**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор департамента образования
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# Космические системы

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки / специальность: **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль) / специализация: **Радиоэлектронные системы передачи информации**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2013 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 6 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 16 | 16 | часов |
| 2 | Практические занятия | 16 | 16 | часов |
| 3 | Лабораторные работы | 16 | 16 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 48 | 48 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 24 | 24 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 72 | 72 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 108 | 108 | часов |
| | | 3.0 | 3.0 | З.Е. |

Экзамен: 6 семестр

Томск 2018

Согласована на портале № 24708

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 9 от « 26 » 4 2018 г.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного 11.08.2016 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры РТС « 26 » апреля 2018 года, протокол № 9.

Разработчик:

Доцент каф. РТС _____ А. А. Мещеряков

Заведующий обеспечивающей каф.
РТС _____ С. В. Мелихов

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан РТФ _____ К. Ю. Попова

Заведующий выпускающей каф.
РТС _____ С. В. Мелихов

Эксперты:

Доцент каф. РТС _____ В. А. Громов

Старший преподаватель каф. РТС _____ Д. О. Ноздреватых

Согласована на портале № 24708

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

изучение особенностей функционирования космических аппаратов (КА),

изучение теории баллистического полета КА,

изучение особенностей построения радиоэлектронных систем, обеспечивающих управление полетом КА различного назначения.

### 1.2. Задачи дисциплины

– Основной задачей дисциплины является формирование у студентов компетенции, позволяющей самостоятельно изучать и использовать специальную литературу и другую научно-техническую информацию достижений отечественной и зарубежной науки, отражающие особенности работы систем существующих КА, способы управления полетом на этапе выведения, на этапе баллистического полета, при посадке КА, принципы и варианты построения измерительных, командных и телеметрических каналов, существующие и новые типовые структурные и функциональные схемы космических радиотехнических систем.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Космические системы» (Б1.В.ОД.11) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Статистическая радиотехника, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Основы теории радионавигационных систем и комплексов, Основы теории радиосистем и комплексов управления, Распространение радиоволн.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПК-9 способностью изучать и использовать специальную литературу и другую научно-техническую информацию, отражающую достижения отечественной и зарубежной науки и техники в области радиотехники;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

– **знать** теорию баллистического полета КА; способы управления полетом на этапе выведения, на этапе баллистического полета, при посадке КА; принципы и варианты построения измерительных, командных и телеметрических каналов

– **уметь** проводить анализ существующих и новых типовых структурных и функциональных схем космических радиотехнических систем и космических комплексов различного назначения

– **владеть** методикой статистической обработки результатов навигационных измерений, методами практической оценки качественных показателей космических радиотехнических систем

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 6 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 48 | 48 |
| Лекции | 16 | 16 |
| Практические занятия | 16 | 16 |
| Лабораторные работы | 16 | 16 |
| Самостоятельная работа (всего) | 24 | 24 |
| Проработка лекционного материала | 24 | 24 |
| Всего (без экзамена) | 72 | 72 |

Согласована на портале № 24708

| | | |
|---|---|---|
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость, ч | 108 | 108 |
| Зачетные Единицы | 3.0 | 3.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| Названия разделов дисциплины | Лек., ч | Прак. зан., ч | Лаб. раб., ч | Сам. раб., ч | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | | | |
| 1 Основные понятия и определения | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | ПК-9 |
| 2 Общие сведения о космических аппаратах. Некоторые вопросы космической баллистики | 2 | 2 | 4 | 4 | 12 | ПК-9 |
| 3 Общие характеристики и принципы построения комплексов КА | 2 | 2 | 0 | 4 | 8 | ПК-9 |
| 4 Входной сигнал в космических радиолиниях | 2 | 2 | 0 | 0 | 4 | ПК-9 |
| 5 Измерительные системы радиокомплексов | 2 | 2 | 4 | 3 | 11 | ПК-9 |
| 6 Обработка информации в измерительных радиосистемах | 2 | 2 | 4 | 3 | 11 | ПК-9 |
| 7 Командные радиолинии КА | 2 | 2 | 4 | 4 | 12 | ПК-9 |
| 8 Системы ориентации и стабилизации, наведения и стыковки на орбите, посадки КА | 2 | 2 | 0 | 2 | 6 | ПК-9 |
| 9 Радиосистемы ближнего, среднего и дальнего космоса | 1 | 2 | 0 | 2 | 5 | ПК-9 |
| Итого за семестр | 16 | 16 | 16 | 24 | 72 | |
| Итого | 16 | 16 | 16 | 24 | 72 | |

