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

Основы статистической радиотехники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль): **Системы радиосвязи и радиодоступа**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	24	24	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Лабораторные занятия	18	18	часов
4	Всего аудиторных занятий	60	60	часов
5	Самостоятельная работа	48	48	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Общая трудоемкость	108	108	часов
		3.0	3.0	З.Е

Зачет: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 4700

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 3 от « 3 » 11 2016 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, утвержденного 2015-03-06 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент кафедры РТС каф. РТС _____ Бернгардт А. С.

Заведующий обеспечивающей каф. РТС _____ Мелихов С. В.

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

Декан РТФ _____ Попова К. Ю.

Заведующий выпускающей каф. ТОР _____ Демидов А. Я.

Эксперты:

доцент каф. ТОР _____ Богомолов С. И.

Согласована на портале № 4700

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Цель преподавания дисциплины ОСР - ознакомить студентов с основными принципами и методами современной статистической теории обработки сигналов в радиотехнических системах, а именно:

с методами вероятностного описания случайных процессов с помощью плотностей вероятностей и моментных функций;

корреляционной и спектральной теорией случайных процессов;

методами определения характеристик случайных процессов при линейных и нелинейных преобразованиях в радиотехнических цепях;

методами синтеза оптимальных систем.

Дать навыки моделирования обьектов и процессов по типовым методикам с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

1.2. Задачи дисциплины

– Основной задачей дисциплины является формирование у студентов компетенций, позволяющих на математическом и физическом уровне понимать сущность оптимальных преобразований сигналов в радиотехнических системах в условиях наличия мешающих факторов в виде собственного шума приемно-усилительных устройств и внешних помех и производить оценки вероятностных характеристик, определяющих качество их функционирования.

– Важной задачей курса является формирование базовых знаний, умений и навыков в части применения метода статистического моделирования на ЭВМ для расчета оценок вероятностных характеристик радиотехнических систем, определяющих качество их функционирования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы статистической радиотехники» (Б1.В.ДВ.6.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Математические методы описания сигналов, Математический анализ, Теория вероятностей и математическая статистика.

Последующими дисциплинами являются: Информационные технологии, Общая теория связи, Радиотехнические системы передачи данных, Сети и системы цифровой радиосвязи и радиодоступа, Теоретические основы современных технологий беспроводной связи.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-7 готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта;

– ПК-16 готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** методы статистического описания случайных сигналов принципы и основы статистической теории обнаружения, различения и оценки неизвестных параметров сигналов при наличии помех; физический и содержательный смысл и взаимосвязь параметров сигнала, которые определяют потенциальные характеристики систем обнаружения (различения) при наличии собственного шума приемных устройств; типовые структуры оптимальных систем обработки сигналов в радиотехнических системах при их обнаружении (различении) на фоне шума приемных устройств;

– **уметь** аргументировано изложить постановку задачи статистического синтеза оптимального обнаружителя – различителя параметра полезного сигнала на фоне помехи; выполнять типовые расчеты вероятностных характеристик оптимального обнаружителя – различителя в радиотехнических системах;

– **владеть** специальной терминологией; способами статистического описания свойств сигналов и помех; общей методологией статистического анализа устройств обработки сигналов и

Согласована на портале № 4700

синтеза оптимальных систем обработки сигналов в радиотехнических системах.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Аудиторные занятия (всего)	60	60
Лекции	24	24
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	18	18
Самостоятельная работа (всего)	48	48
Подготовка к контрольным работам	6	6
Выполнение домашних заданий	5	5
Оформление отчетов по лабораторным работам	23	23
Проработка лекционного материала	10	10
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	4
Всего (без экзамена)	108	108
Общая трудоемкость час	108	108
Зачетные Единицы Трудоемкости	3.0	3.0

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	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1	Введение	1	0	0	1	2	ПК-16, ПК-7
2	Сведения из теории вероятностей	2	2	0	3	7	ПК-16, ПК-7
3	Математическое описание случайных сигналов и помех	4	2	4	8	18	ПК-16, ПК-7
4	Спектральный анализ сигналов	3	3	0	4	10	ПК-16, ПК-7
5	Гауссовские случайные процессы	3	3	4	7	17	ПК-16, ПК-7
6	Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов	3	3	0	4	10	ПК-16, ПК-7
7	Оптимальные линейные системы	4	2	5	10	21	ПК-16, ПК-7
8	Основы статистической теории	3	3	5	9	20	ПК-16, ПК-7

