

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 13

УТВЕРЖДАЮ

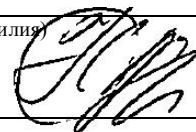
Руководитель направления

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

Н.А. Овчинникова

(инициалы, фамилия)



(подпись)

«29» мая 2023 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Конструкция и прочность двигателей ракетно-космической техники»  
(Наименование дисциплины)

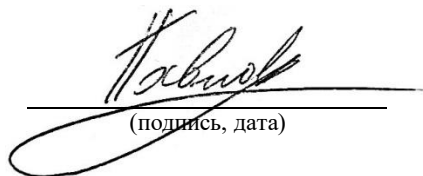
Код направления подготовки/ специальности	25.03.01
Наименование направления подготовки/ специальности	Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей
Наименование направленности	Эксплуатация и испытания авиационной и космической техники
Форма обучения	заочная

Санкт-Петербург– 2023

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Старший преподаватель  
(должность, уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

А.М. Павлов  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 13

«29» мая 2023 г, протокол № 9

Заведующий кафедрой № 13

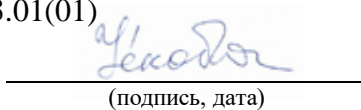
к.т.н., доц.  
(уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

Н.А. Овчинникова  
(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 25.03.01(01)

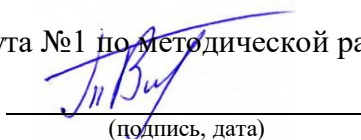
(должность, уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

Н.И. Ускова  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №1 по методической работе

(должность, уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

В.Е. Таратун  
(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Конструкция и прочность двигателей ракетно-космической техники» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 25.03.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» направленности «Эксплуатация и испытания авиационной и космической техники». Дисциплина реализуется кафедрой «№13».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-3 «Способен осуществлять поиск и устранение причин отказов и повреждений авиационной техники»

ПК-4 «Способен выполнять основные типовые технологические операции по осмотру и обслуживанию планера, силовой установки и функциональных систем летательных аппаратов»

ПК-6 «Способен проводить мероприятия по обеспечению высокой исправности воздушных судов»

ПК-13 «Способен составлять заявки на необходимое техническое оборудование и запасные части, готовить техническую документацию на техническое обслуживание и текущий ремонт авиационной техники»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с конструкцией и прочностью двигателей ракетно-космической техники.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины является формирование профессионального мировоззрения у студентов в плане конструкции и прочности двигателей ракетно-космической техники.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен осуществлять поиск и устранение причин отказов и повреждений авиационной техники	ПК-3.3.2 знать методы оценивания эффективности и надежности применяемых методов устранения повреждений и отказов авиационной техники и их причин ПК-3.У.1 уметь осуществлять поиск и устранение отказов и повреждений авиационной техники и их причин ПК-3.В.1 владеть технологиями поиска и устранения отказов и повреждений авиационной техники и методами выявления их причин
Профессиональные компетенции	ПК-4 Способен выполнять основные типовые технологические операции по осмотру и обслуживанию планера, силовой установки и функциональных систем летательных аппаратов	ПК-4.3.1 знать перечень и технологии работ технического обслуживания планера, систем управления и функциональных систем по форме А-check и В-check ПК-4.В.1 владеть технологиями выполнения работ технического обслуживания планера, силовой установки и функциональных систем по форме А-check и В-check
Профессиональные компетенции	ПК-6 Способен проводить мероприятия по обеспечению высокой исправности воздушных судов	ПК-6.3.1 знать эксплуатационные факторы, влияющие на исправность воздушных судов
Профессиональные компетенции	ПК-13 Способен составлять заявки на необходимое техническое оборудование и запасные части,	ПК-13.3.2 знать техническую документацию по перечню и ресурсам запасных частей и их аутентичности ПК-13.У.1 уметь составлять заявки на необходимое техническое оборудование и запасные части и анализировать их

	ГОТОВИТЬ техническую документацию на техническое обслуживание и текущий ремонт авиационной техники	ВЫПОЛНЕНИЕ
--	---	------------

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Материаловедение;
- Моделирование систем и процессов;
- Основы гидрогазодинамики и гидравлики;
- Термодинамика и теплотехника;
- Авиационные и космические системы.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- Методы расчета и технологии проектирования перспективных конструкций ЛА, двигателей и энергоустановок;
- Современные технологические процессы производства, контроля и испытаний ЛА, их систем и агрегатов.

