МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента по УР
_____Ким М.Ю.
«29» _____10_____ 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ СИСТЕМ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи**
Направленность (профиль) / специализация: **Системы связи нового поколения**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Кафедра: **институт радиоэлектронной техники (ИРЭТ)**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	26	26	часов
Практические занятия	18	18	часов
Лабораторные занятия	24	24	часов
Самостоятельная работа	40	40	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	7

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по УР
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 84164

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Формирование у студентов целостного представления об основных принципах, лежащих в основе функционирования радиоэлектронных систем связи, передачи данных и обработки сигналов в системах космической связи.

1.2. Задачи дисциплины

1. Формирование у студентов представления о взаимосвязи технических требований к проектируемым радиоэлектронным средствам в составе радиотехнических систем космических аппаратов.
2. Изучение современных методов проектирования радиоэлектронных систем космических аппаратов, алгоритмов компьютерного анализа и оптимизации аналоговых и цифровых устройств, современных пакетов прикладных программ для автоматизированного компьютерного проектирования радиоэлектронных систем компьютерных аппаратов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Индекс дисциплины: Б1.В.ДВ.01.04.10.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		
ПК-5. Способен разрабатывать системы связи нового поколения и их технологии	ПК-5.1. Знает типовые решения при проектировании систем связи, в том числе нового поколения	Знает типовые решения при проектировании систем связи, в том числе нового поколения космической связи
	ПК-5.2. Умеет проводить анализ и расчеты по проектам систем связи, в том числе нового поколения	Умеет проводить анализ и расчеты по проектам систем связи, в том числе нового поколения космической связи
	ПК-5.3. Владеет навыками разработки проектом систем связи, в том числе нового поколения	Владеет навыками разработки проектом систем связи, в том числе нового поколения космической связи

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.
Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в

Согласована на портале № 84164

таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	68	68
Лекционные занятия	26	26
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	24	24
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	40	40
Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	6	6
Подготовка к защите отчета по практическому занятию	6	6
Написание отчета по лабораторной работе	6	6
Написание отчета по практическому занятию (семинару)	6	6
Подготовка к тестированию	10	10
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	6
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
7 семестр						
1 Цифровые виды модуляции и сигнального кодирования в системах космической связи, их спектральная и энергетическая эффективностьов	8	8	8	12	36	ПК-5
2 Помехоустойчивое кодирование в системах космической связи	8	6	8	12	34	ПК-5
3 Специфика обработки сигналов в космическом канале: Низкое отношение с/ш, доплеровский сдвиг, большие задержки, эффект Фарадея, деполяризация радиоволны	6	4	8	12	30	ПК-5
4 Прием и обработка оптических (лазерных) сигналов в космической связи	4	-	-	4	8	ПК-5
Итого за семестр	26	18	24	40	108	
Итого	26	18	24	40	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Согласована на портале № 84164

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Цифровые виды модуляции и сигнального кодирования в системах космической связи, их спектральная и энергетическая эффективностьов	Анализ цифровых методов модуляции. Модемы связи FSK, MSK, GMSK и численный анализ вероятности символьной ошибки. Модемы космических систем связи M-QAM, M- PSK, 16-APSK, 32-APSK, и численный анализ вероятности символьной ошибки. Энергетическая и спектральная эффективность сигнально-кодовых конструкций систем космической связи. Ключевые аспекты измерения EVM (Error Vector Magnitude) - модуля вектора ошибки в космической связи. Влияние на EVM фазового шума, нелинейности бортовых усилителей мощности (HPA/SSPA) и доплеровских сдвигов.Допустимые значения EVM - целевые значения EVM (обычно составляют менее 3% - 8%).	8	ПК-5
	Итого	8	
2 Помехоустойчивое кодирование в системах космической связи	Коды Хемминга, БЧХ (Боуза-Чоудхури-Хоквенгема), Рида-Соломона. Циклические избыточные коды CRC (Cyclic redundancy check). Сверточные коды. Декодирование сверточных кодов по методу Витерби. Турбокодирование. Сверточные турбокоды. Декодирование турбокодов. Характеристики по мехоустойчивости сверточных турбокодов. Низкоплотностные коды. Классификация LDPC-кодов. Методы построения проверочных матриц. Алгоритмы декодирования низкоплотных кодов. Каскадных кодов.	8	ПК-5
	Итого	8	

