**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# Космическая баллистика

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки (специальность): **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы космических комплексов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **4**
Семестр: **7**
Учебный план набора 2011 года

Распределение рабочего времени

| № | Виды учебной деятельности | 7 семестр | Всего | Единицы |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Лекции | 36 | 36 | часов |
| 2 | Практические занятия | 18 | 18 | часов |
| 3 | Лабораторные занятия | 18 | 18 | часов |
| 4 | Всего аудиторных занятий | 72 | 72 | часов |
| 5 | Самостоятельная работа | 36 | 36 | часов |
| 6 | Всего (без экзамена) | 108 | 108 | часов |
| 7 | Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 | часов |
| 8 | Общая трудоемкость | 144 | 144 | часов |
| | | 4.0 | 4.0 | З.Е |

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 9736

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 4 от «10» 1 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы, утвержденного 2016-08-11 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент каф. РТС _____ Мещеряков А. А.

Заведующий обеспечивающей каф. РТС _____ Мелихов С. В.

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

Декан РТФ _____ Попова К. Ю.

Заведующий выпускающей каф. РТС _____ Мелихов С. В.

Эксперты:

Старший преподаватель каф. РТС _____ Ноздреватых Д. О.

Согласована на портале № 9736

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

изучение теории баллистического полета КА,

усвоение и практическое использование результатов теории для управления полетом КА различного назначения.

### 1.2. Задачи дисциплины

– Основной задачей дисциплины является формирование у студентов компетенции, позволяющей самостоятельно анализировать способы управления полетом КА на этапе выведения, на этапе баллистического полета, при маневрировании, сближении и спуске космических аппаратов на поверхность Земли и планет.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Космическая баллистика» (Б1.Б.29.1) относится к блоку 1 (базовая часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Космические системы, Математика 1. Высшая математика, Основы теории радионавигационных систем и комплексов, Физика.

Последующими дисциплинами являются: Основы теории радиосистем и комплексов управления, Системы управления и контроля космических аппаратов.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ПСК-8.1 способностью владеть общими принципами построения и функционирования космических радиотехнических комплексов;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** теорию баллистического полета КА; связь баллистики с небесной механикой, гравитационный потенциал Земли и системы координат; невозмущенное и возмущенное движения КА; способы управления полетом на этапе выведения, на этапе баллистического полета, при посадке КА.

– **уметь** определять первую и вторую космические скорости, характеристики движения КА по известным начальным условиям; определять параметры движения КА через элементы орбиты, кинематические характеристики движения центра масс КА в плоскости орбиты; анализировать порядок расчетов и характерные параметры межпланетных траекторий КА; выбирать формы, наклонения, высоты и времени запуска искусственных спутников Земли; определять орбиты ИСЗ и межпланетных КА; прогнозировать движения ИСЗ методом численного интегрирования, а также движение межпланетных КА.

– **владеть** навыками проведения расчетов невозмущенного и возмущенного движения КА и прогнозирования движения ИСЗ; методами практической оценки качественных показателей космических радиотехнических комплексов.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

| Виды учебной деятельности | Всего часов | Семестры |
|---|---|---|
| | | 7 семестр |
| Аудиторные занятия (всего) | 72 | 72 |
| Лекции | 36 | 36 |
| Практические занятия | 18 | 18 |
| Лабораторные занятия | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа (всего) | 36 | 36 |
| Проработка лекционного материала | 18 | 18 |

Согласована на портале № 9736

| | | |
|---|---|---|
| Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 18 | 18 |
| Всего (без экзамена) | 108 | 108 |
| Подготовка и сдача экзамена | 36 | 36 |
| Общая трудоемкость час | 144 | 144 |
| Зачетные Единицы Трудоемкости | 4.0 | 4.0 |

