

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе



Драгунов В.К.

« 16 » июня

2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии

Направленность (специальность) 05.11.01 – Приборы и методы измерения (электрические и магнитные измерения)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

специальной дисциплины

«Приборы и методы измерения
(электрические и магнитные измерения)»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ОД.2

Всего: 252 часа

Семестр 5, 144 часа, в том числе 6 часов – контактная работа,
138 часа – самостоятельная работа,

Семестр 6, 108 часов, в том числе 6 часов – контактная работа,
66 часов – самостоятельная работа,
36 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 12.06.01 – Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 877, и паспорта специальности, указанной в номенклатуре специальностей научных работников 05.11.01 – Приборы и методы измерения (электрические и магнитные измерения), утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является освоение современных принципов построения средств измерения (СИ) электрических и магнитных величин и формирование углубленных теоретических знаний в области расчета и проектирования СИ.

Задачами дисциплины приборы и методы измерения (электрические и магнитные измерения) являются:

- сформировать общее представление о многообразии методов и подходов, используемых при решении задач, связанных с исследованиями, расчетом и проектированием средств измерения электрических и магнитных величин в целом и отдельных компонентов их программно-технических средств;
- научить на практике применять базовые методы расчета и проектирования средств измерения электрических и магнитных величин;
- подготовить аспирантов к применению полученных знаний при проведении научных исследований.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6);
- способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере профессиональной деятельности с использованием анализа данных мировых информационных ресурсов, формулировать цели и задачи научных исследований (ОПК-1);
- способность предлагать пути решения, выбирать методику и средства проведения научных исследований (ОПК-2);
- владение методикой разработки математических и физических моделей

- исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере (ОПК-3);
- способность планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать их результаты (ОПК-4);
 - способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования (ОПК-5);
 - способность подготавливать научно-технические отчеты и публикаций по результатам выполненных исследований (ОПК-6);
 - способность формулировать цели, задачи научных исследований в области методов измерения, выбирать методы и средства решения задач электрических и магнитных измерений и технической диагностики (ПК-1);
 - способность применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения при создании методов и средств измерения, систем неразрушающего контроля и технической диагностики (ПК-3);
 - способность к организации и проведению экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных средств и методов (ПК-4);
 - способность анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения (ПК-5);
 - способность применять современный инструментарий проектирования программно-аппаратных средств для решения задач технических измерений и диагностики (ПК-7);
 - способность использовать современные технологии обработки результатов эксперимента, современную вычислительную технику, технологии компьютерных сетей и телекоммуникаций при проектировании средств измерения и систем технической диагностики (ПК-8);
 - способность выбирать методы и разрабатывать алгоритмы функционирования средств измерения, оценивать погрешности и неопределённость результатов измерения (ПК-11);
 - способность разрабатывать и применять современные технологии создания программно-аппаратных измерительных комплексов и средств неразрушающего контроля (ПК-12).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен продемонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- современные методы и инструментарий проведения научных исследований (ОПК-2);

- основные математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов (ОПК-3);
- методы планирования и проведения экспериментов (ОПК-4);
- современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения (ПК-3);
- современные методы компьютерного моделирования (ПК-4);
- современные технологии создания программно-аппаратных измерительных комплексов (ПК-12);
- этические нормы в профессиональной деятельности (УК-5);

уметь:

- генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач (УК-1);
- искать новые области исследований и формулировать цели и задачи научных исследований (ОПК-1);
- оформлять результаты выполненных исследований в виде публикаций (ОПК-6);
- формулировать цели и задачи научных исследований в своей предметной области (ПК-1);
- проводить патентный поиск и оформлять его результаты (ПК-5);
- осуществить обоснованный выбор аппаратных и программных средств для решения задач текущих исследований (ПК-7);
- планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6);

владеть:

- современными технологиями обработки результатов эксперимента (ПК-8);
- современными концепциями погрешности и неопределённости результата измерения (ПК-11);
- методами оценки научной значимости прикладного использования (ОПК-5);

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы метрологии

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).

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

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.

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

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. Методы замещения, компенсации погрешности по знаку, противопоставления, симметричных наблюдений.

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

Погрешности измерений, Погрешность и достоверность результата измерения. Виды погрешности измерений. Точность, правильность, сходимости результатов измерений. Округление результатов измерений. Погрешности измерительных устройств в статическом и динамическом режимах. 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. Концепция неопределенности результатов измерений.

