

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО
Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Информационно-телеметрические системы и комплексы
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Космические технологии
	Физтех-школа Аэрокосмических Технологий
	кафедра космического приборостроения
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

- лекции: 15 час.
- семинары: 45 час.
- лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Д.И. Климов, канд. техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры космического приборостроения 14.04.2023

Аннотация

В курсе рассматриваются основные понятия телеметрии, проблемы, связанные с получением, преобразованием, передачей и обработкой измерительной информации, используемой при управлении удаленными объектами, определении их состояния или при изучении физических процессов в местах, где непосредственное присутствие наблюдателя затруднено или невозможно. Отдельно рассматриваются видеосистемы, предназначенные для визуального контроля технологических процессов промышленных изделий и измерений ряда физических величин, характеризующих воздействующие факторы. Большое внимание уделяется вопросам передачи и приема информации по радиоканалам. В материале показаны современные подходы к технической реализации телеметрических систем.

Курс содержит большое количество примеров и разобранных задач, позволяющих глубже понять содержание изложенного материала. Для успешного освоения курса слушателю желательно владеть основами математического анализа, линейной алгебры, теории вероятности и теории функции комплексной переменной.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

приобретение студентами знаний и навыков их использования в вопросах системного проектирования, исследования и моделирования информационно-телеметрических систем и комплексов (ИТСК).

Задачи дисциплины

Формирование у студентов знаний:

- о назначении ИТСК и требованиях, предъявляемым к ИТСК;
- об основных составных частях и принципах построения ИТСК;
- о современном уровне развития телеметрических систем;
- о явлениях и процессах, связанных с функционированием ИТСК, а также факторов, определяющих эти явления и процессы;
- о методах решения задач по построению телеметрических систем.

Формирование у студентов умений и навыков по следующим направлениям деятельности:

- системный подход к проектированию ИТСК, структурный синтез ИТСК;
- построение телеметрических систем, разработка алгоритмов и моделей подсистем и устройств;
- определение параметров и характеристик телеметрических систем по исходным данным.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)

ограничения различных методов решения	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- задачи и методы телеметрии, классификацию телеметрических систем и телеметрируемых параметров;
- принципы построения и функционирования основных узлов аппаратуры ИТСК;
- принципы разделения сигналов, аналоговые и цифровые методы передачи телеметрической информации;
- средства измерения различного назначения;
- математические методы связи измеряемых параметров и телеизмерений;
- основы теории информации и методы сжатия данных;
- стандарты формирования и передачи телеметрических данных;
- методы системного анализа и синтеза ИТСК.

уметь:

- осуществлять синтез ИТСК, выбирать системные критерии и проводить оптимизацию параметров системы, рассчитывать рабочие характеристики ИТСК;
- разрабатывать облик, структурные схемы и алгоритмы работы телеметрических систем и их составных частей;
- обосновывать технические требования к трактам обработки сигналов и передачи данных.

владеть:

- методами системного анализа при проектировании ИТСК;
- теоретическими и экспериментальными методами исследования рабочих характеристик ИТСК.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение. Понятие телеметрии и сферы ее применения. Задачи, функции и классификация информационно-телеметрических систем. Основы теории телеметрии.	2	2		12
2	Понятие сигнала. Классификация сигналов. Способы передачи данных.	3	3		12
3	Базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем. Интерфейсы, применяемые для информационного обмена в телеметрии.	3	3		12
4	Модуляция сигналов. Виды, характеристики.	3	2		12
5	Кодирование информации, блочные и сверточные коды.	4	5		12
6	Формирование телеметрических кадров. Рекомендации CCSDS. Низкоскоростная радиолиния.		4		2
7	Видеоизображения и телесистемы. Фоторегистрирующие устройства. Алгоритмы сжатия видеоинформации. Интерфейсы для обмена видеоинформацией.		6		2
8	Построение и примеры телеметрических систем. Телекомандные системы.		5		2
9	Построение автономной бортовой системы видеоконтроля.		5		2
10	Построение видеосистемы измерения температуры.		4		2
11	Канал связи. Энергетический расчёт радиолинии.		4		2
12	Передающие устройства. Модуляторы, демодуляторы. Пример приёмной станции.		2		3
Итого часов		15	45		75
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

1. Введение. Понятие телеметрии и сферы ее применения. Задачи, функции и классификация информационно-телеметрических систем. Основы теории телеметрии.

