МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Экспериментальный анализ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Конструирование и технология наноэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
Курс: **1**
Семестр: **2**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	2 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	36	36	часов
2	Практические занятия	54	54	часов
3	Всего аудиторных занятий	90	90	часов
4	Самостоятельная работа	54	54	часов
5	Всего (без экзамена)	144	144	часов
6	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Дифференцированный зачет: 2 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 12514

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 194 от «13» 1 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного 2015-11-12 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

профессор каф. КУДР _____ Еханин С. Г.

Заведующий обеспечивающей каф. КУДР _____ Лощилов А. Г.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РКФ _____ Озеркин Д. В.

Заведующий выпускающей каф. КУДР _____ Лощилов А. Г.

Эксперты:

Доцент каф. КУДР _____ Романовский М. Н.

Согласована на портале № 12514

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины является освоение студентами современных математических методов анализа экспериментальных данных.

1.2. Задачи дисциплины

– Освоение типового программного обеспечения для обработки данных экспериментов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Экспериментальный анализ» (Б1.В.ОД.4) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Информатика, Математика 1, Математика 2, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Материалы и компоненты электронных средств, Метрология и технические измерения, Физические основы микро- и наноэлектроники, Физические основы элементной базы, Экология.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

– ПК-2 готовностью проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты, составлять обзоры, отчёты;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** цели и задачи проведения экспериментов и экспериментального анализа, формы подготовки и представления экспериментальных данных, основные понятия теории вероятностей и математической статистики, методы математической статистики, используемые при планировании, проведении и обработке результатов экспериментов.

– **уметь** применять экспериментальные и теоретические методы в научно-технических исследованиях, рассчитывать числовые характеристики результатов экспериментов, строить математические модели с применением средств вычислительной техники и прикладного программного обеспечения.

– **владеть** навыками проведения экспериментов, обработки, аппроксимации и анализа числовых результатов наблюдений.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		2 семестр
Аудиторные занятия (всего)	90	90
Лекции	36	36
Практические занятия	54	54
Самостоятельная работа (всего)	54	54
Выполнение индивидуальных заданий	21	21
Проработка лекционного материала	11	11
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	22	22
Всего (без экзамена)	144	144
Общая трудоемкость час	144	144

Согласована на портале № 12514

Зачетные Единицы Трудоемкости	4.0	4.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 Экспериментальные и теоретические методы в научно-технических исследованиях.	4	4	24	32	ОПК-2, ПК-2
2 Случайные события и случайные величины. Законы распределения случайных величин.	4	8	3	15	ОПК-2, ПК-2
3 Специальные законы распределения.	2	4	3	9	ОПК-2, ПК-2
4 Первичная обработка экспериментальных данных. Выборочный метод.	4	8	5	17	ОПК-2, ПК-2
5 Системы двух и более случайных величин. Основы корреляционного анализа.	4	4	3	11	ОПК-2, ПК-2
6 Основы регрессионного анализа.	2	0	1	3	ОПК-2, ПК-2
7 Дисперсионный анализ (одно-, двухфакторный анализ и др.).	2	4	3	9	ОПК-2, ПК-2
8 Особенности анализа временных рядов.	6	10	6	22	ОПК-2, ПК-2
9 Основы планирования активных экспериментов.	4	4	3	11	ОПК-2, ПК-2
10 Компьютерные методы статистической обработки.	4	8	3	15	ОПК-2, ПК-2
Итого	36	54	54	144	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Экспериментальные и	Эксперимент как составная часть	4	ОПК-2,

