МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по УР
П.Е.Троян

_____

"_10_"__10__2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование устройств связи

Уровень основной образовательной программы: академический бакалавриат

Направление(я) подготовки (специальность): 11.03.02 (инфокоммуникационные технологии и системы связи)

Профиль(и) : Системы мобильной связи

Форма обучения: очная

Факультет: РТФ (радиотехнический)

Кафедра: РТС (радиотехнических систем)

Курс: четвертый **Семестр: седьмой**

Учебный план набора 2013, 2014, 2015 годов.

Распределение рабочего времени:

№	Виды учебной работы	Семестр 1	Семестр 2	Семестр 3	Семестр 4	Семестр 5	Семестр 6	Семестр 7	Семестр 8	Всего	Единицы
1.	Лекции							24		24	часов
2.	Лабораторные работы							36		36	часов
3.	Практические занятия										часов
4.	Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)										часов
5.	Всего аудиторных занятий (Сумма 1-4)							60		60	часов
6.	Из них в интерактивной форме							12		12	часов
7.	Самостоятельная работа студентов (СРС)							48		48	часов
8.	Всего (без экзамена) (Сумма 5,7)							108		108	часов
9.	Самост. работа на подготовку, сдачу экзамена										часов
10.	Общая трудоемкость (Сумма 8,9)							108		108	часов
	(в зачетных единицах)							3		3	ЗЕТ

Зачет: седьмой семестр **Диф. Зачет: не предусмотрен**

Экзамен: не предусмотрен

Томск (2016)

Согласована на портале № 2711

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), направленность (профиль) Системы мобильной связи, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ №174 от 06.03.2015 г.

рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «20» апреля 2016 г., протокол № 7.

Разработчики доц. каф РТС _____ Кологривов В.А.

Зав. кафедрой РТС, д.т.н., проф. _____ Мелихов С.В.

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

Декан РТФ, к. ф-м. н. _____ Попова К.Ю.

Зав. профилирующей кафедрой
Телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР) к. ф-м. н., с.н.с. _____ Демидов А.Я.

Зав. выпускающей кафедрой
Радиотехнических систем (РТС) д.т.н., проф. _____ Мелихов С.В.

Эксперты:
Доц. каф. ТОР, к.т.н. _____ Богомолов С.И.

Доц. каф. РТС, к.т.н. _____ Якушевич Г.Н.

Согласована на портале № 2711

1. Цели и задачи дисциплины: Ознакомить студентов направления “Инфокоммуникационные технологии и системы связи” с современным состоянием концепциями и алгоритмами функционального моделирования и проектирования с целью систематизации и углубления знаний в актуальных направлениях анализа, моделирования, расчета и оптимизации устройств техники связи. Подготовить будущего специалиста к активному и творческому использованию математического аппарата и программного обеспечения при решении практических и теоретических задач радиотехники и связи, как в процессе обучения, так и последующей инженерной либо исследовательской деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ООП: Дисциплина “Математическое моделирование устройств связи” относится к Вариативной части раздела Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.11.

Для успешного усвоения дисциплины необходимы знания:

основ векторно- матричного анализа, дифференциального и интегрального исчислений, изучаемых в дисциплинах - “Линейная алгебра и аналитическая геометрия”, “Математический анализ”;

исходных понятий и представлений о направлении и профиле подготовки, изучаемых в дисциплине – “Введение в системы мобильной связи”;

основ информатики, общих представлений о передаче информации, языках программирования, математических моделях, прикладных программных продуктах, изучаемых в дисциплинах – “Информатика”;

базовых представлений о радиотехнических цепях и радиосигналах, изучаемых в дисциплинах – “Теория электрических цепей”, “Математические методы описания сигналов”;

основ построения многоканальных инфокоммуникационных систем, изучаемых в дисциплине “Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей”;

основные операции и алгоритмы преобразования и обработки сигналов, изучаемых в дисциплине “Цифровая обработка сигналов”;

основных положений теории электрической связи (модуляция, кодирование, помехи, каналы связи), изучаемых в дисциплине “Общая теория связи”.

Усвоение понятий, математического аппарата и методов данной дисциплины должно способствовать овладению материалом сопутствующих и последующих дисциплин – “Радиоприемные устройства систем мобильной связи”, “Сети и системы мобильной связи”, “Устройсва преобразования и обработки информации в системах мобильной связи”, “Системы связи на основе шумоподобных сигналов”.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-15: Умением разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию.

ПК-19: Готовностью к организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- модели элементной базы систем связи, методы формирования функциональных математических моделей, основные принципы организации и построения современных универсальных сред функционального моделирования устройств и систем связи.

Уметь:

- определять необходимый набор элементов модели, осмысленно редактировать параметры элементной базы, формировать функциональные модели устройств и систем связи, оценивать необходимые интервалы в частотной и временной областях и пределы изменения параметров системы в целом.

Владеть:

Согласована на портале № 2711

- теоретическими основами и практическими навыками функционального моделирования, навыками работы в современных средах функционального моделирования устройств связи, сведениями о возможностях сред функционального моделирования и наборе исследуемых характеристик.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		4	5	6	7
Аудиторные занятия (всего)	60				60
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	24				24
Лабораторные работы (ЛР)	36				36
Практические занятия (ПЗ)					
Семинары (С)					
Коллоквиумы (К)					
Курсовой проект/(работа) (аудиторная нагрузка)					
Другие виды аудиторной работы					
Самостоятельная работа (всего)	48				48
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
Другие виды самостоятельной работы					
Подготовка к контрольным работам					
Проработка лекционного материала	14				14
Подготовка к лабораторным работам	14				14
Подготовка к практическим занятиям	14				14
Подготовка к контрольному тестированию	6				6
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)					
Общая трудоемкость час	108				108
Зачетные Единицы Трудоемкости	3				3

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Лаборат. занятия	Практич. занятия.	Курсовой П/Р (КРС)	Самост. работа студента	Всего час. (без экзам)	Формируемые компетенции (ОК, ОПК, ПК)
1.	Введение. Современные направления развития систем мобильной связи	2		-	-	2	4	ПК-15, 19
2.	Модуляция сигналов в современных системах мобильной связи	4	8		-	8	20	ПК-15, 19
3.	Кодирование сигналов в системах мобильной связи	4	8		-	8	20	ПК-15, 19
4.	Многолучевое распространение сигналов мобильной связи	4	6		-	8	18	ПК-15, 19
5.	Анализ канала связи	4	8		-	8	20	ПК-15, 19
6.	Синхронизация в системах мобильной связи	2	2		-	8	12	ПК-15, 19
7.	Широкополосная связь. Технологии с организацией пространственных каналов	4	4		-	6	14	ПК-15, 19

Согласована на портале № 2711

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям) – 24 ч.