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№8
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	3/ 108	3/ 108
<b>Из них часов практической подготовки</b>	6	6
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	14	14
в том числе:		
лекции (Л), (час)	8	8
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	6	6
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	9	9
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	85	85
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.  
Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 8					
<b>Раздел 1. Общие сведения о ракетных двигателях, физические принципы их работы</b> Тема 1.1. Краткая история развития ракетных двигателей Тема 1.2. Ракетные двигатели их функции и принципиальная схема, ракетные двигательные установки Тема 1.3. Классификация ракетных двигателей и виды используемой энергии Тема 1.4. Принцип работы ракетных двигателей и их характерные сечения, изменение параметров рабочего тела по длине проточной части двигателя	1	1		-	25
<b>Раздел 2. Основные параметры камеры и двигателя</b> Тема 2.1. Тяга ракетного двигателя Тема 2.2. Тяга и аэродинамическое сопротивление Тема 2.3. Режимы работы сопла Тема 2.4. Удельные параметры двигателя Тема 2.5. Составляющие тяги и тягового комплекса Тема 2.6. Основные параметры двигателя Тема 2.7. Формула Циолковского, идеальная, характеристическая и конечная скорость аппарата Тема 2.8. Ракетные топлива	2	1		-	20
<b>Раздел 3. Термодинамический расчет процессов горения и течения ракетного двигателя</b> Тема 3.1. Цель и основные положения расчета Тема 3.2. Исходные данные для термодинамического расчета Тема 3.3. Определение равновесного состава продуктов сгорания Тема 3.4. Характеристики равновесного состава продуктов сгорания Тема 3.5. Термодинамические и теплотфизические свойства рабочего тела Тема 3.6. Термодинамический расчет процесса горения Тема 3.7. Определение термодинамических характеристик с использованием соотношений газовой динамики	2	1		-	20

<b>Раздел 4. Термогазодинамические процессы в камере сгорания и сопле реального двигателя</b> Тема 4.1. Основные отличия реальных процессов от теоретических моделей Тема 4.2. Тепловое сопротивление камеры сгорания Тема 4.3. Неоднородность параметров рабочего тела Тема 4.4. Неполное горение топлива Тема 4.5. Профилирование сопел Тема 4.6 Реальный процесс течения и оценка совершенства процессов в сопле Тема 4.7. Определение потерь удельного импульса тяги в сопле Тема 4.8. Коэффициент расхода сопла	2	2		-	10
<b>Раздел 5. Конструкция и прочность ракетных двигателей</b> Тема 5.1. Примеры конструкций ракетных двигателей Тема 5.2. Факторы влияющие на прочность; методы анализа статической и динамической прочности - экспериментальные методы, методы математического моделирования; методы испытаний; эквивалентные испытания узлов и деталей конструкции ракетных двигателей Тема 5.3. Расчеты на прочность камеры сгорания Тема 5.4. Основная система уравнений задачи для определения несущей способности камеры сгорания Тема 5.5. Расчет толщины стенки оболочки камеры сгорания Тема 5.6. Особенности динамического нагружения конструкции Тема 5.7. Надежность элементов конструкции	1	1		-	10
Итого в семестре:	8	6			85
Итого	8	6	0	0	85