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 отличного 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 распределениях. Обработка результатов нескольких однородных равноточных и неравноточных групп измерений.

Обеспечение единства измерений. Система воспроизведения единиц и передачи их размеров рабочим средствам измерения. Эталоны. Поверочные установки. Стандартные образцы. Поверочные схемы и их обоснование. Обоснование межповерочных интервалов. Калибровка средств измерений.

Измерения при контроле. Измерение зондирующего сигнала. Измерение параметров системы. Измерение показателей качества. Точность измерений показателей качества. Контрольные допуски. Гарантированные допуски. Принципы назначения допусков. Алгоритм определения допусков. Ошибки при контроле по допускам. Вероятности ошибок контроля.

*Методы и средства измерений
электрических и магнитных величин*

Законы Кирхгофа и Ома. Закон магнитной индукции Ампера. Теорема Ампера. Методы измерений электрических и магнитных величин. Классификация средств измерений электрических и магнитных величин. Электрические измерительные преобразователи. Основные узлы электроизмерительных приборов. Измерения силы токов и напряжений. Измерения частоты, энергии и количества электричества. Измерения частоты и фазы, анализ спектра электрических сигналов. Измерения параметров цепей постоянного и переменного тока. Измерения параметров магнитного поля, определение характеристик и параметров магнитных материалов. Методы и средства поверки средств измерений электрических и магнитных величин.

Основы метрологического обеспечения

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.

Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». Общие положения, единицы величин. Средства и методики выполнения измерений. Метрологические службы. Государственный метрологический контроль и надзор. Калибровка и сертификация средств измерений.

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

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:
6 семестр – кандидатский экзамен.

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета/кандидатского экзамена

- Расчет доверительных границ поля допусков погрешности измерительных устройств.
- Обработка результатов измерений. Требования к методам обработки результатов измерений.
- Обработка результатов нескольких однородных равноточных и неравноточных групп измерений.
- Обеспечение единства измерений. Система воспроизведения единиц и передачи их размеров рабочим средствам измерения.
- Измерения силы токов и напряжений. Измерения частоты, энергии и количества электричества.

- Закон Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений». Общие положения.
- Методы измерения электрических и магнитных величин.
- Погрешности измерений и обработка результатов измерений.
- Электронные измерительные приборы, их общие свойства и метрологические характеристики.
- Прямые и косвенные измерения. Совокупные и совместные измерения. Однократные и многократные измерения. Равноточные и неравноточные измерения.
- Погрешности измерений, Погрешность и достоверность результата измерения. Виды погрешности измерений. Точность, правильность, сходимость результатов измерений. Округление результатов измерений.
- Погрешности измерительных устройств в статическом и динамическом режимах. 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.
- Погрешности измерений, Погрешность и достоверность результата измерения. Виды погрешности измерений.
- Точность, правильность, сходимость результатов измерений. Округление результатов измерений.
- Погрешности измерительных устройств в статическом и динамическом режимах.
- Расчет доверительных границ поля допусков погрешности измерительных устройств.
- Измерения параметров цепей постоянного и переменного тока.
- Измерения параметров магнитного поля, определение характеристик и параметров магнитных материалов.
- Автоматические измерительные системы как средства диагностики, контроля и поверки.
- Метрологическое обеспечение автоматических измерительных систем. Выбор средств измерений по точности.
- Средства и методики выполнения измерений. Государственный метрологический контроль и надзор.
- Поверка, калибровка и сертификация средств измерений.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. РМГ 29-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. 2014. - 122 с.