Основные понятия телеметрии, задачи, связанные с получением, преобразованием, передачей и обработкой измерительной информации, используемой при управлении удаленными объектами, определении их состояния или при изучении физических процессов в местах, где непосредственное присутствие наблюдателя затруднено или невозможно. Общая классификация ИТСК, классификация ИТСК летающих объектов. Классификация телеметрируемых параметров, формирование сообщений и способы представления телеметрируемых параметров. Погрешности телеизмерений и количественная оценка телеметрической информации. Классификация погрешностей. Вычисление погрешностей. Погрешности квантования и дискретизации. Принципы разделения сигналов, аналоговые и цифровые методы передачи телеметрической информации. Состав телеметрического комплекса: датчиково-преобразующая аппаратура, подсистема сбора, модулятор, передатчик, антенны, демодулятор, демультиплексор, средства регистрации данных.

2. Понятие сигнала. Классификация сигналов. Способы передачи данных.

Непрерывные и дискретные сигналы. Последовательная и параллельная передача информации. Характеристики канала связи. Сети передачи данных и их топологии.

3. Базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем. Интерфейсы, применяемые для информационного обмена в телеметрии.

Понятие и структура базовой эталонной модели взаимодействия открытых систем. Понятие интерфейса. Дифференциальные сигналы, LVDS. Характеристики интерфейсов RS-232, RS-485, RS-422, Rapid I/O. Стандарт SpaceWire. Сравнительные характеристики Rapid I/O и SpaceWire.

4. Модуляция сигналов. Виды, характеристики.

Понятие и назначение модуляции сигналов. Амплитудная, фазовая, частотная модуляции – общие понятия, спектры. Импульсно-кодовая модуляция. Квадратурно-амплитудная модуляция. Построение сигналов с модуляциями ФМ-2 (BPSK), ФМ-4 (QPSK), оффсетной ФМ-4 (OQPSK). Форматы кодово-импульсной модуляции: без возврата к нулю, с возвратом к нулю, бифазный (Манчестер). Скремблирование, интерливинг.

5. Кодирование информации, блочные и свёрточные коды.

Назначение кодирования информации при её передаче. Блочные коды (код Хэмминга, коды БЧХ, код Рида-Соломона, как частный случай кодов БЧХ, линейные коды, код с малой плотностью проверок на чётность (МПП или LDPC)) – алгоритмы работы, математическое описание, примеры. Свёрточные коды – назначение, описание.

Семестр: 2 (Весенний)

6. Формирование телеметрических кадров. Рекомендации CCSDS. Низкоскоростная радиолиния.

Пакетная телеметрия по рекомендациям CCSDS. Общая концепция, уровни пакетирования, сегментации, кадров, канальный и физический уровни. Управление потоком данных. Виртуальные пакеты. Форматирование данных для передачи. Рандомизация данных. Пользовательские и главные кадры. Работа системы формирования сигнала низкоскоростной радиолинии. Структура канального кадра: структура полного (не усеченного) основного заголовка, структура усеченного основного заголовка, структура заголовка поля данных. Структурная схема уровня синхронизации и кодирования на передающей стороне. Структурная схема уровня синхронизации и кодирования на передающей стороне при отдельной передаче кадров по ортогональным компонентам сигнала. Структура работы физического уровня в режиме формирования ФМ-4/ФМ-8 сигнала.

7. Видеоизображения и телесистемы. Фоторегистрирующие устройства. Алгоритмы сжатия видеоинформации. Интерфейсы для обмена видеоинформацией.

Понятие видеoinформации. Актуальность использования видеосистем в телеметрии. Аналоговые системы NTSC, PAL, SECAM. Фоторегистрирующие приборы: ПЗС, КМОП, КРТ, микроболометры. Понятия субдискретизации, дискретного косинусного преобразования, вейвлет преобразования. Алгоритмы сжатия видеoinформации JPEG, JPEG2000, H.264 и их сравнительный анализ. Интерфейсы Ethernet, I2C, Camera Link – общие понятия, структура.

8. Построение и примеры телеметрических систем. Телекомандные системы.