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции (ОК, ОПК, ПК)
1.	Введение. Современные направления развития систем мобильной связи	Цели, задачи и содержание дисциплины. История мобильной связи. Основы функционирования. Современные системы мобильной связи и перспективы их развития.	2	ПК-15, 19
2.	Модуляция сигналов в современных системах мобильной связи	Векторное представление сигналов. Основные понятия модуляции. Методы фазовой модуляции и вопросы помехоустойчивости. Методы частотной модуляции и вопросы помехоустойчивости. Модуляция на нескольких несущих.	4	ПК-15, 19
3.	Кодирование сигналов в системах мобильной связи	Вопросы помехоустойчивого кодирования сигналов. Основные понятия. Кодирование формой. Алгебраическое кодирование. Циклическое кодирование. Сверточное кодирование. Сигнально-кодовые конструкции и турбо-коды.	4	ПК-15, 19
4.	Многолучевое распространение сигналов мобильной связи	Искажения сигналов вызываемые многолучевым распространением. Математические модели многолучевых каналов связи. Способы приема сигналов в условиях многолучевого распространения. Оптимальные методы демодуляции сигналов в многолучевых каналах.	4	ПК-15, 19
5.	Анализ канала связи	Понятие канала. Источники возникновения шумов и ослаблений сигнала. Мощность принятых сигнала и шума. Дистанционное уравнение. Анализ бюджета канала связи.	4	ПК-15, 19
6.	Синхронизация в системах мобильной связи	Основные понятия теории автоматического регулирования. Системы фазовой автоподстройки. Системы синхронизации по несущей и тактам. Синхронизация при широкополосных сигналах	2	ПК-15, 19
7.	Широкополосная связь. Технологии с организацией пространственных каналов	Широкополосная связь с простыми и шумоподобными сигналами. Основы технологии кодового и кодово-временного разделения каналов. Основы технологии ортогонального частотного разделения каналов. Основы формирования пространственных каналов. Системы со многими выходами и многими входами. Пространственно-временное кодирование. Пространственное мультиплексирование.	2 2	ПК-15, 19

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

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины из табл.5.1, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) и обеспечиваемых (последующих) дисциплин								
		1	2	3	4	5	6	7	8	…
Предшествующие дисциплины										
1.	**Математический анализ**		+	+		+	+	+		
2.	**Информатика**	+	+	+	+	+	+	+		
3.	**Линейная алгебра и аналитическая геометрия**			+	+	+	+	+		
	Введение в системы мобильной связи	+	+	+	+	+	+	+		
4.	**Теория электрических цепей**	+	+	+	+	+	+	+		
5.	**Математические методы описания сигналов**	+	+	+		+	+	+		
6.	**Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей**	+	+	+	+	+	+	+		
7.	**Цифровая обработка сигналов**			+	+	+				

Согласована на портале № 2711

8.	**Общая теория связи**	+	+	+	+	+	+	+		
Последующие дисциплины										
1.	**Радиоприемные устройства систем мобильной связи**		+	+	+	+	+	+		
2.	**Сети и системы мобильной связи**	+	+	+	+	+	+	+		
3.	**Устройства преобразования и обработки информации систем мобильной связи**	+	+	+	+	+	+	+		
4.	**Системы мобильной связи на основе шумоподобных сигналов**	+	+	+	+	+	+	+		

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

Перечень компетенций	Виды занятий					Формы контроля *(детализация)*
	Л	Лаб	Пр.	КР/КП	СРС	
ПК-15	+	+	+		+	Тест, конспект, допуск и отчет по лаборат. работе, опрос на лекции
ПК-19	+	+	+		+	Тест, конспект, допуск и отчет по лаборат. работе, опрос на лекции

Л – лекция, **Пр** – практические и семинарские занятия, **Лаб** – лабораторные работы, **КР/КП** – курсовая работа/проект, **СРС** – самостоятельная работа студента

6. Методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы \ Формы	Лекции (час)	Лабораторные занятия (час)	Тренинг Мастер-класс (час)	Всего
Мини-лекции, тесты	2	2		4
Работа в команде		4		4
Решение ситуационных задач	4			4
Исследовательский метод				
…				
Итого интерактивных занятий	6	6		12

7. Лабораторный практикум – 36 ч.

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ОК, ОПК, ПК
1.	**1-7**	Среда функционального моделирования **Simulink** системы для инженерных и научных расчетов **MatLab**	4	ПК-15, 19
2.	**2-7**	Исследование функциональной модели модема на основе аналоговой амплитудной модуляции	4	ПК-15, 19
3.	**2-7**	Исследование функциональной модели модема на основе аналоговой фазовой модуляции	4	ПК-15, 19
4.	**2-7**	Исследование функциональной модели модема на основе аналоговой частотной модуляции	4	ПК-15, 19
5.	**2-7**	Исследование функциональной модели модема на основе бинарной частотной манипуляции	4	ПК-15, 19
6.	**2-7**	Исследование функциональной модели модема на основе бинарной фазовой манипуляции	4	ПК-15, 19
7.	**2-7**	Исследование функциональной модели модема на основе квадратурной фазовой модуляции	4	ПК-15, 19
8.	**2-7**	Исследование функциональной модели алгебраического	4	ПК-15, 19

Согласована на портале № 2711

		блочного кодека		
9.	**2-7**	Исследование функциональной модели циклического блочного кодека	4	

8. Практические занятия (семинары) *Учебным планом не предусмотрены*

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудо-емкость (час.)	Компетенции ОК, ОПК, ПК
1.				
…				

9. Самостоятельная работа – 48 ч.

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудо-емкость (час.)	Компе-тенции ОК, ОПК, ПК	Контроль выполнения работы (Опрос, тест, дом. задание, и т.д)
1.	**1-7**	Проработка лекционного материала	20	ПК-15, 19	Тест контроль
2.	**2-6**	Подготовка к лабораторным работам и защита отчетов	20	ПК-15, 19	Тест контроль
3.	**2-7**	Подготовка к контрольному тестированию	8	ПК-15, 19	Тест контроль

10. Примерная тематика курсовых проектов (работ) *Курсовая работа не предусмотрена*

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

Таблица 11.1 Балльные оценки для элементов контроля (зачет, лекции, практика, лабораторные работы)

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
Посещение занятий	4	4	4	**12**
Тестовый контроль	18	17	14	**49**
Выполнение и защита резуль-татов лабораторных работ		12	15	**27**
Компонент своевременности	4	4	4	**12**
Итого максимум за период:	**26**	**37**	**37**	**100**
Нарастающим итогом	**26**	**63**	**100**	**100**

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

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)	**85 – 89**	B (очень хорошо)

Согласована на портале № 2711

(зачтено)	**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. **Лебедько Е.Г. Теоретические основы передачи информации**. Гриф УМО. – М.: Лань, 2011.- 352 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1543

2. **Галкин В. А. Цифровая мобильная радиосвязь:** Учебное пособие для вузов. Гриф УМО / В. А. Галкин. - М.: Горячая линия-Телеком, 2012. - 592 с.: (Учебное пособие) (Специальность для высших учебных заведений). (**40 экз.**)

12.2 ***Дополнительная литература***

3. **Дьяконов В. П. Matlab и Simulink для радиоинженеров:** научное издание / В. П. Дьяконов. - М.: ДМК Пресс, 2013. - 975 с (**15 экз.**)

4. **Волков Л. Н. Системы цифровой радиосвязи.** Базовые методы и характеристики: Учебное пособие для вузов / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - М.: Эко-трендз, 2005. - 390 с.: (Библиотека МТС & GSM). (**42 экз.**)

5. **Черных И. В. SIMULINK: среда создания инженерных приложений** / И. В. Черных; ред.: В. Г. Потемкин. - М.: Диалог-МИФИ, 2004. - 496 с. (**20 экз.**)

6. **Скляр Б. Цифровая связь:** Теоретические основы и практическое применение: Пер. с англ. / Б. Скляр; пер. Гроза Е. Г., пер. А. В. Назаренко, ред. А. В. Назаренко. - 2-е изд., испр. - М.: Вильямс, 2004. - 1099 с. **(18 экз.)**

7. **Рудой В. М. Системы передачи информации:** Учебное пособие для вузов / В. М. Рудой. (Учебное пособие для вузов). - М.: Радиотехника, 2007. - 277 с. (**20 экз.**)

8. **Вернер М. Основы кодирования:** Учебник для вузов: Пер. с нем. / М. Вернер; пер.: Д. К. Зигангиров. - М.: Техносфера, 2006. - 286 с. - (Мир программирования; VIII, 03). (**49 экз.**)