Согласована на портале № 4700

	обнаружения и различения сигналов при наличии помех						
9	Заключение	1	0	0	2	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	24	18	18	48	108	

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
5 семестр			
1 Введение	Информация и сигналы. Основные понятия и определения.	1	ПК-16, ПК-7
	Итого	1	
2 Сведения из теории вероятностей	Основные понятия и определения теории вероятностей; теоремы сложения и умножения; надёжность системы. Описание случайных величин; дискретные и непрерывные случайные величины; плотность вероятности; функция распределения. Числовые характеристики случайных величин; математическое ожидание, СКО и дисперсия, корреляционная функция, начальный и центральный моменты. Гауссовские случайные величины.	2	ПК-16, ПК-7
	Итого	2	
3 Математическое описание случайных сигналов и помех	Понятие случайного процесса. Вероятностное описание случайных процессов. Моментные функции случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы. Временные средние. Описание совокупности двух случайных процессов. Свойства кореляционной и взаимно корреляционной функций. Белый шум.	4	ПК-16, ПК-7
	Итого	4	
4 Спектральный анализ сигналов	Спектральная плотность мощности. Свойства спектральной плотности мощности. Взаимная спектральная плотность мощности. Определение моментных функций и спектральной плотности мощности по экспериментальным данным.	3	ПК-16, ПК-7

Согласована на портале № 4700

	Итого	3	
5 Гауссовские случайные процессы	Понятие гауссовского случайного процесса и его свойства. Узкополосные гауссовские случайные процессы.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
6 Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов	Постановка задачи анализа линейных систем. Анализ линейной системы в переходном режиме при стационарном воздействии. Имитация случайного процесса с заданной спектральной плотностью. Формирующий фильтр. Анализ линейной системы в стационарном (установившемся режиме). Чисто белый шум и системы с ограниченной полосой пропускания. Эквивалентная шумовая полоса. Взаимная корреляционная функция входного воздействия и отклика линейной системы.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
7 Оптимальные линейные системы	Понятие оптимальной системы. Критерий оптимальности. Оптимизация систем путем подбора их параметров. Оптимальные системы, максимизирующие отношение сигнал/шум. Оптимальные системы, минимизирующие средний квадрат ошибки.	4	ПК-16, ПК-7
	Итого	4	
8 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех	Согласованный линейный фильтр. Примеры построения согласованных линейных фильтров. Обнаружение и различение сигналов при наличии помех (байесовский метод).Элементы теории оценки неизвестных параметров сигнала.	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
9 Заключение	Перспективы развития систем передачи информации.	1	ПК-16, ПК-7
	Итого	1	
Итого за семестр		24	

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.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

№	Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин

Согласована на портале № 4700

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Предшествующие дисциплины										
1	Математические методы описания сигналов			+	+		+		+	+
2	Математический анализ			+	+		+	+	+	
3	Теория вероятностей и математическая статистика		+	+		+				
Последующие дисциплины										
1	Информационные технологии		+	+	+		+		+	
2	Общая теория связи	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3	Радиотехнические системы передачи данных		+	+	+	+		+	+	
4	Сети и системы цифровой радиосвязи и радиодоступа		+	+	+		+	+		
5	Теоретические основы современных технологий беспроводной связи		+	+	+	+		+		+

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	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
ПК-7	+	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Защита отчета, Собеседование, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Расчетная работа, Тест

Согласована на портале № 4700

ПК-16	+	+	+	+	Контрольная работа, Домашнее задание, Защита отчета, Собеседование, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Расчетная работа, Тест

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП

7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
5 семестр			
3 Математическое описание случайных сигналов и помех	Статистическое описание случайных сигналов	4	ПК-16, ПК-7
	Итого	4	
5 Гауссовские случайные процессы	Статистические свойства смеси регулярного сигнала и узкополосного стационарного гауссовского шума	4	ПК-16, ПК-7
	Итого	4	
7 Оптимальные линейные системы	Оптимальное обнаружение полезного сигнала на фоне шума	5	ПК-16, ПК-7
	Итого	5	
8 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех	Изучение методов оценки неизвестных параметров полезных сигналов при наличии помех	5	ПК-16, ПК-7
	Итого	5	
Итого за семестр		18	