Согласована на портале № 12514

теоретические методы в научно-технических исследованиях.	научных исследований. Цель эксперимента. Классификация, типы и задачи эксперимента. Структура и необходимые условия эксперимента. Методика и план эксперимента. Цели и задачи экспериментального анализа. Роль математических методов в экспериментальном анализе.		ПК-2
	Итого	4	
2 Случайные события и случайные величины. Законы распределения случайных величин.	Понятие случайного события. Вероятность случайного события. Дискретные и непрерывные случайные величины. Распределения дискретных случайных величин. Законы распределения непрерывных случайных величин. Нормальный закон распределения.	4	ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
3 Специальные законы распределения.	ХИ-квадрат распределение Пирсона. Т-распределение Стьюдента. F-распределение Фишера-Снедекора.	2	ОПК-2, ПК-2
	Итого	2	
4 Первичная обработка экспериментальных данных. Выборочный метод.	Наблюдение как этап исследования. Наблюдение как случайная величина. Числовые характеристики случайной величины. Среднее и дисперсия выборки. Другие числовые характеристики случайных величин Основная схема производства наблюдений (выборочный метод.). Выявление аномальных показаний. Интерполяция и сглаживание. Метод скользящего среднего. Сплайны. Метод наименьших квадратов (МНК). Определение наличия тренда.	4	ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
5 Системы двух и более случайных величин. Основы корреляционного анализа.	Числовые характеристики системы двух случайных величин. Корреляция. Корреляционный момент. Коэффициент корреляции. Коэффициент парной корреляции. Множественный корреляционный анализ. Частные коэффициенты корреляции. Коэффициент множественной корреляции. Коэффициент ранговой корреляции.	4	ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
6 Основы регрессионного анализа.	Определение параметров линейной регрессии МНК. Построение доверительного коридора для	2	ОПК-2, ПК-2

Согласована на портале № 12514

	линейной регрессии при нормальном законе условных математических ожиданий и при законе распределения Стьюдента. Определение параметров нелинейной регрессии с помощью МНК.		
	Итого	2	
7 Дисперсионный анализ (одно-, двухфакторный анализ и др.).	Основные понятия дисперсионного анализа. Анализ сравнимости факторов. Однофакторный дисперсионный анализ Двухфакторный дисперсионный анализ с взаимным влиянием факторов. Алгоритмы расчетов.	2	ОПК-2, ПК-2
	Итого	2	
8 Особенности анализа временных рядов.	Определения. Автокорреляция уровней ряда. Автокорреляционная функция. Определение компонентов временного ряда. Стационарные временные ряды. Авторегрессия. Фильтрация. Дискретное преобразование Фурье. Сглаживание. Подавление главных компонент. Пико-усиливающие фильтры.	6	ОПК-2, ПК-2
	Итого	6	
9 Основы планирования активных экспериментов.	Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Методы генерации случайных чисел. Вычисление определенных интегралов методом Монте-Карло. Задача о пьяном прохожем. Планирование и организация многофакторного эксперимента. Основные понятия.	4	ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
10 Компьютерные методы статистической обработки.	Статистические функции Microsoft Excel. Обзор функций пакета анализа данных. Краткое описание системы STATISTICA. Интеллектуальный анализ данных (современные пакеты прикладных программ многомерного статистического анализа).	4	ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		36	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.

Согласована на портале № 12514

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Предшествующие дисциплины										
1 Информатика										+
2 Математика 1	+	+	+	+	+	+	+			
3 Математика 2				+		+	+			
4 Физика	+			+				+		
Последующие дисциплины										
1 Материалы и компоненты электронных средств	+			+	+			+	+	+
2 Метрология и технические измерения	+			+	+			+	+	+
3 Физические основы микро- и наноэлектроники	+			+					+	
4 Физические основы элементной базы	+			+	+	+		+	+	
5 Экология	+			+	+	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	
ОПК-2	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Опрос на занятиях, Тест
ПК-2	+	+	+	Отчет по индивидуальному заданию, Опрос на занятиях, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

7. Лабораторный практикум

Не предусмотрено РУП

Согласована на портале № 12514

8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

Названия разделов	Содержание практических занятий	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр			
1 Экспериментальные и теоретические методы в научно-технических исследованиях.	Аппроксимация экспериментальных данных и расчет числовых характеристик дискретных случайных величин с использованием специальных функций в MS Excel.	4	ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
2 Случайные события и случайные величины. Законы распределения случайных величин.	Использование функций MS Excel для вычисления вероятности отдельного значения биномиального распределения или значения случайной величины по заданной вероятности.Нормальный закон распределения. Использование функций MS Excel для вычисления значений нормального распределения и построения диаграммы нормальной функции плотности вероятности и диаграммы нормальной функции распределения.	8	ОПК-2, ПК-2
	Итого	8	
3 Специальные законы распределения.	Проверка статистических гипотез. Алгоритм проверки статистических гипотез. Формирование нулевой и конкурирующих гипотез. Задание уровня значимости. Определение выборочной статистики наблюдений. Расчет значения критерия статистики (Пирсона, Стьюдента). Проверка нулевой и конкурирующей гипотезы.	4	ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
4 Первичная обработка экспериментальных данных. Выборочный метод.	Анализ вариационных рядов. Построение и графическое изображение интервальных вариационных рядов. Гистограммы распределения. Числовые характеристики интервальных вариационных рядов. Расчет показателей вариации. Моменты вариационных рядов. Коэффициенты формы распределения.Выборочный метод анализа экспериментальных	8	ОПК-2, ПК-2