Общая структура и принципы функционирования телеметрических систем. Телекомандные системы. Радиотелеметрическая цифровая система, многоканальная информационно-телеметрическая система – структурные схемы, состав, принципы функционирования.

9. Построение автономной бортовой системы видеоконтроля.

Общие понятия, принципы построения бортовых систем видеоконтроля. Функциональное назначение и принципы построения составных частей системы видеоконтроля для изделий ракетно-космической техники. Переход от автономии к интеграции. Примеры и сравнительный анализ бортовых систем видеоконтроля для изделий ракетно-космической техники.

10. Построение видеосистемы измерения температуры.

Переход от видеоконтроля к видеотелеметрии. Определения, основы построения видеотелеметрических систем. Расчёт оптической части видеотелеметрической системы. Расчёт быстродействия преобразования видеоизображения в цифровой сигнал. Видеосистема измерения температуры – термо-видеотелеметрическая система (ТВТС) – определения, основы построения. Принципы и алгоритмы измерения температуры удалённым бесконтактным методом. Термо- и радиационная защита видеокамер. Области применения ТВТС на примере ракетного двигателя РД-180. Принципы обработки термо-видеоинформации в случае наземной экспериментальной отработки изделия, а также в случае эксплуатации системы на космических аппаратах.

11. Канал связи. Энергетический расчёт радиолинии.

Источники ослабления помех в канале связи. Эффективная площадь антенны. Тепловой шум, отношение сигнал/шум. Влияние модуляции. Расчёт и количественные примеры наклонных дальностей. Методика проведения энергетического расчёта радиолинии с учётом ширины полосы, поляризационных потерь, потерь в тракте бортового передающего устройства, дальности.

12. Передающие устройства. Модуляторы, демодуляторы. Пример приёмной станции.

Назначение передающих устройств. Фазовая модуляция. Разделение сигнала на синфазную и квадратурную составляющие. Волновое сопротивление. Демодуляция сигнала. Приём телеметрической информации на примере приёмной станции МРТК.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

- учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа;
- компьютерный класс для проведения практических занятий и мультимедийное оборудование (проектор, интерактивная доска).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Современная телеметрия в теории и на практике. Учебный курс. / Назаров А. В., Козырев Г. И., Шитов И. В., Обрученков В. П., Древин А. В., Краскин В. Б., Кудряков С. Г., Петров А. И., Соколов С. М., Якимов В. Л., Лоскутов А.И., – Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2007. – 672 с.
2. Таблицы физических величин под редакцией академика И.К. Кикоина. – М.: изд. Атомиздат, 1976 г. – 1009 с.
3. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения. Ипатов В. М.: Техносфера, 2007 г. – 488 с.
4. Инфракрасная термография. Основы, техника, применение/ Ж. Госсорг. Госсорг, Ж. ,М.: изд. Мир, 1988. – 416 с.
5. Основы тепловидения/ В.В. Коротаев, Г.С. Мельников, С.В. Михеев. Коротаев, В.В. СПб.: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2012. – 123 с.
6. Цифровая обработка сигналов. А. Б. Сергиенко СПб.: Питер, 2002. – 608 с.
7. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Скляр, Бернанд. Изд. 2-е, испр.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
8. Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 - стандарты нового поколения/ Я.Ричардсон. – М.: Техносфера, 2005. – 368 с.
9. Видеотелеметрический контроль промышленных изделий/ Д.И. Климов// Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2016. – Том 5, выпуск 2. – С. 76-83.
10. Отечественные УФ и ИК ФПЗС и цифровые камеры на их основе. Журнал/ Г.И. Вишневский, М.Г. Выдревич, В.К. Нестеров, В.Л. Ривкинд// Электроника: наука, технология, бизнес – 2003. – № 8. – С. 18-24.