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
5 семестр			
2 Сведения из теории вероятностей	Описание случайных величин. Вероятность случайного события.	2	ПК-16, ПК-7

Согласована на портале № 4700

	Формула полной вероятности. Числовые характеристики случайных величин.		
	Итого	2	
3 Математическое описание случайных сигналов и помех	Статистическое описание случайных сигналов. Числовые характеристики случайных сигналов.	2	ПК-16, ПК-7
	Итого	2	
4 Спектральный анализ сигналов	Спектральная плотность мощности. Формула Винера-Хинчина	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
5 Гауссовские случайные процессы	Свойства гауссовских случайных процессов	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
6 Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов	Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
7 Оптимальные линейные системы	Согласованный фильтр.	2	ПК-16, ПК-7
	Итого	2	
8 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех	Оптимальное обнаружение сигнала на фоне шума	3	ПК-16, ПК-7
	Итого	3	
Итого за семестр		18	

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
5 семестр				
1 Введение	Проработка лекционного материала	1	ПК-16, ПК-7	Опрос на занятиях
	Итого	1		
2 Сведения из теории вероятностей	Проработка лекционного материала	1	ПК-16, ПК-7	Домашнее задание, Зачет, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Собеседование, Тест
	Выполнение домашних заданий	2		
	Итого	3		
3 Математическое описание случайных сигналов и помех	Проработка лекционного материала	1	ПК-16, ПК-7	Домашнее задание, Зачет, Компонент своевременности,
	Оформление отчетов по	4		

Согласована на портале № 4700

	лабораторным работам			Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Подготовка к контрольным работам	3		
	Итого	8		
4 Спектральный анализ сигналов	Проработка лекционного материала	1	ПК-16, ПК-7	Домашнее задание, Зачет, Компонент своевременности, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Подготовка к контрольным работам	3		
	Итого	4		
5 Гауссовские случайные процессы	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-16, ПК-7	Домашнее задание, Зачет, Компонент своевременности, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	4		
	Итого	7		
6 Отклик линейных систем на воздействие случайных сигналов	Проработка лекционного материала	1	ПК-16, ПК-7	Домашнее задание, Зачет, Защита отчета, Компонент своевременности, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Оформление отчетов по лабораторным работам	3		
	Итого	4		
7 Оптимальные линейные системы	Проработка лекционного материала	1	ПК-16, ПК-7	Домашнее задание, Зачет, Защита отчета, Компонент своевременности, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Выполнение домашних заданий	3		
	Итого	10		
8 Основы статистической теории обнаружения и различения сигналов при наличии помех	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-16, ПК-7	Домашнее задание, Зачет, Защита отчета, Компонент своевременности, Контрольная работа, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Расчетная работа, Тест
	Проработка лекционного материала	1		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	6		
	Итого	9		
9 Заключение	Проработка лекционного материала	2	ПК-16, ПК-7	Зачет, Опрос на занятиях
	Итого	2		
Итого за семестр		48		

Согласована на портале № 4700

Итого	48		

10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные 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
5 семестр				
Домашнее задание	5	5	5	15
Защита отчета		5	5	10
Компонент своевременности	3	3	4	10
Контрольная работа	10	10	10	30
Опрос на занятиях	5	5	5	15
Отчет по лабораторной работе		5	5	10
Тест		10		10
Итого максимум за период	23	43	34	100
Нарастающим итогом	23	66	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 экзамен	Оценка (ECTS)
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	

Согласована на портале № 4700

	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. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ: Учебное пособие / Акулиничев Ю. П., Бернгардт А. С. - 2015. 196 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5858, свободный.