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

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

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

| Названия разделов | Содержание разделов дисциплины по лекциям | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|

Согласована на портале № 24708

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 1 Основные понятия и определения | Задачи курса. Состояние космической техники. Системы для обеспечения полета космических аппаратов и кораблей. Общие характеристики и специфические требования. Этапы создания систем. | 1 | ПК-9 |
| | Итого | 1 | |
| 2 Общие сведения о космических аппаратах. Некоторые вопросы космической баллистики | Виды и назначение КА и их классификация. КА ближнего, среднего и дальнего космоса. КА научно-исследовательские, прикладного значения, военного назначения. Системы координат, используемые при определении положения КА. Математическое описание траектории полета КА. Эллиптическая, параболическая и гиперболическая траектории. Первая, вторая и третья космические скорости. Траектории баллистических ракет. Отклонение точки падения по дальности и по направлению. Орбиты искусственных спутников Земли (ИСЗ), элементы орбиты. Изменение параметров орбиты под воздействием возмущающих сил. Понятие об оскулирующих элементах орбиты. Орбиты спутников различного назначения. Траектории КА среднего космоса. Траектории КА дальнего космоса. Вывод КА на заданную траекторию, оптимальные траектории. Точность выведения, коррекция траектории, старт с промежуточной орбиты. Прогнозирование орбит. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Общие характеристики и принципы построения комплексов КА | Задачи, решаемые космическими комплексами. Обобщенная схема радиокомплекса. Особенности различных радиокомплексов. Особенность автономного и командного радиоуправления. Измерительные, командные, связные и телеметрические радиолинии. Система обработки данных. Система единого времени.Требования к системам управления баллистическими ракетами, ИСЗ и КА среднего и дальнего космоса на участке выведения. Принципы измерения параметров движения и определение траектории с помощью системы орбитальных измерений. Состав измеряемых параметров. Особенности определения траектории при однопараметрическом и многопараметрическом измерении. Количество и размещение наземных измерительных пунктов. Принципы измерения параметров движения и определение траектории при автономном самоопределении космических аппаратов. Совместное использование автономных систем и систем внешнетраекторных измерений. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 24708

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 Входной сигнал в космических радиолиниях | Особенности входных сигналов космических радиолиний. Свойства атмосферы. Выбор диапазона частот. Расчет энергетических характеристик космических радиолиний. Влияние условий распространения радиоволн в атмосфере на точность измерительных радиолиний: погрешности измерения дальности, погрешности измерения углов, погрешности измерения радиальной скорости. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Измерительные системы радиокомплексов | Особенности входных сигналов в космических радиолиниях. Учет специфических факторов при выборе диапазона радиоволн. Сигналы, используемые в измерительных линиях радиокомплексов. Структура сигнала в совмещенных радиолиниях. Использование априорной информации при измерениях, определении траектории, при решении прикладных задач. Некоторые общие сведения об измерительных радиолиниях. Измерение дальности в радиокомплексах: фазовый метод, метод интегрирования скорости, метод с использованием псевдошумовых сигналов. Примеры построения схем. Выбор основных параметров. Составляющие ошибок измерения дальности. Измерение радиальной скорости. Учет релятивистских эффектов. Запросные доплеровские измерители. Дробно-кратное преобразование частоты в ответчике. Использование фазовой АПЧ. Выбор основных параметров. Беззапросные доплеровские измерители. Использование молекулярных генераторов в качестве задающих генераторов. Ошибки измерения скорости доплеровским методом. Использование нескольких частот для уменьшения ошибок, вызванных влиянием атмосферы. Особенности измерения угловых параметров в радиокомплексах. Предельные точности измерения углов. Схемы, выбор основных параметров. Ошибки измерений углов и методы их уменьшения. Особенности измерения угловых скоростей. Выбор основных параметров радиолинии измерения угловых скоростей. Ошибки измерения и методы их уменьшения. Оптические и инерциальные датчики навигационной информации. Особенности конструкции аппаратуры измерительных радиолиний. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Обработка информации в измерительных | Основные задачи обработки информации в космических радиосистемах. Основы методики статистической обработки результатов | 2 | ПК-9 |

