

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Сибирский федеральный университет»**



УТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе,  
д-р пед.наук  
Н.В. Гафурова

**ПРОГРАММА**  
кандидатского экзамена  
по специальности 05.11.08 «Радиоизмерительные приборы»

Красноярск 2012

## Введение

В основу программы положены следующие разделы вузовских дисциплин: теория случайных процессов с элементами теории вероятностей и математической статистики; основы метрологии и метрологического обеспечения; математическая обработка результатов измерений; теория измерений и передачи измерительной информации; средства и методы измерения радиотехнических величин. Программа разработана экспертным советом по электронике, измерительной технике, радиотехнике и связи Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России при участии 32 ГНИИ Министерства обороны России, ВНИИФТРИ и Нижегородского НИПИ «Кварц».

### 1. Основы метрологии

1. Предмет и задачи метрологии. Важнейшие термины и определения. Физические величины. Единицы физических величин. Системы единиц физических величин. Принципы создания естественной системы единиц. Размерность величин и единиц. Практические приложения теории размерностей. Международная система единиц (СИ).

2. Средства измерений. Виды средств измерений. Меры и наборы мер. Измерительные аналоговые и цифровые преобразователи. Измерительные установки и принадлежности. Параметры и свойства средств измерений. Исходные и образцовые средства измерений. Рабочие средства измерений. Отсчетные устройства: шкальные, цифровые, регистрирующие. Нормирование метрологических характеристик и классы точности. Способы выражения пределов допускаемой погрешности.

3. Эталоны. Общие понятия. Государственные эталоны первичные и специальные. Вторичные эталоны (эталон-копии, сравнения и рабочие). Одиночный и групповой эталоны. Эталонный набор. Хранение эталонов. Перспективы развития эталонов.

4. Методы и принципы измерений. Виды методов измерений. Преобразование измеряемой величины в процессе измерений. Метод непосредственной оценки. Дифференциальный метод. Нулевой метод. Метод совпадений. Принципы измерений.

5. Общие требования к измерениям. Анализ постановки измерительной задачи. Выбор средств и методов измерений. Выбор числа измерений. Методика выполнения измерений. Способы обнаружения и исключения систематических погрешностей. Метод замещения, компенсации погрешности по знаку, метод противопоставления, метод симметричных наблюдений.

Прямые и косвенные измерения. Совокупные и совместные измерения. Однократные и многократные измерения. Равноточные и неравноточные измерения.

6. Погрешности измерений. Погрешность и достоверность результата измерения. Виды погрешностей измерений. Точность, правильность, сходимость результатов измерений. Округление результатов измерений. Погрешности измерительных устройств в статическом и динамическом режиме. Расчет доверительных границ поля допусков погрешности измерительных устройств. Суммирование погрешностей измерительного канала для зависимых и независимых составляющих. Расчет динамических погрешностей линейных и нелинейных измерительных устройств.

7. Обработка результатов измерений. Требования к методам обработки результатов измерений. Группирование экспериментальных данных. Проверка гипотезы о виде распределения экспериментальных данных. Исключение грубых погрешностей. Обработка нормального распределения данных и отличных от нормального. Обработка результатов прямых однократных измерений. Обработка результатов косвенных, совместных, совокупных измерений. Проверка однородности и равноточности групп измерений при нормальном и отличном от нормального распределении. Обработка результатов нескольких однородных равноточных и неравноточных групп измерений.

8. Обеспечение единообразия средств измерений. Система воспроиз-

ведения единиц и передачи их размеров рабочим средствам измерений. Эталоны. Образцовые средства измерений и поверочные установки. Стандартные образцы. Поверочные схемы и их обоснование. Обоснование межповерочных интервалов. Виды поверок.

## **II. Методы и средства измерений радиотехнических величин**

1. Измерение параметров формы и спектра радиосигналов. Характеристики спектра радиосигналов. Преобразование Фурье. Теорема Винера-Хинчина. Теорема отсчетов Котельникова. Спектр периодических, непериодических и случайных сигналов. Средства измерений характеристик спектра, классификация, основные характеристики, область применения. Виды модуляции. Характеристика и параметры модулированных сигналов. Методы и средства измерений параметров модулированных сигналов. Принципы построения измерителей модуляции и их основные характеристики. Характеристики искажения формы сигналов. Методы измерений искажений формы сигналов. Средства измерений искажений формы сигналов. Амплитудно-частотные характеристики активных и пассивных четырехполюсников. Методы измерения амплитудно-частотных характеристик. Средства измерений амплитудно-частотных характеристик четырехполюсников, классификация, основные характеристики.

2. Измерение параметров радиотехнических цепей. Измерение параметров радиотехнических цепей с распределенными постоянными. Общие сведения об измерениях параметров линий передачи энергии электромагнитных колебаний. Виды линий передач. Режимы работы линий передач энергии. Параметры линий передач. Методы измерений параметров линий передач. Методы измерений с применением измерительных линий. Методы измерений S-параметров с панорамной индикацией характеристик. Средства измерений параметров элементов и трактов с распределенными постоянными. Устройство и принцип работы измерительных линий. Устройство и

принцип работы панорамных измерителей коэффициентов отражения. Изменение параметров компонентов и цепей с сосредоточенными постоянными. Измерители добротности. Измерители сопротивления. Измерители иммитанса. Диаграммы полных сопротивлений и проводимости Вольперта.

