

«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

дисциплины по выбору

«Математическое моделирование измерительных средств»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.4.2

Всего: 108 часов

Семестр 7, в том числе	6 часов – контактная работа,
	84 часа – самостоятельная работа,
	18 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 математического моделирования измерительных средств и формирование углубленных теоретических знаний в области их расчета и проектирования.

Задачами дисциплины математического моделирования измерительных средств являются:

- сформировать общее представление о многообразии методов и подходов, используемых при решении задач, связанных с математическим моделированием измерительных средств;
- научить на практике применять базовые методы математического моделирования измерительных преобразователей, приборов и систем;
- 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 проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- 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);
- владение методикой разработки математических и физических моделей исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере (ОПК-3);

- способность оценивать научную значимость и перспективы прикладного использования результатов исследования (ОПК-5);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-7);
- 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 теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых методов и средств измерения, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки (ПК-2);
- способность применять современный инструментарий проектирования программно-аппаратных средств для решения задач проектирования средств измерения (ПК-6);
- способность выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач технических измерений и неразрушающего контроля потенциально опасных технических объектов (ПК-10);
- 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 демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- методы определения показателей технического уровня средств измерения и диагностики (ПК-9);
- этические нормы в профессиональной деятельности (УК-5);
- современные технологии создания программно-аппаратных измерительных комплексов (ПК-12);
- основные образовательные программы высшего образования по направлению исследований (ОПК-7);

уметь:

- генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач (УК-1);
- проектировать и осуществлять комплексные исследования по направлению (УК-2);
- участвовать в работе российских исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6);
- искать новые области исследований и формулировать цели и задачи научных исследований (ОПК-1);
- формулировать цели и задачи научных исследований в своей предметной области (ПК-1);
- применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей (ПК-2);
- применять современный инструментарий проектирования программно-аппаратных средств для решения задач проектирования средств измерения (ПК-6);

- методы и алгоритмы функционирования средств измерения (ПК-11);

владеть:

- современными методами и технологиями научной коммуникации (УК-4);
- методами оценки научной значимости прикладного использования; (ОПК-5);
- методами решения задач технических измерений и неразрушающего контроля (ПК-10).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы анализа сигналов

Классификация сигналов. Понятия энергии и мощности сигнала. Спектральный и корреляционный анализ. Оценивание корреляционной функции. Оценивание спектральной функции. Примеры разложения сигналов в ряд Фурье. Преобразование Фурье. Свойства преобразования Фурье.

Дискретные сигналы и системы

Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразования. Понятие наложения спектров. Способы борьбы с наложением спектров. Теорема Котельникова. Влияние наложения спектров на точность восстановления дискретного сигнала. Примеры восстановления дискретных сигналов. Дискретные случайные сигналы. Дискретный белый шум. Моделирование дискретных сигналов в Matlab. Формирование случайных сигналов. Формирующий фильтр измерительного процесса.

Способы описания дискретных систем. Пространство состояний. Функции расчета характеристик дискретных систем в Matlab. Нули и полюса дискретной системы. Критерии устойчивости. Цифровые фильтры и их место среди цифровых дискретных систем. Нахождение дискретной свертки в Matlab.

Моделирование измерительных устройств

Основные принципы моделирования. "Ручное" (немашинное) моделирование. Различие моделей для ручного и машинного моделирования. Адекватность моделирования. Физическое моделирование. Макетирование и компьютерным моделированием. Расчётное (математическое) моделирование: имитационное и аналитическое моделирование. Моделирование по измеренным значениям параметров. Использование паспортных данных элементов моделируемого объекта. Предельные и типовые значения. Моделирование по типовым значениям. Моделирование по предельным значениям. Точность моделирования. Составляющие погрешности моделирования.

Использование программы-симулятора. Принцип работы симулятора. Описание объектов моделирования. Решение проблем разработки ПО и обновление ПО. Генерирование сигналов. Ограничения при генерировании сигналов с помощью процессора. Сигналы прямоугольной формы. Синусоидальные сигналы. Специальные функции. Создание банка моделей готовых измерительных устройств. Импорт данных из экспериментальных установок с использованием стандартных интерфейсов RS-232, RS-485, RS-488 (КОП) на примере программы APLAC. Прогнозирование метрологических характеристик: уровней инструментальной погрешности и предельных дополнительных погрешностей.

Программная среда моделирования

Математические программы общего назначения типа MatLab, MathCAD, Mathematica, SPICE-программы. Обмен данными посредством OLE. Программы физического моделирования типа QuickField и ANSYS. Программы моделирования электронных схем PSpice; CircuitMaker 2000; Electronics Workbench 5. Система DesignLab для статистического испытания по методу Монте-Карло. Использование систем DesignLab для исследования структурных схем измерительных систем на уровне функциональных блоков. Программа разработки печатных плат EWB Layout (Multiboard) Multisim 2001. Программы анализа и моделирования аналоговых и цифровых схем Micro-Cap 7/8; OrCAD 9.2/10; OrCAD PSpice; Protel DXP.