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
<b>1</b>	<b>Общие сведения о ракетных двигателях, физические принципы их работы</b> 1. Краткая история развития ракетных двигателей; 2. Ракетные двигатели их функции и принципиальная схема, ракетные двигательные установки; 3. Классификация ракетных двигателей и виды используемой энергии; 4. Принцип работы ракетных двигателей и их характерные сечения, изменение параметров рабочего тела по длине проточной части двигателя.
<b>2</b>	<b>Основные параметры камеры и двигателя</b>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Тяга ракетного двигателя;</li> <li>2. Тяга и аэродинамическое сопротивление;</li> <li>3. Режимы работы сопла;</li> <li>4. Удельные параметры двигателя;</li> <li>5. Составляющие тяги и тягового комплекса;</li> <li>6. Основные параметры двигателя;</li> <li>7. Формула Циолковского, идеальная, характеристическая и конечная скорость аппарата;</li> <li>8. Ракетные топлива.</li> </ol>
<b>3</b>	<p><b>Термодинамический расчет процессов горения и течения ракетного двигателя</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цель и основные положения расчета;</li> <li>2. Исходные данные для термодинамического расчета;</li> <li>3. Определение равновесного состава продуктов сгорания;</li> <li>4. Характеристики равновесного состава продуктов сгорания;</li> <li>5. Термодинамические и теплотфизические свойства рабочего тела</li> <li>6. Термодинамический расчет процесса горения;</li> <li>7. Определение термодинамических характеристик с использованием соотношений газовой динамики.</li> </ol>
<b>4</b>	<p><b>Термогазодинамические процессы в камере сгорания и сопле реального двигателя</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные отличия реальных процессов от теоретических моделей;</li> <li>2. Тепловое сопротивление камеры сгорания;</li> <li>3. Неоднородность параметров рабочего тела;</li> <li>4. Неполное горение топлива;</li> <li>5. Профилирование сопел;</li> <li>6. Реальный процесс течения и оценка совершенства процессов в сопле;</li> <li>7. Определение потерь удельного импульса тяги в сопле;</li> <li>8. Коэффициент расхода сопла.</li> </ol>
<b>5</b>	<p><b>Конструкция и прочность ракетных двигателей</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Примеры конструкций ракетных двигателей;</li> <li>2. Факторы влияющие на прочность; методы анализа статической и динамической прочности - экспериментальные методы, методы математического моделирования; методы испытаний; эквивалентные испытания узлов и деталей конструкции ракетных двигателей;</li> <li>3. Расчеты на прочность камеры сгорания;</li> <li>4. Основная система уравнений задачи для определения несущей способности камеры сгорания;</li> <li>5. Расчет толщины стенки оболочки камеры сгорания;</li> <li>6. Особенности динамического нагружения конструкции;</li> <li>7. Надежность элементов конструкции.</li> </ol>

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 8					



1	Общие сведения о ракетных двигателях, физические принципы их работы	Практическое занятие	1	-	-
2	Основные параметры камеры и двигателя	Практическое занятие	1	-	-
3	Термодинамический расчет процессов горения и течения ракетного двигателя	Практическое занятие	1	-	-
4	Термогазодинамические процессы в камере сгорания и сопле реального двигателя	Практическое занятие	1	-	-
5	Конструкция и прочность ракетных двигателей	Групповая дискуссия	2	-	-
Всего			6		

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено				
Всего				

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	45	45
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)	10	10
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)	20	20

Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	10	10
Всего:	85	85

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)  
Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий  
Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.  
Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	1. Алемасов, В.Е. Теория ракетных двигателей: учебник для студентов вузов / В.Е. Алемасов, А.Ф. Дрегалин, А.Л. Тишин; под ред. В.П. Елушко,- М.: Машино-строение, 1989.-464 с.: ил.	1
	2. Добровольский, М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для вузов / М.В. Добровольский; под ред. Д.А. Ягодникова. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005,- 448 с.: ил.	3
	3. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. /Под ред. В. М. Кудрявцева. - М.: Высшая школа, 1983. - 704 с.: ил.	2
	4. Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей: учебник для студентов по специальности «Авиационные двигатели и энергетические установки» / Е.Е. Еахун, В.И. Баулин, В.А. Володин [и др.]; под общ. ред. Е.Е. Еахуна,- М.: Машиностроение, 1978, 1989.-424 с.: ил.	1
	5. Сточек, Н.П. Еидравлика жидкостных ракетных двигателей / Н.П. Сточек, .С. Шапиро,-М.: Машиностроение, 1978. - 128 с.: ил.	3
	6. Штехер, М.С. Топлива и рабочие тела ракетных двигателей / М.С. Штехер - М.: Машиностроение, 1976 - 301 с.	2
	7. Егорьев, В.С. Проектный расчёт	

