



Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
Московской области

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
Е.К. Самаров  
« 08 » 2021г.



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

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ДИСЦИПЛИНЫ  
«КОНСТРУКЦИИ И ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ»**

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

**Профиль:** Искусственный интеллект и управление в ракетно-космических си-  
стемах

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная




Королев  
2021

Автор: д.т.н., профессор Гончаров В.В. Рабочая программа дисциплины: «Конструкции и основные системы 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 (переутверждения)	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., доц. И.В. Бугай

**Рабочая программа рекомендована на заседании УМС**

Год утверждения (переутверждения)	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:**

- сформировать у бакалавров теоретические знания и практические навыки по вопросам технического состояния и надежности космических аппаратов, ракетно-космической техники и наземной космической инфраструктуры;
- получение практических навыков использования методов оценки характеристик ракет-носителей и космических аппаратов и использование полученных знаний для решения прикладных задач;
- дисциплинировать мышление, содействовать формированию научного.

В процессе обучения студент приобретает и совершенствует следующие компетенции:

### **профессиональные компетенции (ПК):**

- способность демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий проводить расчет обеспечения условий безопасной жизнедеятельности (ПК-2);
- способность создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе с учетом возможностей современных информационных технологий, программирования и компьютерной техники (ПК-5).

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

- изучение построения, структуры, свойств, процессов функционирования ракет-носителей и космических аппаратов и их систем;
- освоение методов оценки технических характеристик ракет-носителей и космических аппаратов и их систем;
- умение использовать инженерные методики и алгоритмы расчёта траектории движения, выбора параметров ракет-носителей и космических аппаратов и их систем.

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

#### **Знать:**

- построение основных систем ракет носителей и космических аппаратов;
- функционирование систем ракет-носителей и космических аппаратов на различных этапах эксплуатации;
- основные методы оценки технических характеристик ракет-носителей и космических аппаратов и их систем.

#### **Уметь:**

- использовать упрощенные методики и алгоритмы расчёта траектории движения ракет-носителей и космических аппаратов;
- проводить оценку технических характеристик ракет-носителей и космических аппаратов и их систем;
- определять необходимое количество ступеней ракеты-носителя по упрощённому алгоритму.

**Владеть:**

- практическими навыками по вопросам построения, процессах функционирования ракет-носителей и космических аппаратов и их систем;
- научно-обоснованными сведениями о принципах построения ракет-носителей и космических аппаратов и их 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».

Дисциплина базируется на ранее изученных дисциплинах: «Программная инженерия», «Теоретическая механика», «Уравнения математической физики» и следующих компетенциях – ОПК-1,3,4 и ПК-2, ПК-7.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины, являются базовыми при изучении 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», а также при выполнении 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.

**Таблица 1**

Виды занятий	Всего часов	Семестр пятый	Семестр ...	Семестр ...	Семестр ...
<b>Общая трудоемкость</b>	72	72			
<b>ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ</b>					
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>48</b>	<b>48</b>			
Лекции (Л)	16	16			
Практические занятия (ПЗ)	32	32			
Лабораторные работы (ЛР)	-	-			
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>24</b>	<b>24</b>			
Курсовые работы, проекты	-	-			
Контрольная работа, домашнее задание	+	+			
Текущий контроль знаний	Тест	Тест	-	-	-

Вид итогового контроля:	Зачет	Зачет			
<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	Практические занятия, час	Занятия в интерактивной форме, час	Код компетенций
Тема 1. Краткие исторические сведения о создании ракет	2	4		ПК-2
Тема 2. Принципы построения, конструкция и состав подсистем ракет-носителей	2	4	2	ПК-5
Тема 3. Основы баллистики ракет	2	4	2	ПК-2 ПК-5
Тема 4. Двигательные установки ракет-носителей	2	4	2	ПК-5
Тема 5. Автономная инерциальная система управления ракетой	2	4		ПК-2
Тема 6. Комплексы командных приборов системы управления ракетой и средства прицеливания	2	4		ПК-5
Тема 7. Принципы построения корректируемых систем управления ракет-носителей	2	4	2	ПК-5
Тема 8. Общие сведения о космических аппаратах. Бортовые системы космических аппаратов	2	4	2	ПК-2 ПК-5
<b>Итого</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>10</b>	

### 4.2. Содержание тем дисциплины

#### Тема 1. Краткие исторические сведения о создании ракет

Пионеры ракетной техники. Создание первых баллистических ракет. Создание межконтинентальных баллистических ракет. История создания космических ракет-носителей. Термины и определения, общие понятия.

#### Тема 2. Принципы построения, конструкция и состав подсистем ракет-носителей

Основные типы ракет-носителей. Классы ракет-носителей, область применения. Классификация ракет-носителей. Компоновочная и конструктивная схемы. Системы разделения ступеней ракет-носителей. Силовая схема.

#### Тема 3. Основы баллистики ракет

Фигура Земли, атмосфера земли, состав и свойства атмосферы, стандартная атмосфера. Основные соотношения теории реактивного движения: уравнение Мещерского, формула Циолковского, анализ формулы Циолковского для

одноступенчатой ракеты. Составные ракеты, скорость составной ракеты. Системы координат, определяющие положение ракеты в пространстве. Уравнения движения ракеты на участке выведения полезного груза. Силы, действующие на ракету-носитель в полете: сила тяги, сила земного тяготения, аэродинамические и управляющие силы.

#### **Тема 4. Двигательные установки ракет-носителей**

Типы двигательных установок.

Двигательные установки на жидком ракетном топливе.

Форма сопла жидкостных ракетных двигателей. Изменение скорости движения газа по длине сопла. Системы подачи топлива. Топлива жидкостных ракетных двигателей. Удельная тяга жидкостных ракетных двигателей для используемых компонентов топлива.

Направление совершенствования ракетных двигателей на жидком топливе.

Двигательные установки на твёрдом ракетном топливе.

Конструкция типового твёрдотопливного ракетного двигателя. Топливо твёрдотопливного ракетного двигателя. Форма заряда твёрдотопливного ракетного двигателя. Система выключения двигателя на твёрдом топливе.

Ядерные ракетные двигатели.

Устройство ядерного ракетного двигателя. Удельная тяга ядерного ракетного двигателя.

Двигатели малой тяги.