12.2. Дополнительная литература

1. 1. Чумаков А.С. Основы статистической радиотехники: Учебное пособие.- Томск: Томский. государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2003. -394 с.:ил. (наличие в библиотеке ТУСУР - 59 экз.)
2. 2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники в 3 кн. Книга 1, 2-е изд., перераб. - М. : Советское радио, 1974 - 552 с. : ил., табл. (наличие в библиотеке ТУСУР - 29 экз.)
3. Учебное пособие «Сборник задач по теории вероятностей и математической статистике:»: обучающихся по направлениям 210400 (11.03.01) «Радиотехника», 210700 (11.03.02) «Телекоммуникации» и 210601 (11.05.01) «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Бернгардт А. С., Чумаков А. С., Громов В. А. - 2014. 160 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/4940, свободный.
4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. – 462[2] с. – 302 экз. (наличие в библиотеке ТУСУР - 302 экз.)
5. Горяинов В.Т. Статистическая радиотехника. Примеры и задачи: Учебное пособие для вузов / В. Т. Горяинов, А. Г. Журавлев, В. И. Тихонов; ред. В. И. Тихонов. – М.: Советское радио, 1980. - 542[2] с. – 33 экз. (наличие в библиотеке ТУСУР - 33 экз.)
6. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника: учебное пособие. – М.: Советское ра дио, 1966. – 677, [2] с.: ил. – 8 экз. (наличие в библиотеке ТУСУР - 8 экз.)

12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Статистическая радиотехника и радиофизика: Учебно - методическое пособие для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы студентов / Чумаков А. С. - 2012. 30 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1746, свободный.
2. Теория электрической связи: Учебно - методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов / Акулиничев Ю. П. - 2012. 202 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1758, свободный.
3. Теория и техника передачи информации : Методические указания по проведению лабораторных работ и организации самостоятельной работы студентов / Новиков А. В., Бернгардт А. С. - 2015. 48 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/4978, свободный.
4. Анализ типового радиотехнического звена: Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы (расчетного задания, самостоятельной работы) по дисциплине «Статистическая радиотехника и радиофизика» / Бернгардт А. С. - 2012. 36 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1748, свободный.

12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. 1. Научно-образовательный портал ТУСУРа - http://edu.tusur.ru/
2. 2. Библиотека ТУСУРа - http://lib.tusur.ru/
3. 3. Операционная система Windows.
4. 6. MathCad

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Аудитория 432 радиотехнического корпуса ТУСУРа для проведения практических занятий (один компьютер с доступом в Интернет, возможно применение демонстрационного материала). Рассчитана на одну группу.

Согласована на портале № 4700

2. Аудитория 406 радиотехнического корпуса ТУСУРа для проведения лабораторных работ (девять компьютеров с доступом в Интернет). Рассчитана на одну группу.

14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Основная рекомендация сводится к обеспечению равномерной активной работы студентов над курсом в течение учебного семестра.

При изучении курса следует стараться понять то общее, что объединяет рассматри-ваемые вопросы. В частности, ключевым является понятие случайного процесса и его ве-роятностное описание.

Лекционные занятия рекомендуется проводить с применением демонстрационного материала, например, с демонстрацией презентаций

Практические занятия и лабораторные работы также желательно проводить с использованием имеющихся на кафедре демонстрационных материалов. Используя имеющиеся оригинальные программы, ряд задач можно выполнять дома. В этом случае в аудитории основное внимание концентрируется на методике использования указанных программ.

Согласована на портале № 4700

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

Основы статистической радиотехники

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль): **Системы радиосвязи и радиодоступа**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **ТОР, Кафедра телекоммуникаций и основ радиотехники**
Курс: **3**
Семестр: **5**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:

- доцент кафедры РТС каф. РТС Бернгардт А. С.

Зачет: 5 семестр

Томск 2016

Согласована на портале № 4700

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
ПК-7	готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта	Должен знать методы статистического описания случайных сигналов принципы и основы статистической теории обнаружения, различения и оценки неизвестных параметров сигналов при наличии помех; физический и содержательный смысл и взаимосвязь параметров сигнала, которые определяют потенциальные характеристики систем обнаружения (различения) при наличии собственного шума приемных устройств; типовые структуры оптимальных систем обработки сигналов в радиотехнических системах при их обнаружении (различении) на фоне шума приемных устройств; ; Должен уметь аргументировано изложить постановку задачи статистического синтеза оптимального обнаружителя – различителя параметра полезного сигнала на фоне помехи; выполнять типовые расчеты вероятностных характеристик оптимального обнаружителя – различителя в радиотехнических системах; ; Должен владеть специальной терминологией; способами статистического описания свойств сигналов и помех; общей методологией статистического анализа устройств обработки сигналов и синтеза оптимальных систем обработки сигналов в радиотехнических системах. ;
ПК-16	готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования	

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	Обладает фактическими	Обладает диапазоном	Контролирует работу,

Согласована на портале № 4700

уровень)	и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	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
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 ПК-7

ПК-7: готовностью к изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.