9. **Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования.** Методы, алгоритмы, применение: Учебное пособие для вузов: Пер. с англ. / Р. Морелос-Сарагоса; пер.: В. Б. Афанасьев. (Мир связи; IX, 05). - М.: Техносфера, 2006. - 319 с. (**40 экз.**)

10. **Прокис Д. Цифровая связь:** Пер. с англ. / Джон Прокис; Ред. пер. Д. Д. Кловский, Пер. Д. Д. Кловский, Пер. Б. И. Николаев. - М.: Радио и связь, 2000. - 798 с. (**7 экз.**)

11. **Слепов Н. Н. Англо-русский толковый словарь сокращений в области связи,** компьютерных и информационных технологий: Около 35000 терминов и Словарь русских сокращений: около 5100 терминов / Н. Н. Слепов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 2005. - 794 с. (**33 экз.**)

12.3 ***Методические указания*** **(УМП)**

12. Исследование методов аналоговой модуляции радиосигналов на функциональном уровне: Учебно-методическое пособие по лабораторным работам и самостоятельной работе / Кологривов В. А. – 2012. 62 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1736

13. Исследование **QPSK** модема (классическая реализация): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 27 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1528

14. Исследование **QPSK** модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 35 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1532

15 Исследование **MSK** модема (классическая реализация): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 29 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1524

16. Исследование **MSK** модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое

Согласована на портале № 2711

пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 39 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1525

17. Исследование **Pi/4_QPSK** модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 38 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1527

18. Исследование помехоустойчивости **FSK**-модуляции от соотношения сигнал/шум: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Сети и системы мобильной связи» / Кологривов В. А., Михайленко С. А. – 2016. 30 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/6092

19. Исследование помехоустойчивости многоканальных систем на основе **PSK**-модуляции при неортогональном разнесении: Учебно- методическое пособие по лабораторной работе для студентов направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Сети и системы мобильной связи» / Кологривов В. А., Чаплыгина А. А. – 2016. 38 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/6094

20. Исследование основных характеристик систем **ФАПЧ**: Учебно- методическое пособие по лабораторной работе для студентов направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Сети и системы мобильной связи» / Кологривов В. А., Хазиахметова Р. З. – 2016. 32 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/6093

21. Самостоятельная работа студента при изучении дисциплин математическо-естественнонаучного, общепрофессионального (профессионального), специального циклов: Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе / Кологривов В. А., Мелихов С. В. – 2012. 9 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1845

12.4 Программное обеспечение

SciLab – 4.1.2, SciLab – 5.2.2, SciLab – 5.3.0, MatLab 6.5, MatLab 7.0, Microsoft Word

12.5 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы _____

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины: компьютерный класс (ауд. 427 РК) – сервер, 7 ПЭВМ; Лаборатория ГПО (ауд. 414а РК) – сервер, 7 ПЭВМ.

14. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины (по усмотрению разработчика программы)._____

Вопросы для подготовки по дисциплине ММ_УС

Предлагаемые вопросы призваны выработать представление об изучаемой дисциплине **«Математическое моделирование устройств связи» (ММ_УС),** ориентировать студента на определенный уровень знаний полученных из предыдущих дисциплин радиотехнического профиля.

1. ***Цели и задачи*** дисциплины ***ММ_УС.***
2. Основные ***этапы преобразования сигнала*** в цифровых системах связи.
3. Основная ***терминология*** области ***цифровой связи.***
4. ***Классификация сигналов:*** детерминированные и случайные, периодические и непериодические, аналоговые и дискретные, мощностные и энергетические.
5. ***Спектральная плотность энергии и мощности.*** Автокорреляция энергетического сигнала и мощностного сигнала.
6. ***Случайные сигналы,*** случайные переменные, распределение вероятности и плотность вероятности.
7. ***Случайные процессы,*** статистическое среднее, стационарные процессы, автокорреляция случайных процессов, усреднение по времени и эргодичность.

Согласована на портале № 2711

8. ***Спектральная плотность мощности*** и автокорреляция случайного процесса.
9. ***Шум в системах связи,*** гауссов случайный процесс, белый шум.
10. ***Передача сигнала через линейные системы,*** импульсная характеристика, частотная и передаточная функция, случайные процессы и линейные системы, идеальная фильтрация, реализуемые фильтры, сигналы, каналы, спектры.
11. ***Ширина полосы при передаче цифровых данных,*** узкополосные и широкополосные сигналы, дилемма определения ширины полосы.
12. ***Форматирование и узкополосная модуляция,*** узкополосные системы, форматирование текстовой информации (знаки, сообщения и символы).
13. ***Форматирование аналоговой информации,*** дискретизация аналоговых сигналов, выборка с использованием единичных импульсов, естественная дискретизация, метод выборка и хранение, наложение спектров при дискретизации, выборка с запасом.
14. ***Аналоговая фильтрация,*** дискретизация и преобразование аналоговых сигналов в цифровые сигналы, цифровая фильтрация и повторная выборка, сопряжение сигнала с цифровой системой.
15. ***Источники искажения сигналов,*** влияние дискретизации и квантования, воздействие канала, шум канала, межсимвольная интерференция, отношение сигнал/шум для квантованных сигналов, импульсно-кодовая модуляция ***ИКМ (PCM).***
16. ***Квантование*** с постоянным и переменным шагом, статистика амплитуд речевого сигнала, неравномерное квантование, компандирование.
17. ***Узкополосная передача,*** Представление двоичной последовательности электрическими импульсами, типы сигналов ***PCM,*** спектральные параметры сигналов ***PCM,*** число бит на слово ***PCM*** и число бит на символ, размер слова ***PCM, M***-арные импульсно-модулированные сигналы.
18. ***Корреляционное кодирование,*** двубинарная передача сигналов, двубинарное декодирование, предварительное кодирование, полибинарная передача сигналов.
19. ***Узкополосная демодуляция/обнаружение,*** сигналы и шум, рост вероятности ошибки в системах связи, демодуляция и обнаружение, векторное представление сигнала и шума, энергия сигнала, ортогональное представление сигналов и шумов, дисперсия белого шума.
20. ***Важнейший параметр цифровой связи*** – отношение сигнал/шум, отношение энергии бита к средней мощности шума естественный критерий качества.
21. ***Обнаружение двоичных сигналов*** в гауссовом шуме, критерий максимального правдоподобия приема сигналов, вероятность ошибки, согласованный фильтр, реализация корреляции в согласованном фильтре, сравнение свертки и корреляции.
22. ***Оптимизация вероятности ошибки,*** вероятность возникновения ошибки при двоичной передаче сигналов, использование базисных функций для описания передачи сигналов.
23. ***Межсимвольная интерференция,*** формирование импульсов с целью снижения ***ISI,*** фильтр с характеристикой типа приподнятого косинуса, факторы роста вероятности ошибки, демодуляция и обнаружение сформированных импульсов, согласованные и обычные фильтры, импульсы ***Найквиста.***
24. ***Выравнивание,*** характеристики канала, глазковая диаграмма, ***типы эквалайзеров,*** трансверсальный эквалайзер, эквалайзер с решающей обратной связью, заданное и адаптивное выравнивание, частота обновления фильтра.
25. ***Полосовая модуляция и демодуляция,*** методы цифровой полосовой модуляции, векторное представление синусоиды, фазовая манипуляция, частотная манипуляция, амплитудная манипуляция, амплитудно-фазовая манипуляция.
26. ***Обнаружение сигнала*** в гауссовом шуме, области решений, корреляционный приемник, порог двоичного решения.
27. ***Когерентное обнаружение,*** цифровой согласованный фильтр, когерентное обнаружение ***MPSK,*** когерентное обнаружение ***FSK.***
28. ***Некогерентное обнаружение,*** обнаружение сигналов при дифференциальной модуляции ***PSK,*** бинарная модуляция ***DPSK,*** некогерентное обнаружение сигналов ***FSK,*** расстояние между тонами для некогерентной ортогональной передачи ***FSK,*** минимальное расстояние между тонами и ширина полосы.