Согласована на портале № 24708

| | | | |
|---|---|---|---|
| радиосистемах | навигационных измерений. Метод максимального правдоподобия, метод наименьших квадратов, метод динамической фильтрации. Использование априорной информации. Определение параметров орбиты ИСЗ при обработке информации методом наименьших квадратов. Характеристики ЭВМ, применяемых в радиосистемах КА. | | |
| | Итого | 2 | |
| 7 Командные радиолинии КА | Назначение командных линий и задачи, решаемые ими в радиокомплексах КА. Характеристики и требования к достоверности передачи команд. Введение избыточности и обратной связи для повышения помехоустойчивости передачи команд. Особенности командных радиолиний. Разовые команды и методы их передачи. Простые и сложные разовые команды. Особенности и назначение командных программ. Передача временных уставок. Совмещение информационных, измерительных и командных радиолиний. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 8 Системы ориентации и стабилизации, наведения и стыковки на орбите, посадки КА | Управление положением КА относительно центра масс. Базовая система отсчета. Методы пассивной стабилизации. Устройства задания базовой системы. Системы определения местной вертикали. Астропеленгаторы и радиоастропеленгаторы. Двигательные устройства систем ориентации. Наведение, сближение и стыковка КА. Особенности построения систем. Системы посадки. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Радиосистемы ближнего, среднего и дальнего космоса | Инерциальные и радиоэлектронные системы управления баллистическими ракетами. Радиокомплексы ИСЗ различного назначения: геодезических, метеорологических, навигационных. Универсальный радиокомплекс орбитальных измерений. Система единого времени. Особенности комплексов лунных КА и КА дальнего космоса. | 1 | ПК-9 |
| | Итого | 1 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

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

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

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

| Наименование дисциплин | № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Согласована на портале № 24708

| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 Статистическая радиотехника | | | + | | + | + | + | | |
| 2 Физика | + | + | | | | | | + | |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | |
| 1 Основы теории радионавигационных систем и комплексов | | | + | | + | | | | |
| 2 Основы теории радиосистем и комплексов управления | | | | | + | + | + | + | + |
| 3 Распространение радиоволн | | | | + | + | | + | | |

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

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

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лек. | Прак. зан. | Лаб. раб. | Сам. раб. | |
| ПК-9 | + | + | + | + | Домашнее задание, Отчет по индивидуальному заданию, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Зачет, Расчетная работа, Тест |

**6. Интерактивные методы и формы организации обучения**

Не предусмотрено РУП.