3. Измерения напряженности электромагнитного поля и характеристики антенн. Методы и средства для измерения и воспроизведения единиц напряженности электрического и магнитного полей. Закон магнитной индукции Фарадея. Закон Кулона. Уравнения электромагнитного поля Максвелла. Уравнения распространения электромагнитных волн. Технические и метрологические характеристики антенн. Методы и средства измерений характеристик антенн. Измерение параметров электромагнитной совместимости технических средств. Характеристики электромагнитной совместимости технических объектов. Измерения радиолокационных характеристик технических объектов. Методы и аппаратура для измерений радиолокационных характеристик объектов. Технические и метрологические характеристики измерительных комплексов.

4. Измерительные генераторы. Уравнение самовозбуждения. Низкочастотные измерительные генераторы. Высокочастотные измерительные генераторы. Особенности конструктивного исполнения высокочастотных и низкочастотных генераторов. Генераторы несинусоидальных и шумовых сигналов. Основные параметры шумовых сигналов. Методы измерений шумовых параметров. Источники шумовых сигналов. Классификация генераторов шумовых сигналов. Генераторы импульсов. Генераторы сигналов сложной формы. Синтезаторы частоты.

### **III. Основы теории контроля технических объектов**

1. Математическое описание объектов контроля. Типы моделей объектов контроля. Модели для линейных и нелинейных систем. Задачи и принципы контроля. Объем контроля Эффективность, достоверность и точность

контроля. Организация контроля. Значимость контролируемых параметров систем. Прогнозирование значений параметров. Рекуррентное прогнозирование. Прогнозирование показателей качества.

2. Измерения при контроле. Измерение зондирующего сигнала. Измерение параметров системы. Измерение показателей качества. Точность измерений показателя качества.

3. Принятие решений по результатам контроля. Схемы принятия решений. Контрольные допуски. Гарантированные допуски. Принципы назначения допусков. Алгоритм определения допусков. Ошибки при контроле по допускам. Вероятности ошибок контроля. Допуски на линейные формы параметров.

4. Концепция контроля технических объектов. Структура и характеристики систем контроля технических объектов. Методы их анализа и построения. Методы обоснования и выбора эксплуатационно-технических характеристик, подлежащих контролю, для оценки технического состояния технических объектов по результатам контроля.

5. Методы технической диагностики объектов.

#### **IV. Основы метрологического обеспечения**

1. Особенности метрологического обеспечения при разработке, производстве и эксплуатации технических устройств. Средства измерений как основа метрологического обеспечения. Влияние средств измерений на точность и надежность технических устройств. Выбор средств измерений по точности. Автоматические измерительные системы как средства диагностики, контроля и поверки. Сигнатурные и логические анализаторы. Метрологическое обеспечение автоматических измерительных систем.

2. Закон Российской Федерации "Об обеспечении единства измерений". Общие положения, единицы величин. Средства и методики выполнения измерений. Метрологические службы. Государственный метрологиче-

ский контроль и надзор. Калибровка и сертификация средств измерений.

3. Сущность методологии проведения военно-метрологического сопровождения и метрологической экспертизы технических объектов. Основные направления их совершенствования.

### Литература

1. Долинский Е.Ф. Обработка результатов измерений. Москва, издательство стандартов, 1973.

2. Кузнецов В.А. и др. Метрологическое обеспечение и эксплуатация средств измерений. Москва, Радио и связь, 1990.

3. Метрологическое обеспечение измерительных информационных систем (теория, методология, организация). Под ред. Е.Т. Удовиченко. Москва, издательство стандартов. 1991.

4. Новицкий П.В. Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. Ленинград, Энергоиздат, 1991.

5. Сычев А.П. Метрологическое обеспечение радиоэлектронной аппаратуры. Москва, РИЦ "Татьянин день". 1993.

6. Новицкий П.В., Зограф И.А., Лабунец В.С. Динамика погрешностей средств измерений. Ленинград, Энергоатомиздат, 1990.

7. Мудров В.И. Кушко В.Л. Методы обработки измерений. Москва, Радио и связь, 1983.

8. Соболев В.И. Информационно-статистическая теория измерений. Москва, Машиностроение, 1983.

9. Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Основы метрологии. Москва, Издательство стандартов, 1995 г.

10. Селиванов М.Н., Фридман А.Э., Кудряшова Ж.Ф. Качество измерений. Ленинград, Лениздат, 1987 г.

11. Богомоллов Ю.А. и др. Основы метрологии. Москва, Издательство "МИСИС", 2000 г.

12. Марков. Т.Г. Петров Б.М. Электродинамика и распространение радиоволн. Москва, Сов. радио, 1979 г.
13. Электрорадиоизмерения. Учебник для техникумов. Москва, Энергия, 1975 г.
14. Электрорадиоизмерения. Учебное пособие для для ВУЗов. Ленинград, Энергия, 1975 г.
15. Абубакиров Б.А. Гудков К.Г. Измерение параметров радиочепей. Москва, Радио и связь, 1984 г.
16. Кузнецов В.А. Измерения в электронике. Справочник. Москва, Энергоатомздат, 1987 г.
17. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения. Москва, Радио и связь, 1985 г.
18. Майзельс Е.Н. Торгованов В.А. Измерения характеристик рассеяния радиолокационных цепей. Москва, Радио и связь, 1972 г.
19. Захарьев Л.Н. Леманский А.А. Методы измерений характеристик антенн СВЧ. Москва, Радио и связь, 1985 г.
20. Князев А.Д. Элементы теории и практики обеспечения ЭМС радиоэлектронных средств. Москва, Радио и связь, 1984 г.
21. Бадалов А.Л. Михайлов А.С. Нормы и параметры ЭМС РЭС. Справочник. Москва, Радио и связь, 1990 г.
22. Меерсон А.М. Радиоизмерительная техника. Ленинград, Энергия, 1978 г.
23. Валитов Р.А. Сретенский В.Н. Радиотехнические измерения. Москва, Радио и связь, 1970 г.