Согласована на портале № 2711

29. ***Комплексная огибающая,*** квадратурная реализация модулятора, модулятор ***D8PSK,*** демодулятор ***D8PSK.***
30. ***Вероятность ошибки в бинарных системах,*** вероятность битовой ошибки при когерентном обнаружении сигнала ***BPSK,*** вероятность битовой ошибки при когерентном обнаружении сигнала в дифференциальной модуляции ***BPSK,*** вероятность битовой ошибки при когерентном обнаружении сигнала в бинарной ортогональной модуляции ***FSK,*** вероятность битовой ошибки при некогерентном обнаружении сигнала в бинарной ортогональной модуляции ***FSK,*** вероятность битовой ошибки при бинарной модуляции ***DPSK,*** вероятность ошибки для различных модуляций.
31. ***M-арная передача сигналов и производительность,*** векторное представление сигналов ***MPSK,*** вероятности ошибок ***BPSK*** и ***QPSK,*** векторное представление сигналов ***MFSK.***
32. ***Вероятность символьной ошибки*** для ***M***-арных систем, вероятность символьной ошибки для модуляции ***MPSK,*** вероятность символьной ошибки для модуляции ***MFSK,*** зависимость вероятности битовой ошибки от вероятности символьной ошибки для ортогональных сигналов, зависимость вероятности битовой ошибки от вероятности символьной ошибки для многофазных сигналов, влияние межсимвольной интерференции.
33. Что такое ***бюджет канала связи,*** канал, понятие открытого пространства, взаимосвязь отношения сигнал/шум с отношением энергии бита к средней мощности шума, источники возникновения шумов и ослабления сигнала.
34. ***Мощность принятого сигнала*** и шума, дистанционное уравнение, мощность принятого сигнала как функция частоты, зависимость потерь в тракте от частоты, мощность теплового шума.
35. ***Анализ бюджета канала связи,*** требуемое и принятое отношение энергии бита к средней мощности шума, энергетический резерв канала связи, резерв канала связи, доступность канала связи.
36. ***Коэффициент шума и шумовая температура системы,*** коэффициент шума, шумовая температура, потери в линии связи, суммарный шум фактор и общая шумовая температура.
37. ***Эффективная температура системы,*** шумовая температура неба, радиокарта неба.
38. ***Пример анализа канала связи,*** элементы бюджета канала, добротность приемника, принятая изотропная мощность.
39. ***Спутниковые ретрансляторы,*** нерегенеративные ретрансляторы, нелинейное усиление ретрансляторов, системные компромиссы.
40. ***Кодирование сигнала и структурированные последовательности,*** антиподные и ортогональные сигналы, ***M***-арная передача сигналов, кодирование сигнала, ортогональные коды, биортогональные коды, трансортогональные коды.
41. ***Типы защиты от ошибок,*** связность оконечных устройств, автоматический запрос повторной передачи.
42. ***Структурированные последовательности,*** модели каналов, дискретный канал без памяти, двоичный симметричный канал, гауссов канал, степень кодирования и избыточность, терминология в кодировании.
43. ***Коды с контролем четности,*** код с одним контрольным битом, прямоугольный код, кодирование с коррекцией ошибок, компромиссы, характеристики при низком значении энергии бита к средней мощности шума.
44. ***Линейные блочные коды,*** векторные пространства, векторные подпространства, матрица генератора, систематические линейные блочные коды, проверочная матрица, контроль с помощью синдромов, исправление ошибок, синдром класса смежности, декодирование с исправлением ошибок, локализация ошибочной комбинации, реализация декодера, векторные обозначения.
45. ***Возможность обнаружения и исправления ошибок,*** минимальное расстояние для линейного кода, обнаружение и исправление ошибок, распределение весовых коэффициентов кодовых слов, визуализация пространства ***6***-кортежей,коррекция со стиранием ошибок.
46. ***Полезность нормальной матрицы,*** оценка возможностей кода, код ***(n,k),*** соотношение между обнаружением и исправлением ошибок, взгляд на код через нормальную матрицу.

Согласована на портале № 2711

47. ***Циклические коды,*** алгебраическая структура циклических кодов, свойства двоичного циклического кода, кодирование в систематической форме, логическая схема для реализации полиномиального деления, систематическое кодирование с ***(n-k)***-разрядным регистром сдвига, обнаружение ошибок с помощью ***(n-k)***-разрядного регистра сдвига.
48. ***Известные блочные коды,*** коды ***Хемминга,*** расширенный код ***Голея,*** коды ***БЧХ.***
49. ***Сверточное кодирование,*** представление сверточного кода, импульсная характеристика кодера, полиномиальное представление, представление состояния и диаграмма состояний, древовидные диаграммы, решетчатая диаграмма.
50. ***Формулировка задачи сверточного кодирования,*** декодирование по методу максимального правдоподобия, модели каналов: мягкое или жесткое принятие решений, двоичный симметричный канал, гауссов канал.
51. ***Алгоритм сверточного декодирования Витерби,*** реализация декодера, память путей и синхронизация.
52. ***Свойства сверточных кодов,*** пространственные характеристики сверточных кодов, систематические и несистематические сверточные коды, границы рабочих характеристик сверточных кодов, эффективность кодирования, наиболее известные сверточные коды, компромиссы сверточного кодирования, мягкое декодирование по алгоритму ***Витерби.***
53. ***Другие алгоритмы сверточного декодирования,*** последовательное декодирование, сравнение декодирования по алгоритму Витерби с последовательным декодированием и их ограничения, декодирование с обратной связью.
54. ***Коды Рида-Соломона,*** вероятность появления ошибок для кодов ***Рида-Соломона,*** эффективность кодов ***Рида-Соломона*** при импульсных помехах, рабочие характеристики кода ***Рида-Соломона*** как функция размера, избыточности и степени кодирования.
55. ***Конечные поля,*** операция сложения в расширенном ***поле Галуа,*** описание конечного поля с помощью примитивного полинома, пример поля расширения ***Галуа.***
56. ***Кодирование Рида-Соломона,*** кодирование в систематической форме, систематическое кодирование с помощью ***(n-k)***-разрядного регистра сдвига, декодирование ***Рида-Соломона,*** вычисление синдрома, локализация ошибки, значения ошибок.
57. ***Коды с чередованием и каскадные коды,*** блочное чередование, сверточное чередование, каскадные коды, кодирование и чередование в системах цифровой записи информации на компакт дисках.
58. ***Турбокоды,*** понятия турбокодирования, функция правдоподобия, пример класса из двух сигналов, логарифмическое отношение правдоподобий, принципы итеративного турбо декодирования, алгебра логарифма правдоподобия.
59. ***Компромиссы*** при использовании модуляции и кодирования, цели разработчика систем связи, характеристика вероятности появления ошибки, минимальная ширина полосы по ***Найквисту,*** теорема ***Шеннона-Хартли*** о пропускной способности канала.
60. ***Плоскость полоса-эффективность,*** эффективность использования полосы при выборе схем ***MPSK*** и ***MFSK,*** аналогия между графиками эффективности использования полосы частот и вероятности появления ошибки.
61. ***Компромиссы при использовании модуляции и кодирования,*** определение, разработка и оценка систем цифровой связи, ***M***-арная передача сигналов, системы ограниченной полосы пропускания, системы ограниченной мощности, требования к передаче сигналов ***MPSK*** и ***MFSK,*** система ограниченной полосы без кодирования, система ограниченной мощности без кодирования, система ограниченной мощности и полосы пропускания с кодированием, расчет эффективности кодирования, выбор кода.
62. ***Модуляция с эффективным использованием полосы частот,*** передача сигналов с модуляцией ***QPSK*** и ***OQPSK,*** манипуляция с минимальным сдвигом, модуляция ***GMSK,*** вероятность ошибки при модуляциях ***OQPSK*** и ***QPSK,*** квадратурная амплитудная модуляция, компромисс между полосой пропускания и мощностью.
63. ***Модуляция и кодирование в каналах с ограниченной полосой,*** границы совокупности сигналов, совокупности сигналов высших размерностей, ***решетчатые структуры*** высокой плотности.