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

| № | Названия разделов дисциплины | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Самостоятельная работа | Всего часов (без экзамена) | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Основные понятия и определения космической баллистики | 2 | 0 | 0 | 2 | 4 | ПСК-8.1 |
| 2 | Невозмущенное движение КА | 4 | 2 | 4 | 4 | 14 | ПСК-8.1 |
| 3 | Возмущенное движение КА | 2 | 2 | 0 | 3 | 7 | ПСК-8.1 |
| 4 | Уравнения орбиты | 4 | 2 | 0 | 3 | 9 | ПСК-8.1 |
| 5 | Выбор межпланетных траекторий КА | 2 | 2 | 0 | 3 | 7 | ПСК-8.1 |
| 6 | Скорость КА и ее зависимость от параметров орбит | 2 | 2 | 4 | 3 | 11 | ПСК-8.1 |
| 7 | Определение невозмущенной орбиты по заданным условиям движения | 2 | 2 | 6 | 4 | 14 | ПСК-8.1 |
| 8 | Выведение КА на орбиту | 2 | 2 | 0 | 3 | 7 | ПСК-8.1 |
| 9 | Прогнозирование движения КА | 4 | 2 | 4 | 3 | 13 | ПСК-8.1 |
| 10 | Маневрирование КА | 2 | 2 | 0 | 3 | 7 | ПСК-8.1 |
| 11 | Сближение КА на орбите | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | ПСК-8.1 |
| 12 | Движение КА с двигателями малой тяги | 2 | 0 | 0 | 2 | 4 | ПСК-8.1 |
| 13 | Коррекция траекторий КА | 4 | 0 | 0 | 1 | 5 | ПСК-8.1 |
| 14 | Спуск КА на поверхность Земли и планет | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 36 | 18 | 18 | 36 | 108 | |

Согласована на портале № 9736

**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 |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 1 Основные понятия и определения космической баллистики | Предмет, задачи и содержание дисциплины. Связь баллистики с небесной механикой. Силы, действующие на космический аппарат (КА). Сфера и радиус действия небесного тела. Гравитационный потенциал Земли. Системы координат. Переход от одной системы координат к другой. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 2 Невозмущенное движение КА | Ньютоновский закон тяготения. Математическая модель невозмущенного движения КА. Уравнения движения. Аналогия задачи о движении двух тел, основное уравнение задачи двух тел. Первые интегралы уравнений движения, траектории полета. Связь между временем движения и элементами орбиты. Уравнение Кеплера. Элементы орбит. Предельные случаи невозмущенного кеплеровского движения. Определение параметров движения через элементы орбиты. Сфера действия планеты. | 4 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 4 | |
| 3 Возмущенное движение КА | Уравнения движения. Общая характеристика возмущений и возмущенного движения. Задача n тел и методы ее решения. Возмущения, вызываемые нецентральностью поля тяготения Земли. Влияние сопротивления воздуха на движение КА. Возмущающее влияние планет, Солнца и давления солнечного света. Влияние аномалий силы тяжести. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Уравнения орбиты | Параметры и элементы орбиты. Определение и выбор формы, высоты (периода обращения ИСЗ) орбит, а также выбор времени запуска ИСЗ. | 4 | ПСК-8.1 |

Согласована на портале № 9736

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Эллиптические, круговые, параболические и гиперболические орбиты. | | |
| | Итого | 4 | |
| 5 Выбор межпланетных траекторий КА | Основные требования, предъявляемые к схемам полета. Методика расчетов и выбор траекторий на гелиоцентрическом участке полета. Определение параметров планетоцентрических участков траектории. Определение геоцентрических параметров, характеризующих движение КА. Порядок расчетов и анализ характерных параметров межпланетных траекторий. Прогнозирование движения межпланетных КА. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 6 Скорость КА и ее зависимость от параметров орбит | Разложение скорости КА на радиальную и трансверсальную составляющие. Правило рычага. Линии апсид. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Определение невозмущенной орбиты по заданным условиям движения | Определение орбиты по положению и скорости КА в начальный момент. Определение орбиты по двум фиксированным положениям и фокальному параметру. Нахождение элементов орбиты по двум фиксированным положениям КА. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 8 Выведение КА на орбиту | Силы и моменты, уравнение движения ракеты носителя. Выведение КА на орбиты спутников. Определение орбит КА. Постановка задачи, определение орбит ИСЗ и межпланетных КА. Оценка точности определения орбит КА. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Прогнозирование движения КА | Прогнозирование движения ИСЗ методом численного интегрирования. Аналитические методы прогнозирования движения ИСЗ. Прогнозирование движения межпланетных КА. | 4 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 4 | |
| 10 Маневрирование КА | Оптимальное маневрирование с использованием двигательной | 2 | ПСК-8.1 |

Согласована на портале № 9736

| | | | |
|---|---|---|---|
| | установки большой тяги (импульсные маневры). Оптимальные переходы между компланарными орбитами, оптимальное корректирование траектории космического полета, автономный метод определения направления вектора скорости. Аэродинамический маневр. | | |
| | Итого | 2 | |
| 11 Сближение КА на орбите | Монтажные орбиты. Относительное движение. Автономное сближение. Оценка энергетических затрат. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 12 Движение КА с двигателями малой тяги | Межпланетные полеты с двигателями постоянной мощности. Разгон КА в поле тяготения Земли. Анализ траекторий межпланетных полетов с двигателями постоянной мощности. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 13 Коррекция траекторий КА | Классификация различных способов коррекции, выбор корректируемых параметров. Определение области рассеивания в пространстве корректируемых параметров. Изохронные, трехпараметрическая, двухпараметрическая, однокомпонентная, связанные коррекции. Свойства коррекции на конечном участке траектории. Ошибка исполнения коррекции. | 4 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 4 | |
| 14 Спуск КА на поверхность Земли и планет | Основные понятия и определения. Уравнения движения спускаемого аппарата. Атмосферы основных планет земной группы. Внеатмосферный, атмосферный участки спуска. Управление при спуске аппаратов с орбиты ИСЗ и при возвращении от Луны. Движение межпланетных КА в атмосфере Земли с гиперболическими скоростями. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 36 | |

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

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

Согласована на портале № 9736

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 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Предшествующие дисциплины | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Космические системы | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | + | + | + |
| 2 | Математика 1. Высшая математика | | + | + | + | | + | | | + | | | | | |
| 3 | Основы теории радионавигационных систем и комплексов | | | | | | | + | | | + | | | | + |
| 4 | Физика | | + | + | + | | + | + | | + | | | | | + |
| Последующие дисциплины | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Основы теории радиосистем и комплексов управления | + | | | | | + | | + | + | + | + | + | + | + |
| 2 | Системы управления и контроля космических аппаратов | | | | | | + | | + | | + | + | + | + | + |

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

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

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

| Компетенции | Виды занятий | | | | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|---|
| | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | Самостоятельная работа | |
| ПСК-8.1 | + | + | + | + | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Выступление (доклад) на занятии, Тест |

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

Не предусмотрено РУП

Согласована на портале № 9736

## 7. Лабораторный практикум

Содержание лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Содержание лабораторных работ

| Названия разделов | Содержание лабораторных работ | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 2 Невозмущенное движение КА | Компьютерное моделирование движения космических аппаратов | 4 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 4 | |
| 6 Скорость КА и ее зависимость от параметров орбит | Изучение доплеровских систем измерения вектора скорости | 4 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 4 | |
| 7 Определение невозмущенной орбиты по заданным условиям движения | Изучение аппаратуры настройки ИСЗ КИРС-12 | 6 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 6 | |
| 9 Прогнозирование движения КА | Прогнозирование параметров движения КА по данным спутниковых навигационных систем | 4 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 4 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

## 8. Практические занятия

Содержание практических работ приведено в таблице 8.1.