**7. Лабораторные работы**

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Наименование лабораторных работ

| Названия разделов | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 2 Общие сведения о космических аппаратах. | Компьютерное моделирование движения космических аппаратов | 4 | ПК-9 |

Согласована на портале № 24708

| | | | |
|---|---|---|---|
| Некоторые вопросы космической баллистики | Итого | 4 | |
| 5 Измерительные системы радиокомплексов | Изучение доплеровских систем измерения вектора скорости | 4 | ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Обработка информации в измерительных радиосистемах | Спутниковая радионавигационная Система «Навстар» (GPS) | 4 | ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Командные радиолинии КА | Изучение аппаратуры настройки ИСЗ КИРС-12 | 4 | ПК-9 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

| Названия разделов | Наименование практических занятий (семинаров) | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | |
| 2 Общие сведения о космических аппаратах. Некоторые вопросы космической баллистики | Орбиты ИСЗ. Параметры траектории, угловое положение КА, системы координат. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Общие характеристики и принципы построения комплексов КА | Принципы измерения параметров движения и определение траектории с помощью системы орбитальных измерений. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Входной сигнал в космических радиолиниях | Расчет энергетических характеристик космических радиолиний. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Измерительные системы радиокомплексов | Структура сигнала в космических радиолиниях. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Обработка информации в измерительных радиосистемах | Изучение способов обработки информации в спутниковых систем навигации ГЛОНАСС и НАВСТАР. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Командные радиолинии КА | Изучение работы командных радиолиний КА на примере технологической контрольно-испытательной станции КИРС 12. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |

Согласована на портале № 24708

| | | | |
|---|---|---|---|
| 8 Системы ориентации и стабилизации, наведения и стыковки на орбите, посадки КА | Методы ориентации и стабилизации КА. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Радиосистемы ближнего, среднего и дальнего космоса | Радиосистемы КА различного назначения. | 2 | ПК-9 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 16 | |

## 9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | |
| 1 Основные понятия и определения | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-9 | Опрос на занятиях, Тест |
| | Итого | 2 | | |
| 2 Общие сведения о космических аппаратах. Некоторые вопросы космической баллистики | Проработка лекционного материала | 4 | ПК-9 | Конспект самоподготовки, Тест |
| | Итого | 4 | | |
| 3 Общие характеристики и принципы построения комплексов КА | Проработка лекционного материала | 4 | ПК-9 | Конспект самоподготовки, Тест |
| | Итого | 4 | | |
| 5 Измерительные системы радиокомплексов | Проработка лекционного материала | 3 | ПК-9 | Тест |
| | Итого | 3 | | |
| 6 Обработка информации в измерительных радиосистемах | Проработка лекционного материала | 3 | ПК-9 | Конспект самоподготовки, Тест |
| | Итого | 3 | | |
| 7 Командные радиолинии КА | Проработка лекционного материала | 4 | ПК-9 | Конспект самоподготовки, Тест |
| | Итого | 4 | | |
| 8 Системы ориентации и стабилизации, наведения и стыковки на орбите, посадки КА | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-9 | Конспект самоподготовки, Тест |
| | Итого | 2 | | |
| 9 Радиосистемы ближнего, среднего и | Проработка лекционного материала | 2 | ПК-9 | Зачет, Тест |

Согласована на портале № 24708

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| дальнего космоса | Итого | 2 | | |
| Итого за семестр | | 24 | | |
| | Подготовка и сдача экзамена | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 60 | | |

## 10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП.

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 6 семестр | | | | |
| Домашнее задание | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Зачет | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Конспект самоподготовки | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Опрос на занятиях | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Отчет по индивидуальному заданию | 3 | 3 | 3 | 9 |
| Отчет по лабораторной работе | | 4 | 7 | 11 |
| Тест | 4 | 3 | 4 | 11 |
| Итого максимум за период | 20 | 23 | 27 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 20 | 43 | 70 | 100 |

### 11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

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

### 11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

Согласована на портале № 24708

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 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. Космические радиотехнические системы: Учебное пособие / Дудко Б. П. - 2012. 291 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1728, дата обращения: 03.05.2018.

### 12.2. Дополнительная литература

1. Вейцель В.А. Радиосистемы управления: учебн. для вузов / В.А. Вейцель, А.С. Волковский и др.; под ред. В.А. Вейцеля. – М.: Дрофа, 2005. - 416 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 71 экз.)