Дополнительная литература

1. Цифровая связь. Прокис Дж.: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
2. Радиотехнические системы передачи информации: Учеб. Пособие для вузов/ В.А. Борисов, В.В. Калмыков, Я.М. Мальчук и др.: Под ред. В.В. Калмыкова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.: ил.
3. CCSDS 130.0-G-3 Overview of Space Communications Protocols., 2014.
4. Оптико-электронные системы измерения температуры/ А.А. Поскачей, Е.П. Чубаров// М.: Энергоатомиздат, 1988. – 248 с.
5. Fundamentals of Space Systems, Second Edition, edited by Vincent L.Pisacane. Oxford University Press 2005.
6. Термовидеосистема для установки на космические аппараты и ракеты-носители/ Д.И. Климов, В.А. Благодырёв// Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2016. – Том 3, выпуск 3. – С. 76-83.
7. Настольная книга инженера. Измерения параметров СВЧ-устройств с использованием передовых методик векторного анализа цепей. М.: Техносфера, 2019г. – 736 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

1. Mathcad 13
2. Microsoft office 2013
3. Microsoft visio 2013
4. AutoCAD 2017

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение курса «Информационно-телеметрические системы и комплексы» требует большой самостоятельной работы студента, требует от студента осознания связей между теорией и практикой, а также взаимозависимостей разных дисциплин. В программе дисциплины приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Космические технологии Физтех-школа Аэрокосмических Технологий кафедра космического приборостроения
курс:	<u>1</u>
квалификация:	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: Д.И. Климов, канд. техн. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Информационно-телеметрические системы и комплексы» обучающийся должен:

знать:

- задачи и методы телеметрии, классификацию телеметрических систем и телеметрируемых параметров;
- принципы построения и функционирования основных узлов аппаратуры ИТСК;
- принципы разделения сигналов, аналоговые и цифровые методы передачи телеметрической информации;
- средства измерения различного назначения;
- математические методы связи измеряемых параметров и телеизмерений;
- основы теории информации и методы сжатия данных;
- стандарты формирования и передачи телеметрических данных;
- методы системного анализа и синтеза ИТСК.

уметь:

- осуществлять синтез ИТСК, выбирать системные критерии и проводить оптимизацию параметров системы, рассчитывать рабочие характеристики ИТСК;
- разрабатывать облик, структурные схемы и алгоритмы работы телеметрических систем и их составных частей;
- обосновывать технические требования к трактам обработки сигналов и передачи данных.

владеть:

- методами системного анализа при проектировании ИТСК;
- теоретическими и экспериментальными методами исследования рабочих характеристик ИТСК.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль осуществляется в форме самостоятельных работ или тестов в письменной форме по каждой теме.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также индивидуальных консультаций.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета в 9-ом семестре:

1. Типы ИТСК. Классификация ИТСК летательных аппаратов. Технические характеристики телеметрических систем.
2. Передача и прием телеметрической информации. Функциональная схема ИТСК. Структура наземных средств приема телеметрической информации.
3. Погрешности телеизмерений и количественная оценка телеметрической информации. Классификация погрешностей. Вычисление погрешностей. Погрешности квантования и дискретизации.
4. Принципы разделения сигналов, аналоговые и цифровые методы передачи телеметрической информации. Состав телеметрического комплекса.
5. Непрерывные и дискретные сигналы. Преобразование Лапласа, преобразование Фурье, дискретное преобразование Фурье, z-преобразование и их свойства.
6. Линейные стационарные системы, комплексная передаточная функция системы. Связь между описанием сигналов и систем во временной и в частотной областях.
7. Широкополосные и узкополосные (полосовые) сигналы. Дискретизация непрерывных сигналов с ограниченной полосой, математическая модель процесса дискретизации. Теорема Котельникова.
8. Влияние формы импульсов дискретизации на спектр дискретного сигнала. Периодичность дискретного спектра. Восстановление непрерывных сигналов по дискретным отсчетам.
9. Базовые понятия теории вероятности: вероятностное пространство, случайная переменная, функция распределения, плотность распределения вероятности, математическое ожидание, дисперсия, центральные моменты высших порядков.
10. Основные законы распределения случайных переменных: нормальный, равномерный, экспоненциальный. Гауссовы случайные переменные: функция распределения и плотность распределения вероятностей.