Жидкостные ракетные двигатели малой тяги. Электроракетные двигатели: ионный ракетный двигатель, плазменный ракетный двигатель.

#### **Тема 5. Автономная инерциальная система управления ракетой**

Система стабилизации и наведения. Основные задачи системы управления ракет. Бортовая аппаратура автономной системы управления ракетой. Наземная аппаратура автономной системы управления ракетой.

#### **Тема 6. Комплексы командных приборов системы управления ракетой и средства прицеливания**

Гироскопы в кордановом подвесе. Гиросtabilизированная платформа. Гирогоризонт, гироверикант. Основные направления совершенствования карданных гироскопов (поплавковый гироскоп, динамически настраиваемые гироскопы, лазерные гироскопы).

#### **Тема 7. Принципы построения корректируемых систем управления ракет-носителей**

Коррекция траектории ракеты по информации от космической навигационной системы. Коррекция траектории с помощью астросистем и с использованием карт местности.

#### **Тема 8. Общие сведения о космических аппаратах, бортовые системы космических аппаратов**

Краткие сведения о космических аппаратах. Типы космических аппаратов.

Бортовые системы космических аппаратов:

система управления, система терморегулирования, система энергопитания, двигательная установка, системы ориентации и стабилизации, бортовой радиокомплекс, система жизнеобеспечения.

Условия работы космических аппаратов.

### **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. А.П. Аверьянов, Вокин Г.Г. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 2. Ракеты. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2011. – 209 с.

2. Сихарулидзе, Ю. Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов / Ю. Г. Сихарулидзе.— 2-е изд. (эл.).— М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013.— ISBN 978-5-9963-2283-1 <http://rucont.ru/efd/283940?cldren=0>

#### **Дополнительная литература:**

1. Егорычев, В. С. Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), В. С. Егорычев.— Самара : Изд-во СГАУ, 2011.— Электрон.текстовые и граф. дан. (1 файл : 1,53 Мбайт)<http://rucont.ru/efd/230043?cldren=0>

2. Лысенко Л.Н. Наведение и навигация баллистических ракет. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 672 с.

3. Аппазов Р.Ф., Сытин О.Г. Методы проектирования траекторий носителей и спутников Земли. – М.: Наука, 1987. – 440 с.

4. Ракеты-носители. В.А. Александров, В.В. Владимиров, Р.Д. Дмитриев, С.О. Осипов. Под общ.ред. проф. С.О. Осипова. – М.: Воениздат, 1982. – 315 с.

5. Основы проектирования летательных аппаратов (транспортные системы). Учебник для технических вузов / В.П. Мишин, В.К. Безвербый, Б.М. Панкратов и др.; под ред. В.П. Мишина. – М.: Машиностроение, 1985. – 1985. – 360 с.

6. Основы теории полёта и элементы проектирования искусственных спутников Земли. Под редакцией профессора Тихонравова М.К. – М.: Машиностроение, 1974. – 256 с.

7. Космическая техника. К. Гетлянд. Иллюстрированная энциклопедия. Перевод с англ. – М.: «Мир». – 1986. – 295 с.

8. Г.Б. Синярёв, М.В. Добровольский. Жидкостные ракетные двигатели. – М.: Оборонгиз. 1957.

9. Баллистическая ракета на твёрдом топливе. Под редакцией ДТН, профессора А.М. Синюкова.— М.: Воениздат, 1972. – 510 с.

10. Инженерный справочник по космической технике. Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, проф., ДТН А.В. Солодова. – М.: Воениздат, 1977.

11. А.П. Аверьянов, Л.Г. Азаренко, Г.Г. Вокин, А.Л. Силецкий, А.Н. Жиганов. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 3. Космические аппараты и их системы. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2012. – 275 с.

12. С.П. Уманский. Ракеты-носители. Космодромы. Под ред. Ю.Н. Коптева. – М.: Изд. «Рестарт+», 2001. – 216 с.

13. В. И. Феодосьев, Г.И. Синярев. Введение в ракетную технику. – М.: Оборонгиз, 1961. – 506 с.

14. Космонавтика и ракетостроение. Библиографическая энциклопедия. А-Я. – М.: Столичная энциклопедия, 2006.

15. Основы теории полёта и элементы проектирования искусственных спутников Земли. Под редакцией профессора Тихонравова М.К. – М.: Машиностроение, 1974. – 256 с.

16. В.Н. Гуцин Основы устройства космических аппаратов. Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2003. – 272 с.

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

<http://www.znanium.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 (модуля) приведены в Приложении 2.

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

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

**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 систе-  
мах (НИИ КС им. А.А. Максимова, филиал АО «ГКНПЦ  
им. М.В. Хруничева»)*

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ  
«КОНСТРУКЦИИ И ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ 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-космических си-  
стемах

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

Королёв  
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-2	Способность демонстрировать базовые знания математических и естественных наук, основ программирования и информационных технологий.	<b>Тема 1, 3, 5, 8</b>	Принципы построения подсистем ракет-носителей и космических аппаратов	Проводить сравнительный анализ разработанных и перспективных систем ракет-носителей и космических аппаратов	Навыками выбора систем ракет-носителей и космических аппаратов с лучшими характеристиками
2.	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.	<b>Тема 2, 3, 4, 6, 7, 8</b>	<p>Принцип составления уравнений движения ракет-носителей и космических аппаратов.</p> <p>Принцип составления формулы тяги ракетного двигателя.</p> <p>Состав, структуру и компоновку космического аппарата.</p>	<p>Составлять уравнения движения ракет-носителей и космических аппаратов.</p> <p>Составлять формулу тяги ракетного двигателя.</p> <p>Графически изобразить структуру и компоновку космического аппарата.</p>	<p>Навыками упрощать уравнения движения ракет-носителей и космических аппаратов для решения различных задач баллистики.</p> <p>Навыками расчёта технических параметров ракетного двигателя.</p> <p>Навыками расчёта технических параметров систем космического аппарата.</p>