### 12.3. Учебно-методические пособия

#### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Спутниковая Радионавигационная Система «Навстар» (GPS): Методические указания по выполнению лабораторной работы / Мещеряков А. А. - 2012. 39 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1733, дата обращения: 03.05.2018.
2. Изучение аппаратуры настройки исз кирс-12: Методические указания по выполнению лабораторной работы / Дудко Б. П., Мещеряков А. А. - 2012. 11 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1729, дата обращения: 03.05.2018.
3. Компьютерное моделирование движения космических аппаратов: Методические указания по выполнению лабораторной работы / Мещеряков А. А. - 2012. 28 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1731, дата обращения: 03.05.2018.
4. Радионавигационные системы. Лабораторный практикум: Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторный работ / Савин А. А., Мещеряков А. А., Дудко Б. П. - 2012. 116 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1187, дата обращения: 03.05.2018.
5. Руководство для подготовки обучающего и контролирующего комплекса компьютерных методических разработок при организации самостоятельной работы студентов: Учебное пособие / Осетров Д. Г., Шангина Л. И., Хатьков Н. Д., Павличенко Ю. А. - 2009. 37 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/909, дата обращения: 03.05.2018.
6. Радиотехнические системы: Методическое пособие по проведению практических занятий / Денисов В. П. - 2013. 33 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2852, дата обращения: 03.05.2018.
7. Основы компьютерного проектирования и моделирования радиоэлектронных средств: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и организации самостоятельной работы по курсу / Тисленко В. И. - 2011. 22 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2119, дата обращения: 03.05.2018.

Согласована на портале № 24708

### 12.3.2. 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.

## 12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека;
2. https://edu.tusur.ru – Научно-образовательный портал ТУСУР.

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение

### 13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины

### 13.1.1. 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 количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

### 13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная лаборатория систем спутниковой навигации

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 433 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Контрольно-испытательная станция КИРС-12 с бортовой спутниковой аппаратурой;
- Приемник сигналов GPS – SCA-12 (2 шт.);
- Приемник сигналов GPS и ГЛОНАСС – GB1000;
- Макет полезной нагрузки космического аппарата;
- Современные персональные компьютеры на базе IBM PC (5 шт.);
- Генератор Г 4-218 ВЧ сигналов;
- Генератор сигналов специальной формы GFG-3015;
- Антенны космических аппаратов;
- Анализатор спектра С4-27;
- Телевизор плазменный Samsung PS51E497;
- Генератор сигналов 33522B-CFG001;
- Лабораторный источник питания Mastech HY 3010E-2 (4 шт.);
- Осциллограф MSOX2024A-CFG001 (2 шт.);
- Имитатор бортовой радиоэлектронной аппаратуры 778.6113-0ПС;
- Цифровой осциллограф EZ Digital DS 1150;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Согласована на портале № 24708

Программное обеспечение:
- 7-Zip
- Google Chrome
- Microsoft Windows
- OpenOffice

**13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ**

Учебная лаборатория систем спутниковой навигации

учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 433 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Контрольно-испытательная станция КИРС-12 с бортовой спутниковой аппаратурой;
- Приемник сигналов GPS – SCA-12 (2 шт.);
- Приемник сигналов GPS и ГЛОНАСС – GB1000;
- Макет полезной нагрузки космического аппарата;
- Современные персональные компьютеры на базе IBM PC (5 шт.);
- Генератор Г 4-218 ВЧ сигналов;
- Генератор сигналов специальной формы GFG-3015;
- Антенны космических аппаратов;
- Анализатор спектра С4-27;
- Телевизор плазменный Samsung PS51E497;
- Генератор сигналов 33522B-CFG001;
- Лабораторный источник питания Mastech HY 3010E-2 (4 шт.);
- Осциллограф MSOX2024A-CFG001 (2 шт.);
- Имитатор бортовой радиоэлектронной аппаратуры 778.6113-0ПС;
- Цифровой осциллограф EZ Digital DS 1150;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:
- 7-Zip
- Google Chrome
- Microsoft Windows
- OpenOffice

**13.1.4. 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, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;

Согласована на портале № 24708

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

### 13.2. 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 зрениями** 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.

