Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИФиРЭ
_____/А.В. Минаков
«15» 12 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина Приборы и методы измерения (по видам измерений)

Группа научных специальностей 2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и связь
Научная специальность 2.2.4 Приборы и методы измерения (по видам измерений)

Красноярск 2022

2

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями
Группа научных специальностей /научная специальность
2.2 Электроника, фотоника, приборостроение и связь /2.2.4 Приборы и методы измерения (по видам измерений)».

Программу составил Ф.В.Зандер

Заведующий кафедрой РЭС _Ф.В.Зандер_____

«26_»_октября___2022__г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Радиоэлектронные системы»

«26_»_октября___2022__г протокол № 2

Заведующий кафедрой РЭС _Ф.В.Зандер /_____/

Дополнения и изменения в учебной программе на 20__/20__ учебный год.

В учебную программу вносятся следующие изменения:
_____ _____
_____ .

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____
«____» _____ 20__г. протокол № _____

Заведующий кафедрой _____
(*фамилия, и. о., подпись*)

Внесенные изменения **УТВЕРЖДАЮ**:

Директор института ИИФРЭ А.В. Минаков /_____/

1. Цели и задачи изучения дисциплины

1.1. Цель преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Приборы и методы измерения (по видам измерений)» является получение знаний в области метрологического обеспечения, технических измерений и стандартизации применительно к задачам разработки, производства и эксплуатации радиотехнических средств. Основной целью преподавания дисциплины является подготовка аспирантов к сдаче кандидатского экзамена.

1.2. Задачи изучения дисциплины

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- овладение методами и средствами измерения параметров и характеристик цепей, сигналов при разработке, производстве и эксплуатации радиотехнических средств;
- ознакомление с методами обеспечения единства измерений и соответствующей нормативной документацией;
- изучение принципов действия, технических и метрологических характеристик средств измерений;
- изучение современных методов и приобретение навыков обработки результатов измерений, оценки погрешности измерений.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы аспирантуры.

Аспирант, изучивший курс «Приборы и методы измерения (по видам измерений)», должен:

знать:

– основные понятия, связанные со средствами измерения;
– основы теории погрешностей измерений;
– методы обработки результатов измерений;
– принципы, методы и средства измерения характеристик радиотехнических устройств и структурные схемы радиоизмерительных приборов;
– принципы построения и структуру автоматизированных средств измерений и контроля.

уметь:

- осуществлять выбор средств измерений для решения поставленной задачи измерения конкретной физической величины;
- пользоваться методами измерения для оценки качества функционирования радиоэлектронной аппаратуры и радиоэлектронных систем;

- осуществлять соответствующие используемой аппаратуре измерения физических величин;
- оценивать погрешности выполненных измерений и выражать их в соответствии с принятыми в стандартах способами при записи результата полученного измерения;

владеть:

- методами выбора измерительных приборов и работы с ними при определении характеристик радиоэлектронных устройств разного назначения.
-

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре программы аспирантуры

Для успешного освоения курса необходима предварительная университетская подготовка по:

– математике: (общие разделы: дифференциальное, интегральное исчисления ряды Фурье, Тейлора);

– теории вероятностей и математической статистике: (случайные величины, законы распределения, числовые характеристики, системы случайных величин, их числовые характеристики, числовые характеристики функций величин, теоремы о числовых характеристиках случайных величин, законы распределения функций случайных аргументов, композиция законов распределения, предельные теоремы, стационарные случайные процессы, статистическая обработка случайных величин, нахождение эффективных оценок, определение законов распределения);

– электронике: полупроводниковые диоды, электронно-лучевые трубки, биполярные и полевые транзисторы, полупроводниковые и гибридные интегральные микросхемы;

– схемотехнике аналоговых электронных устройств: (широкополосные, операционные усилители);