## 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-2 ПК-5	Контрольная работа	<p>А) <b>полностью сформирована</b> (компетенция освоена на высоком уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) <b>частично сформирована:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•компетенция <b>освоена на продвинутом уровне</b> – 4 балла;</li> <li>•компетенция <b>освоена на базовом уровне</b> – 3 балла;</li> </ul> <p>В) <b>не сформирована</b> (компетенция не освоена) – 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится в письменной форме</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Выбор оптимального метода решения задачи (1 балл)</li> <li>2. Умение применить выбранный метод (1 балл)</li> <li>3. Логический ход решения правильный, но имеются арифметически в расчетах (1 балл)</li> <li>4. Решение задачи и получение правильного результата (2 балла)</li> <li>5. Задача не решена вообще (0 баллов)</li> </ol> <p>Максимальная оценка - 5 баллов.</p> <p>Время, отведенное на процедуру – до 40 мин. При необходимости время может быть увеличено.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.</p>
ПК-2 ПК-5	Реферат. Выступление с докладом на практическом занятии.	<p>А) полностью сформирован <b>5 баллов;</b></p> <p>В) частично сформирован <b>3-4 балла;</b></p> <p>С) не сформирован <b>2 балла.</b></p>	<p>Проводится в письменной форме</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Соответствие содержания реферата заданной тематике (1 балл).</li> <li>2.Полнота изложения (2 балла).</li> <li>3. Качество оформления работы (1 балл).</li> <li>4. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл).</li> </ol> <p>Максимальная сумма баллов - 5 баллов.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.</p>

### **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 Контрольное задание**

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

1. Определить массовую эффективность ракеты Р7.
2. Определить конечную скорость двухступенчатой ракеты Р7. Скорость истечения продуктов сгорания принять равной 3000 м/сек.
3. Определить круговую скорость спутника на высоте от поверхности Земли 36000 км.
4. Определить конечную скорость трёхступенчатой ракеты типа Р7 («Союз»). Скорость истечения продуктов сгорания для маршевых двигателей всех ступеней принять равной 3000 м/сек.
5. Определить стартовую перегрузку ракеты Р7.
6. Определить давление в критическом сечении сопла ракетного двигателя, если давление в камере сгорания равно  $40 \cdot 10^5$  н/м<sup>2</sup>. Коэффициент, зависящий от состава продуктов сгорания равен 0,51.

#### **3.2 Примерная тематика рефератов**

1. Жидкостные двигательные установки ракет-носителей.
2. Ракетные двигатели на твердом топливе.
3. Двигатели малой тяги.
4. Органы управления движением ракет.
5. Система телеметрического контроля ракеты.
6. Космические аппараты социально-экономического назначения.
7. Основные системы космических аппаратов.
8. Особенности построения обитаемых орбитальных станций.

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

Формой контроля знаний по дисциплине являются контрольная работа и экзамен в письменной форме. По дисциплине проводится аттестация в виде защиты письменных отчетов по заданию.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающих 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	ПК-2 ПК-5	Задания 1 -6	Письменное оформление ответов по каждому заданию. Время отведенное на процедуру 40 минут.	Результаты тестирования предоставляются в день защиты письменных заданий	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка -0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%.
Согласно графика учебного процесса	Тестирование 2	ПК-2 ПК-5	Задания 1 -6	Письменное оформление ответов по каждому заданию. Время отведенное на процедуру 40 минут.	Результаты тестирования предоставляются в день защиты письменных заданий	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка -0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%.
Согласно графика учебного процесса	Зачет	ПК-2 ПК-5	2 вопроса, 1 практическое задание	Зачет проводится в письменной форме путем ответа на вопросы и решения практического задания. Время отведенное на процедуру – 0,35 часа на студента.	Результаты предоставляются в день проведения зачета	<b>Критерии оценки:</b> <b>«Зачет»:</b> 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, решение практического задания; не работал на практических занятиях. <b>«Незачет»:</b> 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 вопросы, выносимые на зачет

1. Уравнения движения ракеты в поле земного тяготения при отсутствии атмосферы, вывод и анализ.
2. Жидкостный ракетный двигатель. Системы двигателя. Рациональная форма сопла ракетного двигателя.
3. Уравнение Мещерского, вывод и анализ.
4. Топлива жидкостных ракетных двигателей.
5. Вытеснительная система подачи компонентов топлива.
6. Турбонасосная система подачи компонентов ракетного топлива.
7. Формула Циолковского, вывод и анализ. Коэффициент относительной текущей массы ракеты.
8. Составные ракеты. Конечная скорость составной ракеты, формульная зависимость в общем виде.
9. Основные возмущения, действующие на ракету-носитель в полете.
10. Управляющие двигатели, построение, функционирование.
11. Плазменный ракетный двигатель. Системы двигателя.
12. Основные составные части ракеты-носителя и их назначение.
13. Основные требования, предъявляемые к ракетам-носителям.
14. Ионный ракетный двигатель, построение, функционирование.
15. Способы управления скоростью полета ракеты.
16. Типовой твердотопливный ракетный двигатель. Системы двигателя. Выключение двигателя.
17. Сила тяги ракетного двигателя. Вывод формулы тяги, анализ. Удельная тяга двигателя.
18. Топлива твердотопливных ракетных двигателей.
19. Формы зарядов ракетных двигателей твердого топлива.
20. Аэродинамические силы, действующие на ракету-носитель в полете.
21. Ядерные ракетные двигатели. Системы ядерного ракетного двигателя.
22. Бортовая аппаратура автономной системы управления ракетой, назначение, состав.
23. Наземная аппаратура автономной системы управления ракетой, назначение, состав.
24. Гироскопы в кордановом подвесе, назначение, построение, основные свойства.
25. Гиростабилизированная платформа, назначение, измерительные элементы, устанавливаемые на гиостабилизированную платформу.
26. Поплавковый гироскоп, лазерные гироскопы, назначение, построение.
27. Коррекция траектории ракеты с помощью астросистем и с использованием карт местности.
28. Краткие сведения о создании космических аппаратов.
29. Классификация космических аппаратов по основным свойствам.
30. Народнохозяйственные искусственные спутники Земли, назначение, функционирование.
31. Пилотируемые космические корабли, построение, функционирование.
32. Орбиты космических аппаратов.
33. Система управления космическим аппаратом.
34. Терморегулирование систем космического аппарата.
35. Энергопитание систем космического аппарата.
36. Двигательная установка космического аппарата.
37. Системы ориентации и стабилизации космического аппарата.
38. Бортовой радиокомплекс космического аппарата.