Согласована на портале № 2711

64. ***Решетчатое кодирование,*** истоки решетчатого кодирования, увеличение избыточности сигнала, кодирование ***TCM, разбиение Унгербоека,*** отображение сигналов на переходы решетки, декодирование ***TCM,*** ошибочное событие и просвет, эффективность кодирования, эффективность кодирования для схемы ***8-PSK*** при использовании решетки с четырьмя состояниями, другие решетчатые коды, многомерное решетчатое кодирование.
65. ***Синхронизация,*** виды синхронизации, плата за преимущества, синхронизация приемника, частотная и фазовая синхронизация, линеаризованное уравнение контура, характеристики стационарного состояния, реакция на скачок фазы, реакция на скачок частоты, реакция на линейное изменение частоты.
66. ***Производительность при шуме,*** анализ нелинейного контура, схемы подавления несущей, синфазно-квадратурные схемы, схемы подавления несущей высших порядков, начальная синхронизация, ошибки сопровождения фазы и производительность канала, отношение сигнал/шум в контуре ***ФАПЧ,*** методы анализа спектра.
67. ***Символьная синхронизация-модуляция*** дискретных символов, разомкнутые символьные синхронизаторы, замкнутые символьные синхронизаторы, ошибки символьной синхронизации и вероятность символьной ошибки.
68. ***Синхронизация при модуляциях без разрыва фазы,*** синхронизация с использованием данных, синхронизация без использования данных.
69. ***Кадровая синхронизация,*** сетевая синхронизация, открытая синхронизация передатчиков, закрытая синхронизация передатчиков.
70. ***Распределение ресурса связи.*** Уплотнение множественный доступ с частотным и временным разделением.
71. ***Распределение ресурса связи по каналам.*** Сравнение производительности **FDMA** и **TDMA**.
72. ***Множественный доступ с кодовым разделением.*** Множественный доступ с поляризационным и пространственным разделением.
73. ***Системы связи множественного доступа и архитектура.*** Информационный поток в системах множественного доступа. Множественный доступ с представлением каналов по требованию.

Согласована на портале № 2711

Приложение к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» (ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по УР
П.Е.Троян

_____

"_10_"__10__2016 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ (ПРАКТИКЕ)

Математическое моделирование устройств связи

Уровень основной образовательной программы: академический бакалавриат

Направление(я) подготовки (специальность): 11.03.02 (инфокоммуникационные технологии и системы связи)

Направленность (профиль): Системы мобильной связи

Форма обучения: очная

Факультет: РТФ (радиотехнический)

Кафедра: РТС (радиотехнических систем)

Курс: четвертый **Семестр: седьмой**

Учебный план набора 2013, 14, 15 годов.
Зачет *седьмой* семестр

Разработчик **В.А. Кологривов**

Зав. обеспечивающей кафедрой РТС **С.В. Мелихов**

Томск (2016)

Согласована на портале № 2711

Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины 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 используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ПК-15	Умением разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию.	***Должен знать:*** • модели элементной базы систем связи, методы формирования функциональных математических моделей, основные принципы организации и построения современных универсальных сред функционального моделирования устройств и систем связи. ***Должен уметь:*** • определять необходимый набор элементов модели, осмысленно редактировать параметры элементной базы, формировать функциональные модели устройств и систем связи, оценивать необходимые интервалы в частотной и временной областях и пределы изменения параметров системы в целом. ***Должен владеть:*** • теоретическими основами и практическими навыками функционального моделирования, навыками работы в современных средах функционального моделирования устройств связи, сведениями о возможностях сред функционального моделирования и наборе исследуемых характеристик.
ПК-19	Готовностью к организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований.	

Реализация компетенций

Компетенция ПК-15

ПК-15: Умением разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию.

Согласована на портале № 2711

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 2.

Таблица 2– Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Знать правила **разработки и оформления различной проектной и технической документации.**	**Уметь разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию.**	*Владеть навыками* **разработки и оформления различной проектной и технической документации.**
Виды занятий	• Лекции; • Лабораторные работы; • Консультации;	• Проработка лекционного материала; • Подготовка к лабораторным работам.	• Самостоятельная работа студентов; • Работа с рекомендованной литературой
Используемые средства оценивания	• Экспресс - опрос; • Подготовка рефератов.	• Оформление отчетов; • Подготовка к защите отчетов.	• Защита отчетов и рефератов; • Зачет.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции 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 № 2711

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

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	**Знать**	**Уметь**	**Владеть**
Отлично (высокий уровень)	• *Знает рациональные* правила **разработки и оформления различной проектной и технической документации.**	• Умеет качественно **разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию.**	• *Свободно владеет навыками* **разработки и оформления различной проектной и технической документации.**
Хорошо (базовый уровень)	• Знает правила **разработки и оформления различной проектной и технической документации.**	• **Умеет разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию.**	• *Владеет навыками* **разработки и оформления различной проектной и технической документации.**
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• *Знает элементы* **разработки и оформления различной проектной и технической документации.**	• В принципе умеет **разрабатывать и оформлять различную проектную и техническую документацию.**	• *Частично владеет* **разработкой и оформлением различной проектной и технической документации**

Компетенция ПК-19

ПК-19: Готовностью к организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований.

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**

Согласована на портале № 2711

Содержание этапов	Знать приемы **организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований.**	Уметь **организовать работы по практическому использованию и внедрению результатов исследований.**	Владеть навыками **организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований.**
Виды занятий	• Лекции; • Лабораторные работы; • Консультации;	• Проработка лекционного материала; • Подготовка к лабораторным работам.	• Самостоятельная работа студентов; • Работа с рекомендованной литературой
Используемые средства оценивания	• Экспресс - опрос; • Подготовка рефератов.	• Оформление отчетов; • Подготовка к защите отчетов.	• Защита отчетов и рефератов; • Зачет.

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции 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
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуе-мыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 7.

Согласована на портале № 2711

Таблица 7 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Знает рациональные приемы **организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований.**	• Умеет творчески **организовать работы по практическому использованию и внедрению результатов исследований.**	• Свободно владеет навыками **организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований.**
Хорошо (базовый уровень)	• Знает приемы **организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований.**	• Умеет **организовать работы по практическому использованию и внедрению результатов исследований.**	• Владеет навыками **организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований.**
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Знает элементарные приемы **организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований.**	• Имеет начальные представления по **организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований.**	• Владеет отдельными навыками **организации работ по практическому использованию и внедрению результатов исследований.**

Формы контроля усвоения дисциплины и формирования компетенций

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются экспресс – опрос на лекциях, лабораторные задания, темы подготовки рефератов и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в составе:

- Экспресс – опрос проводится в начале каждой второй лекции для контроля самостоятельной работы и качества усвоения лекционного материала (**Вопросы для подготовки по дисциплине ММ_УС прилагаются**).
- Подготовка рефератов по заданным темам предполагает более углубленное изучение наиболее важных аспектов изучаемой дисциплины (**Список тем рефератов прилагается**).
- Контроль самостоятельной работы:
  - усвоение лекционного материала по учебным пособиям с самопроверкой по контрольным вопросам (**Вопросы для подготовки по дисциплине ММ_УС прилагаются**);
  - подготовка к зачету.