## 14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

### 14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### 14.1.1. Тестовые задания

| | |
|---|---|
| Система координат не используемая при определении положения КА | стартовая |
| | связанная |
| | поточная |
| | ортогональная |

| | |
|---|---|
| КА ближнего космоса располагаются от поверхности Земли на расстоянии | до 10 тыс. км. |
| | до 40 тыс. км. |
| | до 400 тыс. км. |
| | свыше 100 тыс. км. |

| | |
|---|---|
| К аппаратуре целевого назначения не относятся | приборы для научного исследования |
| | ретрансляторы спутников связи |
| | фототелевизионные устройства |
| | системы электроснабжения |

| | |
|---|---|
| В бортовой комплекс управления не входят системы | управления бортовой аппаратурой |
| | терморегулирования |
| | ориентации и управления движением |
| | обмена информации с наземным комплексом управления |

| | |
|---|---|
| Практически применяемые в настоящее время ракетные двигатели используют энергию | ядерную |
| | электрическую |
| | химическую |
| | тепловую |

Согласована на портале № 24708

| | |
|---|---|
| Скорость движения спутника по круговой орбите с увеличением высоты | увеличивается |
| | уменьшается |
| | не изменяется |
| | вопрос не имеет смысла |

| | |
|---|---|
| В ионосфере фазовая скорость распространения радиоволны | больше групповой |
| | меньше групповой |
| | равна групповой |
| | равна скорости света |

| | |
|---|---|
| В географической системе координат центр находится: | в центре Земли |
| | на северном полюсе |
| | на экваторе |
| | не существует |

| | |
|---|---|
| Какое время будет существовать ИСЗ на круговой орбите высотой 150 км? | 1 сутки |
| | 30 суток |
| | 360 суток |
| | постоянно |

| | |
|---|---|
| Скорость распространения радиоволн в тропосфере равна: | скорости света |
| | больше скорости света |
| | скорости звука |
| | меньше скорости света |

| | |
|---|---|
| Как разделить два когерентных сигнала в одной точке приема? | путем нахождения квадратур |
| | путем переноса на разные частоты |
| | путем корреляционной обработки |
| | невозможно |

| | |
|---|---|
| Реальная чувствительность приемника зависит от: | коэффициента усиления |
| | потерь в фидере |
| | коэф. усиления антенны |
| | коэффициента шума |

| | |
|---|---|
| Импульсный сигнал является: | амплитудно-модулированным непрерывным |
| | время-модулированным непрерывным |
| | фазо-модулированным непрерывным |
| | самостоятельным видом, не связанным с непрерывным |

| | |
|---|---|
| Указать ошибочный механизм распространения радиоволн: | интерференция |
| | дифракция |
| | диссипация |
| | рефракция |

| | |
|---|---|
| Перевод мощности сигнала в относительные единицы ( дБ/Вт) производится по формуле: | 20 lg P |
| | 10 lg P |
| | 20 ln P |
| | 10 ln P |

| | |
|---|---|
| Разделение различных команд в командных радиолиниях не осуществляется на основе уплотнения каналов | амплитудного |
| | временного |
| | структурного |
| | частотного |

| | |
|---|---|
| Разделение каналов в телеметрических радиолиниях не осуществляется | временным разделением |
| | частотным разделением |
| | фазовым разделением |
| | кодовым разделением |