*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  
«КОНСТРУКЦИИ И ОСНОВНЫЕ СИСТЕМЫ 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-космических системах

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

Королёв  
2021



## 1. Общие положения

### **Цель дисциплины:**

формирование у бакалавров теоретических знаний и практических навыков по вопросам построения, состава и функционирования систем изделий ракетно-космической техники; определения математических зависимостей, использованных при создании ракет-носителей и космических аппаратов различного назначения и их систем.

### **Задачи дисциплины:**

- изучить построения, структуры, свойств, процессов функционирования ракет-носителей и космических аппаратов и их систем;
- освоить методов оценки технических характеристик ракет-носителей и космических аппаратов и их систем;
- уметь использовать инженерные методики и алгоритмы расчёта траектории движения, выбора параметров ракет-носителей и космических аппаратов и их систем.

**Лекционные занятия.** В процессе проведения лекционных занятий используются различные виды лекций: вводная лекция, обзорная лекция, лекция-конференция. Основная часть лекционного материала излагается в форме проблемной лекции, в ходе которой преподаватель обосновывает один или несколько проблемных вопросов по данной теме и показывает пути решения проблем.

**Практические занятия.** Вопросы, выносимые на практические занятия, доводятся преподавателем до студентов заблаговременно перед очередным занятием. В ходе самостоятельной работы студенты изучают рекомендованную литературу и готовят выступления (доклады) по рассматриваемым вопросам. Доклад должен сопровождаться электронной презентацией. Студент должен продемонстрировать не только знание материала, но и свою способность лаконично, аргументированно и наглядно донести материал до слушателей.

**Самостоятельная работа студентов.** Самостоятельная работа проводится в виде подготовки к практическим занятиям, подготовки и написания докладов, 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.

## 2. Указания по проведению практических занятий

### **Тема 1. Краткие исторические сведения о создании ракет Практическое занятие**

*Учебные вопросы*

1. Пионеры ракетной техники.
2. Создание первых баллистических ракет.
3. Создание межконтинентальных баллистических ракет.

4. История создания космических ракет-носителей.

5. Термины и определения, общие понятия.

Продолжительность занятия 4 часа.

**Задание 1.1.** Охарактеризуйте работы в области реактивного движения и реактивной техники за временные интервалы:

1881...1920 годы;

1921...1945 годы;

1946...1956 годы;

После 1956 года.

**Задание 1.2.** Сравните основные характеристики первых баллистических ракет V-2, P-1, P-2Э, P-5, P-11, P12:

стартовая масса,

масса полезного груза,

масса топлива,

масса конструкции,

дальность полёта,

длина ракеты,

диаметр ракеты,

удельная тяга двигателя.

**Задание 1.3.** Ознакомьтесь с историей создания баллистической ракеты P-7 и её модификаций: «Спутник», «Спутник-2», «Спутник-3», «Луна», «Восток».

**Задание 1.4.** Ознакомьтесь с основными терминами и определениями ОСТ 134-1020-99, Роскосмос, 2000:

космическая техника,

космический комплекс,

космическая система,

космический ракетный комплекс,

ракета космического назначения,

ракета-носитель,

космический аппарат,

пилотируемый космический аппарат.

*Основная литература*

1. А.П. Аверьянов, Вокин Г.Г. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 2. Ракеты. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2011. – 209 с.

2. С.П. Уманский. Ракеты-носители. Космодромы. Под ред. Ю.Н. Коптева. – М.: Изд. «Рестарт+», 2001. – 216 с.

*Дополнительная литература*

Электронная версия лекции по теме 1.

## **Тема 2. Принципы построения, конструкция и состав подсистем ракет-носителей**

### **Практическое занятие.**

#### *Учебные вопросы*

1. Основные типы ракет-носителей.
2. Классы ракет-носителей, область применения.
3. Классификация ракет-носителей по основным свойствам.
4. Компонировочная и конструктивная схемы ракет-носителей.
5. Силовая схема ракет-носителей.
6. Системы разделения ступеней ракет-носителей.

Продолжительность занятия 4 часа.

**Задание 2.1.** Составьте блок-схему классификации ракет-носителей по следующим основным свойствам:

- класс ракет-носителей;
- область применения;
- тип полезного груза, выводимого на орбиту;
- кратность применения;
- тип старта;
- тип ракетного двигателя;
- способ разработки;
- компоновочная схема.

**Задание 2.2.** Составьте схемы изменения тяги двигателя и последовательность выдачи команд при «холодном» и «горячем» разделении ступеней ракет-носителей.

#### *Основная литература*

2. А.П. Аверьянов, Вокин Г.Г. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 2. Ракеты. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2011. – 209 с.
2. С.П. Уманский. Ракеты-носители. Космодромы. Под ред. Ю.Н. Коптева. – М.: Изд. «Рестарт+», 2001. – 216 с.

#### *Дополнительная литература*

Электронная версия лекции по теме 1.

## **Тема 3. Основы баллистики ракет**

### **Практическое занятие**

#### *Учебные вопросы*

1. Основные задачи баллистики ракет.
2. Фигура Земли, атмосфера земли, состав и свойства атмосферы, стандартная атмосфера.
3. Основные соотношения теории реактивного движения: уравнение Мещерского, формула Циолковского, анализ формулы Циолковского для одноступенчатой ракеты. Составные ракеты, скорость составной ракеты.

4. Системы координат, определяющие положение ракеты в пространстве.
5. Уравнения движения ракеты на участке выведения полезного груза.

6. Силы, действующие на ракету-носитель в полете: сила тяги, сила земного тяготения, аэродинамические и управляющие силы.

Продолжительность занятия 4 часа.

**Задание 3.1.** Сформулируйте основные задачи баллистики ракет.

**Задание 3.2.** Сформулируйте понятия: геоид, сфероид, эллипсоид Красовского. Запишите в табличном виде параметры эллипсоида Красовского.

**Задание 3.3.** Приведите вывод уравнения Мещерского, формул Циолковского для одноступенчатой и многоступенчатой ракеты.

Проанализируйте как влияет скорость истечения газов из сопла ракетного двигателя  $W$  и относительная конечная масса ракеты  $\mu_k$  на конечную скорость ракеты  $V_p$ .