– радиотехническим цепям и сигналам: сигналы, спектральное представление сигналов, параметры сигнала (амплитуда, фаза, частота), преобразование Гильберта, преобразование сигналов на нелинейных элементах, амплитудное детектирование, ограничение сигналов, синхронное детектирование, умножение частоты, автокорреляционная функция ограниченного случайного процесса, случайные сигналы и их характеристики (математическое ожидание, дисперсия, энергетический спектр, авто– и взаимокорреляционная функция, одномерные законы распределения);

– основам теории цепей: понятие и методы расчета частотных и переходных характеристик цепей, колебательные контура и их свойства, длинные линии, фильтры низких и высоких частот;

– информационным технологиям (основы программирования, языки программирования);

– радиоизмерения: методы измерения временных интервалов, фазового сдвига, частоты, напряжения, мощности; статистическая теория погрешностей измерений.

– радиоавтоматика: основы теории автоматических систем (устойчивость, анализ при детерминированных и случайных воздействиях); факторы, определяющие основные качественные показатели автоматических систем (точность, запас устойчивости, быстродействие); особенности построения радиотехнических автоматических систем, применяемых в радионавигации (системы частотной и фазовой автоподстройки, системы автоподстройки по времени и направлению прихода радиосигнала).

Знания и умения, приобретенные в процессе изучения этой дисциплины, используются для научно-исследовательской работы и научно-исследовательской практики и при работе над главами и соответствующими разделами кандидатской диссертации.

1.5 Особенности реализации дисциплины.

Дисциплина реализуется на русском языке

2. Объем дисциплины и виды учебной работы

Объем дисциплины и виды учебной работы приведены в таблице 2.1.

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр	
		5	6
Общая трудоемкость дисциплины	2/72	1/36	1/36
Контактная работа с преподавателем:	1/36	0,5/18	0,5/18
занятия лекционного типа			
занятия семинарского типа			
в том числе: семинары практические занятия	1/36	0,5/18	0,5/18
Самостоятельная работа аспирантов:	1/36	0,5/18	0,5/18
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)		Зачет	Экзамен

3. Содержание дисциплины

3.1. Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий).

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад.час)	Занятия семинарского типа (Семинары и/или Практические занятия (акад.час))	Самостоятельная работа, (акад.час),
1.	Основы метрологии	10		6

2.	Методы и средства измерений	20		22
3.	Основы метрологического обеспечения	6		8
	Всего	36		36

3.2. Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах
1	1	Понятие об измерении. Связь измерений с познанием окружающего объективного мира. Определение измерения. Роль измерений в науке и технике. Понятие метрологического обеспечения. Структура и функции государственной метрологической службы и метрологических служб организаций. Средства измерений. Классификация средств измерений: меры, измерительные преобразователи, измерительные приборы, измерительные установки, информационно-измерительные системы. Обобщенная классификация радиоизмерительных приборов. Общие характеристики измерительных приборов. Система обозначений радиоизмерительных приборов. Система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная служба.	4
2	1	Погрешности измерений. Понятие погрешности измерений. Классификация погрешностей. Статистическая теория погрешностей измерения. Методы описания погрешностей. Законы распределения. Среднеквадратичная погрешность. Доверительная погрешность. Представление результатов измерений по ГОСТ 8011-72. Статистическая обработка результатов многократных измерений. Обработка неравноточных измерений. Определение законов распределения. Критерии согласия. Критерий Пирсона и Колмогорова. Обнаружение промахов. Критерий Романовского. Погрешности косвенных измерений. Вычисление погрешности косвенных измерений методом статистического моделирования.	6
3	2	Определение мгновенной и средней частоты. Классификация методов измерения частоты. Методы сравнения. Осциллографические методы. Метод нулевых биений. Метод заряда-разряда емкости. Резонансный метод. Метод дискретного счета (цифровое измерение частоты). Структурная схема частотомера. Погрешности. Новые идеи повышения точности цифрового измерения частоты. Оптимальный алгоритм цифрового измерения частоты. Возможности цифрового частотомера.	4