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	Знать способы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.	Уметь изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике проекта.	Владеть приемами изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике проекта.
Виды занятий	• Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Зачет; • Расчетная работа; • Тест; • Собеседование; • Зачет;	• Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Зачет; • Расчетная работа; • Тест; • Собеседование; • Зачет;	• Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Зачет; • Расчетная работа; • Зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в

Согласована на портале № 4700

таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Знает рациональные приемы сбора и анализа информации, отечественного и зарубежного опыта для формирования исходных данных при проектировании радиотехнических систем и их элементов.; • отечественного и зарубежного опыта для формирования исходных данных при проектировании радиотехнических систем и их элементов.;	• Умеет рационально собирать и анализировать информацию, отечественный и зарубежный опыт для формирования исходных данных при проектировании радиотехнических систем и их элементов.;	• Свободно владеет умением собирать и анализировать информацию, отечественный и зарубежный опыт для формирования исходных данных при проектировании радиотехнических систем и их элементов.;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает как собирать и анализировать информацию, отечественный и зарубежный опыт для формирования исходных данных при проектировании радиотехнических систем и их элементов.;	• Умеет собирать и анализировать информацию, отечественный и зарубежный опыт для формирования исходных данных при проектировании радиотехнических систем и их элементов.;	• Владеет методами сбором и анализом информации, отечественного и зарубежного опыта для формирования исходных данных при проектировании радиотехнических систем и их элементов.;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Знает элементы сбора и анализа информации, отечественного и зарубежного опыта для формирования исходных данных при проектировании радиотехнических систем и их элементов.;	• В принципе умеет собирать и анализировать информацию, отечественный и зарубежный опыт для формирования исходных данных при проектировании радиотехнических систем и их элементов.;	• Частично владеет методами сбора и анализа информации, отечественного и зарубежного опыта для формирования исходных данных при проектировании радиотехнических систем и их элементов.;

2.2 Компетенция ПК-16

ПК-16: готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования 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	• методы статистического	• аргументировано изложить постановку	• специальной терминологией; •

Согласована на портале № 4700

	описания случайных сигналов • принципы и основы статистической теории обнаружения, различения и оценки неизвестных параметров сигналов при наличии помех; • физический и содержательный смысл и взаимосвязь параметров сигнала, которые определяют потенциальные характеристики систем обнаружения (различения) при наличии собственного шума приемных устройств; • типовые структуры оптимальных систем обработки сигналов в радиотехнических системах при их обнаружении (различении) на фоне шума приемных устройств;	задачи статистического синтеза оптимального обнаружителя – различителя параметра полезного сигнала на фоне помехи; • выполнять типовые расчеты вероятностных характеристик радиотехнических систем.	способами статистического описания свойств сигналов и помех; • общей методологией статистического анали-за устройств обработки сигналов и синтеза оптимальных систем обработки сигналов в радиотехнических системах.
Виды занятий	• Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Практические занятия; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Зачет; • Расчетная работа; • Тест; • Собеседование; • Зачет;	• Контрольная работа; • Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Зачет; • Расчетная работа; • Тест; • Собеседование; • Зачет;	• Домашнее задание; • Отчет по лабораторной работе; • Зачет; • Расчетная работа; • 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)	• Знает рациональные приемы изучения	• Умеет продуктивно изучать научно-	• Свободно владеет навыками изучения

Согласована на портале № 4700

	научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта при исследовании радиотехнических систем.;	техническую информацию, отечественный и зарубежный при исследовании радиотехнических систем.;	научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта при исследовании инфокоммуникационны х систем.;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта при исследовании радиотехнических систем.;	• Умеет изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт при исследовании радиотехнических систем.;	• Владеет навыками изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта при исследовании инфокоммуникационны х систем.;
Удовлетворительн о (пороговый уровень)	• Знает элементарные приемы изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта при исследовании радиотехнических систем.;	• Имеет начальные представления по изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта при исследовании радиотехнических систем.;	• Владеет отдельными навыками изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта при исследовании инфокоммуникационны х систем.;