**Задание 3.4.** Изобразите на рисунке стартовую и связанную системы координат. Отметьте на схеме положение углов тангажа  $\varphi$ , рысканья  $\psi$  и крена  $\gamma$ . Изобразите на рисунке поточную систему координат, отметьте положение угла атаки  $\alpha$ .

**Задание 3.5.** Составьте уравнения движения ракеты-носителя в поточной системе координат  $X_2O_2Y_2$ , упростите их, положив, что  $\cos\alpha$  равен 1, а  $\sin\alpha$  равен  $\alpha$ .

**Задание 3.6.** Запишите выражение силы тяги ракетного двигателя в следующем виде  $P = -\frac{dm}{dt}W + S_a(p_a - p_h)$ .

Проанализируйте влияние каждого переменного на величину тяги.

Укажите рациональное значение переменного  $p_a$  для первой и второй ступени ракеты-носителя. Запишите выражение удельной тяги ракетного двигателя.

**Задание 3.7.** Запишите выражение аэродинамических сил при дозвуковом и сверхзвуковом обтекании ракеты-носителя в полёте:

$$X = C_x \frac{\rho V^2}{2} \cdot S, Y = C_y \frac{\rho V^2}{2} \cdot S.$$

Объясните влияние коэффициентов  $C_x, C_y$  на величину аэродинамических сил при различных режимах полёта ракеты-носителя.

#### *Основная литература*

1. А.П. Аверьянов, Вокин Г.Г. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 2. Ракеты. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2011. – 209 с.

2. В. И. Феодосьев, Г.И. Синярев. Введение в ракетную технику. – М.: Оборонгиз, 1961. – 506 с.

#### *Дополнительная литература*

1. Космическая техника. К. Гетлянд. Иллюстрированная энциклопедия. Перевод с англ. – М.: «Мир». – 1986. – 295 с.

2. Космонавтика и ракетостроение. Библиографическая энциклопедия. А-Я. – М.: Столичная энциклопедия, 2006.

3. Аппазов Р.Ф., Сытин О.Г. Методы проектирования траекторий носителей и спутников Земли. – М.: Наука, 1987. – 440 с.

Электронная версия лекции по теме 3

#### **Тема 4. Двигательные установки ракет-носителей** **Практическое занятие**

##### *Учебные вопросы*

Двигательные установки на жидком ракетном топливе:

1. Конструкция типового ракетного двигателя на жидком топливе.
2. Изменение скорости движения газа по длине сопла.
3. Системы подачи топлива.
4. Топлива жидкостных ракетных двигателей. Направление совершенствования ракетных двигателей на жидком топливе.

Продолжительность занятия 4 часа.

**Задание 4.1.** Изобразите графически рациональную форму сопла ракетного двигателя. Приведите практически применяемые значения расширения сопла для первых и вторых ступеней ракеты-носителя, объясните физический смысл используемых величин.

**Задание 4.2.** Приведите схему изменения давления и скорости газа вдоль сопла ракетного двигателя:

при соотношении  $p_{кр} \leq k \times p_{кс}$  и

при  $p_{кр} > k \times p_{кс}$ ,

где  $p_{кр}$  – давление в критическом сечении сопла;

$p_{кс}$  – давление в камере сгорания.

**Задание 4.3.** Сравните вытеснительную и турбонасосную системы подачи топлива в камеру сгорания двигателя по основным достоинствам и недостаткам.

**Задание 4.4.** Запишите в таблицу применяемые топлива жидкостных ракетных двигателей для существующих ракет-носителей, укажите удельную тягу для указанных топлив.

##### *Основная литература*

1. А.П. Аверьянов, Вокин Г.Г. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 2. Ракеты. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2011. – 209 с.

2. В. И. Феодосьев, Г.И. Синярев. Введение в ракетную технику. – М.: Оборонгиз, 1961. – 506 с.

##### *Дополнительная литература*

1. Г.Б. Синярёв, М.В. Добровольский. Жидкостные ракетные двигатели. – М.: Оборонгиз. 1957.

2. Космическая техника. К. Гетлянд. Иллюстрированная энциклопедия. Перевод с англ. – М.: «Мир». – 1986. – 295 с.
3. Электронная версия лекции по теме 4.

## **Тема 5. Двигательные установки ракет-носителей**

### **Практическое занятие**

#### *Учебные вопросы*

1. Двигательные установки на твёрдом ракетном топливе.

Конструкция типового твёрдотопливного ракетного двигателя. Топливо твёрдотопливного ракетного двигателя. Форма заряда твёрдотопливного ракетного двигателя. Система выключения двигателя на твёрдом топливе.

2. Ядерные ракетные двигатели. Устройство и функционирование ядерного ракетного двигателя. Удельная тяга ядерного ракетного двигателя.

3. Двигатели малой тяги.

Жидкостные ракетные двигатели малой тяги. Электроракетные двигатели: ионный ракетный двигатель, плазменный ракетный двигатель.

Продолжительность занятия 4 часа.

**Задание 5.1.** Приведите схему типовой двигательной установки на твёрдом ракетном топливе. Опишите конструкцию основных узлов ракетного двигателя на твёрдом топливе.

Охарактеризуйте смесевое и однородное топливо твёрдотопливного ракетного двигателя (приведите удельную тягу, величину давления в камере сгорания, скорость горения для указанных топлив).

Приведите формы заряда твёрдотопливного ракетного двигателя (торцевого горения, трубчатой формы, цилиндрические заряды с фигурным каналом, щелевой заряд).

Опишите процесс выключения двигателя на твёрдом топливе.

**Задание 5.2.** Приведите схему ядерного ракетного двигателя с реактором на твёрдом ядерном горючем. Объясните устройство и функционирование ядерного ракетного двигателя. Приведите значение удельной тяги и температуры в реакторе ядерного ракетного двигателя.

**Задание 5.3.** Охарактеризуйте жидкостные ракетные двигатели малой тяги (работающие на самовоспламеняющихся компонентах, работающие на нетоксичных компонентах, работающие на однокомпонентных топливах).

Приведите основные характеристики электроракетных двигателей (ионный ракетный двигатель, плазменный ракетный двигатель).

Приведите схему ионного ракетного двигателя.

#### *Основная литература*

1. А.П. Аверьянов, Вокин Г.Г. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 2. Ракеты. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2011. – 209 с.