4	2	Измерение напряжений. Значения измеряемых напряжений: амплитудное, среднее, среднеквадратическое, средневыпрямленное значение. Цифровые вольтметры. Классификация цифровых вольтметров постоянного напряжения. Цифровые вольтметры с временным преобразованием, с частотным преобразованием. Интегрирующие цифровые вольтметры. Принципы построения цифровых вольтметров с весовым усреднением. Цифровые вольтметры уравновешивающего преобразования: циклического и следящего преобразования. Особенности цифровых вольтметров переменного напряжения. Погрешности цифровых вольтметров: погрешность меры, преобразования, дискретности (сравнения).	2
5	2	Измерение фазового сдвига. Классификация методов измерения фазового сдвига. Цифровые фазометры: с преобразованием фазовый сдвиг - напряжение, фазовый сдвиг - интервал времени, компенсационные, ортогональные. Особенности применения микропроцессоров в цифровых фазометрах. Фазометры с преобразованием частоты: гетеродинные, стробоскопические. Характеристики современных фазометров.	4
6	2	Электронно-лучевые осциллографы. Назначение и классификация электронно-лучевых осциллографов. Области применения. Обобщенная структурная схема осциллографа. Виды разверток. Параметры развертывающих напряжений. Многоканальные и многолучевые осциллографы.	2
7	2	. Измерение спектров и нелинейных искажений. Методы измерения спектров. Параллельный и последовательный анализ. Структурные схемы анализаторов. Основные характеристики анализаторов: статистическая и динамическая разрешающая способность, время и скорость анализа, диапазон частот.	2
8	2	Измерение параметров цепей. Метод вольтметра и амперметра. Резонансный метод измерения индуктивности, емкости. Измерители добротности. Мостовые методы измерения индуктивности, емкости, сопротивления резисторов.	2
9	2	Измерение мощности. Измерение мощности на промышленных частотах; электродинамические ваттметры. Измерение мощности на звуковых и высоких частотах. Метод, основанный на эффекте Холла. Измерение мощности в диапазоне СВЧ. Калориметрический метод. Метод терморезистора, болометры, термисторы. Мостовые методы измерения мощности.	2
10		Анализ спектра. Измерение нелинейных искажений. Структурная схема измерителя нелинейных искажений. Измерение коэффициента гармоник. Измерение параметров модулированных сигналов.	2
11	3	. 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	2
11	3	Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». Общие положения, единицы величин.	2
12	3	Государственный метрологический контроль и надзор. Калибровка и сертификация средств измерений.	2

3.3. Занятия семинарского типа

Не предусмотрены учебным планом.

3.4. Самостоятельная работа

Программа изучения дисциплины «Приборы и методы измерения (по видам измерений)» предусматривает следующие виды самостоятельной работы: изучение теоретического курса (ТО), подготовка к экзамену.

На самостоятельное изучение выносятся следующие темы.

Раздел 1. Тема 1 История развития метрологии. Роль отечественных ученых в развитии метрологии. Проблемы радиоизмерительной техники (повышение точности, надежности, уменьшение трудоемкости, автоматизация, и др.).

Раздел 1. Тема 2 Эффективные оценки истинного значения измеряемой величины для различных законов распределения погрешности. Среднеквадратические погрешности среднеарифметического значения результата измерения, оценка, соответствующая центру рассеяния, медианная оценка. Оценка среднеквадратической погрешности. Оценка погрешности при малом числе измерений.

Раздел 2. Тема 3 Способы уменьшения погрешности квантования: статический, корреляционный, метод рандомизации.

Раздел 2. Тема 4 Осциллографические методы измерения частоты сигналов. Особенности применения микропроцессоров в цифровых измерителях частоты. Измерение нестабильности частоты.

Раздел 2. Тема 5 Стрелочные вольтметры. Классификация, структурная схема. Основные узлы. Детекторы: пиковый, средневыпрямленного значения, квадратичный. Термоэлектрические преобразователи. Усилители. Погрешности стрелочных вольтметров на низких и высоких частотах. Зависимость показаний вольтметров от формы измеряемого напряжения.