двухкомпонентной центробежной эмульсионной форсунки / В.С. Егорьев // Проблемы и перспективы развития двигателе- строения: Материалы докладов междунар. науч.-техн. конф. 24-26 июня 2009г.- В 2 ч. Ч. 1.- с. 151... 152,- Самара: СЕАУ, 2009,- 266 с.: ил.	1
8. горьиев, В.С. Термодинамический расчёт и проектирование камер ЖРД: учеб. пособие / В.С. Егорьев, В.С. Кондрусев,- Самара: Изд-во Самар, гос. аэро-косм. ун-та, 2009,- 108 с. : ил.	2

#### 7. Перечень электронных образовательных ресурсов

##### информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
	Не предусмотрено

#### 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

#### 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)

1	Мультимедийная лекционная аудитория	13-04
---	-------------------------------------	-------

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Экзаменационные билеты; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.  
Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общие сведения о ракетных двигателях, физические принципы их работы;</li> <li>2. Краткая история развития ракетных двигателей;</li> <li>3. Ракетные двигатели их функции и принципиальная схема, ракетные двигательные установки;</li> <li>4. Классификация ракетных двигателей и виды используемой энергии;</li> <li>5. Принцип работы ракетных двигателей и их характерные сечения, изменение параметров рабочего тела по длине проточной части двигателя;</li> <li>6. Основные параметры камеры сгорания и двигателя;</li> <li>7. Тяга ракетного двигателя;</li> <li>8. Тяга и аэродинамическое сопротивление;</li> <li>9. Режимы работы сопла;</li> <li>10. Удельные параметры двигателя;</li> <li>11. Составляющие тяги и тягового комплекса;</li> <li>12. Основные параметры двигателя;</li> <li>13. Формула Циолковского, идеальная, характеристическая и конечная скорость аппарата;</li> <li>14. Ракетные топлива;</li> <li>15. Термодинамический расчет процессов горения и течения ракетного двигателя;</li> <li>16. Цель и основные положения расчета ракетного двигателя;</li> <li>17. Исходные данные для термодинамического расчета;</li> <li>18. Определение равновесного состава продуктов сгорания;</li> <li>19. Характеристики равновесного состава продуктов сгорания;</li> <li>20. Термодинамические и теплотфизические свойства рабочего тела</li> <li>21. Термодинамический расчет процесса горения;</li> <li>22. Определение термодинамических характеристик с использованием соотношений газовой динамики;</li> <li>23. Термогазодинамические процессы в камере сгорания и сопле реального двигателя;</li> <li>24. Основные отличия реальных процессов от теоретических моделей;</li> <li>25. Тепловое сопротивление камеры сгорания;</li> <li>26. Неоднородность параметров рабочего тела;</li> <li>27. Неполное горение топлива;</li> <li>28. Профилирование сопел;</li> <li>29. Реальный процесс течения и оценка совершенства процессов в сопле;</li> <li>30. Определение потерь удельного импульса тяги в сопле;</li> <li>31. Коэффициент расхода сопла;</li> <li>32. Конструкция и прочность ракетных двигателей;</li> <li>33. Примеры конструкций ракетных двигателей;</li> <li>34. Факторы влияющие на прочность;</li> <li>35. Методы анализа статической и динамической прочности - экспериментальные методы;</li> <li>36. Методы математического моделирования;</li> <li>37. Методы испытаний; эквивалентные испытания узлов и</li> </ol>	<p>ПК-3.3.2 ПК-3.У.1 ПК-3.В.1 ПК-4.3.1 ПК-4.В.1 ПК-6.3.1 ПК-13.3.2 ПК-13.У.1</p>