Согласована на портале № 2711

Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения, подготовки к лабораторным работам и самостоятельной работы используются методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе:

Основная литература

1. **Лебедько Е.Г. Теоретические основы передачи информации**. Гриф УМО. – М.: Лань, 2011.- 352 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1543
2. **Галкин В. А. Цифровая мобильная радиосвязь:** Учебное пособие для вузов. Гриф УМО / В. А. Галкин. - М.: Горячая линия-Телеком, 2012. - 592 с.: (Учебное пособие) (Специальность для высших учебных заведений). (**40 экз.**)

Дополнительная литература

3. **Дьяконов В. П. Matlab и Simulink для радиоинженеров:** научное издание / В. П. Дьяконов. - М.: ДМК Пресс, 2013. - 975 с (**15 экз.**)
4. **Волков Л. Н. Системы цифровой радиосвязи.** Базовые методы и характеристики: Учебное пособие для вузов / Л. Н. Волков, М. С. Немировский, Ю. С. Шинаков. - М.: Экотрендз, 2005. - 390 с.: (Библиотека МТС & GSM). (**42 экз.**)
5. **Черных И. В. SIMULINK: среда создания инженерных приложений** / И. В. Черных; ред.: В. Г. Потемкин. - М.: Диалог-МИФИ, 2004. - 496 с. (**20 экз.**)
6. **Скляр Б. Цифровая связь:** Теоретические основы и практическое применение: Пер. с англ. / Б. Скляр; пер. Гроза Е. Г., пер. А. В. Назаренко, ред. А. В. Назаренко. - 2-е изд., испр. - М.: Вильямс, 2004. - 1099 с. **(18 экз.)**
7. **Рудой В. М. Системы передачи информации:** Учебное пособие для вузов / В. М. Рудой. (Учебное пособие для вузов). - М.: Радиотехника, 2007. - 277 с. (**20 экз.**)
8. **Вернер М. Основы кодирования:** Учебник для вузов: Пер. с нем. / М. Вернер; пер.: Д. К. Зигангиров. - М.: Техносфера, 2006. - 286 с. - (Мир программирования; VIII, 03). (**49 экз.**)
9. **Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования.** Методы, алгоритмы, применение: Учебное пособие для вузов: Пер. с англ. / Р. Морелос-Сарагоса; пер.: В. Б. Афанасьев. (Мир связи; IX, 05). - М.: Техносфера, 2006. - 319 с. (**40 экз.**)
10. **Прокис Д. Цифровая связь:** Пер. с англ. / Джон Прокис; Ред. пер. Д. Д. Кловский, Пер. Д. Д. Кловский, Пер. Б. И. Николаев. - М.: Радио и связь, 2000. - 798 с. (**7 экз.**)
11. **Слепов Н. Н. Англо-русский толковый словарь сокращений в области связи,** компьютерных и информационных технологий: Около 35000 терминов и Словарь русских сокращений: около 5100 терминов / Н. Н. Слепов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 2005. - 794 с. (**33 экз.**)

Методические указания **(УМП)**

12. Исследование методов аналоговой модуляции радиосигналов на функциональном уровне: Учебно-методическое пособие по лабораторным работам и самостоятельной работе / Кологривов В. А. – 2012. 62 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1736
13. Исследование **QPSK** модема (классическая реализация): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 27 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1528
14. Исследование **QPSK** модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 35 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1532
15 Исследование **MSK** модема (классическая реализация): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 29 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1524
16. Исследование **MSK** модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое

Согласована на портале № 2711

пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 39 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1525
17. Исследование **Pi/4_QPSK** модема (реализация с фазовым кодером): Учебно-методическое пособие по лабораторной работе / Кологривов В. А. – 2012. 38 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1527
18. Исследование помехоустойчивости **FSK**-модуляции от соотношения сигнал/шум: Учебно-методическое пособие по лабораторной работе для студентов направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Сети и системы мобильной связи» / Кологривов В. А., Михайленко С. А. – 2016. 30 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/6092
19. Исследование помехоустойчивости многоканальных систем на основе **PSK**-модуляции при неортогональном разнесении: Учебно- методическое пособие по лабораторной работе для студентов направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Сети и системы мобильной связи» / Кологривов В. А., Чаплыгина А. А. – 2016. 38 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/6094
20. Исследование основных характеристик систем **ФАПЧ**: Учебно- методическое пособие по лабораторной работе для студентов направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» по дисциплине «Сети и системы мобильной связи» / Кологривов В. А., Хазиахметова Р. З. – 2016. 32 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/6093
21. Самостоятельная работа студента при изучении дисциплин математическо-естественнонаучного, общепрофессионального (профессионального), специального циклов: Учебно-методическое пособие по самостоятельной работе / Кологривов В. А., Мелихов С. В. – 2012. 9 с. http://edu.tusur.ru/training/publications/1845

Приложение А

Вопросы для подготовки по дисциплине
"Математическое моделирование устройств связи"

Предлагаемые вопросы призваны выработать представление об изучаемой дисциплине **«Математическое моделирование устройств связи» (ММ_УС),** ориентировать студента на определенный уровень знаний полученных из предыдущих дисциплин радиотехнического профиля.

74. ***Цели и задачи*** дисциплины ***ММ_УС.***
75. Основные ***этапы преобразования сигнала*** в цифровых системах связи.
76. Основная ***терминология*** области ***цифровой связи.***
77. ***Классификация сигналов:*** детерминированные и случайные, периодические и непериодические, аналоговые и дискретные, мощностные и энергетические.
78. ***Спектральная плотность энергии и мощности.*** Автокорреляция энергетического сигнала и мощностного сигнала.
79. ***Случайные сигналы,*** случайные переменные, распределение вероятности и плотность вероятности.
80. ***Случайные процессы,*** статистическое среднее, стационарные процессы, автокорреляция случайных процессов, усреднение по времени и эргодичность.
81. ***Спектральная плотность мощности*** и автокорреляция случайного процесса.
82. ***Шум в системах связи,*** гауссов случайный процесс, белый шум.
83. ***Передача сигнала через линейные системы,*** импульсная характеристика, частотная и передаточная функция, случайные процессы и линейные системы, идеальная фильтрация, реализуемые фильтры, сигналы, каналы, спектры.
84. ***Ширина полосы при передаче цифровых данных,*** узкополосные и широкополосные сигналы, дилемма определения ширины полосы.
85. ***Форматирование и узкополосная модуляция,*** узкополосные системы, форматирование текстовой информации (знаки, сообщения и символы).