Согласована на портале № 24708

| | |
|---|---|
| Для осуществления коррекции орбиты не требуется техническое средство | двигатель для создания импульса |
| | система ориентации и стабилизации |
| | радиолиния передачи команд |
| | радиолиния передачи телеметрической информации |

| | |
|---|---|
| Основной метод измерения угловых скоростей (скорости изменения угла на КА) | параметрический |
| | координатный |
| | доплеровский |
| | координатно-параметрический |

| | |
|---|---|
| Для достижения высокой точности измерения угловых координат КА используются методы | амплитудные |
| | фазовые |
| | частотные |
| | временные |

| | |
|---|---|
| Какая траектория спуска КА не существует | баллистический спуск |
| | планируемый спуск |
| | спуск с многократным погружением в атмосферу |
| | пикирующий спуск |

### 14.1.2. Экзаменационные вопросы

1. Состояние космической техники. Краткие сведения о космосе.
2. Виды и назначение КА и их классификация.
3. Типы ракетных двигателей (жидкостные РД, РД твердого топлива).
4. Многоступенчатые ракеты-носители. Основная формула реактивного движения.
5. Системы координат, используемые при определении положения КА.
6. Математическое описание траектории полета КА. (непосредственная аппроксимация траектории КА).
7. Математическое описание траектории полета КА. (на основе решения дифференциальных уравнений).
8. Свободный полет КА. Три уравнения, описывающих траекторию полета КА.
9. Эллиптическая, параболическая и гиперболическая траектории. Первая, вторая и третья космические скорости.
10. Орбиты искусственных спутников Земли (ИСЗ), элементы орбиты.
11. Траектории КА среднего космоса. Полет к Луне.
12. Траектории КА дальнего космоса. Полет к Марсу, Венере.
13. Коррекция заданной траектории КА. Коррекция формы орбиты, коррекция плоскости орбиты.
14. Принципы построения космических радиотехнических систем. Задачи, решаемые системами. Виды космических радиосистем.
15. Принципы измерения пространственных величин. Особенности измерительных радиолиний.
16. Методы измерения расстояния.
17. Методы измерения радиальной скорости.
18. Методы измерения углов.
19. Измерение угловых скоростей.
20. Особенности входных сигналов космических радиолиний. Свойства атмосферы.
21. Выбор диапазона частот в космических радиолиниях .
22. Расчет энергетических характеристик космических радиолиний.
23. Влияние условий распространения радиоволн в атмосфере на точность измерительных радиолиний.
24. Назначение командных радиолиний и задачи, решаемые ими в радиокомплексах КА.
25. Особенности командных радиолиний. Виды разделения команд.
26. Аналоговые и цифровые командные радиолинии.
27. Классификация телеметрических радиолиний.

Согласована на портале № 24708

28. Телеметрические радиолинии с временным разделением каналов.
29. Телеметрические радиолинии с частотным разделением каналов.
30. Телеметрические радиолинии с кодовым разделением каналов.

### 14.1.3. Темы индивидуальных заданий

Траектории движется баллистических ракет.
Погрешности измерения скорости КА.
Принцип действия многолучевого доплеровского измерителя скорости КА.
Структура сигнала командных радиолиний.
Функциональная схема работы канала измерения дальности до КА

### 14.1.4. Темы домашних заданий

Системы координат
Невозмущенное движение космических аппаратов
Расчет энергетических характеристик космических радиолиний
Зоны обзора с наземного пункта и с ИСЗ
Спутниковые радионавигационные системы
Возмущенное движение космических аппаратов

### 14.1.5. Зачёт

Условия баллистического полета. Чем определяется траектория ИСЗ. По какой траектории движется баллистическая ракета. Что такое «наклонение орбиты». Элемент орбиты – «долгота восходящего узла». Элемент орбиты – «аргумент перигея». Какая нужна скорость полета к Луне. Какая должна быть скорость для полетов к Марсу (по сравнению со скоростью Земли). Какая должна быть скорость для полета к Венере (по сравнению со скоростью Земли). Где располагается центр в связанных с ИСЗ системах координат.