Согласована на портале № 84164

3 Специфика обработки сигналов в космическом канале: Низкое отношение с/ш, доплеровский сдвиг, большие задержки, эффект Фарадея, деполяризация радиоволны	Работа космических каналов связи в экстремальных условиях, требующих применения специализированных методов обработки сигналов для обеспечения надежной передачи данных. Методы борьбы с низким отношением сигнал/шум (ОСШ) - применение мощных алгоритмов помехоустойчивого кодирования (турбо-коды и коды с малой плотностью проверок на четность — LDPC), а также расширение спектра. Методы для компенсации доплеровского сдвига, вызванного движением спутников. Использование петли фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и пилот-сигналы (Эквалазирование). Обработка сигналов космической связи в условиях больших задержек (в дальнем космосе), требующих внедрения протоколов с непрерывным запросом автоматической повторной передачи (ARQ) и асинхронной маршрутизации. Эффект Фарадея (поворот плоскости поляризации) и деполяризация нейтрализуются с помощью адаптивной пространственно-временной обработки, использования круговой поляризации и схем MIMO для восстановления целостности сигнала.	6	ПК-5
	Итого	6	
4 Прием и обработка оптических (лазерных) сигналов в космической связи	Прием и обработка оптических (лазерных) сигналов в космической связи. Технология, использующая узконаправленные пучки инфракрасного света для передачи данных. Обеспечение гигабитной скорости, высокой помехозащищенности. Этапы приема и обработки: улавливание и слежение; фотодетектирование - прямое детектирование (улавливание интенсивности света) или более чувствительное гетеродинное детектирование; демодуляция и декодирование. Способы обработки оптических сигналов: цифровая обработка (DSP), применение передовых процессоров и ПЛИС (FPGA), проводящих фильтрацию, компенсацию искажений атмосферы, фазовую автоподстройку частоты и коррекцию ошибок. Когерентный прием: для сложных видов модуляции, когда обрабатывается не только яркость, но и фаза/частота световой волны.	4	ПК-5
	Итого	4	

Согласована на портале № 84164

Итого за семестр	26	
Итого	26	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Цифровые виды модуляции и сигнального кодирования в системах космической связи, их спектральная и энергетическая эффективностьов	Анализ цифровых методов модуляции. Модемы связи FSK, MSK, GMSK и численный анализ вероятности символьной ошибки. Модемы космических систем связи M-QAM, M- PSK, 16-APSK, 32-APSK, и численный анализ вероятности символьной ошибки. Энергетическая и спектральная эффективность сигнально-кодовых конструкций систем космической связи. Ключевые аспекты измерения EVM (Error Vector Magnitude) - модуля вектора ошибки в космической связи. Влияние на EVM фазового шума, нелинейности бортовых усилителей мощности (HPA/SSPA) и доплеровских сдвигов.	8	ПК-5
	Итого	8	
2 Помехоустойчивое кодирование в системах космической связи	Коды Хемминга, БЧХ (Боуза-Чоудхури-Хоквенгема), Рида-Соломона. Циклические избыточные коды CRC (Cyclic redundancy check). Сверточные коды. Декодирование сверточных кодов по методу Витерби. Турбокодирование. Сверточные турбокоды. Декодирование турбокодов. Характеристики по мехоустойчивости сверточных турбокодов. Низкоплотностные коды. Классификация LDPC-кодов. Методы построения проверочных матриц. Алгоритмы декодирования низкоплотных кодов. Каскадных кодов.	6	ПК-5
	Итого	6	

Согласована на портале № 84164

3 Специфика обработки сигналов в космическом канале: Низкое отношение с/ш, доплеровский сдвиг, большие задержки, эффект Фарадея, деполяризация радиоволны	Работа космических каналов связи в экстремальных условиях, требующих применения специализированных методов обработки сигналов для обеспечения надежной передачи данных. Методы борьбы с низким отношением сигнал/шум (ОСШ) - применение мощных алгоритмов помехоустойчивого кодирования (турбо-коды и коды с малой плотностью проверок на четность — LDPC), а также расширение спектра. Методы для компенсации доплеровского сдвига, вызванного движением спутников.	4	ПК-5
	Итого	4	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
7 семестр			
1 Цифровые виды модуляции и сигнального кодирования в системах космической связи, их спектральная и энергетическая эффективностьов	Анализ цифровых методов модуляции. Модемы связи FSK, MSK, GMSK и численный анализ вероятности символьной ошибки. Модемы космических систем связи M-QAM, M- PSK, 16-APSK, 32-APSK, и численный анализ вероятности символьной ошибки. Энергетическая и спектральная эффективность сигнально-кодовых конструкций систем космической связи.	8	ПК-5
	Итого	8	
2 Помехоустойчивое кодирование в системах космической связи	Коды Хемминга, БЧХ (Боуза-Чоудхури-Хоквенгема), Рида-Соломона. Циклические избыточные коды CRC (Cyclic redundancy check). Сверточные коды. Декодирование сверточных кодов по методу Витерби. Турбокодирование. Сверточные турбокоды. Декодирование турбокодов. Характеристики по мехоустойчивости сверточных турбокодов. Низкоплотностные коды. Классификация LDPC-кодов. Методы построения проверочных матриц. Алгоритмы декодирования низкоплотных кодов. Каскадных кодов.	8	ПК-5
	Итого	8	