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

– 1. Для полного вероятностного описания последовательности n отсчетов непрерывного сигнала нужно задать: 1) плотность вероятности каждого отсчета; 2) n-мерную плотность вероятности; 3) математические ожидания и дисперсии; 4) ряд распределения вероятностей реализаций. 2. Для полного вероятностного описания последовательности m-ичных символов длиной n нужно задать: 1) плотность вероятности каждой из величин; 2) совместную плотность вероятности; 3) математическое ожидание и дисперсию; 4) nm-мерный ряд распределения вероятностей реализаций. 3. Цифровой двоичный сигнал – это последовательность: 1) n непрерывных случайных величин – отсчетов случайного процесса по времени; 2) двоичных символов длиной n; 3) m-ичных символов длиной n; 4) отрезков случайного процесса. 4. Какой из перечисленных сигналов является случайным? 1) Одиночный прямоугольный импульс. 2) Периодическая последовательность импульсов. 3) Сигнал передачи данных. 4) Гармонический сигнал. 5. Для полного вероятностного описания последовательности двоичных символов длиной n нужно задать: 1) плотность вероятности каждой из величин; 2) 2m-мерный ряд распределения вероятностей реализаций; 3) математическое ожидание и дисперсию; 4) совместную плотность вероятности. 6. Какой из перечисленных сигналов является детерминированным? 1) Периодическая последовательность прямоугольных импульсов. 2) Телевизионный сигнал. 3) Телефонный сигнал. 4) Сигнал звукового вещания. 7. Для полного вероятностного описания отрезка непрерывной случайной функции нужно задать: 1) плотность вероятности каждого отсчета; 2) n-мерную плотность вероятности при $n \to \infty$; 3) математические ожидания и дисперсии; 4) ряд распределения вероятностей реализаций.

Согласована на портале № 4700

3.2 Зачёт

– ЗАДАЧА №1 На вход интегрирующей RC-цепи поступает белый шум X(t) со спектральной плотностью S0. Найти взаимную корреляционную функцию входного воздействия X(t) и отклика Y(t) RC-цепи. ЗАДАЧА №2 Определит вероятность того, что значения стационарного гауссовского процесса с параметрами mA=0, σA=3В превышают 2 В. ЗАДАЧА №3 Определить вероятность того, что значение фазы узкополосного гауссовского случайного процесса находится в интервале [0, 2π/3]. ЗАДАЧА №4 Определить шумовую полосу последовательной RC-цепи с параметрами цепи: R= 2 Ком, C=0,5 мкф.

3.3 Темы домашних заданий

– ЗАДАЧА №1 Записать плотность вероятности суммы z(t)=x(t)+y(t) двух некоррелированных гауссовских стационарных процессов x(t) и y(t), имеющих математические ожидания и дисперсии, равные соответственно mx =2 и my=3, ЗАДАЧА №2 На вход интегрирующей RC-цепи поступает белый шум X(t) со спектральной плотностью S0. Найти корреляционную функцию напряжения Y(t) на емкости C. ЗАДАЧА №3 На цепь, составленную из последовательного соединения индуктивности L и сопротивления R воздействует напряжениеX(t), представляющее собой белый шум со спектральной плотностью S0. Найдите дисперсию напряжения Y(t) на сопротивлении R. ЗАДАЧА №4 На вход последовательной RC-цепи с параметрами цепи :R= 2 Ком, C=0,5 мкф воздействует белый шум со спектральной плотностью, равной 0.5 В2/Гц.. Определите спектральную плотность процесса на ее выходе. ЗАДАЧА №5 На вход интегрирующей RC-цепи поступает белый шум x(t) со спектральной плотностью S0. Найти закон установления среднего квадрата отклика y(t) RC-цепи.