Раздел 2. Тема 6 Аналоговые фазометры: осциллографические, компенсационные, стрелочные.

Раздел 2. Тема 7 Особенности построения осциллографов для наблюдения наносекундных импульсов и сигналов диапазона СВЧ. Скоростные и стробоскопические осциллографы. Цифровые запоминающие осциллографы. Характеристики современных осциллографов.

Раздел 2. Тема 8 (для самостоятельного изучения). Измерение проходящей мощности. Пондеромоторный метод. Измерение весьма малой мощности. Радиометры.

Раздел 2. Тема 9 Метод замещения. Цифровые методы измерения параметров цепей. Измерение амплитудно-частотных характеристик.

Раздел 2. Тема 10 Электромеханические измерительные преобразователи. Общие сведения об электромеханических преобразователях. Магнитоэлектрические измерительные преобразователи. Расширение пределов измерения тока и напряжения.

Раздел 2. Тема 11 Электродинамические, электростатические, измерительные преобразователи. Логометрические преобразователи. Области применения, метрологические характеристики, принципы построения.

Раздел 2. Тема 12 Измерительные генераторы. Назначение, классификация, основные требования. Генераторы низких частот. Генераторы инфранизких частот, генераторы высоких частот. Генераторы СВЧ. Шумовые генераторы. Синтезаторы частоты.

Раздел 2. Тема 13 Измерение характеристик случайных процессов. Общие понятия. Выводы эргодической теоремы. Измерение среднего значения. Измерение дисперсии и мощности случайных процессов. Измерение авто- и взаимокорреляционных функций и энергетических спектров случайных процессов. Измерение законов распределения: плотности и функции распределения вероятностей.

Раздел 3. Тема 14 Автоматические измерительные системы как средства диагностики, контроля и поверки. Сигнатурные и логические анализаторы. Метрологическое обеспечение автоматических измерительных систем.

Раздел 3. Тема 15 Средства и методики выполнения измерений. Метрологические службы.

Раздел 3. Тема 16 Сущность методологии проведения метрологического сопровождения и метрологической экспертизы технических объектов. Основные направления их совершенствования.

4. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

4.1 Печатные и электронные издания:

1. Клаассен, Клаас. Основы измерений. Датчики и электронные приборы : учебное пособие / К. Клаассен ; пер. с англ. – 4-е изд. Долгопрудный : интеллект. – 2012. – 350 с.: ил.
2. Метрология и радиоизмерения [Электронный ресурс]: организационно-методические указания по обеспечению самостоятельной работы / Сиб. федерал. ун-т; сост.: А.М. Алешечкин, В.М. Мусонов, А.П. Романов. – Версия 1.0. – Электронные данные (PDF; 1,0 Мб). – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2008. – on-line. – (Электронная библиотека СФУ. Учебно-методические комплексы дисциплин СФУ в авторской редакции; УМКД № 1570-2008). – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа: http://btn.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1570/u_sam.pdf из читальных залов НБ СФУ. – Б. ц. Издание является частью УМКД: Метрология и радиоизмерения: электронный учебно-методический комплекс / А.М. Алешечкин, А.А. Баскова, В.М. Мусонов, А.П. Романов. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2008. – on-line. Шифр -002382.
3. Алешечкин А.М., Кокорин В.И. Методы измерения частотно-временных параметров сигналов: Учебное пособие. Красноярск: КГТУ, 2001.
4. Метрология и радиоизмерения: Учебн. для ВУЗов/ под ред. В.И. Нефедова. М.: 2003.