	деталей конструкции ракетных двигателей; 38. Расчеты на прочность камеры сгорания; 39. Основная система уравнений задачи для определения несущей способности камеры сгорания; 40. Расчет толщины стенки оболочки камеры сгорания; 41. Особенности динамического нагружения конструкции; 42. Надежность элементов конструкции.	
--	--	--

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.  
 Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
	1. Общие сведения о ракетных двигателях, физические принципы их работы; 2. Краткая история развития ракетных двигателей; 3. Ракетные двигатели их функции и принципиальная схема, ракетные двигательные установки; 4. Классификация ракетных двигателей и виды используемой энергии; 5. Принцип работы ракетных двигателей и их характерные сечения, изменение параметров рабочего тела по длине проточной части двигателя; 6. Основные параметры камеры сгорания и двигателя; 7. Тяга ракетного двигателя; 8. Тяга и аэродинамическое сопротивление; 9. Режимы работы сопла; 10. Удельные параметры двигателя; 11. Составляющие тяги и тягового комплекса; 12. Основные параметры двигателя; 13. Формула Циолковского, идеальная, характеристическая и конечная скорость аппарата; 14. Ракетные топлива; 15. Термодинамический расчет процессов горения и течения ракетного двигателя; 16. Цель и основные положения расчета ракетного двигателя; 17. Исходные данные для термодинамического расчета; 18. Определение равновесного состава продуктов сгорания; 19. Характеристики равновесного состава продуктов сгорания; 20. Термодинамические и теплотфизические свойства рабочего тела 21. Термодинамический расчет процесса горения; 22. Определение термодинамических характеристик с использованием соотношений газовой динамики;	ПК-3.3.2 ПК-3.У.1 ПК-3.В.1 ПК-4.3.1 ПК-4.В.1 ПК-6.3.1 ПК-13.3.2 ПК-13.У.1

<p>23. Термогазодинамические процессы в камере сгорания и сопле реального двигателя;</p> <p>24. Основные отличия реальных процессов от теоретических моделей;</p> <p>25. Тепловое сопротивление камеры сгорания;</p> <p>26. Неоднородность параметров рабочего тела;</p> <p>27. Неполное горение топлива;</p> <p>28. Профилирование сопел;</p> <p>29. Реальный процесс течения и оценка совершенства процессов в сопле;</p> <p>30. Определение потерь удельного импульса тяги в сопле;</p> <p>31. Коэффициент расхода сопла;</p> <p>32. Конструкция и прочность ракетных двигателей;</p> <p>33. Примеры конструкций ракетных двигателей;</p> <p>34. Факторы влияющие на прочность;</p> <p>35. Методы анализа статической и динамической прочности - экспериментальные методы;</p> <p>36. Методы математического моделирования;</p> <p>37. Методы испытаний; эквивалентные испытания узлов и деталей конструкции ракетных двигателей;</p> <p>38. Расчеты на прочность камеры сгорания;</p> <p>39. Основная система уравнений задачи для определения несущей способности камеры сгорания;</p> <p>40. Расчет толщины стенки оболочки камеры сгорания;</p> <p>41. Особенности динамического нагружения конструкции;</p> <p>42. Надежность элементов конструкции.</p>	
--	--

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	<p>1. Общие сведения о ракетных двигателях, физические принципы их работы;</p> <p>2. Краткая история развития ракетных двигателей;</p> <p>3. Ракетные двигатели их функции и принципиальная схема, ракетные двигательные установки;</p> <p>4. Классификация ракетных двигателей и виды используемой энергии;</p> <p>5. Принцип работы ракетных двигателей и их характерные сечения, изменение параметров рабочего тела по длине проточной части двигателя;</p> <p>6. Основные параметры камеры сгорания и двигателя;</p> <p>7. Тяга ракетного двигателя;</p> <p>8. Тяга и аэродинамическое сопротивление;</p> <p>9. Режимы работы сопла;</p> <p>10. Удельные параметры двигателя;</p> <p>11. Составляющие тяги и тягового комплекса;</p> <p>12. Основные параметры двигателя;</p> <p>13. Формула Циолковского, идеальная, характеристическая и конечная скорость аппарата;</p> <p>14. Ракетные топлива;</p> <p>15. Термодинамический расчет процессов горения и течения ракетного двигателя;</p> <p>16. Цель и основные положения расчета ракетного двигателя;</p> <p>17. Исходные данные для термодинамического расчета;</p> <p>18. Определение равновесного состава продуктов сгорания;</p> <p>19. Характеристики равновесного состава продуктов сгорания;</p> <p>20. Термодинамические и теплотфизические свойства рабочего тела</p> <p>21. Термодинамический расчет процесса горения;</p> <p>22. Определение термодинамических характеристик с использованием соотношений газовой динамики;</p> <p>23. Термогазодинамические процессы в камере сгорания и сопле реального двигателя;</p>