3.4 Вопросы на собеседование

– 1. Описание случайных процессов с помощью многомерных плотностей вероятности. 2. Квазидетерминированные случайные процессы, свойства реализаций. 3. Математическое ожидание и дисперсия случайного процесса. 4. Корреляционная функция, ковариационная функция и время корреляции случайного процесса. 5. Условие стационарности случайного процесса в широком и узком смысле. Среднее значение, дисперсия и корреляционная функция стационарного случайного процесса в широком смысле. 6. Эргодические случайные процессы. Временные средние характеристики. 7. Описание совокупности двух случайных процессов с помощью многомерных плотностей вероятности. 8. Стационарно связанные и взаимно эргодические случайные процессы. 9. Свойства корреляционной функции случайного процесса. 10. Свойства взаимной корреляционной функции. 11. Спектральная плотность и ее связь с корреляционной функцией случайного процесса. 12. Свойства спектральной плотности. Факторизация спектральной плотности. 13. Белый шум и белый шум с ограниченной по полосе спектром. Их корреляционные функции. 14. Гауссовский случайный процесс и его свойства. 15. Узкополосный гауссовский случайный процесс, его квадратурные составляющие. 16. Свойства квадратурных составляющих узкополосного гауссовского случайного процесса. 17. Одномерные плотности вероятностей огибающей и фазы узкополосного гауссовского процесса. 18. Одномерная плотность вероятностей огибающей смеси сигнала с узкополосным шумом. 19. Плотность вероятностей фазовой ошибки при наблюдении смеси сигнала с узкополосным шумом. 20. Асимптотические плотности вероятностей огибающей и фазовой ошибки при больших отношениях сигнала к шуму. 21. Свойства линейной системы. Характеристики линейной системы и связь между ними. 22. Анализ линейной системы в переходном режиме при стационарном воздействии. 23. Имитация случайного процесса с заданной спектральной плотностью. Формирующий фильтр. 24. Анализ линейной системы в установившемся режиме. 25. Эквивалентная шумовая полоса. 26. Взаимная корреляционная функция входного воздействия и отклика линейной системы. 27. Постановка задачи поиска оптимальной системы по критерию получения максимума отношения сигнал/шум и по критерию минимума среднего квадрата ошибки. 28. Оптимизация систем путем подбора их параметров. 29. Оптимальные системы, максимизирующие отношение сигнал/шум. 30. Импульсная характеристика и комплексная частотная характеристика согласованного фильтра. 31. Определение импульсной характеристики оптимального фильтра по критерию минимума среднего квадрата ошибки. (Получение интегрального уравнения). 32. Прямой метод нелинейных преобразований случайных процессов.

Согласована на портале № 4700

33. Среднее значение процессов на выходе квадратичного детектора и ФНЧ. 34. Корреляционная функция процесса на выходе квадратичного детектора. 35. Спектральная плотность процесса на выходе квадратичного детектора.

3.5 Темы опросов на занятиях

– Информация и сигналы. Основные понятия и определения.

– Основные понятия и определения теории вероятностей; теоремы сложения и умножения; надёжность системы. Описание случайных величин; дискретные и непрерывные случайные величины; плотность вероятности; функция распределения. Числовые характеристики случайных величин; математическое ожидание, СКО и дисперсия, корреляционная функция, начальный и центральный моменты. Гауссовские случайные величины.

– Понятие случайного процесса. Вероятностное описание случайных процессов. Моментные функции случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Эргодические случайные процессы. Временные средние. Описание совокупности двух случайных процессов. Свойства кореляционной и взаимно корреляционной функций. Белый шум.

– Спектральная плотность мощности. Свойства спектральной плотности мощности. Взаимная спектральная плотность мощности. Определение моментных функций и спектральной плотности мощности по экспериментальным данным.

– Понятие гауссовского случайного процесса и его свойства. Узкополосные гауссовские случайные процессы.

– Постановка задачи анализа линейных систем. Анализ линейной системы в переходном режиме при стационарном воздействии. Имитация случайного процесса с заданной спектральной плотностью. Формирующий фильтр. Анализ линейной системы в стационарном (установившемся режиме). Чисто белый шум и системы с ограниченной полосой пропускания. Эквивалентная шумовая полоса. Взаимная корреляционная функция входного воздействия и отклика линейной системы.

– Понятие оптимальной системы. Критерий оптимальности. Оптимизация систем путем подбора их параметров. Оптимальные системы, максимизирующие отношение сигнал/шум. Оптимальные системы, минимизирующие средний квадрат ошибки.

– Согласованный линейный фильтр. Примеры построения согласованных линейных фильтров. Обнаружение и различение сигналов при наличии помех (байесовский метод). Элементы теории оценки неизвестных параметров сигнала.

3.6 Темы контрольных работ

– ЗАДАЧА №1 Записать плотность вероятности суммы z(t)=x(t)+y(t) двух некоррелированных гауссовских стационарных процессов x(t) и y(t), имеющих математические ожидания и дисперсии, равные соответственно mx =2 и my=3, ЗАДАЧА №2 Записать плотность вероятности разности z(t)=x(t)-y(t) двух некоррелированных гауссовских стационарных процессов x(t) и y(t), имеющих математические ожидания и дисперсии, равные соответственно mx =3 и my=2, ЗАДАЧА №3 Дисперсия стационарного узкополосного гауссовского процесса равна 4 . Найдите плотность вероятностей и математическое ожидание огибающей этого процесса.