Согласована на портале № 84164

3 Специфика обработки сигналов в космическом канале: Низкое отношение с/ш, доплеровский сдвиг, большие задержки, эффект Фарадея, деполяризация радиоволны	Работа космических каналов связи в экстремальных условиях, требующих применения специализированных методов обработки сигналов для обеспечения надежной передачи данных. Методы борьбы с низким отношением сигнал/шум (ОСШ) - применение мощных алгоритмов помехоустойчивого кодирования (турбо-коды и коды с малой плотностью проверок на четность — LDPC), а также расширение спектра.	8	ПК-5
	Итого	8	
Итого за семестр		24	
Итого		24	

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
7 семестр				
1 Цифровые виды модуляции и сигнального кодирования в системах космической связи, их спектральная и энергетическая эффективностьов	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ПК-5	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к защите отчета по практическому занятию	2	ПК-5	Защита отчета по практическому занятию
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-5	Отчет по лабораторной работе
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-5	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Подготовка к тестированию	2	ПК-5	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-5	Лабораторная работа
	Итого	12		

Согласована на портале № 84164

2 Помехоустойчивое кодирование в системах космической связи	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ПК-5	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к защите отчета по практическому занятию	2	ПК-5	Защита отчета по практическому занятию
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-5	Отчет по лабораторной работе
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-5	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Подготовка к тестированию	2	ПК-5	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-5	Лабораторная работа
	Итого	12		
3 Специфика обработки сигналов в космическом канале: Низкое отношение с/ш, доплеровский сдвиг, большие задержки, эффект Фарадея, деполяризация радиоволны	Подготовка к тестированию	2	ПК-5	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по практическому занятию	2	ПК-5	Защита отчета по практическому занятию
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-5	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	2	ПК-5	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-5	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	2	ПК-5	Отчет по лабораторной работе
	Итого	12		
4 Прием и обработка оптических (лазерных) сигналов в космической связи	Подготовка к тестированию	4	ПК-5	Тестирование
	Итого	4		
Итого за семестр		40		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		76		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины,

Согласована на портале № 84164

и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-5	+	+	+	+	Защита отчета по лабораторной работе, Защита отчета по практическому занятию, Лабораторная работа, Отчет по лабораторной работе, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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
7 семестр				
Защита отчета по лабораторной работе	4	4	4	12
Защита отчета по практическому занятию	4	4	4	12
Лабораторная работа	4	4	4	12
Тестирование	2	4	4	10
Отчет по лабораторной работе	4	4	4	12
Отчет по практическому занятию (семинару)	4	4	4	12
Экзамен				30
Итого максимум за период	22	24	24	100
Нарастающим итогом	22	46	70	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице

Согласована на портале № 84164

6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Радиотехнические системы : учебное пособие для вузов / М. Ю. Застела [и др.] ; под общей редакцией М. Ю. Застела. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 495 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://urait.ru/bcode/515568.

7.2. Дополнительная литература

1. Дудко, Б. П. Космические радиотехнические системы: Учебное пособие / Б. П. Дудко. — Томск: ТУСУР, 2012. — 291 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1728 .

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Мелихов, С. В. О самостоятельной работе обучающихся в бакалавриате, специалитете, магистратуре, аспирантуре: Учебно-методическое пособие / С. В. Мелихов, В. А. Кологривов. — Томск: ТУСУР, 2018. — 9 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/7627.

2. Голиков, А. М. Бортовые радиоэлектронные системы связи космических аппаратов: Учебное пособие для студентов инженерно-технических специальностей. Курс лекций, компьютерные лабораторные, практические занятия и задания на самостоятельную работу/ А. М. Голиков. — Томск: ТУСУР, 2024. — 111 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/10874.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

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

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Согласована на портале № 84164

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Лаборатория радиоэлектронных систем передачи информации: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 401 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Компьютер (8 шт.);
- Монитор (19” SAMSUNG 1730S) (8 шт.);
- Клавиатура (8 шт.);
- Мышь (оптическая) (8 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Far Manager;
- Free Pascal;
- Free Pascal Lazarus (версия 1.6);
- GIMP;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows XP;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- Opera Developer;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория радиоэлектронных систем передачи информации: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ); 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 401 ауд.