Согласована на портале № 12514

	результатов. Виды выборок. Расчет числовых характеристик выборки. Построение доверительного интервала. Определение предельной ошибки выборочной средней и величины необходимого объема выборки.		
	Итого	8	
5 Системы двух и более случайных величин. Основы корреляционного анализа.	Корреляционно-регрессионный анализ. Графическое представление экспериментальных данных. Подбор уравнений регрессии. Расчет параметров уравнения регрессии с помощью МНК. Оценка качества уравнения.Оценка тесноты связи между переменными. Оценка значимости коэффициента корреляции и регрессии по критерию Стьюдента. Определение характеристики надежности результатов регрессионного анализа с использованием критерия Фишера. Определение прогнозного значения признака.	4	ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
7 Дисперсионный анализ (одно-, двухфакторный анализ и др.).	Однофакторный дисперсионный анализ. Постановка задачи. Алгоритм дисперсионного анализа. Эксперимент с равным числом наблюдений по уровням. Построение вспомогательной таблицы. Вычисление вспомогательных сумм, сумм квадратов, общей суммы квадратов. Расчет сумм квадратов между группами, сумм квадратов внутри групп. Проверка нулевой гипотезы.	4	ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
8 Особенности анализа временных рядов.	Анализ временных рядов. Графическое представление экспериментального временного ряда. Расчет коэффициента автокорреляции первого порядка. Обоснование выбора типа уравнения тренда и расчет его параметров МНК. Проверка независимости значений уровней случайной компоненты (остаточной последовательности). Проверка соответствия распределения случайной компоненты нормальному закону распределения. Определение точности трендовой модели. Выдача индивидуальной самостоятельной работы.Спектральный анализ временных рядов. Графическое	10	ОПК-2, ПК-2

Согласована на портале № 12514

	представление экспериментального временного ряда. Сглаживание временного ряда. Приведение начального временного ряда к стационарному виду. Спектральный анализ на основе дискретного преобразования Фурье: определение коэффициентов разложения Фурье, построение модели аппроксимации. Проверка соответствия распределения случайной компоненты нормальному закону распределения. Определение точности аппроксимационной модели. Проверка этапов выполнения индивидуальной работы.		
	Итого	10	
9 Основы планирования активных экспериментов.	Планирование активных экспериментов.	4	ОПК-2, ПК-2
	Итого	4	
10 Компьютерные методы статистической обработки.	Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Генерация случайных чисел. Построение распределения. Вычисление определенных интегралов методом Монте-Карло. Компьютерные эксперименты на основе реализации модели пьяного прохожего. Проверка индивидуальной работы.	8	ОПК-2, ПК-2
	Итого	8	
Итого за семестр		54	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
2 семестр				
1 Экспериментальные и теоретические методы в научно-технических исследованиях.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-2	Опрос на занятиях, Реферат, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Выполнение индивидуальных заданий	21		
	Итого	24		

Согласована на портале № 12514

2 Случайные события и случайные величины. Законы распределения случайных величин.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-2	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
3 Специальные законы распределения.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-2	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
4 Первичная обработка экспериментальных данных. Выборочный метод.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-2, ПК-2	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	5		
5 Системы двух и более случайных величин. Основы корреляционного анализа.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-2	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
6 Основы регрессионного анализа.	Проработка лекционного материала	1	ОПК-2, ПК-2	Тест
	Итого	1		
7 Дисперсионный анализ (одно-, двухфакторный анализ и др.).	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-2	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
8 Особенности анализа временных рядов.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ОПК-2, ПК-2	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	6		
9 Основы планирования активных экспериментов.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-2	Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		

Согласована на портале № 12514

10 Компьютерные методы статистической обработки.	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ОПК-2, ПК-2	Опрос на занятиях, Отчет по индивидуальному заданию, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Итого	3		
Итого за семестр		54		
Итого		54		

9.1. Темы индивидуальных заданий

1. Подготовка индивидуальной самостоятельной работы.
2. Подготовка к презентации и защите индивидуальной самостоятельной работы.