5. Метрология и радиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для ВУЗов / под. ред. В.И. Нефедова – М.: «Высш. шк.», 2001.
6. Мирский Г.Я. Электронные измерения. М.: «Радио и связь», 1986.
7. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения. М.: «Радио и связь», 1985.
8. Электрорадиоизмерения: Учеб. пособие для ВУЗов / Под ред. В.И. Винокурова. М.: «Высш. шк.», 1986.
9. Статистическая теория погрешностей измерения. Методы описания погрешностей: Методические указания по курсу «Основы метрологии и радиоизмерения». / Сост. М.К. Чмых: КрПИ, Красноярск, 1993.
10. Статистическая теория погрешностей измерения. Методы статистической обработки: Методические указания по курсу «Основы метрологии и радиоизмерения». / Сост. М.К. Чмых: КрПИ, Красноярск, 1993.
11. Радиоизмерения: учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ для студентов специальности 160905.65 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» [Текст] / сост. А.М. Алешечкин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 43 с.
12. Радиоизмерения. Статистическая теория погрешностей измерения. Методы описания погрешностей: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов специальности 160905.65 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» [Текст] / сост. А.М. Алешечкин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 53 с.
13. Радиоизмерения. Статистическая теория погрешностей измерения. Методы статистической обработки: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов специальности 160905.65 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» [Текст] / сост. А.М. Алешечкин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 51 с.
14. Алешечкин, А.М. Радиоизмерения. Исследование радионавигационной системы УВЧ-диапазона : метод. указания к лабораторным работам / А. М. Алешечкин, М. М. Валиханов. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2010. – 48 с.
15. Коловский Ю. В. Метрология, стандартизация и технические измерения : учебно-методический комплекс дисциплины (№ 134-2007)/Ю. В. Коловский ; Сиб. федер. ун-т, Ин-т инженер. физики и радиоэлектроники. - 2012.
16. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] : учеб. пособие / Г. М. Дехтярь. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2014. - 152 с. - 500 экз. - ISBN 978-5-905554-44-5 : Б. ц. Режим доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=429502 - книга из ЭБС ZNANIUM.COM (НИЦ "Инфра-М").
17.

4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):

1. Среда графического программирования LabVIEW.
2. Система MatLab 6(7.3) + Simulink 5 (учебная).

- 3. Авторская программа «Mtest.exe», размер – 190 095 байт, функционирует под управлением операционной системы Microsoft Windows 95 и выше. Программа предназначена для изучения методов обработки многократных измерений одной и той же физической величины. Закрепляются полученные на лекциях теоретические сведения по темам:
- обнаружение промахов;
- нахождение статистических оценок истинного значения и среднеквадратического отклонения погрешности измеренной величины;
- построение статистического ряда и гистограммы;
- определения закона распределения измеряемой величины;
- проверка гипотезы о законе распределения измеряемой величины в соответствии с критериями согласия.
- MathCad 11 и выше;
- C++ Builder;
- Delphi;
- C, C++;
- Turbo Pascal.

Данное программное обеспечение требуется для решения задач статистической обработки измеренных при проведении лабораторных работ значений измеренных величин, разработки собственных программ моделирования результатов многократных измерений и их статистической обработки.

4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1 Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]: - http://elibrary.ru
2 Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс]: - http://www.znanium.com
3 Электронная естественнонаучная библиотека [Электронный ресурс]: - http://bib.tiera.ru

5 Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств является приложением к рабочей программе дисциплины (модуля), хранится на кафедре, обеспечивающей преподавание данной дисциплины (модуля).

6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Занятия проводятся в учебных аудиториях для занятий лекционного типа. Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

При изучении материалов по разделу «Основы метрологии» используются следующие наглядные пособия:

1. «История ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» - фильм о создании и истории Всероссийского научно-исследовательского института (ВНИИМ) имени Дмитрия Ивановича Менделеева, с экскурсией по музею ВНИИМ, длительность фильма – 25мин 45с.
2. Презентация в формате Power Point «История ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» - 50 слайдов.
3. Презентация в формате Power Point «Уникальные объекты ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» - 22 слайда.
4. Презентация в формате Power Point «Эталоны ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» - 71 слайд.
5. Презентация в формате Power Point «125 лет метрической конвенции» - 33 слайда.