Эффекты квантования в цифровых системах

Процесс квантования. Неравномерное квантование. Шум квантования. Эффекты квантования в цифровых фильтрах. Квантование коэффициентов цифровых фильтров. Учет эффектов конечной точности вычислений в Matlab. Влияние погрешности квантования на устойчивость цифровой системы. Анализ квантованного фильтра методом шумовой нагрузки. Непрерывные и дискретные матричные модели процессов.

Приборный интерфейс (ПИ)

Отображение результатов измерения и моделирования на дисплее. Алфавитно-цифровое представление. Графическое представление. Многомерное представление. Организация работы измерительных устройств в системах с ПИ. Структура систем с ПИ. Структура программного обеспечения систем с ПИ: программы-драйверы, программы-функции, пользовательские программы. Средства программирования и отладки программ. Программное обеспечение систем с интерфейсом.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины:

Вопросы для самоконтроля и проведения зачета

- Основы математического моделирования технических и измерительных систем.
- Интеллектуальные измерительные преобразователи (ИИП).
- Определение погрешностей ИП по данным эксперимента. Учет погрешностей образцовых приборов.
- Основы математического моделирования технических и измерительных систем.
- Расчёт и моделирование линейных электрических цепей.
- Особенности нормирования метрологических характеристик ИИП.
- Виртуальные измерительные системы. Динамические характеристики ИИП.
- Моделирование электронных схем.
- Нормирование метрологических характеристик измерительной системы, состоящей из нескольких ИП.

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

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Данилов А.А. Метрологическое обеспечение измерительных систем. - СПб.: Политехника-Сервис, 2014. - 189 с.
2. 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).
3. 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.
4. 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.
5. Аналого-цифровое преобразование. / Ред. [У. Кестер](#). Пер. с англ. – М.: Техносфера, 2007. – 1016 с. - ISBN 978-5-94836-146-8.
6. Виноградов Н.Н. Моделирование метрологических характеристик интеллектуальных измерительных приборов и систем. – М.: ФМЛ, 2011. – 326 с.
7. Алиев И.И., Гурина И.А. Моделирование электротехнических устройств: Методические указания. // - Черкесск: БИЦ СевКавГГТА. 2013. - 103 с.
8. Аверченков В.И., Основы математического моделирования технических систем: Учебное пособие. // - Брянск: БГТУ, 2012.

9. Чернышова Т.И. Моделирование электронных схем: Учебное пособие. // - Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 80 с.

Дополнительная литература:

10. Мелентьев В.С., Батищев В.И. Аппроксимационные методы и средства измерения параметров двухполюсных электрических цепей. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2012. – 200 с.

11. Новоселов О.Н., Фомин А.Ф. Основы теории и расчета информационно-измерительных систем. - М.: Машиностроение, 1991.

12. Финогенов К.Г. Программирование измерительных систем реального времени. - М.: Энергоатомиздат, 1990.

13. Метрологическое обеспечение информационно-измерительных систем (теория, методология, организация). // Под ред. Е.Т. Удовиченко. - М.: Изд-во стандартов, 1991.

14. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. - Л.: Энергоатомиздат, 1991.

15. Диденко В.И. Моделирование аналоговых интегральных схем. - М.: МЭИ, 1984.

16. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005 - 992с. (электронная версия www.iit.my1.ru).

17. Раннев Г.Г., Тарасенко А.П. Методы и средства измерений. – М.: Издательский дом «Академия», 2010. – 336 с.

18. LabVIEW для всех : пер. с англ. / [Д. Тревис](#) . – М.: ДМК Пресс, 2005. – 544 с. + CD-ROM. - ISBN 5-940742-57-2.

19. Кондратюк В.Н., Семенчик В.В., Красовский В.В. Расчет и моделирование электронных схем аналоговых устройств: Методическое пособие. // – Минск: БНТУ, 2014. – 126 с.

20. Диденко В.И., Тепловодский А.В., Иванов А.В. Точность моделирования измерительных устройств. // Датчики и системы, № 7, 2009. – С. 56-62.

21. Грановский В.А., Сирая Т.Н. Проблема адекватности моделей в измерениях. // Датчики и системы, № 10, 2007. – С. 52-62.

22. Шишмарев В.Ю. Технические измерения и приборы. Серия: Высшее профессиональное образование. - М.: Академия. 2010.

23. Кеон Дж. OrCAD Pspice. Анализ электрических цепей. – СПб.: Питер ДМК, 2008. - 640с.

24. Солонина А. И., Арбузов С. М. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в Matlab. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008 - 806 с.

25. Аналого-цифровое преобразование. Под ред. Кестера У. - М.: Техносфера, 2007. – 1016 с.

26. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 2. Обеспечение единства измерений. - СПб.: Питер, 2012. - 240 с.

27. Мелентьев В.С., Батищев В.И. Аппроксимационные методы и средства измерения параметров двухполюсных электрических цепей. – М.: ФИЗМАТЛИТ. 2012. – 200 с.

28. Колчков В.И. Теория и методология измерительных технологий производственных процессов. Учебно-методический комплекс модуля. – М.: МАМИ. 2015.