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
2 семестр				
Опрос на занятиях	10	10	10	30
Отчет по индивидуальному заданию		20	20	40
Реферат		5	10	15
Тест	5	5	5	15
Итого максимум за период	15	40	45	100
Нарастающим итогом	15	55	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный	Оценка (ECTS)

Согласована на портале № 12514

	экзамен	
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Старовиков М.И. Введение в экспериментальную физику. М.: Лань. – 2008. – 240 с.: [Электронный ресурс]. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/view/book/379/
2. Дробот П.Н. Теория ошибок и обработка результатов измерений. Томск: ТУСУР, 2011. – 83 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

12.2. Дополнительная литература

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. – 12 изд., стереотип. М.: Высшее образование, 2006. – 478 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 21 экз.)
2. Горелова Г.В., Кацко И.А. Теория вероятностей и математическая статистика в примерах и задачах с применением Excel: Учебное пособие для вузов (изд. 4-е.)/ «Высшее образование». Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 478 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 41 экз.)
3. Смирнов Г.В. Статистические методы обработки: Учебное пособие для вузов. – Томск: ТУСУР, 2007. – 105 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)
4. Кистенева М.Г. Математическое моделирование процессов в биосфере: Учебное пособие. Томск: ТУСУР, 2007. – 98 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 100 экз.)
5. Решетников М.Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных: Учебное пособие для вузов. – Томск: ТУСУР, 2000. – 232 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.)

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Методические указания и контрольные задания по практическим занятиям / Кистенева М. Г. - 2012. 24 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1298, дата обращения: 31.01.2017.
2. Экспериментальный анализ: Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе / Еханин С. Г. - 2011. 24 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/338, дата обращения: 31.01.2017.

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

Согласована на портале № 12514

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Библиотека ТУСУР
2. Научно-образовательный портал ТУСУР

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических (семинарских) занятий используется учебная аудитория, расположенная по адресу 634050, Томская область, г. Томск, улица Ленина, д. 40, 4 этаж, ауд. 425. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная -1шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1шт.; Компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. -11 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Windows Server 2008 R2; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft Office Access 2003; VirtualBox 6.2. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, 2 этаж, ауд. 233. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Ce1егоп D336 2.8ГГц. - 5 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки

Согласована на портале № 12514

сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

Тема индивидуальной самостоятельной работы - «Статистическая обработка результатов измерений».

Суть индивидуальной самостоятельной работы — каждому студенту предлагается провести эксперимент и обработать экспериментальные данные, представляющие собой временной ряд. В общем случае временной ряд должен содержать в себе следующие компоненты:

1) тренд или долгосрочное колебание;

2) регулярное движение относительно тренда;

3) остаток.

Для решения этой задачи студентам необходимо выполнить следующие действия:

описать поведение ряда данных (графическое представление, автокорреляционная функция и др.);

построить модель для объяснения наблюдений (сглаживание, приведение к стационарному виду, моделирование циклических составляющих, анализ остаточного ряда, проверка адекватности модели;

произвести прогноз, исходя из предположения о сохранении тенденций развития в будущем.

Контроль за выполнением индивидуальной работы проводится в два этапа.

1) Предварительная проверка правильности письменного решения поставленной задачи;

2) Защита индивидуальной самостоятельной работы.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на

Согласована на портале № 12514

задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 12514

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Экспериментальный анализ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Конструирование и технология наноэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
Курс: **1**
Семестр: **2**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:
- профессор каф. КУДР Еханин С. Г.

