МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Метрологический анализ измерительных схем Б3.ДВ.8

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика
Профиль подготовки: Радиофизические методы по областям применения (Радиофизические измерения)
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский

Автор(ы):

Евтушенко С.П. , Гаврилов А.Г.

Рецензент(ы):

Лунев И.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Овчинников М. Н.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 201__г
Учебно-методическая комиссия Института физики:
Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__г

Регистрационный No 6117514

Казань
2014

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Гаврилов А.Г. Кафедра радиоэлектроники Отделение радиофизики и информационных систем , Alexander.Gavrilov@kpfu.ru ; Евтушенко С.П.

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) "Метрологический анализ измерительных систем" является изучение основных положений анализа и статистической обработки результатов наблюдений.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.8 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Для освоения дисциплины "Метрологический анализ измерительных систем" необходимы знание основ математического анализа, физики, радиоэлектроники, информатики.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
(ПК-1) (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач
(ПК-2) (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки
ОК-10 (общекультурные компетенции)	способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности
(ПК-5) (профессиональные компетенции)	способность к владению компьютером на уровне опытного пользователя, применению информационных технологий для решения задач в области радиотехники, радиоэлектроники и радиофизики (в соответствии с профилизацией)
(ПК-7 (профессиональные компетенции)	способность к овладению методами защиты интеллектуальной собственности
(ПК-8) (профессиональные компетенции)	способность внедрять готовые научные разработки

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

научно-методические основы теории измерений, теории вероятности и математической статистики, функции и задачи метрологии, методы измерений, комплексы мер обеспечения единства измерений, методы анализа многофакторных экспериментов.

2. должен уметь:

анализировать и оценивать комплекс систематических погрешностей, проводить полную систематическую обработку различных вариантов многократных измерений и их результатов.

3. должен владеть:

навыками обработки, систематизации и анализа результатов многократных измерений.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к решению задач по метрологии.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. МЕТРОЛОГИЯ. ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.	7	1-4	6	4	0	устный опрос
2.	Тема 2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ.	7	5-8	6	4	0	устный опрос
3.	Тема 3. ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА.	7	9-12	6	4	0	устный опрос
4.	Тема 4. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ.	7	13-16	6	6	0	устный опрос
.	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	экзамен

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Итого			24	18	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. МЕТРОЛОГИЯ. ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

МЕТРОЛОГИЯ. ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН. Физическая величина и ее измерение. Принципы построения системы единиц. Международная система единиц "СИ". Эталоны, поверочные схемы, метрологические организации. Систематические погрешности измерений. Причины и характер проявления, способы устранения. Аттестация методик выполнения измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерения. Случайные погрешности и методы их оценки. Нормальное распределение.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач.

Тема 2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ. Оценка параметров распределения по равноточной выборке методом максимума правдоподобия. Выборочное среднее и его дисперсия. Смещенная и несмещенная оценки дисперсии и ее доверительный интервал. Варианты обработки равноточной выборки: группировка, разбиение на серии. Объединение случайной и систематической погрешностей, формы записи результата измерений. Анализ неравноточных измерений. Проверка однородности точности. Сравнение дисперсий. Стабилизация дисперсии. Сравнение средних, объединение результатов разных измерений. Критерий грубой погрешности. Критерий согласия эмпирического и теоретического распределений. Анализ выборки, не описываемой нормальным распределением. Непараметрическая статистика.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач.

Тема 3. ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА. Погрешность косвенных измерений. Анализ погрешностей измерительного комплекса. Факторный анализ. Полный факторный анализ. Взаимодействие факторов. Дробный факторный анализ. Неполноблочные платы, латинские квадраты.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Решение задач.

Тема 4. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ. Метод наименьших квадратов. Линейная регрессия. Коэффициент корреляции. Множественная корреляция. Оценка погрешностей коэффициентов линейной зависимости. Методы спрямления и графической проверки. Аппроксимация полиномами. Критерий выбора степени полинома. Сглаживание, интерполяция, дифференцирование цифровых данных. Уравновешивание совокупных измерений. Планирование регрессионного эксперимента. Нормируемые метрологические характеристики, градуировка и калибровка средств измерений. Случайные процессы. Преобразования Фурье, спектральная плотность, корреляционная функция. Нормирование статистических характеристик анализаторов (ГОСТ 8.251-77). Динамические характеристики средств измерений. Передаточная функция. Импульсная и переходная характеристика и их нормирование (ГОСТ 8.508-84). Представление периодической зависимости гармоническими рядами. Коэффициенты Фурье и их случайная погрешность. Погрешность дискретизации и усечения. Быстрое преобразование Фурье. Предварительное выделение непериодической составляющей. Выделение на фоне шумов малых периодических сигналов с известным периодом (синхронное детектирование, накопление). Методы определения неизвестного периода по дискретной выборке.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Решение задач.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. МЕТРОЛОГИЯ. ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.	7	1-4	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
2.	Тема 2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ.	7	5-8	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
3.	Тема 3. ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА.	7	9-12	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
4.	Тема 4. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ.	7	13-16	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
	Итого				30	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются следующие активные и интерактивные формы проведения занятий: обсуждение теоретических вопросов, подготовка и представление докладов, разбор конкретных ситуаций, проведение блиц-опросов.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Тема 1. МЕТРОЛОГИЯ. ИЗМЕРЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН.