2. В. И. Феодосьев, Г.И. Синярев. Введение в ракетную технику. – М.: Оборонгиз, 1961. – 506 с.

### *Дополнительная литература*

1. Баллистическая ракета на твёрдом топливе. Под редакцией ДТН, профессора А.М. Синюкова. – М.: Воениздат, 1972. – 510 с.
2. Космическая техника. К. Гетлянд. Иллюстрированная энциклопедия. Перевод с англ. – М.: «Мир». – 1986. – 295 с.
3. Электронная версия лекции по теме 4.

## **Тема 6. Автономная инерциальная система управления ракетой** **Практическое занятие**

### *Учебные вопросы*

1. Система стабилизации и наведения.
  2. Основные задачи системы управления ракет.
  3. Бортовая аппаратура автономной системы управления ракетой.
  4. Наземная аппаратура автономной системы управления ракетой.
- Продолжительность занятия 4 часа.

**Задание 6.1.** Дайте определение: система стабилизации и система наведения. Приведите состав системы стабилизации и системы наведения. Поясните процесс функционирования системы стабилизации и системы наведения.

**Задание 6.2.** Сформулируйте основные задачи системы управления ракет на различных этапах эксплуатации: на дежурстве, на предстартовой подготовке, при активном полёте.

**Задание 6.3.** Приведите состав бортовой аппаратуры автономной системы управления ракетой. Изобразите в виде блок-схемы. Дайте пояснения к блок-схеме.

**Задание 6.4.** Приведите состав наземной аппаратуры автономной системы управления ракетой. Изобразите в виде блок-схемы. Дайте пояснения к блок-схеме.

### *Основная литература*

1. А.П. Аверьянов, Вокин Г.Г. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 2. Ракеты. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2011. – 209 с.
2. Основы теории полёта и элементы проектирования искусственных спутников Земли. Под редакцией профессора Тихонравова М.К. – М.: Машиностроение, 1974. – 256 с.

### *Дополнительная литература*

1. Космическая техника. К. Гетлянд. Иллюстрированная энциклопедия. Перевод с англ. – М.: «Мир». – 1986. – 295 с.
2. Космонавтика и ракетостроение. Библиографическая энциклопедия. А-Я. – М.: Столичная энциклопедия, 2006.
3. Электронная версия лекции по теме 5.

## Тема 6. Комплексы командных приборов системы управления ракетой и средства прицеливания

### Практическое занятие

#### Учебные вопросы

1. Гироскопы в кордановом подвесе.
2. Гиросtabilизированная платформа.
3. Гиригоризонт, гироверикант.
4. Основные направления совершенствования карданных гироскопов (поплавковый гироскоп, динамически настраиваемые гироскопы, лазерные гироскопы).

Продолжительность занятия 4 часа.

**Задание 6.1.** Дайте определение гироскопа. Приведите типы гироскопов и их применение. Запишите выражение кинетического момента гироскопа. Дайте определение понятию прецессия и нутация гироскопа.

С помощью рисунка 6.1 объясните действие силы на ось гироскопа.

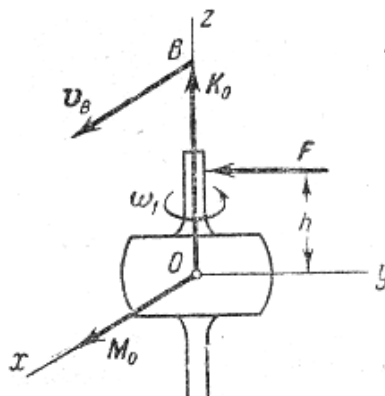


Рисунок 6.1

**Задание 6.2.** С помощью рисунка 6.2 объясните назначение и принцип действия устройств, установленных на гиросtabilизированную платформу.

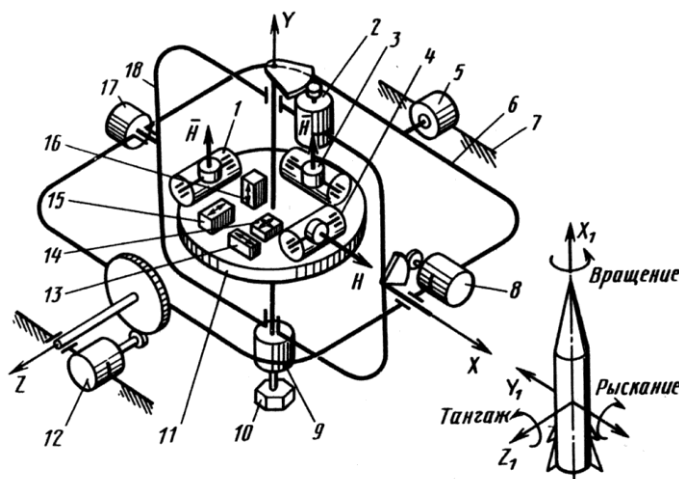


Рисунок 6.2: 1 – гириблок рысканья; 2 – стабилизирующий двигатель оси вращения;



3 – гироблок тангажа; 4 – гироблок вращения; 5 – датчик угла поворота ГСП относительно оси тангажа; 6 – наружная рама карданового подвеса ГСП; 7 – корпус; 8 – стабилизирующий двигатель оси рысканья; 9 – датчик угла поворота относительно оси вращения; 10 – многогранная призма оси рысканья; 11 – стабилизируемая платформа; 12 – стабилизирующий двигатель оси тангажа; 13 – акселерометр оси X; 14 – двухкоординатный датчик горизонта; 15 – акселерометр оси Z; 16 – акселерометр оси Y; 17 – датчик угла поворота ГСП относительно оси рысканья; 18 – внутренняя рама карданового подвеса

**Задание 6.3.** С помощью рисунка 6.3 и 6.4 объясните устройство и принцип действия гиروهоризонта и гировериканта. Что означает равенство

$$\Delta\varphi = \varphi - \varphi_{пр.},$$

где  $\varphi$  – угол тангажа.

