерений. – 4 час. Экспер. + 4 час. СРС в дисплейном классе.

ЛР – 4. Измерение частоты и временных интервалов. Методы обработки результатов измерений, содержащих случайные погрешности – 4 час. Экспер. + 4 час. СРС в дисплейном классе.

ЛР – 5. Изучение АЦП поразрядного кодирования. Вольтметр Ф-4202. –4 час.

ЛР – 6. Изучение вольтметров время-импульсного преобразования. Вольтметр В7-16А. Амплитудные и линейные детекторы. – 4 час.

ЛР – 7. Изучение ИИС на базе КАМАК и ПЭВМ – 8 час.

## 2.4. Тематика курсовых проектов (работ).

Курсовые проекты ( работы) учебным планом не предусмотрены.

## 2.5. Тематика (темы) контрольных работ (домашних) заданий.

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены.

## 2.6. Перечень деловых игр

Отсутствуют

## 3. Рекомендуемая литература.

№ п\п	Авторы	Наименование, издательство, год издания
1.1.	Атамалян Э.Г..	Основная литература Приборы и методы измерения электрических величин. УП., М.: Высш.Шк. 1989 г.
1.2.	Прытков В.Т. и др..	Курс электрических измерений. Части 1,2. ГЭИ. М.: Л.; 1980 г.
1.3.	Елизаров А.С.	Электрорадиоизмерения. Учебн. Минск, Высш.Шк., 1986 г. – 320 с. Ил
1.4.	Курзенков Г.Д.	Аналоговые электроизмерительные приборы в ГА. Учебн.пособ. М.: МГТУ ГА. 1996 г.
1.5.	Курзенков Г.Д.	Электронные и цифровые приборы в гражданской авиации. Учебн. Пособ.М.:МГТУ ГА. 1996 г.
2.1.	Курзенков Г.Д.	Учебно-методическая литература Электрические измерения: методические указания по выполнению лабораторных работ «Цифровые вольтметры». М.: МГТУ ГА.1996
3.1.	Безкоровайный П.М., Широков Н.Г..	Дополнительная литература Электрические измерения. Учебное пособие. М.: Высш.Шк., 1971 г. – 384 с. Ил.
3.2.		Аналоговые электроизмерительные приборы Учебн.пособ. М.: Высш.Шк.1991г. –415 с.

**4. Рекомендуемые программные средства и компьютерные системы обучения и контроля знаний студентов.**

Отсутствуют.

**5. Рекомендуемое деление содержания дисциплины на блоки:**

Блок 1    Лекции 1.1.; 2.4.

Блок 2    Лекции 3.1.; 4.3.

Блок 3    Лекции 5.1.; 6.7

Блок 4    Лекции 7.1.; 10.2