Согласована на портале № 2711

86. ***Форматирование аналоговой информации,*** дискретизация аналоговых сигналов, выборка с использованием единичных импульсов, естественная дискретизация, метод выборка и хранение, наложение спектров при дискретизации, выборка с запасом.
87. ***Аналоговая фильтрация,*** дискретизация и преобразование аналоговых сигналов в цифровые сигналы, цифровая фильтрация и повторная выборка, сопряжение сигнала с цифровой системой.
88. ***Источники искажения сигналов,*** влияние дискретизации и квантования, воздействие канала, шум канала, межсимвольная интерференция, отношение сигнал/шум для квантованных сигналов, импульсно-кодовая модуляция ***ИКМ (PCM).***
89. ***Квантование*** с постоянным и переменным шагом, статистика амплитуд речевого сигнала, неравномерное квантование, компандирование.
90. ***Узкополосная передача,*** Представление двоичной последовательности электрическими импульсами, типы сигналов ***PCM,*** спектральные параметры сигналов ***PCM,*** число бит на слово ***PCM*** и число бит на символ, размер слова ***PCM, M***-арные импульсно-модулированные сигналы.
91. ***Корреляционное кодирование,*** двубинарная передача сигналов, двубинарное декодирование, предварительное кодирование, полибинарная передача сигналов.
92. ***Узкополосная демодуляция/обнаружение,*** сигналы и шум, рост вероятности ошибки в системах связи, демодуляция и обнаружение, векторное представление сигнала и шума, энергия сигнала, ортогональное представление сигналов и шумов, дисперсия белого шума.
93. ***Важнейший параметр цифровой связи*** – отношение сигнал/шум, отношение энергии бита к средней мощности шума естественный критерий качества.
94. ***Обнаружение двоичных сигналов*** в гауссовом шуме, критерий максимального правдоподобия приема сигналов, вероятность ошибки, согласованный фильтр, реализация корреляции в согласованном фильтре, сравнение свертки и корреляции.
95. ***Оптимизация вероятности ошибки,*** вероятность возникновения ошибки при двоичной передаче сигналов, использование базисных функций для описания передачи сигналов.
96. ***Межсимвольная интерференция,*** формирование импульсов с целью снижения ***ISI,*** фильтр с характеристикой типа приподнятого косинуса, факторы роста вероятности ошибки, демодуляция и обнаружение сформированных импульсов, согласованные и обычные фильтры, импульсы ***Найквиста.***
97. ***Выравнивание,*** характеристики канала, глазковая диаграмма, ***типы эквалайзеров,*** трансверсальный эквалайзер, эквалайзер с решающей обратной связью, заданное и адаптивное выравнивание, частота обновления фильтра.
98. ***Полосовая модуляция и демодуляция,*** методы цифровой полосовой модуляции, векторное представление синусоиды, фазовая манипуляция, частотная манипуляция, амплитудная манипуляция, амплитудно-фазовая манипуляция.
99. ***Обнаружение сигнала*** в гауссовом шуме, области решений, корреляционный приемник, порог двоичного решения.
100. ***Когерентное обнаружение,*** цифровой согласованный фильтр, когерентное обнаружение ***MPSK,*** когерентное обнаружение ***FSK.***
101. ***Некогерентное обнаружение,*** обнаружение сигналов при дифференциальной модуляции ***PSK,*** бинарная модуляция ***DPSK,*** некогерентное обнаружение сигналов ***FSK,*** расстояние между тонами для некогерентной ортогональной передачи ***FSK,*** минимальное расстояние между тонами и ширина полосы.
102. ***Комплексная огибающая,*** квадратурная реализация модулятора, модулятор ***D8PSK,*** демодулятор ***D8PSK.***
103. ***Вероятность ошибки в бинарных системах,*** вероятность битовой ошибки при когерентном обнаружении сигнала ***BPSK,*** вероятность битовой ошибки при когерентном обнаружении сигнала в дифференциальной модуляции ***BPSK,*** вероятность битовой ошибки при когерентном обнаружении сигнала в бинарной ортогональной модуляции ***FSK,*** вероятность битовой ошибки при некогерентном обнаружении сигнала в бинарной ортогональной модуляции ***FSK,*** вероятность битовой ошибки при бинарной модуляции ***DPSK,*** вероятность ошибки для различных модуляций.

Согласована на портале № 2711

104. ***M-арная передача сигналов и производительность,*** векторное представление сигналов ***MPSK,*** вероятности ошибок ***BPSK*** и ***QPSK,*** векторное представление сигналов ***MFSK.***
105. ***Вероятность символьной ошибки*** для ***M***-арных систем, вероятность символьной ошибки для модуляции ***MPSK,*** вероятность символьной ошибки для модуляции ***MFSK,*** зависимость вероятности битовой ошибки от вероятности символьной ошибки для ортогональных сигналов, зависимость вероятности битовой ошибки от вероятности символьной ошибки для многофазных сигналов, влияние межсимвольной интерференции.
106. Что такое ***бюджет канала связи,*** канал, понятие открытого пространства, взаимосвязь отношения сигнал/шум с отношением энергии бита к средней мощности шума, источники возникновения шумов и ослабления сигнала.
107. ***Мощность принятого сигнала*** и шума, дистанционное уравнение, мощность принятого сигнала как функция частоты, зависимость потерь в тракте от частоты, мощность теплового шума.
108. ***Анализ бюджета канала связи,*** требуемое и принятое отношение энергии бита к средней мощности шума, энергетический резерв канала связи, резерв канала связи, доступность канала связи.
109. ***Коэффициент шума и шумовая температура системы,*** коэффициент шума, шумовая температура, потери в линии связи, суммарный шум фактор и общая шумовая температура.
110. ***Эффективная температура системы,*** шумовая температура неба, радиокарта неба.
111. ***Пример анализа канала связи,*** элементы бюджета канала, добротность приемника, принятая изотропная мощность.
112. ***Спутниковые ретрансляторы,*** нерегенеративные ретрансляторы, нелинейное усиление ретрансляторов, системные компромиссы.
113. ***Кодирование сигнала и структурированные последовательности,*** антиподные и ортогональные сигналы, ***M***-арная передача сигналов, кодирование сигнала, ортогональные коды, биортогональные коды, трансортогональные коды.
114. ***Типы защиты от ошибок,*** связность оконечных устройств, автоматический запрос повторной передачи.
115. ***Структурированные последовательности,*** модели каналов, дискретный канал без памяти, двоичный симметричный канал, гауссов канал, степень кодирования и избыточность, терминология в кодировании.
116. ***Коды с контролем четности,*** код с одним контрольным битом, прямоугольный код, кодирование с коррекцией ошибок, компромиссы, характеристики при низком значении энергии бита к средней мощности шума.
117. ***Линейные блочные коды,*** векторные пространства, векторные подпространства, матрица генератора, систематические линейные блочные коды, проверочная матрица, контроль с помощью синдромов, исправление ошибок, синдром класса смежности, декодирование с исправлением ошибок, локализация ошибочной комбинации, реализация декодера, векторные обозначения.
118. ***Возможность обнаружения и исправления ошибок,*** минимальное расстояние для линейного кода, обнаружение и исправление ошибок, распределение весовых коэффициентов кодовых слов, визуализация пространства ***6***-кортежей,коррекция со стиранием ошибок.
119. ***Полезность нормальной матрицы,*** оценка возможностей кода, код ***(n,k),*** соотношение между обнаружением и исправлением ошибок, взгляд на код через нормальную матрицу.
120. ***Циклические коды,*** алгебраическая структура циклических кодов, свойства двоичного циклического кода, кодирование в систематической форме, логическая схема для реализации полиномиального деления, систематическое кодирование с ***(n-k)***-разрядным регистром сдвига, обнаружение ошибок с помощью ***(n-k)***-разрядного регистра сдвига.
121. ***Известные блочные коды,*** коды ***Хемминга,*** расширенный код ***Голея,*** коды ***БЧХ.***