Описание имеющегося оборудования:
- Компьютер (8 шт.);
- Монитор (19” SAMSUNG 1730S) (8 шт.);
- Клавиатура (8 шт.);
- Мышь (оптическая) (8 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;

Согласована на портале № 84164

- Far Manager;
- Free Pascal;
- Free Pascal Lazarus (версия 1.6);
- GIMP;
- Google Chrome;
- Microsoft Windows XP;
- Mozilla Firefox;
- OpenOffice;
- Opera;
- Opera Developer;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Scilab;

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

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

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Согласована на портале № 84164

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Цифровые виды модуляции и сигнального кодирования в системах космической связи, их спектральная и энергетическая эффективностьов	ПК-5	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Защита отчета по практическому занятию	Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
2 Помехоустойчивое кодирование в системах космической связи	ПК-5	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Защита отчета по практическому занятию	Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Согласована на портале № 84164

3 Специфика обработки сигналов в космическом канале: Низкое отношение с/ш, доплеровский сдвиг, большие задержки, эффект Фарадея, деполяризация радиоволны	ПК-5	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Защита отчета по практическому занятию	Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
4 Прием и обработка оптических (лазерных) сигналов в космической связи	ПК-5	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков

Согласована на портале № 84164

5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Какой из фазовых видов модуляции обеспечивает наибольшую помехоустойчивость: 1) BPSK; 2) QPSK; 3) 8-PSK; 4) 16-QAM.
2. Какой из методов кодирования источника производит кодирование с потерями: 1) Коды Шеннона-Фано; 2) Алгоритм Лемпеля – Зива; 3) Вейвлет преобразование; 4) Коды Хаффмана.
3. Какой код является блоковым: 1) Код Хемминга; 2) БЧХ (Боуза-Чоудхури- Хоквенгема); 3) Рида- Соломона; 4) Файра.
4. Какие из кодов и сигнально-кодовых конструкций наиболее приближены к верхней границе Шеннона: 1) АФМ-16-СК; 2) БЧХ; 3) ФМ-2; 4) АМ-2.
5. В бортовой комплекс управления не входят системы: 1) управления бортовой аппаратурой; 2) терморегулирования; 3) ориентации и управления движением; 4) обмена информации с наземным комплексом управления.
6. Скорость движения спутника по круговой орбите с увеличением высоты: 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) не изменяется; 4) вопрос не имеет смысла.
7. В ионосфере фазовая скорость распространения радиоволны: 1) больше групповой; 2) меньше групповой; 3) равна групповой; 4) равна скорости света.
8. Как разделить два когерентных сигнала в одной точке приема: 1) путем переноса на разные частоты; 2) путем корреляционной обработки; 3) невозможно; 4) путем нахождения квадратур.
9. Реальная чувствительность приемника зависит от: 1) коэффициента усиления; 2) потерь в фидере;3) коффициента.усиления антенны; 4) коэффициента шума.
10. Разделение различных команд в командных радиолиниях не осуществляется на основе

Согласована на портале № 84164

уплотнения каналов: 1) амплитудного; 2) временного; 3) структурного; 4) частотного

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Многоспутниковая система высокоскоростного доступа в Интернет на базе DVB-RCS2.
2. Система связи для космических аппаратов (КА) на эллиптических орбитах на базе ПО SystemVue.
3. Система ПД для подводных роботов Глайдеров на базе многоспутниковой системы Гонец-Д1М.
4. Многоспутниковая система «Интернета вещей» «Марафон IoT» на базе протоколов LoRaWAN.
5. Высокоростная Mach-сеть для группы наноспутников CubeSat Бортовая сеть SpaceWire для перспективных КА

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Многоспутниковая система высокоскоростного доступа в Интернет на базе DVB-RCS2.
2. Система связи для космических аппаратов (КА) на эллиптических орбитах на базе ПО SystemVue.
3. Система ПД для подводных роботов Глайдеров на базе многоспутниковой системы Гонец-Д1М.
4. Многоспутниковая система «Интернета вещей» «Марафон IoT» на базе протоколов LoRaWAN.
5. Модемы спутниковых систем связи M- QAM, M- PSK, 16-APSK, 32-APSK