11. Моменты произведений случайных переменных: корреляционная и ковариационная функции. Законы распределения: хи-квадрат распределение, распределение Райса, распределение Рэлея.
12. Связь корреляционной функции и спектральной плотности мощности для стационарных процессов. Случайные последовательности и дискретные системы. Понятие аддитивного белого гауссова шума.
13. Классификация датчиков и измерительных преобразователей. Физические эффекты, используемые в датчиках физических величин: температуры, давления, вибрации.
14. Элементы общей теории датчиков: обобщенный генераторный преобразователь, метод электромеханических аналогий.
15. Характеристики датчиков: статические, динамические, метрологические. Схемы подключения датчиков, мостовая схема.
16. Электронные устройства преобразования сигналов датчиков: операционный усилитель, усилитель заряда, аналогово-цифровой преобразователь, генератор сигналов.
17. Основные понятия теории информации: дискретный источник информации, информационная энтропия, кодирование источника информации, теорема о кодировании источника.
18. Количество информации, получаемой при измерении функциональных и сигнальных параметров. Влияние закона распределения источника информации на информационную энтропию. Связь количества информации и частоты опроса телеметрических параметров.
19. Задачи сжатия информации, предельные возможности сжатия информации без потерь. Определение верхней и нижней границы энтропии источника информации по максимальной символьной вероятности.
20. Построение кодовых деревьев по известному распределению вероятностей символов источника информации. Код Хаффмана, арифметическое кодирование.

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачета в 10-ом семестре.

21. Форматы кодово-импульсной модуляции: без возврата к нулю, с возвратом к нулю, бифазный (Манчестер). Свойства и спектральные характеристики различных форматов кодово-импульсной модуляции.
22. Формирование телеметрических кадров, устройство подсистемы опроса. Малый и главный телеметрический кадр, субкоммутация и суперкоммутация, локальный и оконечный коммутатор.
23. Рекомендации IRIG для разработки структуры телеметрического кадра: длина малого и главного телеметрических кадров, длина информационного слова, скорость битового потока, допуски на джиттер и средний период бита, длина синхрослова.
24. Пакетная телеметрия по рекомендациям CCSDS. Общая концепция, уровни пакетирования, сегментации, кадров, канал и физический. Виртуальные пакеты.
25. Демультимплексирование телеметрических кадров, обеспечение кадровой и битовой синхронизации. Использование цифровых корреляторов для обеспечения битовой и кадровой синхронизации.
26. Структурная схема демодулятора, основные элементы: блок переноса частоты, принимающий фильтр (коррелятор), выравнивающий фильтр, блок принятия решений.
27. Отношение мощности сигнала к мощности шума в цифровых системах. Максимизация отношения сигнал-шум с помощью согласованных фильтров и оптимизация вероятности ошибки.
28. Межсимвольная интерференция, условия обеспечения нулевой межсимвольной интерференции. Фильтры Найквиста. Фильтры с характеристикой типа «приподнятый косинус».
29. Синхронизация несущей с помощью схемы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ). Требования к петлевому фильтру для обеспечения нулевой фазовой и частотной ошибки.
30. Методы цифровой модуляции: фазовая, частотная, амплитудная и амплитудно-фазовая модуляции. Когерентные и некогерентные методы приема. Производительность систем с различными видами модуляции.
31. Понятие канала связи, источники ослабления и искажения сигнала при передаче. Потери в открытом пространстве, дистанционное уравнение. Явления, сопровождающие распространение радиоволн в атмосфере.
32. Коэффициент шума и шумовая температура системы.

33. Пропускная способность канала передачи информации. Теорема Шеннона-Хартли о пропускной способности канала.
34. Пропускная способность канала передачи информации. Теорема Шеннона-Хартли о пропускной способности канала.
35. Помехозащищающее кодирование сигналов. Линейные блочные коды и их возможности для предотвращения ошибок детектирования.
36. Сверточные коды, свойства и эффективность сверточных кодов. Алгоритмы декодирования сверточных кодов: алгоритм последовательного декодирования, оптимальный алгоритм Витерби.
37. Подавление помех и снижение плотности энергии за счет расширения спектра. Методы расширения спектра: метод прямой последовательности и метод скачкообразной перестройки частоты.
38. Назначение и характеристики составных частей унифицированной интегрированной бортовой телеметрической системы (ИБИС-КА-НКУ).
39. Архитектура, состав и технические характеристики унифицированной интегрированной бортовой телеметрической системы (ИБИС-КА-НКУ).
40. Интерфейс SpaceWire. Принципы организации информационного обмена, технические характеристики и аппаратные особенности интерфейса SpaceWire.

Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения дифференцированного зачета при подготовке ответов на билеты обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций и любой другой литературой.

Во время проведения дифференцированного зачета при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины он не может пользоваться конспектами лекций и любой другой литературой.