Согласована на портале № 2711

122. ***Сверточное кодирование,*** представление сверточного кода, импульсная характеристика кодера, полиномиальное представление, представление состояния и диаграмма состояний, древовидные диаграммы, решетчатая диаграмма.
123. ***Формулировка задачи сверточного кодирования,*** декодирование по методу максимального правдоподобия, модели каналов: мягкое или жесткое принятие решений, двоичный симметричный канал, гауссов канал.
124. ***Алгоритм сверточного декодирования Витерби,*** реализация декодера, память путей и синхронизация.
125. ***Свойства сверточных кодов,*** пространственные характеристики сверточных кодов, систематические и несистематические сверточные коды, границы рабочих характеристик сверточных кодов, эффективность кодирования, наиболее известные сверточные коды, компромиссы сверточного кодирования, мягкое декодирование по алгоритму ***Витерби.***
126. ***Другие алгоритмы сверточного декодирования,*** последовательное декодирование, сравнение декодирования по алгоритму Витерби с последовательным декодированием и их ограничения, декодирование с обратной связью.
127. ***Коды Рида-Соломона,*** вероятность появления ошибок для кодов ***Рида-Соломона,*** эффективность кодов ***Рида-Соломона*** при импульсных помехах, рабочие характеристики кода ***Рида-Соломона*** как функция размера, избыточности и степени кодирования.
128. ***Конечные поля,*** операция сложения в расширенном ***поле Галуа,*** описание конечного поля с помощью примитивного полинома, пример поля расширения ***Галуа.***
129. ***Кодирование Рида-Соломона,*** кодирование в систематической форме, систематическое кодирование с помощью ***(n-k)***-разрядного регистра сдвига, декодирование ***Рида-Соломона,*** вычисление синдрома, локализация ошибки, значения ошибок.
130. ***Коды с чередованием и каскадные коды,*** блочное чередование, сверточное чередование, каскадные коды, кодирование и чередование в системах цифровой записи информации на компакт дисках.
131. ***Турбокоды,*** понятия турбокодирования, функция правдоподобия, пример класса из двух сигналов, логарифмическое отношение правдоподобий, принципы итеративного турбо декодирования, алгебра логарифма правдоподобия.
132. ***Компромиссы*** при использовании модуляции и кодирования, цели разработчика систем связи, характеристика вероятности появления ошибки, минимальная ширина полосы по ***Найквисту,*** теорема ***Шеннона-Хартли*** о пропускной способности канала.
133. ***Плоскость полоса-эффективность,*** эффективность использования полосы при выборе схем ***MPSK*** и ***MFSK,*** аналогия между графиками эффективности использования полосы частот и вероятности появления ошибки.
134. ***Компромиссы при использовании модуляции и кодирования,*** определение, разработка и оценка систем цифровой связи, ***M***-арная передача сигналов, системы ограниченной полосы пропускания, системы ограниченной мощности, требования к передаче сигналов ***MPSK*** и ***MFSK,*** система ограниченной полосы без кодирования, система ограниченной мощности без кодирования, система ограниченной мощности и полосы пропускания с кодированием, расчет эффективности кодирования, выбор кода.
135. ***Модуляция с эффективным использованием полосы частот,*** передача сигналов с модуляцией ***QPSK*** и ***OQPSK,*** манипуляция с минимальным сдвигом, модуляция ***GMSK,*** вероятность ошибки при модуляциях ***OQPSK*** и ***QPSK,*** квадратурная амплитудная модуляция, компромисс между полосой пропускания и мощностью.
136. ***Модуляция и кодирование в каналах с ограниченной полосой,*** границы совокупности сигналов, совокупности сигналов высших размерностей, ***решетчатые структуры*** высокой плотности.
137. ***Решетчатое кодирование,*** истоки решетчатого кодирования, увеличение избыточности сигнала, кодирование ***TCM, разбиение Унгербоека,*** отображение сигналов на переходы решетки, декодирование ***TCM,*** ошибочное событие и просвет, эффективность кодирования, эффективность кодирования для схемы ***8-PSK*** при использовании решетки с четырьмя состояниями, другие решетчатые коды, многомерное решетчатое кодирование.

Согласована на портале № 2711

138. ***Синхронизация,*** виды синхронизации, плата за преимущества, синхронизация приемника, частотная и фазовая синхронизация, линеаризованное уравнение контура, характеристики стационарного состояния, реакция на скачок фазы, реакция на скачок частоты, реакция на линейное изменение частоты.
139. ***Производительность при шуме,*** анализ нелинейного контура, схемы подавления несущей, синфазно-квадратурные схемы, схемы подавления несущей высших порядков, начальная синхронизация, ошибки сопровождения фазы и производительность канала, отношение сигнал/шум в контуре ***ФАПЧ,*** методы анализа спектра.
140. ***Символьная синхронизация-модуляция*** дискретных символов, разомкнутые символьные синхронизаторы, замкнутые символьные синхронизаторы, ошибки символьной синхронизации и вероятность символьной ошибки.
141. ***Синхронизация при модуляциях без разрыва фазы,*** синхронизация с использованием данных, синхронизация без использования данных.
142. ***Кадровая синхронизация,*** сетевая синхронизация, открытая синхронизация передатчиков, закрытая синхронизация передатчиков.
143. ***Распределение ресурса связи.*** Уплотнение множественный доступ с частотным и временным разделением.
144. ***Распределение ресурса связи по каналам.*** Сравнение производительности **FDMA** и **TDMA**.
145. ***Множественный доступ с кодовым разделением.*** Множественный доступ с поляризационным и пространственным разделением.
146. ***Системы связи множественного доступа и архитектура.*** Информационный поток в системах множественного доступа. Множественный доступ с представлением каналов по требованию.

Приложение Б

Список тем рефератов

1. Возможности функционального моделирования узлов цифровых систем радиосвязи в среде Simulink.
2. Возможности функционального моделирования цифрового потока источника сообщений в среде Simulink.
3. Возможности функционального моделирования изменения скорости передачи цифрового потока. Расширение и сжатие импульсов.
4. Построение функциональных моделей мультиплексирования и демультиплексирования цифрового потока.
5. Функциональное моделирование классических квадратурных модуляторов и модуляторов на основе фазовых кодеров.
6. Функциональное моделирование фазовых кодеров.
7. Функциональное моделирование квадратурных модуляторов.
8. Функциональное моделирование простейших зашумленных каналов распространения радиосигналов.
9. Особенности установки параметров фильтров нижних частот и полосовых канальных фильтров в Sim-моделях.
10. Функциональное моделирование квадратурных демодуляторов.
11. Функциональное моделирование объединения демодулированных квадратурных потоков.
12. Особенности функционального моделирования FSK модемов с использование ортогональных несущих колебаний.
13. Функциональное моделирование частотного разделения и мультиплексирования каналов.

Согласована на портале № 2711

14. Функциональное моделирование временного разделения и мультиплексирования каналов.
15. Функциональное моделирование кодового разделения и мультиплексирования каналов.
16. Функциональное моделирование модема по OFDMA технологии.
17. Функциональное моделирование алгебраических блочных кодеров и декодеров.
18. Функциональное моделирование циклических блочных кодеров и декодеров.
19. Функциональное моделирование сверточных кодеров и декодеров.
20. Функциональное моделирование эквалайзера для борьбы с межсимвольной интерференцией.
21. Функциональное моделирование псевдослучайных последовательностей на основе регистров сдвига с обратными связями.
22. Функциональное моделирование BOC-модулированных сигналов спутниковых радионавигационных систем.
23. Функциональное моделирование FSK-модемов.
24. Функциональное моделирование многочастотных систем передачи с ортогональным и неортогональным разнесением несущих.
25. Функциональное моделирование систем ФАПЧ.

Согласована на портале № 2711