<p>24. Основные отличия реальных процессов от теоретических моделей;</p> <p>25. Тепловое сопротивление камеры сгорания;</p> <p>26. Неоднородность параметров рабочего тела;</p> <p>27. Неполное горение топлива;</p> <p>28. Профилирование сопел;</p> <p>29. Реальный процесс течения и оценка совершенства процессов в сопле;</p> <p>30. Определение потерь удельного импульса тяги в сопле;</p> <p>31. Коэффициент расхода сопла;</p> <p>32. Конструкция и прочность ракетных двигателей;</p> <p>33. Примеры конструкций ракетных двигателей;</p> <p>34. Факторы влияющие на прочность;</p> <p>35. Методы анализа статической и динамической прочности - экспериментальные методы;</p> <p>36. Методы математического моделирования;</p> <p>37. Методы испытаний; эквивалентные испытания узлов и деталей конструкции ракетных двигателей;</p> <p>38. Расчеты на прочность камеры сгорания;</p> <p>39. Основная система уравнений задачи для определения несущей способности камеры сгорания;</p> <p>40. Расчет толщины стенки оболочки камеры сгорания;</p> <p>41. Особенности динамического нагружения конструкции;</p> <p>42. Надежность элементов конструкции.</p>
---

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

#### 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала (*если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине*).

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

##### Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.



Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

- Контрольная работа для проверки знаний усвоение материала;
- Оглашение плана занятия;
- Вводная часть лекции;
- Лекция;
- Заключение;
- Проверка домашней работы (доклад или презентация);
- Оглашение задания на самоподготовку;
- Оглашение домашнего задания.

#### 11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Основной целью для обучающегося является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умения работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием семинарских занятий являются узловое, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы занятий является совместная работа преподавателя и обучающегося над решением поставленной проблемы, а поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности.

При подготовке к семинарскому занятию по теме прослушанной лекции необходимо ознакомиться с планом его проведения, с литературой и научными публикациями по теме семинара.

Требования к проведению семинаров

Семинарские занятия проводятся после чтения лекций, дающих теоретические основы для их проведения.

Основанием для проведения семинарских занятий по дисциплине являются:

- программа учебной дисциплины;
- расписание учебных занятий.

Во время семинарских занятий должны соблюдаться порядок и дисциплина в соответствии с правилами поведения в аудитории.

#### 11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;

– обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Требования к проведению практических занятий

Практические занятия проводятся после чтения лекций, дающих теоретические основы для их выполнения. Допускается проведение практических занятий до прочтения лекций с целью облегчения изучения теоретического материала.

Основанием для проведения практических занятий по дисциплине являются:

- программа учебной дисциплины;
- расписание учебных занятий.

Во время практических занятий должны соблюдаться порядок и дисциплина в соответствии с правилами поведения в аудитории.

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

Учебным планом не предусмотрено

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Учебным планом не предусмотрено

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Учебным планом не предусмотрено

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Учебным планом не предусмотрено

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

Структура пояснительной записки курсового проекта/ работы

Учебным планом не предусмотрено

Требования к оформлению пояснительной записки курсового проекта/ работы

Учебным планом не предусмотрено

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;

– методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

*Обязательно для заполнения преподавателем: указываются требования и методы проведения промежуточной аттестации.*

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой