



Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московской области

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
Е.К. Самаров  
« 28 » 2021г.



**ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ**  
**Кафедра управления и информационных технологий в космических системах**  
**(НИИ КС им. А.А. Максимова, филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»)**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ**  
**СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И КОСМИЧЕСКИХ**  
**АППАРАТОВ»**

**Направление подготовки:** 01.03.02 Прикладная математика и информатика

**Профиль:** Искусственный интеллект и управление в ракетно-технических системах

**Уровень высшего образования:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

Королев  
2021

**Автор: к.т.н., доцент Пшеняник В.Г. Рабочая программа дисциплины: Принципы построения и основы технической реализации систем управления ракет-носителей и космических аппаратов. Королев МО: «МГОТУ», 2021 г.**

**Рецензент: д.т.н., профессор Вокин Г.Г.**

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки бакалавров 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом МГОТУ. Протокол № 13 от 22.06. 2021 года.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:**

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Вокин Г.Г. д.т.н., профессор 	Вокин Г.Г. д.т.н., профессор 	Вокин Г.Г. д.т.н., профессор 	
Год утверждения (переподтверждения)	2021	2022	2023	2024
Номер и дата протокола заседания кафедры	№8 от 10.06.21	№5 от 14.06.22	№4 от 06.04.23	

**Рабочая программа согласована:**

Руководитель ОПОП  к.т.н., доцент И.В. Бугай

**Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:**

Год утверждения (переподтверждения)	2021	2022	2023	2024
Номер и дата протокола заседания УМС	№7 от 15.06.21	№5 от 21.06.22	№5 от 14.04.23	

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

### **Цели изучения дисциплины:**

- формирование у бакалавров теоретических знаний и практических навыков по вопросам владения специализированной базой знаний по методологии применения систем управления, навигации, ориентации и стабилизации РН и КА;
- получение научно-обоснованных сведений о принципах управления ракет-носителей и космических аппаратов;
- формирование системного мышления.

В процессе обучения студент приобретает и совершенствует следующие компетенции:

### **профессиональные компетенции:**

- ПК-5 – способность создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности, бизнесе с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники;
- ПК-6 – способность определять источники информации, выбирать методы разработки требований к системе, определять состав работ, планировать проектные работы.

### **Основными задачами изучения дисциплины являются:**

- изучение основных математических, технических методов и средств систем управления РН и КА, применяемых при проектировании и эксплуатации космических систем;
- освоение основных способов и методов исследования и создания систем управления РН и КА;
- получение теоретических знаний по системам управления РН и КА.

### **После завершения освоения данной дисциплины студент должен**

#### **Знать:**

- основные сведения из теории движения космических аппаратов, принципы построения систем управления полетом РН и КА, а также систем навигации, ориентации и стабилизации КА;
- методы и способы навигации, ориентации и стабилизации РН и КА, а также характеристики основных режимов навигации, ориентации и стабилизации КА;
- Принципы и методы построения систем управления полетом РН и КА, а также систем навигации, наведения, ориентации и стабилизации КА;
- Принципы выделения измерительных координатных и скоростных навигационных параметров летательных аппаратов;
- иметь представление о существующих, современных направлениях, принципах построения и перспективах развития систем управления РН и КА.

### **Уметь:**

- Проводить расчёт параметров систем управления полетом РН и КА, а также систем навигации, наведения, ориентации и стабилизации КА
- Анализировать и обосновывать способы и методы навигации, наведения, ориентации и стабилизации КА.
- определять характеристики основных режимов навигации, ориентации и стабилизации КА;
- обосновывать необходимость основных способов и методов исследования и создания систем управления РН и КА;
- обосновывать принципы построения систем управления полетом ракет-носителей и космических аппаратов;
- проводить расчёт систем навигации, ориентации и стабилизации космических аппаратов;
- обосновывать структуру измерительной информации, выдаваемой в центр управления полётом КА для автоматизированной обработки при определении параметров контролируемых орбит.

### **Владеть:**

- практическими навыками по вопросам технических требований, проектирования и применения систем управления ракет-носителей и космических аппаратов;
- Навыками расчёта технических параметров систем навигации, наведения, ориентации и стабилизации КА
- Навыками разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями
- научно-обоснованными сведениями о основных математических, технических методов и средств систем управления РН и КА, применяемых при проектировании и эксплуатации космических систем.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений, основной профессиональной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению подготовки бакалавров 01.03.02. «Прикладная математика и информатика».

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, полученных в процессе изучения дисциплины: «Конструкции и основные системы ракет-носителей и космических аппаратов» и компетенциях: ПК-2, ПК-5.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины, являются базовыми для изучения дисциплин: «Основы построения и функционирования космических навигационных систем», «Основы построения и функционирования космических систем дистанционного зондирования Земли», «Основы построения программно-аппаратных средств для обучения персонала эксплуатации ракетно-космических объектов», «Основы технико-экономического обоснования ракетно-космических систем» и выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра.

### 3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для студентов очной формы обучения составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Виды занятий	Всего часов	Семестр шестой	Семестр ...
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	
<b>ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ</b>			
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	
Лекции (Л)	32	32	
Практические занятия (ПЗ)	32	32	
Лабораторные работы (ЛР)			
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	
<b>Курсовые работы, проекты</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	
<b>Контрольная работа, домашнее задание</b>	<b>+ -</b>	<b>+ -</b>	
<b>Текущий контроль знаний</b>	<b>Тест</b>	<b>+</b>	
<b>Вид итогового контроля</b>	<b>Зачет</b>	<b>Зачет</b>	
<b>ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ НЕ ПРЕДУСМОТРЕНА УЧЕБНЫМ ПЛАНОМ</b>			

### 4. Содержание дисциплины

#### 4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час	Лабораторный практикум, час	Занятия в интерактивной форме, час	Код компетенций
<b>Тема 1.</b> Сущность и задачи систем управления РН и КА.	4	4	<b>2</b>	<b>ПК-5, ПК-6</b>
<b>Тема 2.</b> Классификация задач систем управления полетом РН и КА.	4	4	<b>2</b>	
<b>Тема 3.</b> Системы ориентации и стабилизации РН и КА.	4	4	<b>2</b>	
<b>Тема 4.</b> Методы ориентации и стабилизации РН и КА.	4	4	<b>2</b>	
<b>Тема 5.</b> Системы навигации и наведения РН и КА	4	4	<b>1</b>	
<b>Тема 6.</b> Системы координат и уравнения, используемые для описания движения РН и КА.	4	4	<b>1</b>	
<b>Тема 7.</b> Инерциальные навигационные системы.	4	4	<b>1</b>	
<b>Тема 8.</b> Системы управления РН и КА.	4	4	<b>1</b>	
<b>Итого</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>12</b>	

## **4.2. Содержание тем дисциплины**

### **Тема 1. Сущность и задачи систем управления РН и КА**

Исторический обзор развития систем управления РН и КА и содержание курса. Задачи дисциплины и методы их изучения. Актуальность дисциплины. Место системы управления РН и КА в процессе разработки и эксплуатации комплекса управляемого ЛА. Сущность и задачи систем управления РН и КА. Общие сведения о системах управления. Требования к бортовой аппаратуре систем управления.

### **Тема 2. Классификация задач систем управления полетом РН и КА**

Состав и назначение системы управления РН и КА. Управление движением центра масс КА. Классификация задач наведения и навигации. Движение КА относительно центра масс. Управление движением относительно центра масс КА. Классификация систем ориентации и стабилизации КА.

### **Тема 3. Системы ориентации и стабилизации РН и КА**

Определение ориентации и стабилизации РН и КА. Уравнения движения относительно центра масс КА. Упрощенные уравнения движения относительно центра масс КА. Управление угловым движением КА с помощью: реактивных двигателей, двигателей-маховиков, гироскопического стабилизатора, магнитопривода. Задачи и возможный состав системы управления движением относительно центра масс КА. Гироскопы и инерциальные датчики. Свойства гироскопа. Гироскопические приборы системы стабилизации. Гиростабилизаторы. Астроприборы ориентации КА. Рекомендации по работе над материалом курса. Основные обозначения и принятая терминология. Обобщенная схема систем ориентации и стабилизации КА.

### **Тема 4. Методы ориентации и стабилизации РН и КА**

Система гравитационной стабилизации КА. Аэродинамическая стабилизация КА. Стабилизация КА вращением. Управление движением КА относительно центра масс при помощи реактивных двигателей. Использование системы двигателей-маховиков для управления движением КА относительно центра масс. Системы разгрузки двигателей-маховиков. Принципы действия и свойства гироскопов. Датчики угловых скоростей на основе двухстепенных гироскопов. Одноосные гиростабилизаторы. Гиростабилизированные платформы. Требования к системам ориентации и стабилизации РН и КА.

### **Тема 5. Системы навигации и наведения РН и КА.**

Принципы действия и основные отличия глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. Обобщенная схема и принцип действия навигационного приемника ГЛОНАСС/ GPS. Астроприборы навигации КА. Астронавигации КА по отдельным астрономическим ориентирам. Астроориентация по участку звездного неба. Звездные камеры. Бортовой радиовысотомер. Задачи наведения (маневрирования) КА. Принципы построения систем наведения КА. Программное управление (метод «жестких траекторий»). Терминальное управление (метод «Гибких траекторий»). Требования к системам навигации и наведения РН и КА.

### **Тема 6. Инерциальные навигационные системы**

Инерциальные навигационные системы на основе гиросtabilизированных платформ. Акселерометры. Лазерные гироскопы. Интегрированные инерциальные навигационные системы. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС). Навигационное уравнение БИНС. Коррекция БИНС по сигналам систем ГЛОНАСС/GPS.

#### **Тема 7. Системы координат и уравнения, используемые для описания движения РН и КА**

Абсолютная система координат. Гринвичская система координат. Орбитальная система координат. Связанная система координат. Стартовая система координат. Уравнения невозмущенного движения центра масс КА. Уравнения возмущенного движения центра масс КА. Прогнозирование параметров движения центра масс КА. Расчет текущих параметров движения центра масс КА. Уравнения движения относительно центра масс РН и КА. Уравнения Эйлера. Упрощенный вид уравнений Эйлера.

#### **Тема 8. Системы управления движением РН и КА**

Общая схема движения РН при выводе КА на орбиту. Силы, действующие на РН. (Сила притяжения Земли. Аэродинамические силы. Сила тяги реактивного двигателя. Силы органов управления. Моменты сил, действующих на РН. Уравнения движения РН). Моменты сил, действующих на КА. Момент гравитационных сил. Момент аэродинамических сил. Магнитный момент. Момент от сил светового давления. Структурная схема управления автоматического КА. Структурная схема управления пилотируемого КА. Бортовые цифровые вычислительные машины. Системы управления малых КА дистанционного зондирования Земли. Системы управления РН. Кинематические уравнения углового движения РН. Инерциальные системы управления РН. Система угловой стабилизации и наведения РН. Исполнительные органы управления РН.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине**

«Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины».

### **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведена в Приложении 1.

### **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **Основная литература:**

1. Дудко, Б.П. Космические радиотехнические системы: учебное пособие / Б.П. Дудко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 291 с.: -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208643>

2. Кириллов, А.А. Основы электропривода летательных аппаратов: учебное пособие / А.А. Кириллов, В.Г. Стеблецов. - М.: БИБЛИО-ГЛОБУС, 2013. - 208 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229655>
3. Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении : учебное пособие / В.И. Круглов, А.С. Чумадин, В.И. Ершов, В.В. Курицына. - М. : Логос, 2011. - 432 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=85026>

#### **Дополнительная литература:**

1. Легкий, В.Н. Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения: учебник / В.Н. Легкий, Б.В. Галун, О.В. Санков. - Новосибирск: НГТУ, 2011. - 457 с. - ISBN 978-5-7782-1777-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=1355955>
2. Тяпкин, В.Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС / В.Н. Тяпкин, Е.Н. Гарин. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. - 260 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229187>
3. Алешечкин, А.М. Определение угловой ориентации объектов по сигналам спутниковых радионавигационных систем: монография / А.М. Алешечкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский федеральный университет. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. - 176 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364550>
4. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. Москва, БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011.
5. Зеленцов В.В. Основы баллистического проектирования искусственных спутников Земли. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.

#### **Рекомендуемая литература:**

1. Аверьянов А.П., Вокин Г.Г., Чаплинский В.С. В. Введение в ракетно-космическую технику Часть 1. Общие сведения. Космодромы. Наземные средства контроля и управления ракетами и космическими аппаратами: Учебное пособие. – королев МО: КИУЭС. – 2011-238с.
2. Аверьянов А.П., Вокин Г.Г., Чаплинский В.С. В. Введение в ракетно-космическую технику Часть 2.: Учебное пособие. – Королев МО: КИУЭС. – 2012-230с.
3. Алгоритмы определения ориентации КА по бортовым и астроизмерениям. Г.А. Аванесов, Я.Л. Зиман, В.А. Красиков и др., Изв. вузов. Приборостроение. 2003. Т.46. №4. С. 31-36.
4. Аванесов Г.А., Воронков С.В., Форш А.А. Стенд для динамических испытаний и геометрической калибровки астронавигационных приборов. Изв. вузов.

- Приборостроение. 2003. Т. 46. № 4. С. 74-79.
5. Кондратьева Т.В. Моделирование параметров движения космических аппаратов и внешних условий космического пространства в процессе наземных испытаний звездных координаторов. Препринт ИКИ РАН. М., 2005.
  6. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. М.: Эко-трендз, 2000.
  7. Бебенин Г.Г., Скребушевский Б.С., Соколов Г.А. Системы управления полетом космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1978.
  8. Разыграев А.П. Основы управления полетом космических аппаратов и кораблей. М.: Машиностроение, 1990.
  9. Сердюк В.К. Проектирование средств выведения КА. "Машиностроение-Полет", 2009.
  10. Раушенбах В.В., Токарь Е.Н. Управление ориентацией КА. Издательство Наука, 1974.
  11. Кавинов И.Ф. Инерциальная навигация в околоземном пространстве. Издательство Машиностроение, 1988.
  12. Малышев Г.В., Блейх Х.С., Зернов В.И. Проектирование автоматических КА. М.: Машиностроение, 1982.
  13. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Внешняя баллистика. - М.: Машиностроение, 2005.
  14. Артюхин Ю.П., Каргу Л.И., Симаев В.Л. Системы управления КА, стабилизированных вращением. Издательство наука, 1979.
  15. Боевкин В.И., Гуревич Ю.Г., Павлов Ю.Н., Толстоусов Г.Н. Ориентация искусственных спутников в гравитационных и магнитных полях. Издательство Наука, 1976.
  16. Звездные координаторы систем ориентации космических аппаратов. Г.А. Аванесов, А.А. Форш, М.И. Куделин и др., Изв. вузов. Приборостроение. 2003. Т. 46. №4. С. 66-69.
  17. Селезнев В.П. Основы космической навигации. Изд 2-е испр. – М.: книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.

#### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

[http://www.security-bridge.com/biblioteka/stati\\_po\\_bezopasnosti/topologiya\\_seti\\_i\\_raschet\\_propusknoj\\_sposobnosti/](http://www.security-bridge.com/biblioteka/stati_po_bezopasnosti/topologiya_seti_i_raschet_propusknoj_sposobnosti/) - Гонта А.С. Топология сети и расчет пропускной способности

<https://www.glonass-iac.ru/> - федеральное космическое агентство

<http://www.znaniyum.com/> - электронно-библиотечная система

<http://www.e.lanbook.com/> - ЭБС Издательства "ЛАНЬ"

<http://www.rucont.ru/> - электронно-библиотечная система

<http://www.biblioclub.ru/> - университетская библиотека онлайн

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины приведены в Приложении 2 к настоящей рабочей программе.

## **10. Перечень информационных технологий**

**Перечень программного обеспечения:** *MS Office*

**Информационные справочные системы:** *Электронные ресурсы образовательной среды Университета.*

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

### **Лекционные занятия:**

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран); доской для письма мелом или фломастерами;
- комплект электронных презентаций/слайдов.

### **Практические занятия:**

- аудитория, оснащенная мультимедийными средствами (проектор, ноутбук), демонстрационными материалами (наглядными пособиями); доской для письма мелом или фломастерами;
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочее место студента, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

*ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ  
Кафедра управления и информационных технологий в космических системах  
(НИИ КС им. А.А. Максимова, филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»)*

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ  
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И КОСМИЧЕСКИХ  
АППАРАТОВ»**

**(Приложение 1 к рабочей программе)**

**Направление подготовки:** 01.03.02 Прикладная математика и информатика

**Профиль:** Искусственный интеллект и управление в ракетно-технических системах

**Уровень высшего образования:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

Королев  
2021

# 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)*	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции (или ее части), обучающийся должен:		
				знать	уметь	владеть
1.	ПК-5	Способность создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники	<p><b>Тема 1.</b> Сущность и задачи систем управления РН и КА.</p> <p><b>Тема 2.</b> Классификация задач систем управления полетом РН и КА.</p> <p><b>Тема 3.</b> Системы ориентации и стабилизации.</p> <p><b>Тема 4.</b> Методы ориентации и стабилизации РН и КА.</p> <p><b>Тема 5.</b> Системы навигации и наведения РН и КА.</p>	основные сведения из теории движения космических аппаратов, принципы построения систем управления полетом РН и КА, а также систем навигации, ориентации и стабилизации КА	Проводить расчёт параметров систем управления полетом РН и КА, а также систем навигации, наведения, ориентации и стабилизации КА Анализировать и обосновывать способы и методы навигации, наведения, ориентации и стабилизации КА.	Навыками расчёта технических параметров систем навигации, наведения, ориентации и стабилизации КА Навыками разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями
2.	ПК-6	Способность определять источники информации, выбирать методы разработки требований к системе, определять состав работ, планировать проектные работы	<p><b>Тема 6.</b> Системы координат и уравнения, используемые для описания движения РН и КА.</p> <p><b>Тема 7.</b> Инерциальные навигационные системы.</p> <p><b>Тема 8.</b> Системы управления движением РН и КА.</p>	Принципы и методы построения систем управления полетом РН и КА, а также систем навигации, наведения, ориентации и стабилизации КА Принципы выделения измерительных координатных и скоростных навигационных параметров летательных аппаратов	определять характеристик и основных режимов навигации, ориентации и стабилизации КА; обосновывать необходимость основных способов и методов исследования и создания систем управления РН и КА; обосновывать принципы построения систем управления полетом ракет-носителей и космических аппаратов; проводить расчёт систем навигации, ориентации и	практическими навыками по вопросам технических требований, проектирования и применения систем управления ракет-носителей и космических аппаратов; научно-обоснованными сведениями о основных математических, технических методов и средств систем управления РН и КА, применяемых при проектировании и эксплуатации космических систем.

					стабилизации космических аппаратов; обосновывать структуру измерительной информации, выдаваемой в центр управления полётом КА для автоматизированной обработки при определении параметров контролируемых орбит.	
--	--	--	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
ПК-5, ПК-6	Контрольная работа	А) <b>полностью сформирована</b> (компетенция освоена на высоком уровне) – 5 баллов Б) <b>частично сформирована:</b> •компетенция <b>освоена на продвинутом уровне</b> – 4 балла; •компетенция <b>освоена на базовом уровне</b> – 3 балла; В) <b>не сформирована</b> (компетенция не освоена) – 2 и менее баллов	Проводится в письменной форме Критерии оценки: 1. Задание сделано (5 баллов). 2. Задание сделано с небольшой ошибкой (4 балла). 3. Задание выполнено не до конца (3 балла). 4. Задание не выполнено (2 балла). 5. Оригинальность подхода к выполнению задания (+1 балл к 5 баллам). Максимальная сумма баллов - 6 баллов. Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.
ПК-5, ПК-6	Письменное задание Решение задач по темам дисциплины	А) <b>полностью сформирована</b> (компетенция освоена на высоком уровне) – 5 баллов Б) <b>частично сформирована:</b> •компетенция <b>освоена на продвинутом уровне</b> – 4 балла; •компетенция <b>освоена на базовом</b>	Проводится в письменной форме Критерии оценки: Время, отведенное на процедуру – 10 - 15 мин. Неявка – 0. 1. Соответствие содержания отчёта заданию (1 балл). 2. Полнота проведения расчётов и обоснований (2 балла). 3. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл).

		уровне – 3 балла; В) <b>не сформирована</b> (компетенция не освоена) – 2 и менее баллов	4. Качество самой представленной работы (1 балл). Максимальная сумма баллов - 5 баллов. Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.
ПК-5, ПК-6	Реферат Выступление с докладом	А) <b>полностью сформирована</b> (компетенция освоена на высоком уровне) – 5 баллов Б) <b>частично сформирована:</b> •компетенция <b>освоена на продвинутом уровне</b> – 4 балла; •компетенция <b>освоена на базовом уровне</b> – 3 балла; В) <b>не сформирована</b> (компетенция не освоена) – 2 и менее баллов	1. Проводится в форме выступления с докладом и презентацией 2. Время, отведенное на процедуру – 10 - 15 мин. Неявка – 0. Критерии оценки: 1. Соответствие доклада заявленной тематике (0-5 баллов). Максимальная сумма баллов - 5 баллов. Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.

### **3. 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**

#### **3.1 Тематика контрольных работ:**

Для текущего контроля успеваемости используются опросы и оценка заданий, выданных на практических занятиях.

Тематика письменных заданий:

1. Методика расчёта технических параметров систем ориентации и стабилизации, применяемых на РН.
2. Методика расчёта технических параметров систем ориентации и стабилизации с использованием двигателей-маховиков, применяемых на КА.
3. Методика расчёта технических параметров систем разгрузки двигателей-маховиков с использованием реактивных двигателей, применяемые на КА.
4. Методика расчёта технических параметров систем электромагнитной разгрузки двигателей-маховиков, применяемых на КА.
5. Методика расчёта движения РН и КА относительно центра масс.
6. Методика расчета и прогнозирования движения центра масс РН и КА.

7. На основании приведенных данных исследовать динамику управления движением, приборный состав и принципы систем навигации, наведения, ориентации и стабилизации РН и КА.

### 3.2 Примерная тематика рефератов:

1. Методы ориентации и стабилизации космических аппаратов дистанционного зондирования Земли.
2. Методы навигации и наведения космических аппаратов.
3. Методы навигации космических аппаратов дистанционного зондирования Земли и спутников связи.
4. Методы измерения угловых координат космических аппаратов.
5. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС).

### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине являются две текущие аттестации в виде тестов и одна промежуточная аттестация в виде зачёта в устной форме.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
Согласно графика учебного процесса	Тестирование 1, 2	ПК-5 ПК-6	22 вопроса	Компьютерное тестирование; время отведенное на процедуру - 40 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка - 0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 61%. Отлично – от 81%.
Согласно графика учебного процесса	Зачет	ПК-5, ПК-6	2 вопроса, 1 практическое задание	Зачет проводится в письменной форме, путем ответа на вопрос и решения практического задания. Время отведенное на процедуру – 0,35 часа на студента.	Результаты предоставляются в день проведения зачета	Критерии оценки: «Зачет»: • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • работа на практических занятиях; • знание основных научных теорий, изучаемых предметов; • ответ на вопросы билета. «Незачет»: • демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; • незнание основных понятий предмета; • неумение использовать и применять полученные знания

						на практике; • не работал на практических занятиях; • не отвечает на вопросы.
--	--	--	--	--	--	-------------------------------------------------------------------------------------

#### 4.1. Типовые задания на тестирование

По дисциплине проводятся две текущие аттестации в виде защиты письменных заданий. По форме заданий предоставляется письменный отчет. Содержание отчёта должно соответствовать заданию, а также выполняется полное проведение расчетов и обоснований.

*Предлагаются вопросы и задания №1-22 (согласно графика учебного процесса).*

1. Определение понятия "управление ориентацией и стабилизацией РН".
2. Определение понятия "управление ориентацией и стабилизацией КА".
4. Основные системы координат, применяемые при изучении движения РН.
5. Основные системы координат, применяемые при изучении движения КА.
6. Основные системы координат, применяемые при управлении ориентацией и стабилизацией РН.
7. Основные системы координат, применяемые при управлении ориентацией и стабилизацией КА.
8. Общая схема выведения РН при выводе КА на орбиту.
9. Силы, действующие на РН и КА.
10. Сила притяжения Земли.
11. Аэродинамические силы.
12. Сила тяги реактивного двигателя.
13. Моменты сил, действующих на РН и КА.
14. Общие сведения о системах управления.
15. Структурная схема системы ориентации и стабилизации КА.
16. Назначение гироскопа и инерциальных датчиков.
17. Свойства гироскопа.
18. Гироскопические приборы системы стабилизации.
19. Определение абсолютной системы координат.
20. Определение гринвичской системы координат.
21. Определение орбитальной системы координат.
22. Определение связанной системы координат.

*Предлагаются вопросы и задания №1-33 (согласно графика учебного процесса).*

1. Общее уравнение движения КА.
2. Общее уравнение движения РН.
3. Силы, действующие на РН.
4. Силы, действующие на КА.
5. Моменты сил, действующих на КА.
6. Момент гравитационных сил.
7. Момент аэродинамических сил.
8. Магнитный момент.
9. Момент от сил светового давления.
10. Задачи и возможный состав системы управления движением центра масс КА.
11. Классификация систем управления КА.
12. Управление угловым движением КА с помощью реактивных двигателей.
13. Управление угловым движением КА с помощью двигателей-маховиков.
14. Управление угловым движением КА с помощью гироскопического стабилизатора.
15. Управление угловым движением КА с помощью магнитопривода.
16. Система управления движением и навигации КА.
17. Уравнения движения КА относительно центра масс.
18. Кинематические соотношения Пуассона.
19. Приборы, используемые в системах ориентации и стабилизации РН.
20. Приборы, используемые в системах ориентации и стабилизации КА.
21. Назначение реактивных двигателей КА.
22. Определение бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС).
23. Принцип использования системы двигателей-маховиков для управления движением КА относительно центра масс.
24. Стабилизация КА вращением.
25. Система гравитационной стабилизации КА.
26. Ориентация КА в магнитных полях Земли.
27. Общее уравнение движения КА относительно центра масс.
28. Сущность астрокоррекции БИНС.
29. Системы управления РН.
30. Требования к системе управления РН.
31. Система наведения. Регулятор кажущейся скорости.
32. Система стабилизации.

### 33. Органы управления РН.

#### 4.2. Типовые вопросы, выносимые на зачет

1. Задачи управления движением центра масс и относительно центра масс.
2. Моменты внешних сил, действующих на КА.
3. Задачи навигации и наведения (маневрирования) КА.
4. Принципы построения систем наведения КА.
5. Требования к системам навигации и наведения КА.
6. Задачи, решаемые системами ориентации и стабилизации КА.
7. Способы ориентации и стабилизации КА (активные, пассивные и комбинированные).
8. Классификация систем ориентации и стабилизации по видам чувствительных элементов и исполнительных органов.
9. Обобщенная структура систем ориентации и стабилизации КА.
10. Требования к системам ориентации и стабилизации КА.
11. Типы гироскопических стабилизаторов.
12. Принцип действия датчика угловой скорости (ДУС) на основе двухстепенного гироскопа.
13. Принцип действия и состав инерциальных навигационных систем (ИНС) на основе гиростабилизированных платформ (ГСП).
14. Принцип действия бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС). Навигационное уравнение БИНС.
15. Системы координат, применяемые при изучении движения РН и КА.
16. Уравнения движения КА относительно центра масс. Динамические уравнения Эйлера.
17. Кинематические уравнения углового движения РН
18. Уравнения движения центра масс КА.
19. Назначение и структура системы управления РН.
20. Система угловой стабилизации РН.
21. Система наведения РН. Система регулирования кажущейся скорости.
22. Обобщенная структура и принцип действия приемника ГЛОНАСС/GPS.
23. Задачи приборов астронавигации и астроориентации КА. Требования к астроприборам ориентации и навигации КА.
24. Астронавигация по отдельным астрономическим ориентирам. Астроориентация по участку звездного неба. Звездные камеры.
25. Структурные схемы систем управления автоматического и пилотируемого КА. Состав бортового комплекса управления.

*ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ  
Кафедра управления и информационных технологий в космических системах  
(НИИ КС им. А.А. Максимова, филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»)*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ  
ДИСЦИПЛИНЫ  
«ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И КОСМИЧЕСКИХ  
АППАРАТОВ»**

**(Приложение 2 к рабочей программе)**

**Направление подготовки:** 01.03.02 Прикладная математика и информатика

**Профиль:** Искусственный интеллект и управление в ракетно-технических системах

**Уровень высшего образования:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

Королев  
2021

## 1. Общие положения

**Цель дисциплины:** формирование у бакалавров теоретических знаний и практических навыков по вопросам по методологии применения систем управления, навигации, ориентации и стабилизации ракет-носителей и космических аппаратов. Изучение дисциплины содействует формированию системного мышления.

### Задачи дисциплины:

- ознакомление с основными математическими, техническими методами и средствами систем управления РН и КА, применяемых при проектировании и эксплуатации космических систем;
- обучение основным способам и методам исследования и создания систем управления РН и КА;
- изучение теоретических знаний по системам управления РН и КА.

## 2. Указания по проведению практических занятий

### Практическое занятие.

#### Тема 1. Сущность и задачи систем управления РН и КА.

#### Практическое занятие.

##### *Учебные вопросы*

1. Общие сведения о системах управления. Требования к бортовой аппаратуре системы управления. Система наведения. Система навигации. Система ориентации и стабилизации
2. Органы управления. Определение ориентации и стабилизации РН и КА. Управление угловым движением КА с помощью: реактивных двигателей, двигателей-маховиков, гироскопического стабилизатора, магнитопривода.
3. Задачи и возможный состав системы управления движением центра масс КА. Гироскопы и инерциальные датчики. Инерциальные навигационные системы. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы.

**Задание 1.** Рассмотреть пример измерения акселерометром разности гравитационных ускорений на гипотетическом космическом аппарате, движущемся у поверхности Земли, когда центры тяготения корпуса КА и сейсмической (инерционной) массы акселерометра не совпадают.

Исходные данные:

$R = 6370$  км – расстояние от центра тяготения Земли до центра тяготения КА;

$g = 9,8$  м/с<sup>2</sup> – ускорение силы тяжести у поверхности Земли;

$\Delta R = 10$  м – разность расстояний от центра тяготения Земли до центров тяготения корпуса КА и сейсмической (инерционной) массы акселерометра.

Определить разность гравитационных ускорений в центрах тяготения корпуса КА и сейсмической массы акселерометра.

Определить порог чувствительности (разрешение) акселерометра, необходимый для измерения разности гравитационных ускорений такого порядка с точностью 1%.

Продолжительность занятия 4 часа.

## **Тема 2. Классификация задач систем управления полетом РН и КА**

### **Практическое занятие**

#### *Учебные вопросы*

1. Классификация задач систем навигации и наведения РН и КА.
2. Классификация задач систем ориентации и стабилизации РН и КА.

**Задание 2.** Рассмотреть пример измерения акселерометром разности гравитационных ускорений на гипотетическом космическом аппарате, движущемся у поверхности Земли, когда центры тяготения корпуса КА и сейсмической (инерционной) массы акселерометра не совпадают.

Исходные данные:

$R = 6470$  км – расстояние от центра тяготения Земли до центра тяготения КА;

$g = 9,7$  м/с<sup>2</sup> – ускорение силы тяжести у поверхности Земли;

$\Delta R = 10$  м – разность расстояний от центра тяготения Земли до центров тяготения корпуса КА и сейсмической (инерционной) массы акселерометра.

Определить разность гравитационных ускорений в центрах тяготения корпуса КА и сейсмической массы акселерометра.

Определить порог чувствительности (разрешение) акселерометра, необходимый для измерения разности гравитационных ускорений такого порядка с точностью 2%.

Продолжительность занятия 4 часа.

## **Тема 3. Системы ориентации и стабилизации РН и КА.**

### **Практическое занятие**

#### *Учебные вопросы*

1. Системы ориентации и стабилизации КА.
2. Системы ориентации и стабилизации РН.

Продолжительность занятия 4 часа.

## **Тема 4. Методы ориентации и стабилизации РН и КА.**

### **Практическое занятие**

Тема и содержание практического занятия:

#### *Учебные вопросы*

1. Методы управления угловым движением КА с использованием различных исполнительных органов.

2. Требования к системам ориентации и стабилизации РН и КА.  
Продолжительность занятия 4 часа.

### **Тема 5. Системы навигации и наведения РН и КА.**

#### **Практическое занятие.**

##### *Учебные вопросы*

1. Системы навигации и наведения КА.
2. Системы навигации и наведения РН.

Продолжительность занятия 4 часа.

### **Тема 6. Инерциальные навигационные системы**

#### **Практическое занятие.**

##### *Учебные вопросы*

1. Инерциальные навигационные системы на основе гиростабилизированных платформ.
  2. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС).
- Продолжительность занятия 4 часа.

### **Тема 7. Системы координат и уравнения, используемые для описания движения КА и РН.**

#### **Практическое занятие.**

##### *Учебные вопросы*

1. Системы координат и уравнения, описывающие движение центра масс КА и РН.
2. Системы координат и уравнения, описывающие движение относительно центра масс КА и РН.

Продолжительность занятия 4 часа.

### **Лабораторная работа 8.**

#### **Тема 8. Системы управления движением КА и РН.**

##### *Учебные вопросы*

1. Системы управления движением КА.
2. Системы управления движением РН.

1. Продолжительность занятия 4 часа.

### **3. Указания по проведению лабораторного практикума**

Не предусмотрено учебным планом.

#### 4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

**Самостоятельная работа студентов** является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Самостоятельная работа проводится в виде подготовки к практическим занятиям, выполнения индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы, подготовки к участию в научно-практических конференциях, подготовки к сдаче экзамена.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов проводится в письменной, устной или смешанной форме по представлению студентами продуктов своей творческой деятельности или результатам демонстрации своих знаний и умений.

*Задачи самостоятельной работы:*

- 1) расширить свои знания по методологии применения систем управления, навигации, ориентации и стабилизации РН и КА;
- 2) самостоятельно выполнить домашнее задание в соответствии с графиком;
- 3) овладеть навыками самостоятельной работы с библиографическими и электронными источниками.

Тематическое содержание самостоятельной работы представлено в таблице:

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Количество часов	Перечень заданий
1.	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	2	Закрепляя пройденный материал, в дополнение к конспектам лекционных и практических занятий рекомендуется использовать литературу и другие источники, примерный перечень которых имеется в разделе 7.
2.	Подготовка к практическим занятиям	2	Проработка лекций, изучение рекомендованной литературы.
	Выполнение индивидуальной письменной работы	2	Выдается преподавателем каждому студенту индивидуально
	Подготовка к зачету	2	Проработка лекций, практик, изучение рекомендованной литературы. Консультации у преподавателя.
<b>ИТОГО</b>		8	

##### 4.1 Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение

1. Система управления движением и навигации КА.
2. Уравнения движения КА относительно центра масс.
3. Кинематические соотношения Пуассона.
4. Приборы, используемые в системах ориентации и стабилизации РН.
5. Приборы, используемые в системах ориентации и стабилизации КА.
6. Назначение реактивных двигателей КА.

7. Определение бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС).
8. Принцип использования системы двигателей-маховиков для управления движением КА относительно центра масс.
9. Стабилизация КА вращением.
10. Система гравитационной стабилизации КА.
11. Ориентация КА в магнитных полях Земли.
12. Общее уравнение движения КА относительно центра масс.
13. Сущность астрокоррекции БИНС.
14. Системы управления РН.

## **5. Указания по проведению контрольных работ**

### **5.1. Требования к структуре**

**Цель контрольной работы:** построение динамических и частотных характеристик систем автоматического управления (САУ) и получение навыков исследования линейных динамических моделей.

### **5.2. Требования к содержанию**

2. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.
3. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать. Так, в качестве цели не следует употреблять глагол «сделать». Правильно будет использовать глаголы: «раскрыть», «определить», «установить», «показать», «выявить» и т.д.
4. Основная часть работы включает вопросы, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.
5. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами и т.п.).
6. Необходимо давать ссылки на используемую Вами литературу.
7. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.
8. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

### **5.3. Требования к оформлению.**

Объём контрольной работы – 5...10 страниц формата А4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт Times New Roman). Контрольная работа должна быть также представлена в электронном виде.

## 6. Указания по проведению курсовых работ

Не предусмотрено учебным планом.

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная литература:

1. Дудко, Б.П. Космические радиотехнические системы: учебное пособие / Б.П. Дудко; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 291 с. : - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208643>
2. Кириллов, А.А. Основы электропривода летательных аппаратов: учебное пособие / А.А. Кириллов, В.Г. Стеблецов. - М.: БИБЛИО-ГЛОБУС, 2013. - 208 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229655>
3. Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении: учебное пособие / В.И. Круглов, А.С. Чумадин, В.И. Ершов, В.В. Курицына. - М. : Логос, 2011. - 432 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=85026>

### Дополнительная литература:

1. Легкий, В.Н. Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения: учебник / В.Н. Легкий, Б.В. Галун, О.В. Санков. - Новосибирск: НГТУ, 2011. - 457 с. - ISBN 978-5-7782-1777-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=1355955>
2. Тяпкин, В.Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС / В.Н. Тяпкин, Е.Н. Гарин. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. - 260 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229187>
3. Алешечкин, А.М. Определение угловой ориентации объектов по сигналам спутниковых радионавигационных систем: монография / А.М. Алешечкин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014. - 176 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364550>
4. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. Москва, БИНОМ, Лаборатория знаний, 2018.
5. Зеленцов В.В. Основы баллистического проектирования искусственных спутников Земли. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018.

### Рекомендуемая литература:

1. Пшеняник В.Г. Общие сведения о системах управления КА и РН. Требования к бортовой аппаратуре систем управления. Электронная версия лекции.
2. Аверьянов А.П., Вокин Г.Г., Чаплинский В.С. В. Введение в ракетно-

- космическую технику Часть 1. Общие сведения. Космодромы. Наземные средства контроля и управления ракетами и космическими аппаратами: Учебное пособие. – Королев МО: КИУЭС. – 2011. -238с.
3. Аверьянов А.П., Вокин Г.Г., Чаплинский В.С. В. Введение в ракетно-космическую технику Часть 2.: Учебное пособие. – Королев МО: КИУЭС. – 2012. -230с.
  4. Алгоритмы определения ориентации КА по бортовым и астроизмерениям. Г.А. Аванесов, Я.Л. Зиман, В.А. Красиков и др., Изв. вузов. Приборостроение. 2003. Т.46. №4. С. 31-36.
  5. Аванесов Г.А., Воронков С.В., Форш А.А. Стенд для динамических испытаний и геометрической калибровки астронавигационных приборов. Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 46. № 4. С. 74-79.
  6. Кондратьева Т.В. Моделирование параметров движения космических аппаратов и внешних условий космического пространства в процессе наземных испытаний звездных координаторов. Препринт ИКИ РАН. М., 2005.
  7. Соловьев Ю.А. Системы спутниковой навигации. М.: Эко-трендз, 2000.
  8. Бебенин Г.Г., Скребушевский Б.С., Соколов Г.А. Системы управления полетом космических аппаратов. М.: Машиностроение, 1978.
  9. Разыграев А.П. Основы управления полетом космических аппаратов и кораблей. М.: Машиностроение, 1990.
  10. Сердюк В.К. Проектирование средств выведения КА. "Машиностроение-Полет", 2009.
  11. Раушенбах ВВ., Токарь Е.Н. Управление ориентацией КА. Издательство Наука, 1974.
  12. Кавинов И.Ф. Инерциальная навигация в околоземном пространстве. Издательство Машиностроение, 2008.
  13. Малышев Г.В., Блейх Х.С., Зернов В.И. Проектирование автоматических КА. М.: Машиностроение, 1982.
  14. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Внешняя баллистика. - М.: Машиностроение, 2005.
  15. Артюхин Ю.П., Каргу Л.И., Симаев В.Л. Системы управления КА, стабилизированных вращением. Издательство наука, 1979.
  16. Боевкин В.И., Гуревич Ю.Г., Павлов Ю.Н., Толстоусов Г.Н. Ориентация искусственных спутников в гравитационных и магнитных полях. Издательство Наука, 1976.
  17. Звездные координаторы систем ориентации космических аппаратов. Г.А. Аванесов, А.А. Форш, М.И. Куделин и др., Изв. вузов. Приборостроение. 2003. Т. 46. №4. С. 66-69.
  18. Чаплинский В.С. Практические задания по теме «Релятивистские частотно-фазовые соотношения между параметрами сигналов». Электронная версия.

19. Селезнев В.П. Основы космической навигации. Изд 2-е испр. – М.: книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.

#### **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

[http://www.security-bridge.com/biblioteka/stati\\_po\\_bezopasnosti/topologiya\\_seti\\_i\\_raschet\\_propusknoj\\_sposobnosti/](http://www.security-bridge.com/biblioteka/stati_po_bezopasnosti/topologiya_seti_i_raschet_propusknoj_sposobnosti/) - Гонта А.С. Топология сети и расчет пропускной способности

<https://www.glonass-iac.ru/> - федеральное космическое агентство

<http://www.znaniium.com/> - электронно-библиотечная система

<http://www.e.lanbook.com/> - ЭБС Издательства "ЛАНЬ"

<http://www.rucont.ru/> - электронно-библиотечная система

<http://www.biblioclub.ru/> - университетская библиотека онлайн

#### **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

**Перечень программного обеспечения:** MSOffice, VisSim.

**Информационные справочные системы:** *Электронные ресурсы образовательной среды Университета.*