Дифференцированный зачет: 2 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 12514

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Должен знать цели и задачи проведения экспериментов и экспериментального анализа, формы подготовки и представления экспериментальных данных, основные понятия теории вероятностей и математической статистики, методы математической статистики, используемые при планировании, проведении и обработке результатов экспериментов. ; Должен уметь применять экспериментальные и теоретические методы в научно-технических исследованиях, рассчитывать числовые характеристики результатов экспериментов, строить математические модели с применением средств вычислительной техники и прикладного программного обеспечения.; Должен владеть навыками проведения экспериментов, обработки, аппроксимации и анализа числовых результатов наблюдений. ;
ПК-2	готовностью проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты, составлять обзоры, отчёты	

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем

Согласована на портале № 12514

Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-2

ОПК-2: способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	методы выявления естественно-научной сущности проблем при проведении экспериментов, формы подготовки и представления экспериментальных данных, основные понятия теории вероятностей и математической статистики, методы математической статистики, используемые при планировании, проведении и обработке результатов экспериментов.	применять экспериментальные и теоретические методы выявления естественно-научной сущности проблем, возникающих в научно-технических исследованиях, рассчитывать числовые характеристики результатов экспериментов, строить математические модели с применением средств вычислительной техники и прикладного программного обеспечения.	навыками проведения экспериментов, обработки, аппроксимации и анализа числовых результатов наблюдений с целью выявления естественно-научной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности.
Виды занятий	• Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Тест; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Тест; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть

Согласована на портале № 12514

Отлично (высокий уровень)	• Методы выявления естественно-научной сущности проблем, возникающих при профессиональной деятельности. ; • Может анализировать связи между различными физическими понятиями и моделями, представляет способы и результаты использования различных физико-математических моделей деталей и узлов электронных систем.;	• Обладает практическими умениями, необходимыми для самостоятельного решения задач повышенной сложности в области исследований.; • Умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать естественно-научную сущность результатов.;	• Владеет навыками измерения, естественно-научного анализа исследуемых физических процессов, характеристик и моделей деталей и узлов электронных систем.; • Владеет разными способами представления результатов в графической, математической форме, в форме физических моделей. ;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает естественно-научные принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области. ; • Понимает связи между различными физическими понятиями, имеет представление о физико-математических моделях в данной области знаний, аргументирует выбор метода решения задачи, составляет план решения и графически иллюстрирует задачу. ;	• Обладает практическими умениями, необходимыми для решения типовых задач в области исследования. ; • Умеет решать типовые задачи, математически выражать и с физической точки зрения аргументировать результаты анализа экспериментальных и теоретических исследований деталей и узлов электронных систем.;	• Может интерпретировать и иллюстрировать полученные экспериментальные и теоретические результаты.; • Владеет терминологией, основами измерения, естественно-научного анализа и моделирования процессов в электронных системах;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Обладает базовыми общими знаниями. ; • Дает определения основных понятий, воспроизводит основные физические факты, идеи; знает основные алгоритмы решения типовых задач. ;	• Обладает основными умениями, требуемыми для решения простых задач ; • Умеет работать со справочной литературой. Умеет объяснить результаты своей работы. ;	• Может эффективно работать под наблюдением преподавателя. ; • Понимает терминологию и естественно-научную сущность процессов.;

2.2 Компетенция ПК-2

ПК-2: готовностью проводить эксперименты по заданной методике, анализировать результаты, составлять обзоры, отчёты.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования

Согласована на портале № 12514

компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	цели и задачи проведения экспериментов и экспериментального анализа, формы подготовки и представления экспериментальных данных, основные понятия теории вероятностей и математической статистики, методы математической статистики, используемые при планировании, проведении и обработке результатов экспериментов.	применять экспериментальные и теоретические методы в научно-технических исследованиях, рассчитывать числовые характеристики результатов экспериментов, строить математические модели с применением средств вычислительной техники и прикладного программного обеспечения;	навыками проведения экспериментов, обработки, аппроксимации и анализа числовых результатов наблюдений.
Виды занятий	• Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Тест; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Опрос на занятиях; • Тест; • Дифференцированный зачет;	• Отчет по индивидуальному заданию; • Дифференцированный зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• основные приемы, принципы, основы теории обработки результатов экспериментов.; • Обладает теоретическим знанием в области обработки и представления экспериментальных результатов с	• Обладает необходимым набором практических умений, требуемых для нахождения творческих (креативных) решений в экспериментальных исследованиях.; • Умеет решать задачи повышенной сложности, физически	• Контролирует исследовательскую работу, берет ответственность за ее результаты.; • Владеет физико-математическим аппаратом, прикладным программным обеспечением, используемыми при