Таблица 8. 1 – Содержание практических работ

| Названия разделов | Содержание практических занятий | Трудоемкость, ч | Формируемые компетенции |
|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | |
| 2 Невозмущенное движение КА | Определение характеристик движения по известным начальным условиям | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 3 Возмущенное движение КА | Возмущенное движение КА на около круговых орбитах | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 4 Уравнения орбиты | Определение и выбор формы, высоты (периода обращения ИСЗ) орбит. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 5 Выбор межпланетных траекторий КА | Расчет и анализ характерных параметров межпланетных траекторий. Прогнозирование движения межпланетных КА. | 2 | ПСК-8.1 |

Согласована на портале № 9736

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Итого | 2 | |
| 6 Скорость КА и ее зависимость от параметров орбит | Радиальная и трансверсальная составляющие скорости КА. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 7 Определение невозмущенной орбиты по заданным условиям движения | Определение орбиты по положению и скорости КА. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 8 Выведение КА на орбиту | Выведение КА на различные типы орбит с заданным углом входа. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 9 Прогнозирование движения КА | Прогнозирование движения ИСЗ методом численного интегрирования. | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| 10 Маневрирование КА | Маневры между компланарными и некомпланарными орбитами, оптимальное корректирование траектории космического полета, | 2 | ПСК-8.1 |
| | Итого | 2 | |
| Итого за семестр | | 18 | |

## 9. Самостоятельная работа

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

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

| Названия разделов | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость ч | Формируемые компетенции | Формы контроля |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| 1 Основные понятия и определения космической баллистики | Проработка лекционного материала | 2 | ПСК-8.1 | Конспект самоподготовки |
| | Итого | 2 | | |
| 2 Невозмущенное движение КА | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПСК-8.1 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 3 Возмущенное движение КА | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПСК-8.1 | Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 3 | | |

Согласована на портале № 9736

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 4 Уравнения орбиты | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПСК-8.1 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 5 Выбор межпланетных траекторий КА | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПСК-8.1 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 6 Скорость КА и ее зависимость от параметров орбит | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПСК-8.1 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 7 Определение невозмущенной орбиты по заданным условиям движения | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПСК-8.1 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 2 | | |
| | Итого | 4 | | |
| 8 Выведение КА на орбиту | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПСК-8.1 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 9 Прогнозирование движения КА | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПСК-8.1 | Выступление (доклад) на занятии, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях, Тест |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 10 Маневрирование КА | Подготовка к практическим занятиям, семинарам | 2 | ПСК-8.1 | Домашнее задание, Конспект самоподготовки, Опрос на занятиях |
| | Проработка лекционного материала | 1 | | |
| | Итого | 3 | | |
| 11 Сближение КА на орбите | Проработка лекционного материала | 1 | ПСК-8.1 | Конспект самоподготовки |
| | Итого | 1 | | |

Согласована на портале № 9736

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 12 Движение КА с двигателями малой тяги | Проработка лекционного материала | 2 | ПСК-8.1 | Конспект самоподготовки |
| | Итого | 2 | | |
| 13 Коррекция траекторий КА | Проработка лекционного материала | 1 | ПСК-8.1 | Конспект самоподготовки, Тест |
| | Итого | 1 | | |
| 14 Спуск КА на поверхность Земли и планет | Проработка лекционного материала | 1 | ПСК-8.1 | Конспект самоподготовки |
| | Итого | 1 | | |
| Итого за семестр | | 36 | | |
| | Подготовка к экзамену | 36 | | Экзамен |
| Итого | | 72 | | |

## 10. Курсовая работа

Не предусмотрено РУП

## 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

### 11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Бальные оценки для элементов контроля

| Элементы учебной деятельности | Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра | Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ | Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра | Всего за семестр |
|---|---|---|---|---|
| 7 семестр | | | | |
| Выступление (доклад) на занятии | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Домашнее задание | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Конспект самоподготовки | 3 | 4 | 4 | 11 |
| Опрос на занятиях | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Отчет по лабораторной работе | | 4 | 7 | 11 |
| Тест | 4 | 4 | 4 | 12 |
| Итого максимум за период | 19 | 24 | 27 | 70 |
| Экзамен | | | | 30 |
| Нарастающим итогом | 19 | 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 |

Согласована на портале № 9736

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

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

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

| Оценка (ГОС) | Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен | Оценка (ECTS) |
|---|---|---|
| 5 (отлично) (зачтено) | 90 - 100 | A (отлично) |
| 4 (хорошо) (зачтено) | 85 - 89 | B (очень хорошо) |
| | 75 - 84 | C (хорошо) |
| | 70 - 74 | D (удовлетворительно) |
| 3 (удовлетворительно) (зачтено) | 65 - 69 | |
| | 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. Дудко Б.П. Космические радиотехнические системы: учебное пособие. – Томск: Томский гос. университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. –291 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 31 экз.)