устный опрос , примерные вопросы:

Контрольные вопросы в приложении.

Тема 2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ.

устный опрос , примерные вопросы:

Контрольные вопросы в приложении.

Тема 3. ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ И ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА.

устный опрос , примерные вопросы:

Контрольные вопросы в приложении.

Тема 4. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ.

устный опрос , примерные вопросы:

Контрольные вопросы в приложении.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Контрольные вопросы:

1.Физическая величина и ее измерение. Шкалы физической величины. Классификация измерений.

2.Принципы построения системы единиц. Основные единицы системы СИ.

3.Эталоны, поверочные схемы. Международные и национальные метрологические организации.

4.Погрешности средств измерений, класс точности. Нормируемые метрологические характеристики.

5.Систематические погрешности: причины, характер проявления, способы устранения.

6.Случайные погрешности. Функция распределения. Моменты распределения, свойства мат. ожидания и дисперсии. Коэффициент корреляции.

7.Распределение случайных погрешностей. Выборочная оценка мат. Ожидания и дисперсии. Результат равноточных измерений.

8.Неравноточная выборка. Метод максимума правдоподобия для измерений с весом. Оценка а, б (сигма). Результат неравноточных измерений.

9.Варианты обработки равноточной выработки Группировка данных, разбиение на серии. Критерии грубых погрешностей.

10.Распределение для дисперсии (хи квадрат). Попарное сравнение выборочных дисперсий. Сравнение многих дисперсий.

11.Попарное сравнение выборочных средних.

12.Сравнение многих средних при равноточных измерениях и при неравноточных измерениях.

13.Методы проверки согласия эмпирического и теоретического распределений. Проверка согласия с нормальным распределением.

14.Объединение систематических и случайных погрешностей.

15.Погрешность косвенных измерений. Планирование точности измерений. Критерий значимости вклада отдельных составляющих случайных погрешностей.

16.Однофакторный дисперсионный анализ при одинаковом и разном числе повторных измерений.

17.Двухфакторный дисперсионный анализ, взаимодействие факторов.

18.Многофакторный дисперсионный анализ.

19.МНК. Спрямляющая замена переменных. Двумерная линейная регрессия при равноточных измерениях.

20.МНК для двумерной линейной регрессии при неравноточных измерениях (или учет влияния спрямляющей замены).

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

21.Многомерная линейная регрессия. Определение параметров и их дисперсия. Ковариационная матрица.

22.МНК с ортогональным базисом. Применение ортогональных полиномов.

23. Предварительное выделение непериодической составляющей.

24.МНК с ортогональным базисом. Разложение в ряд Фурье по тригонометрическим функциям. Выборочная оценка дисперсии коэффициентов ряда Фурье.

25.Методы оценки нелинейно входящих параметров и их дисперсия.

7.1. Основная литература:

1. Метрология: [учебник] / А. Г. Сергеев.? М.: Логос, 2004 .? 286 с. ISBN 5-94010-336-7, 3000.

2. Метрология: учебник / А.А. Брюховец, О.Ф. Вячеславова, Д.Д. Грибанов и др.; Под общ. ред. С.А. Зайцева. - М.: Форум, 2009. - 464 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-91134-275-3, 1000 экз. http://www.znanium.com/bookread.php?book=163438

3. Сергеев, А. Г. Нанометрология : монография / А. Г. Сергеев. - М. : Логос, 2011. - 416 с. - ISBN 978-5-98704-494-0. http://www.znanium.com/bookread.php?book=469008

4. Колчков В.И. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебник. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - Режим доступа: http://znanium.com/bookread.php?book=418765#none

7.2. Дополнительная литература:

1. Колчков В.И. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебник. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - Режим доступа: http://znanium.com/bookread.php?book=418765#none

2. Метрология: [учебник] / А. Г. Сергеев.? М.: Логос, 2004 .? 286 с. ISBN 5-94010-336-7, 3000.

7.3. Интернет-ресурсы:

Батрак А.П. Метрология: учеб. пособие, 2008. - http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/105/u_course.pdf

Дворяшин, Б.В. Метрология и радиоизмерения - http://e-books14.narod.ru/index.files/Page906.htm

Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений - http://ihtik.lib.ru/2011.08_ihtik_nauka-tehnika/

Пустыльник Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений - http://lib-bkm.ru/load/94-1-0-2373

Сергеев А.Г. Метрология - http://allformgsu.ru/load/metrologija_uchebnik_sergeev_a_g/69-1-0-119

Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений - http://filegiver.com/free-download/shishkin-i-f-teoreticheskaya-metrologiya-chast-1-obshchaya-teoriya-izme

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Метрологический анализ измерительных схем" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе " БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС " БиблиоРоссика " представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Радиофизические методы по областям применения (Радиофизические измерения) .

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Автор(ы):
Евтушенко С.П. _____
Гаврилов А.Г. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Лунев И.В. _____
"__" _____ 201 __ г.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