Согласована на портале № 12514

	пониманием границ применимости. ;	корректно выражать и аргументированно обосновывать результаты. ;	обработке и анализе экспериментальных результатов. ;
Хорошо (базовый уровень)	• Понимает связи между различными теоретическими понятиями, имеет представление о статистических моделях, аргументирует выбор метода решения задачи. ; • Знает принципы, общие понятия, модели теории вероятностей и математической статистики.;	• Обладает практическими умениями, необходимыми для решения типовых задач. ; • Умеет решать типовые задачи математически и с физической точки зрения аргументировать результаты анализа. ;	• Проявляет инициативу в исследовании, адаптирует свое поведение к обстоятельствам при решении проблем. ; • Владеет физико-математическими представлениями, прикладным программным обеспечением, используемыми при обработке и анализе экспериментальных результатов. ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Владеет терминологией Обладает базовыми общими знаниями ; • Дает определения основных понятий, воспроизводит основные факты, идеи в области теории вероятностей и математической статистики.;	• Обладает основными теоретическими представлениями, требуемыми для решения простых задач. ; • Умеет работать со справочной литературой. Знает основные алгоритмы решения типовых задач.;	• Работает под наблюдением преподавателя. ; • Понимает терминологию и работает с прикладным обеспечением.;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Тестовые задания

– Классификация экспериментов. 2. Классификация моделей объектов исследования. 3. Этапы исследования. 3. Метрологическое обеспечение экспериментальных исследований 4 Виды измерений и погрешности 5. Случайные величины. 6. Распределение случайной величины. 7. Числовые характеристики случайной величины. 8. Первичная обработка экспериментальных данных. 9. Основы корреляционного анализа. 10. Основы регрессионного анализа. 11. Дисперсионный анализ. 12. Особенности анализа временных рядов.

3.2 Темы рефератов

– 1. Аппроксимация экспериментальных данных и расчет числовых характеристик дискретных случайных величин. 2. Использование функций MS Excel для вычисления вероятностей. 3. Анализ вариационных рядов. 4. Выборочный метод анализа экспериментальных результатов. 5. Проверка статистических гипотез. 6. Корреляционно-регрессионный анализ. 7. Однофакторный дисперсионный анализ. 8. Анализ временных рядов. 9. Спектральный анализ

Согласована на портале № 12514

временных рядов. 10. Планирование активных экспериментов.

3.3 Темы индивидуальных заданий

– 1. Аппроксимация экспериментальных данных и расчет числовых характеристик дискретных случайных величин. 2. Использование функций MS Excel для вычисления вероятностей. 3. Анализ вариационных рядов. 4. Выборочный метод анализа экспериментальных результатов. 5. Проверка статистических гипотез. 6. Корреляционно-регрессионный анализ. 7. Однофакторный дисперсионный анализ. 8. Анализ временных рядов. 9. Спектральный анализ временных рядов. 10. Планирование активных экспериментов.