### 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 - 72 экз.)

2. Бычков С.И. и др. Космические радиотехнические комплексы. - М.: Сов. радио, 1967. – 584 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 4 экз.)

3. Гуткин Л.С. и др. Радиоуправление реактивными снарядами и космическими аппаратами. - М.: Сов. радио, 1968. – 680 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 16 экз.)

4. Баллистика и навигация космических аппаратов : Учебник для втузов / Н. М. Иванов, А. А. Дмитриевский, Л. Н. Лысенко. - М. : Машиностроение, 1986. - 295 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 2 экз.)

### 12.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. 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, свободный.

2. 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, свободный.

3. 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, свободный.

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, свободный.

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, свободный.

6. Радиотехнические системы: Методическое пособие по проведению практических

Согласована на портале № 9736

занятий / Денисов В. П. - 2013. 33 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/2852, свободный.

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, свободный.

### 12.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Сайт twirpx.com - Учебно-методическая и профессиональная литература для студентов
2. и преподавателей технических, естественнонаучных и гуманитарных специальностей.

## 13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

оборудование учебной лаборатории «Космические радиотехнические системы» – ауд. 433 радиотехнического корпуса.

персональные компьютеры с доступом в сеть Интернет.

## 14. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

## 15. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Без рекомендаций.

Согласована на портале № 9736

**Приложение 1**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

# Космическая баллистика

Уровень образования: **высшее образование - специалитет**
Направление подготовки (специальность): **11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы**
Направленность (профиль): **Радиоэлектронные системы космических комплексов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РТФ, Радиотехнический факультет**
Кафедра: **РТС, Кафедра радиотехнических систем**
Курс: **4**
Семестр: **7**

Учебный план набора 2011 года

Разработчики:

- доцент каф. РТС Мещеряков А. А.

Экзамен: 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 9736

## 1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

| Код | Формулировка компетенции | Этапы формирования компетенций |
|---|---|---|
| ПСК-8.1 | способностью владеть общими принципами построения и функционирования космических радиотехнических комплексов | Должен знать теорию баллистического полета КА; связь баллистики с небесной механикой, гравитационный потенциал Земли и системы координат; невозмущенное и возмущенное движения КА; способы управления полетом на этапе выведения, на этапе баллистического полета, при посадке КА.;<br>Должен уметь определять первую и вторую космические скорости, характеристики движения КА по известным начальным условиям; определять параметры движения КА через элементы орбиты, кинематические характеристики движения центра масс КА в плоскости орбиты; анализировать порядок расчетов и характерные параметры межпланетных траекторий КА; выбирать формы, наклонения, высоты и времени запуска искусственных спутников Земли; определять орбиты ИСЗ и межпланетных КА; прогнозировать движения ИСЗ методом численного интегрирования, а также движение межпланетных КА.;<br>Должен владеть навыками проведения расчетов невозмущенного и возмущенного движения КА и прогнозирования движения ИСЗ; методами практической оценки качественных показателей космических радиотехнических комплексов.; |

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

| Показатели и критерии | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития | Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия |

Согласована на портале № 9736

| | | | |
|---|---|---|---|
| | изучаемой области с пониманием границ применимости | творческих решений, абстрагирования проблем | работы |
| Хорошо (базовый уровень) | Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области | Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования | Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | Обладает базовыми общими знаниями | Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач | Работает при прямом наблюдении |