2. Датчики: Справочное пособие. // Под общ. ред. В.М. Шарапова, Е.С. Полищука. – М.: Техносфера, 2012. – 624 с.
3. Картер Б., Манчини Р. Операционные усилители для всех. // - М.: Додека-XXI, 2011. (электронная версия www.iit.my1.ru).
4. Клюев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник. / Под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение. 2005. – 656 с.
5. Данилов А.А. Метрологическое обеспечение измерительных систем. - СПб.: Политехника-Сервис, 2014. - 189 с.
6. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 2008. – 216 с. (электронная версия www.iit.my1.ru)
7. Воеводин В.В., Воеводин В.Вл. Параллельные системы и параллельные вычисления. – СПб.: БХВ, Санкт-Петербург, 2011.
8. Шонфелдер Герт, Шнайдер Корнелиус. Измерительные устройства на базе микропроцессора ATmega. – СПб.: БХВ-Петербург. 2012. – 288 с.
9. Искусство схемотехники. / [П. Хоровиц](#), [У. Хилл](#) . Пер. с англ. – 7-е изд. – М.: БИНОМ, 2014 . – 704 с. - ISBN 978-5-9518-0351-1.
10. Современная прикладная теория управления. Ч. I: Оптимизационный подход в теории управления. / Под ред. А.А. Колесникова. – М.: ФЦ "Интеграция", - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. - 400с.
11. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника : учебное пособие для вузов по направлениям подготовки в области техники и технологии: Учебное пособие. / [К. К. Ким](#), [\[и др.\]](#). – СПб.: Питер, 2010. – 368 с. - ISBN 978-5-469-01090-6.
12. Аналого-цифровое преобразование. / Ред. [У. Кестер](#) . Пер. с англ. – М.: Техносфера, 2007. – 1016 с. - ISBN 978-5-94836-146-8.
- 13.. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005 – 992 с. (электронная версия www.iit.my1.ru)

Дополнительная литература:

14. Боборыкин А.В. и др. Однокристалльные микроЭВМ.- М.: Бином, 1994.
15. Новоселов О.Н., Фомин А.Ф. Основы теории и расчета информационно-измерительных систем. - М.: Машиностроение, 1991.
16. Финогенов К.Г. Программирование измерительных систем реального времени. - М.: Энергоатомиздат, 1990.
17. Метрологическое обеспечение информационно-измерительных систем: Сборник руководящих документов. - М.: Изд-во стандартов, 1984.
18. Микушин А.В. Цифровые устройства и микропроцессоры: Учебное пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010, - 832 с.
19. Метрологическое обеспечение информационно-измерительных систем (теория, методология, организация). // Под ред. Е.Т. Удовиченко. - М.: Изд-во стандартов, 1991.
20. Авдеев в. А. Периферийные устройства: интерфейсы, схемотехника, программирование, ДМК Пресс, 2009.
21. Липаев В.В. Выбор и оценивание характеристик качества программных средств. // Методы и стандарты. Сер. Информационные технологии. - М.: СИНТЕГ, 2001.

22. Земельман М.А. Метрологические основы технических измерений. - М.: Изд-во стандартов, 1991.
23. Метрологическое обеспечение и эксплуатация средств измерений / В.А. Кузнецов и др. - М.: Радио и связь, 1990.
24. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. - Л.: Энергоатомиздат, 1991.
25. Диденко В.И. Моделирование аналоговых интегральных схем. - М.: МЭИ, 1984.
26. Нейронные сети и нейрокомпьютеры : Учебное пособие по курсу "Микропроцессоры" по направлению "Информатика и вычислительная техника" / [П. Г. Круг](#), [Моск. энерг. ин-т \(МЭИ ТУ\)](#) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 176 с. - ISBN 5-7046-0832-9.
27. Сигнальные процессоры и нейрокомпьютеры / [П. Г. Круг](#) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 256 с. - ISBN 5-7046-0865-5.
28. Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьёва Е.Б. Основы цифровой обработки сигналов. // - СПб: «БХВ-Петербург», 2005 - 768 с.
29. Датчики измерительных систем: В 2 кн. Кн.1.: пер. с фр. / [Ж. Аш](#) . – М.: Мир, 1992 . – 480 с. - ISBN 5-03-001641-4. (электронная версия www.iit.my1.ru).
30. Датчики измерительных систем: В 2 кн. Кн.2.: пер. с фр. / [Ж. Аш](#) . – М.: Мир, 1992 . – 424 с. (электронная версия www.iit.my1.ru).
31. Цифровые сигнальные процессоры. Кн.1. / [С. Марков](#) . – М.: МикроАрт, 1996. – 144 с. - ISBN 5-88579-002-7.
32. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов. / – СПб.:«Питер», - 758 с., 2011.
33. Джонсон Д., Джонсон Дж., Мур Г. Справочник по активным фильтрам. – М.: Мир, 1983.
34. Микропроцессорные системы и микроЭВМ в измерительной технике. Под ред. А.Г.Филиппова.-М.: Энергоатомиздат, 1995.