3.4 Темы опросов на занятиях

– 1. Основы эмпирического познания. 2. Эксперимент (определение). Цель эксперимента. 3 признака современного эксперимента. 3. Классификация экспериментов по целям исследований. 4. Что входит в план эксперимента? 5. Что такое методика эксперимента? 6. Что такое измерение (определение). Какие измерения бывают? 7. Средства измерения (определение). Охарактеризовать их составляющие. 8. Рабочее место экспериментатора и его организация. 9. Систематические погрешности измерений (определение, классификация). 10. Случайные погрешности эксперимента. 11. Вариационный ряд (ВР): определение, основные термины описания ВР, виды ВР. 12. Числовые характеристики ВР: перечислить и кратко охарактеризовать характеристики положения (геометрический смысл). 13. Перечислить и кратко охарактеризовать показатели вариации. 14. Перечислить и кратко охарактеризовать показатели формы, их смысл. 15. Выборочный метод анализа экспериментальных результатов, виды выборок. 16. Выборочные оценки параметров генеральной совокупности, примеры. 17. Предельная ошибка выборочных наблюдений. 18. Доверительный интервал. 19. Понятие малой выборки. 20. Необходимый объем выборки. 21. Понятие корреляционной связи 22. Что такое корреляционное поле, примеры. 23. Что такое стохастическая зависимость 24. Регрессия, определение, пример 25. Как оценивается корреляционная связь 26. Шкала Шеддока 27. Как оценивается коэффициент корреляции при нелинейной зависимости 28. Как оценивается коэффициент корреляции , если вид распределения неизвестен 29. Как оценивается качество уравнения регрессии 30. Алгоритм корреляционно-регрессионного анализа 31. Дискретный временной ряд, определение с детерминистской точки зрения. 32. Автокорреляция временного ряда. 33. Алгоритм анализа временного ряда. 34. Как определить тенденцию изменения временного ряда. 35. Определение линейного тренда МНК. 36. Стационарный временной ряд, как получить его. 37. Спектральный анализ временного ряда, амплитуда и фаза гармоник. 38. Как получить остаточную компоненту временного ряда. 39. Алгоритм анализа остаточной компоненты временного ряда. 40. Критерий согласия Пирсона, как вычисляется, для чего. 41. Какие задачи решает теория планирования эксперимента? 42. Как выбрать уровни варьирования факторов? 43. Какую область описывает уравнение регрессии, полученное с помощью ПФЭ и в каких границах его можно использовать? 44. Что такое взаимодействие факторов и сколько их в ПФЭ? 45. В чем сущность и цели стандартизации масштаба факторов? 46. Как составляется и какими свойствами обладает МП ПФЭ? 47. Каков порядок постановки опытов при ПФЭ? 48. Как проверить воспроизводимость опытов? 49. Как рассчитать оценки коэффициентов регрессионного уравнения? 50. Как проверить статистическую значимость оценок коэффициентов регрессии? 51. Как проверить адекватность полученной ММ? 52. Как перейти к исходным физическим переменным

3.5 Вопросы дифференцированного зачета

– 1. Классификация экспериментов. 2. Классификация моделей объектов исследования. 3. Этапы исследования. 3. Метрологическое обеспечение экспериментальных исследований 4 Виды измерений и погрешности 5. Случайные величины. 6. Распределение случайной величины. 7. Числовые характеристики случайной величины. 8. Первичная обработка экспериментальных данных. 9. Основы корреляционного анализа. 10.Что такое корреляционное поле, примеры. 11. Основы регрессионного анализа. 12. Как проверить статистическую значимость оценок коэффициентов регрессии? 13. Дисперсионный анализ. 14. Особенности анализа временных рядов. 15. Спектральный анализ временных рядов. 16. Алгоритм анализа остаточной компоненты временного ряда. 17. Критерий согласия Пирсона, как вычисляется, для чего. 18. Какие задачи решает теория планирования эксперимента? 19. Как выбрать уровни варьирования факторов? 20. В

Согласована на портале № 12514

чем сущность и цели стандартизации масштаба факторов? 21. Как проверить адекватность полученной математической модели?

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Старовиков М.И. Введение в экспериментальную физику. М.: Лань. – 2008. – 240 с.: [Электронный ресурс]. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/view/book/379/
2. Дробот П.Н. Теория ошибок и обработка результатов измерений. Томск: ТУСУР, 2011. – 83 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)

4.2. Дополнительная литература

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. – 12 изд., стереотип. М.: Высшее образование, 2006. – 478 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 21 экз.)
2. Горелова Г.В., Кацко И.А. Теория вероятностей и математическая статистика в примерах и задачах с применением Excel: Учебное пособие для вузов (изд. 4-е.)/ «Высшее образование». Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 478 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 41 экз.)
3. Смирнов Г.В. Статистические методы обработки: Учебное пособие для вузов. – Томск: ТУСУР, 2007. – 105 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 70 экз.)
4. Кистенева М.Г. Математическое моделирование процессов в биосфере: Учебное пособие. Томск: ТУСУР, 2007. – 98 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 100 экз.)
5. Решетников М.Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных: Учебное пособие для вузов. – Томск: ТУСУР, 2000. – 232 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 39 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Методические указания и контрольные задания по практическим занятиям / Кистенева М. Г. - 2012. 24 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1298, свободный.
2. Экспериментальный анализ: Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе / Еханин С. Г. - 2011. 24 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/338, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Библиотека ТУСУР
2. Научно-образовательный портал ТУСУР

Согласована на портале № 12514