## 2 Реализация компетенций

### 2.1 Компетенция ПСК-8.1

ПСК-8.1: способностью владеть общими принципами построения и функционирования космических радиотехнических комплексов.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Содержание этапов | общие принципы построения и функционирования космических радиотехнических комплексов | анализировать требования, предъявляемые к космическим радиотехническим комплексам при решении различных практических задач | навыками баллистических расчетов в космических радиотехнических комплексах |
| Виды занятий | • Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Практические занятия;<br>• Лабораторные занятия;<br>• Лекции;<br>• Самостоятельная работа;<br>• Подготовка к экзамену; | • Лабораторные занятия;<br>• Самостоятельная работа; |
| Используемые средства оценивания | • Домашнее задание;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Тест;<br>• Экзамен; | • Домашнее задание;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Опрос на занятиях;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Конспект самоподготовки;<br>• Тест;<br>• Экзамен; | • Домашнее задание;<br>• Отчет по лабораторной работе;<br>• Выступление (доклад ) на занятии;<br>• Экзамен; |

Согласована на портале № 9736

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

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

| Состав | Знать | Уметь | Владеть |
|---|---|---|---|
| Отлично (высокий уровень) | • общие принципы построения и функционирования космических радиотехнических комплексов ;<br>• способы и результаты баллистических расчетов движения космических аппаратов;<br>• фактические и теоретические знания в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости; | • развивать творческие решения абстрагированных проблем;<br>• свободно применять общие принципы построения и функционирования космических радиотехнических систем при проектировании космических комплексов;<br>• выполнять баллистические расчеты; | • разными способами проектирования и построения космических радиотехнических систем; |
| Хорошо (базовый уровень) | • связи между различными физическими понятиями космической баллистики;<br>• представление о принципах построения и функционирования космических радиотехнических комплексов;<br>• аргументируемый выбор результатов проектирования для решения целевой задачи космическим радиотехническим комплексом;<br>• факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области ; | • развивать творческие решения определенных проблем в области исследования ;<br>• применять результаты баллистических расчетов при проектировании космической техники· ;<br>• корректно выражать и аргументированно обосновывать результаты построения и функционирования космических радиотехнических комплексов; | • полученными знаниями в космической области;<br>• методами практической оценки качественных показателей космических радиотехнических комплексов; |
| Удовлетворительно (пороговый уровень) | • терминологию в области космических радиотехнических комплексов;<br>• основные принципы построения и функционирования космических радиотехнических | • работать со справочной литературой ;<br>• представлять результаты своей работы; | • терминологией предметной области знания;<br>• корректным представлением общих принципов построения и функционирования космических радиотехнических |

Согласована на портале № 9736

| | | | |
|---|---|---|---|
| | комплексов;<br>• базовыми общими знаниями; | | комплексов; |

## 3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

### 3.1 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 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?

### 3.2 Тестовые задания

– Траектория КА это есть: 1) линия равной скорости, 2) линия равных координат, 3) линия перемещения КА, 4) плоскость движения КА.

– Элемент орбиты «наклонение орбиты» это: 1) угол наклона плоскости орбиты к плоскости эклиптики, 2) угол наклона орбиты к плоскости экватора Земли, 3) угол наклона большой оси орбиты к плоскости эклиптики, 4) угол наклона большой оси орбиты к плоскости экватора Земли.

– Для полета к Луне нужна скорость, по сравнению со второй космической скоростью: 1) равной, 3) меньшей, 2) большей, 4) вопрос не имеет смысла.

– В связанных с КА системах координат центр располагается: 1) в центре симметрии, 3) в носовой точке, 2) в центре масс, 4) за пределами КА.

– Какое из условий не подходит для запуска геостационарного спутника: 1) период обращения 24 часа, 2) высота около 40000 км, 3) направление вращения – на запад, 4) направление вращения – на восток.

– Какое время будет существовать ИСЗ на круговой орбите высотой 150 км? 1. 1 сутки. 2. 30 суток. 3. 360 суток 4. Постоянно.

– При первой космической скорости КА движения относительно Земли по орбите: 1) круговой, 3) параболический, 2) эллиптический, 4, гиперболический.

– При третьей космической скорости КА движения относительно Земли по орбите: 1) круговой, 3) параболический, 2) эллиптический, 4, гиперболический.

– Период обращения ИСЗ на круговой орбите высотой 350 км равен: 1) 50 мин, 2) 100 мин, 3) 500 мин, 4) 1000 мин.