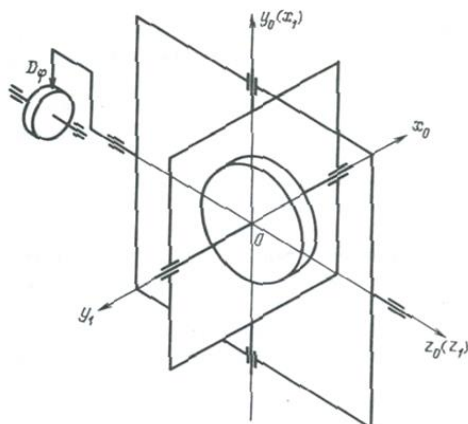


Рисунок 6.3

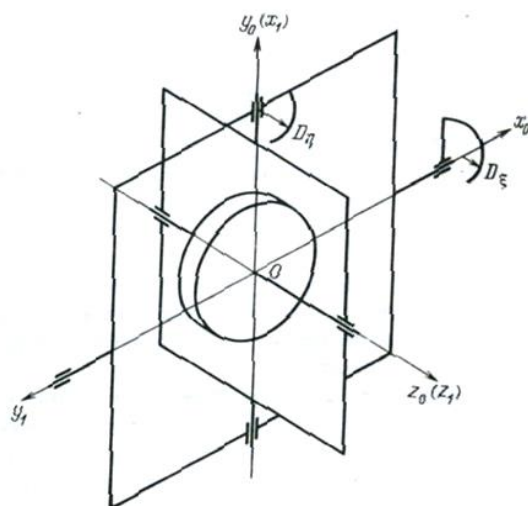


Рисунок 6.4

Какие датчики (рисунок 6.4) измеряют угол рысканья и угол крена?

**Задание 6.4.** Опишите основные направления совершенствования карданных гироскопов (поплавковый гироскоп, динамически настраиваемые гироскопы, лазерные гироскопы).

### *Основная литература*

1. А.П. Аверьянов, Вокин Г.Г. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 2. Ракеты. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2011. – 209 с.

2. В. И. Феодосьев, Г.И. Синярев. Введение в ракетную технику. – М.: Оборонгиз, 1961. – 506 с.

### *Дополнительная литература*

1. Космонавтика и ракетостроение. Библиографическая энциклопедия. А-Я. – М.: Столичная энциклопедия, 2006.

2. Инженерный справочник по космической технике. Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, проф., ДТН А.В. Солодова. – М.: Воениздат, 1977.

3. Электронная версия лекции по теме 6.

## **Тема 7. Принципы построения корректируемых систем управления ракет-носителей**

### **Практическое занятие 7**

#### *Учебные вопросы*

1. Коррекция траектории ракеты по информации от космической навигационной системы.

2. Коррекция траектории с помощью астросистем.

3. Коррекция траектории с использованием карт местности.

Продолжительность занятия 4 часа.

**Задание 7.1.** Сформулируйте назначение космической навигационной системы и её подсистем. Изложите принцип коррекции траектории ракеты по информации от космической навигационной системы.

Запишите предельные погрешности определения координат и составляющих скорости потребителя космической навигационной системы ГЛОНАСС.

**Задание 7.2.** Изложите принцип коррекции траектории ракеты с помощью астросистем. Объясните, почему с помощью астросистем можно уточнить только координаты точки старта.

**Задание 7.3.** Изложите принцип коррекции траектории ракеты по информации с использованием карт местности. Сравните методы коррекции по радиолокационным картам и картам аэрофотосъёмки.

### *Основная литература*

1. А.П. Аверьянов, Вокин Г.Г. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 2. Ракеты. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2011. – 209 с.

2. В. И. Феодосьев, Г.И. Синярев. Введение в ракетную технику. – М.: Оборонгиз, 1961. – 506 с.

### *Дополнительная литература*

1. Космонавтика и ракетостроение. Библиографическая энциклопедия. А-Я. – М.: Столичная энциклопедия, 2006.
2. Инженерный справочник по космической технике. Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, проф., ДТН А.В. Солодова. – М.: Воениздат, 1977.
3. Электронная версия лекции по теме 7.

## **Тема 8. Общие сведения о космических аппаратах, бортовые системы космических аппаратов**

### **Практическое занятие**

#### *Учебные вопросы*

1. Краткие сведения о космических аппаратах. Типы космических аппаратов.
  2. Бортовые системы космических аппаратов: система управления, система терморегулирования, система энергопитания, двигательная установка, системы ориентации и стабилизации, бортовой радиокомплекс, система жизнеобеспечения.
  2. Условия работы космических аппаратов.
- Продолжительность занятия 4 часа.

**Задание 8.1.** Приведите краткие сведения о космических аппаратах.

Приведите классификацию космических аппаратов по режиму работы и по выполняемым функциям. Охарактеризуйте каждый тип космических аппаратов (назначение, функционирование).

**Задание 8.2.** Используя схему примерного состава космического аппарата (рисунок 8.2) дайте характеристику каждой подсистемы (назначение, построение, функционирование).

**Задание 8.3.** Объясните влияние на космический аппарат и его подсистемы следующих внешних факторов: радиация, вакуум, метеоры, перегрузки, вибрационные и акустические нагрузки.

#### *Основная литература*

1. А.П. Аверьянов, Л.Г. Азаренко, Г.Г. Вокин, А.Л. Силецкий, А.Н. Жиганов. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 3. Космические аппараты и их системы. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2012. – 275 с.

2. В.Н. Гуцин Основы устройства космических аппаратов. Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2003. – 272 с.

#### *Дополнительная литература*

1. Космическая техника. К. Гетлянд. Иллюстрированная энциклопедия. Перевод с англ. – М.: «Мир». – 1986. – 295 с.

2. Космонавтика и ракетостроение. Библиографическая энциклопедия. А-Я. – М.: Столичная энциклопедия, 2006.

3. Инженерный справочник по космической технике. Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, проф., ДТН А.В. Солодова. – М.: Воениздат, 1977.

4. Электронная версия лекции по теме 8.



Рисунок 8.2. Примерный состав космического аппарата

### 3. Указания по проведению лабораторного практикума

Не предусмотрено учебным планом.

### 4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

*Цель самостоятельной работы:* подготовить бакалавров к самостоятельному научному творчеству.

*Задачи самостоятельной работы:*

- изучение теоретического лекционного курса;
- приобретение умений и навыков использовать изученные математические методы для самостоятельного решения и исследования типовых задач;
- развитие способностей к логическому и алгоритмическому мышлению;
- воспитание математической культуры аналитических преобразований.