Что измеряет ДИСС и как используется получаемая им информация для целей навигации. Что такое навигационный треугольник скоростей. Объяснить принцип действия однолучевого ДИСС. Объяснить принцип действия многолучевого ДИСС. Преимущества многолучевых ДИСС перед однолучевым. Из каких соображений выбираются углы $\alpha$ и $\beta$. Что такое изочастотные линии. Чем определяется форма и ширина доплеровского спектра частот. Отличие спектров доплеровских частот, отраженных от суши и от моря. Для чего в ДИСС предусмотрено изменение частоты повторения импульсов.

Принцип местоопределения по сигналам СРНС. Понятие псевдодальности. Типы антенн, применяемые для GPS измерений и требования, предъявляемые к антеннам. Понятие дробной и полной фазы. Как осуществляется слежение за фазой несущей. Характеристики Р и С/А кодов.

Назовите особенности и характеристики полета ИСЗ. Для чего необходимо измерение дальности. Каковы состав и назначение аппаратуры измерение дальности. Поясните принцип грубого измерения дальности. Как формируется опорная ПСП и опорные импульсы дальности грубого канала. Поясните принцип точного измерения дальности. Для чего необходимо двушкальное измерение дальности. Дайте анализ точности измерения дальности до ИСЗ. Поясните по функциональной схеме работу канала измерения дальности. Укажите основные преимущества радиодальномеров непрерывного излучения с псевдослучайной модуляцией.

### 14.1.6. Темы опросов на занятиях

Движение космических аппаратов.
Доплеровские системы измерения вектора скорости КА.
Спутниковые радионавигационные системы GPS и ГЛОНАСС.
Принципы грубого и точного измерения дальности до КА с помощью контрольно - измерительной радиостанции КИРС-12.

### 14.1.7. Вопросы на самоподготовку

1.В каком году был запущен первый искусственный спутник Земли?
2.Как звали первое живое существо, побывавшее в космосе?
3.Почему искусственный спутник Земли не падает на Землю?
4.Что вокруг чего вращается: Луна вокруг Земли или Земля вокруг Луны? Почему?
5.Что такое геостационарная орбита, почему она так называется и на какой высоте

Согласована на портале № 24708

находится?

6.На какой высоте над Землей находится ионосфера?

7.Почему антенны спутникового телевидения направлены под углом, близким к горизонту?

8. Космонавты работают в невесомости. Почему возникает невесомость?

9.Что измеряет приемник спутниковой системы ГЛОНАСС?

10. Какого расстояние от Земли до Луны и от Луны до Солнца?

11. Почему баллистическая ракета так называется?

12.Зачем делают двух- и трехступенчатые ракеты?

13.Что произойдет с живыми существами при разгерметизации космического аппарата и почему?

14. Почему космодромы стараются располагать ближе к экватору?

15. На какой орбите скорость движения спутника должна быть больше: на низкой или на высокой? И почему?

16. Чем метеор отличается от метеорита?

17. Из какого материала сделаны панели солнечной батареи?

#### 14.1.8. Темы расчетных работ

Расчет предельной дальности действия командной радиолинии, имеющей заданные энергетические характеристики.

Расчет энергетического потенциала наземной станции при заданных условиях.

#### 14.1.9. Темы лабораторных работ

Компьютерное моделирование движения космических аппаратов

Изучение доплеровских систем измерения вектора скорости

Спутниковая радионавигационная Система «Навстар» (GPS)

Изучение аппаратуры настройки ИСЗ КИРС-12

#### 14.1.10. Методические рекомендации

Оценка степени сформированности заявленных в рабочей программе дисциплины компетенций осуществляется как в рамках промежуточной, так и текущей аттестации, в т.ч. при сдаче экзамена, защите лабораторных работ, проведении практических занятий, при сдачи расчетных работ. Порядок оценки для текущих видов контроля определяется в методических указаниях по проведению лабораторных работ, практических занятий, организации самостоятельной работы.

### 14.2. 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 14.

Согласована на портале № 24708

Таблица 14 – 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 исходя из состояния обучающегося на момент проверки |

### 14.3. 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 № 24708