9.1.4. Примерный перечень вопросов для защиты практических занятий

1. Пропускная способность канала связи. Объем сигнала и емкость канала связи, условия их согласования. Кодирования источника. Методы эффективного кодирования. Фрактальное кодирование изображений. Вейвлет- преобразования сигналов и изображений
2. Коды Хемминга, БЧХ (Боуза- Чоудхури-Хоквенгема), Рида- Соломона. Циклические избыточные коды CRC (Cyclic redundancy check). Сверточные коды. Декодирование сверточных кодов по методу Витерби.
3. Турбокодирование. Сверточные турбокоды. Декодирование турбокодов. Характеристики по мехоустойчивости сверточных турбокодов. Низкоплотностные коды. Классификация LDPC-кодов. Методы построения проверочных матриц. Алгоритмы декодирования низкоплотных кодов. Каскадных кодов.
4. Сигнально-кодовые конструкции на основе Треллис кодовой модуляции (ТСМ) и их анализ.
5. Исследование сигнально-кодовой конструкции на базе системы с ортогональным частотным мультиплексированием и пространственно-временным кодированием OFDM - MIMO.

9.1.5. Темы лабораторных работ

1. Анализ цифровых методов модуляции. Модемы связи FSK, MSK, GMSK и численный анализ вероятности символьной ошибки. Модемы космических систем связи M-QAM, M-PSK, 16-APSK, 32-APSK, и численный анализ вероятности символьной ошибки. Энергетическая и спектральная эффективность сигнально-кодовых конструкций систем космической связи.
2. Коды Хемминга, БЧХ (Боуза-Чоудхури-Хоквенгема), Рида-Соломона. Циклические избыточные коды CRC (Cyclic redundancy check). Сверточные коды. Декодирование сверточных кодов по методу Витерби. Турбокодирование. Сверточные турбокоды. Декодирование турбокодов. Характеристики по мехоустойчивости сверточных турбокодов. Низкоплотностные коды. Классификация LDPC-кодов. Методы построения проверочных матриц. Алгоритмы декодирования низкоплотных кодов. Каскадных кодов.
3. Работа космических каналов связи в экстремальных условиях, требующих применения специализированных методов обработки сигналов для обеспечения надежной передачи данных. Методы борьбы с низким отношением сигнал/шум (ОСШ) - применение мощных

Согласована на портале № 84164

алгоритмов помехоустойчивого кодирования (турбо-коды и коды с малой плотностью проверок на четность — LDPC), а также расширение спектра.

9.1.6. Темы практических занятий

1. Анализ цифровых методов модуляции. Модемы связи FSK, MSK, GMSK и численный анализ вероятности символьной ошибки. Модемы космических систем связи M-QAM, M-PSK, 16-APSK, 32-APSK, и численный анализ вероятности символьной ошибки. Энергетическая и спектральная эффективность сигнально-кодовых конструкций систем космической связи. Ключевые аспекты измерения EVM (Error Vector Magnitude) - модуля вектора ошибки в космической связи. Влияние на EVM фазового шума, нелинейности бортовых усилителей мощности (HPA/SSPA) и доплеровских сдвигов.
2. Коды Хемминга, БЧХ (Боуза-Чоудхури-Хоквенгема), Рида-Соломона. Циклические избыточные коды CRC (Cyclic redundancy check). Сверточные коды. Декодирование сверточных кодов по методу Витерби. Турбокодирование. Сверточные турбокоды. Декодирование турбокодов. Характеристики по мехоустойчивости сверточных турбокодов. Низкоплотностные коды. Классификация LDPC-кодов. Методы построения проверочных матриц. Алгоритмы декодирования низкоплотных кодов. Каскадных кодов.
3. Работа космических каналов связи в экстремальных условиях, требующих применения специализированных методов обработки сигналов для обеспечения надежной передачи данных. Методы борьбы с низким отношением сигнал/шум (ОСШ) - применение мощных алгоритмов помехоустойчивого кодирования (турбо-коды и коды с малой плотностью проверок на четность — LDPC), а также расширение спектра. Методы для компенсации доплеровского сдвига, вызванного движением спутников.

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Согласована на портале № 84164

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

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

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

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

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 84164

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС
протокол № 2 от « 9 » 10 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ИРЭТ	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Заведующий обеспечивающей каф. РТС	А.С. Аникин	Согласовано, 90a9b589-4503-47e5-999f-a5e10963c1fa
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946-bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Заведующий кафедрой, каф. СВЧиКР	А.М. Заболоцкий	Согласовано, 47c2d4ff-8c0e-484c-b856-20e4ba4f0e52
Доцент, каф. РТС	В.А. Громов	Согласовано, bbaa5b2b-4c38-484f-a5bb-85f9ddafe277

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. РТС	А.М. Голиков	Разработано, d76b3893-b3a9-44a5-84f8-e53e691ec9d0

Согласована на портале № 84164