– Для полетов к Марсу скорость (по сравнению со скоростью Земли) должна быть: 1) большей, 3) равной, 2) меньшей, 4) вопрос не имеет смысла.

### 3.3 Темы домашних заданий

– Движение космических аппаратов
– Трасса полета космического аппарата
– Скорости и маневрирование КА
– Прогнозирование движения ИСЗ

Согласована на портале № 9736

– Коррекция орбит КА

### 3.4 Темы опросов на занятиях

– Основные положения теории космического полета
– Невозмущенное движение космического аппарата
– Возмущенное движение космического аппарата
– Математические модели прогнозирования движения ИСЗ
– Коррекция параметров орбиты космического аппарата
– Баллистический расчет космических аппаратов различного назначения
– Освещенность искусственного спутника Земли

### 3.5 Темы докладов

– Влияние давления солнечного ветра на параметры орбиты ИСЗ
– Подспутниковая точка и трасса спутника
– Выведение спутника связи на геостационарную орбиту с использованием внешнего маневра
– Движение спускаемого аппарата в атмосфере Земли
– Освещенность ИСЗ на эллиптических орбитах

### 3.6 Экзаменационные вопросы

– 1. Космическая баллистика. Основные понятия и определения. 2. Математическая модель невозмущенного движения. 3. Свободный полет КА. Три закона Кеплера. 4. Скорость при невозмущенном движении КА для разных типов орбит. 5. Кеплеровские элементы орбиты. 6. Прогнозирование орбит и траекторий КА. 7. Общая характеристика возмущенного движения КА. 8. Влияние несферичности Земли на движение КА. 9. Эволюция орбиты в Земной атмосфере. 10. Влияние притяжения Луны и Солнца на движение КА. 11. Общая характеристика маневров КА. 12. Виды маневров КА (Компланарные маневры, переход Гомана, биэллиптический переход, котангенциальный переход). 13. Траектория запуска и движения баллистических ракет. Зависимость оптимального угла бросания от дальности стрельбы. 14. Особенности межпланетных полетов. 15. Роль Солнца в межпланетных полетах. 16. Характеристическая скорость для полетов между планетами. 17. Возможные орбиты полетов между планетами. 18. Управление КА. 19. Измерение координат КА. 20. Общая характеристика операции встречи на орбите. 21. Рекомендуемые орбиты цели при встрече на орбите. 22. Трасса КА. 23. Классификация траекторий встречи на орбите 24. Ориентация КА. Типы систем ориентации КА.

### 3.7 Темы лабораторных работ

– Компьютерное моделирование движения космических аппаратов
– Изучение доплеровских систем измерения вектора скорости
– Изучение аппаратуры настройки ИСЗ КИРС-12
– Прогнозирование параметров движения КА по данным спутниковых навигационных систем

## 4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

### 4.1. Основная литература

1. Дудко Б.П. Космические радиотехнические системы: учебное пособие. – Томск: Томский гос. университет систем управления и радиоэлектроники, 2007. –291 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 31 экз.)

### 4.2. 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

Согласована на портале № 9736

- 72 экз.)

2. Бычков С.И. и др. Космические радиотехнические комплексы. - М.: Сов. радио, 1967. – 584 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 4 экз.)

3. Гуткин Л.С. и др. Радиоуправление реактивными снарядами и космическими аппаратами. - М.: Сов. радио, 1968. – 680 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 16 экз.)

4. Баллистика и навигация космических аппаратов : Учебник для втузов / Н. М. Иванов, А. А. Дмитриевский, Л. Н. Лысенко. - М. : Машиностроение, 1986. - 295 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 2 экз.)

### 4.3. Учебно-методическое пособие и программное обеспечение

1. 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, свободный.

2. 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, свободный.

3. 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, свободный.

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, свободный.

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, свободный.

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, свободный.

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, свободный.

### 4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Сайт twirpx.com - Учебно-методическая и профессиональная литература для студентов
2. и преподавателей технических, естественнонаучных и гуманитарных специальностей.

Согласована на портале № 9736