3.7 Темы расчетных работ

– ЗАДАЧА №29 На вход интегрирующей RC-цепи поступает белый шум X(t) со спектральной плотностью S0. Найти взаимную корреляционную функцию входного воздействия X(t) и отклика Y(t) RC-цепи. ЗАДАЧА №30 Определит вероятность того, что значения стационарного гауссовского процесса с параметрами mA=0, σA=3В превышают 2 В. ЗАДАЧА №23 На цепь, составленную из последовательного соединения индуктивности L и сопротивления R воздействует напряжениеX(t), представляющее собой белый шум со спектральной плотностью S0. Найдите дисперсию напряжения Y(t) на сопротивлении R. ЗАДАЧА №24 На вход последовательной RC-цепи с параметрами цепи :R= 2 Ком, C=0,5 мкф воздействует белый шум со спектральной плотностью, равной 0.5 В2/Гц.. Определите спектральную плотность процесса на ее выходе.

3.8 Темы лабораторных работ

– Статистическое описание случайных сигналов

Согласована на портале № 4700

– Статистические свойства смеси регулярного сигнала и узкополосного стационарного гауссовского шума

– Оптимальное обнаружение полезного сигнала на фоне шума

– Изучение методов оценки неизвестных параметров полезных сигналов при наличии помех

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. ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ: Учебное пособие / Акулиничев Ю. П., Бернгардт А. С. - 2015. 196 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/5858, свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. 1. Чумаков А.С. Основы статистической радиотехники: Учебное пособие.- Томск: Томский. государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2003. -394 с.:ил. (наличие в библиотеке ТУСУР - 59 экз.)
2. 2. Левин Б.Р. Теоретические основы статистической радиотехники в 3 кн. Книга 1, 2-е изд., перераб. - М. : Советское радио, 1974 - 552 с. : ил., табл. (наличие в библиотеке ТУСУР - 29 экз.)
3. Учебное пособие «Сборник задач по теории вероятностей и математической статистике:»: обучающихся по направлениям 210400 (11.03.01) «Радиотехника», 210700 (11.03.02) «Телекоммуникации» и 210601 (11.05.01) «Радиоэлектронные системы и комплексы» / Бернгардт А. С., Чумаков А. С., Громов В. А. - 2014. 160 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/4940, свободный.
4. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2005. – 462[2] с. – 302 экз. (наличие в библиотеке ТУСУР - 302 экз.)
5. Горяинов В.Т. Статистическая радиотехника. Примеры и задачи: Учебное пособие для вузов / В. Т. Горяинов, А. Г. Журавлев, В. И. Тихонов; ред. В. И. Тихонов. – М.: Советское радио, 1980. - 542[2] с. – 33 экз. (наличие в библиотеке ТУСУР - 33 экз.)
6. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника: учебное пособие. – М.: Советское ра дио, 1966. – 677, [2] с.: ил. – 8 экз. (наличие в библиотеке ТУСУР - 8 экз.)

4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. Статистическая радиотехника и радиофизика: Учебно - методическое пособие для проведения лабораторных работ и самостоятельной работы студентов / Чумаков А. С. - 2012. 30 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1746, свободный.
2. Теория электрической связи: Учебно - методическое пособие для проведения практических занятий и самостоятельной работы студентов / Акулиничев Ю. П. - 2012. 202 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1758, свободный.
3. Теория и техника передачи информации : Методические указания по проведению лабораторных работ и организации самостоятельной работы студентов / Новиков А. В., Бернгардт А. С. - 2015. 48 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/4978, свободный.
4. Анализ типового радиотехнического звена: Учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы (расчетного задания, самостоятельной работы) по дисциплине «Статистическая радиотехника и радиофизика» / Бернгардт А. С. - 2012. 36 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1748, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. 1. Научно-образовательный портал ТУСУРа - http://edu.tusur.ru/
2. 2. Библиотека ТУСУРа - http://lib.tusur.ru/

Согласована на портале № 4700

3. 3. Операционная система Windows.
4. 6. MathCad