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.

Тематическое содержание самостоятельной работы представлено в таблице:

№ п/п	Виды самостоятельной работы	Количество часов	Перечень заданий
1.	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	8	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	8	Проработка лекций, изучение рекомендованной литературы.
	Выполнение индивидуальной письменной работы	8	Выдается преподавателем каждому студенту индивидуально
	Подготовка к экзамену	8	Проработка лекций, практик, изучение рекомендованной литературы. Консультации у преподавателя.
ИТОГО		24	

## 5. Указания по проведению индивидуального письменного задания

### 5.1. Требования к структуре

#### Цель контрольной работы:

Каждому студенту при поступлении присваивается учебный шифр. Он указан в зачетной книжке и студенческом билете. Вариант определяется значениями  $m$  и  $n$ , которые выбираются с учетом двух последних цифр учебного шифра. Номера задач, входящих в вариант, определяются преподавателем.

#### Задачи контрольной работы

1. Изучить системы координат, используемые при составлении уравнений движения ракеты-носителя на активном участке полёта.
2. Привести вывод силы тяги ракетного двигателя.
3. Записать расчётные зависимости определения аэродинамических сил при дозвуковом и сверхзвуковом обтекании.
4. Составить дифференциальные уравнения, определяющее движение ракеты-носителя при плоском движении.
5. Оформить отчет и ответить на контрольные вопросы.
6. Сдать отчет преподавателю и защитить работу.

Контрольная работа студентов очной формы обучения проводится в форме домашней контрольной работы. Темы контрольной работы выдаются студентам из перечня тем, изученных на лекциях и семинарских занятиях.

#### Вопросы, выносимые на защиту контрольной работы

1. Что определяют углы тангажа  $\varphi$ , рысканья  $\psi$ , крена  $\gamma$ ?
2. Что определяет угола?
3. Как направлены сила лобового сопротивления, подъёмная сила, управляющая сила и сила тяги двигателя по отношению к оси ракеты-носителя?
4. Как записывается нормальное ускорение при криволинейном движении ракеты-носителя?
5. Чему равен инерционный момент ракеты-носителя?
6. Что можно заключить, если давление на срезе сопла двигателя больше атмосферного и наоборот?
7. В каких единицах измеряется удельная тяга ракетного двигателя?
8. Какая характеристика определяет дозвуковое и сверхзвуковое обтекание?
9. Что называется числом Маха?

### 5.2. Требования к содержанию

Каждая контрольная работа содержит определенное количество примеров и задач. При выполнении их необходимо придерживаться следующих правил:

1. Во введении определяется цель работы, задачи и методы исследования.
2. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать.

3. Основная часть работы включает вопросы, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

4. Приветствуется иллюстрация содержания работы рисунками, схемами и т.п.

5. В тексте необходимо давать ссылки на используемую вами литературу.

6. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.

7. 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, печать с одной стороны листа (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. А.П. Аверьянов, Вокин Г.Г. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 2. Ракеты. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2011. – 209 с.

2. Сихарулидзе Ю. Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов / Ю. Г. Сихарулидзе.— 2-е изд. (эл.).— М. : БИНОМ. Лаборатория знаний., 2013.— ISBN 978-5-9963-2283-1 <http://rucont.ru/efd/283940?cldren=0>

### **Дополнительная литература:**

1. Егорычев. В. С. Теория, расчет и проектирование ракетных двигателей [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), В. С. Егорычев.— Самара : Изд-во СГАУ, 2011 .— Электрон.текстовые и граф. дан. (1 файл : 1,53 Мбайт)<http://rucont.ru/efd/230043?cldren=0>

2. Лысенко Л.Н. Наведение и навигация баллистических ракет. Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 672 с.

3. Аппазов Р.Ф., Сытин О.Г. Методы проектирования траекторий носителей и спутников Земли. – М.: Наука, 1987. – 440 с.

4. Ракеты-носители. В.А. Александров, В.В. Владимиров, Р.Д. Дмитриев, С.О. Осипов. Под общ.ред. проф. С.О. Осипова. – М.: Воениздат, 1982. – 315 с.

5. Основы проектирования летательных аппаратов (транспортные системы). Учебник для технических вузов / В.П. Мишин, В.К. Безвербый, Б.М. Панкратов и др.; под ред. В.П. Мишина. – М.: Машиностроение, 1985. – 1985. – 360 с.
6. Основы теории полёта и элементы проектирования искусственных спутников Земли. Под редакцией профессора Тихонравова М.К. – М.: Машиностроение, 1974. – 256 с.
7. Космическая техника. К. Гетлянд. Иллюстрированная энциклопедия. Перевод с англ. – М.: «Мир». – 1986. – 295 с.
8. Г.Б.Синярёв, М.В. Добровольский. Жидкостные ракетные двигатели. – М.: Оборонгиз. 1957.
9. Баллистическая ракета на твёрдом топливе. Под редакцией ДТН, профессора А.М. Синюкова. – М.: Воениздат, 1972. – 510 с.
10. Инженерный справочник по космической технике. Под редакцией заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, проф., ДТН А.В. Солодова. – М.: Воениздат, 1977.
11. А.П. Аверьянов, Л.Г. Азаренко, Г.Г. Вокин, А.Л. Силецкий, А.Н. Жиганов. Введение в ракетно-космическую технику. Часть 3. Космические аппараты и их системы. Учебное пособие для студентов и аспирантов смежных специальностей. – Королёв МО: КИУЭС, 2012. – 275 с.
12. С.П. Уманский. Ракеты-носители. Космодромы. Под ред. Ю.Н. Коптева. – М.: Изд. «Рестарт+», 2001. – 216 с.
13. В. И. Феодосьев, Г.И. Синярев. Введение в ракетную технику. – М.: Оборонгиз, 1961. – 506 с.
14. Космонавтика и ракетостроение. Библиографическая энциклопедия. А-Я. – М.: Столичная энциклопедия, 2006.
15. Основы теории полёта и элементы проектирования искусственных спутников Земли. Под редакцией профессора Тихонравова М.К. – М.: Машиностроение, 1974. – 256 с.
16. В.Н. Гуцин Основы устройства космических аппаратов. Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2003. – 272 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

- <http://www.znanium.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**

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

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