

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

д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

А.П. Ковалев

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«29» мая 2020 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Конструкция и прочность авиационных двигателей»  
(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	очная

Санкт-Петербург– 2020

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

К.Т.Н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

Н.А. Овчинникова  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 13

«14» мая 2020 г, протокол № 10

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)

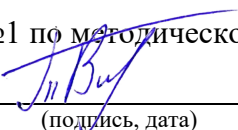
доц., К.Т.Н.  
(должность, уч. степень, звание)

  
(подпись, дата)

С.Г. Бурлуцкий  
(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 авиационных двигателей» входит в образовательную программу высшего образования 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»

- с методами и средствами проектирования, моделирования, экспериментальной отработки двигателей ракетно - космической техники, их производства с контролем, диагностированием и прогнозированием технического состояния, выполнением регулировочных и доводочных работ с применением специальных информационных технологий;

- с испытаниями и технической эксплуатацией двигателей ракетно - космической техники, исследованием их состояния в том числе с помощью пакетов прикладных программ и элементов математического моделирования.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, лабораторные работы, самостоятельную работу 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

Целью преподавания дисциплины «Конструкция и прочность авиационных двигателей» является получение студентами компетенций, позволяющих осуществлять профессиональную деятельность, связанную с испытаниями и технической эксплуатацией двигателей авиационной техники, исследованием их состояния в том числе с помощью пакетов прикладных программ и элементов математического моделирования

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.З.1 знать методы поиска повреждений и отказов авиационной техники и технологии их устранения; методы оценивания эффективности и надежности применяемых методов устранения повреждений и отказов авиационной техники и их причин ПК-3.У.2 уметь осуществлять поиск и устранение отказов и повреждений авиационной техники и их причин ПК-3.В.3 владеть технологиями поиска и устранения отказов и повреждений авиационной техники и методами выявления их причин

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

Математика. Математический анализ; Аналитическая геометрия и линейная алгебра;

- «Дифференциальные уравнения»;
- «Физика»;
- «Химия»;
- «Информатика»;
- «Информационные технологии»;
- «Электротехника»;
- «Прикладная механика»;
- «Электроника»;
- «Электротехника»;
- «Основы ракетно-космической техники»;
- «Системы электроснабжения»;
- «Системы энергоснабжения космических аппаратов»;
- «Основы измерительной техники»;
- «Основы теории надежности»;

- «Гидрогазодинамика»;
- «Автоматика и управление»;
- «Моделирование систем и процессов»;
- «Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы»;
- «Основы конструкции космических аппаратов»;
- «Самолетное оборудование»;
- «Динамика полета»;
- «Служебные системы космических аппаратов»;
- «Термодинамика и теплотехника»;
- «Механика космического полета»;
- «Конструкция и прочность авиационных двигателей»;
- «Гидравлика»;
- «Авиационные электрические машины»;
- «Аэродинамика (прикладная)»;
- «Конструкция и прочность авиационных двигателей».

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

- «Целевые системы космических аппаратов»;
- «Цифровые информационные управляющие системы»;
- «Конструкция и прочность двигателей ракетно-космической техники»;
- «Техническое обслуживание и ремонт летательных аппаратов и двигателей»;
- «Системы стабилизации и ориентации космических аппаратов»;
- «Техническая диагностика»;
- «Основы теории технической эксплуатации летательных аппаратов»;
- «Пилотажно-навигационные комплексы»;
- «Системы автоматического управления летательных аппаратов и их силовых установок»;
- «Технические средства регистрации и анализа состояния авиационной техники»;
- «Основы испытания авиационной и космической техники»;
- «Безопасность полетов и поддержание летной годности».

### 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
		№6
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	3/ 108	3/ 108
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	51	51
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	27	27

<b>Самостоятельная работа</b> , всего (час)	30	30
<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)
<b>Семестр 8</b>					
Тема №1. Современное состояние и тенденции развития систем выведения	1				6
Тема №2. Общие сведения о ЖРД и конструктивно - технологические особенности узлов и агрегатов ЖРД	1				6
Тема №3. Криогенные двигательные установки разгонных блоков.	1				7
Тема №5. Смесеобразование и смесительная головка камеры ЖРД. Камеры сгорания ЖРД.	2		1		8
Тема №6. Охлаждение ЖРД.	2	2	2		8
Тема №7. Двигательные установки и турбонасосные агрегаты.	2	3	1		10
Тема №8. Двигательные установки с дожиганием и с вытеснительной подачей топлива	2	2			10
Тема № 9. Методы и средства контроля параметров деталей и узлов ЖРД в процессах производства.	2		1		6
Тема №10. Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе	2	8	2		10
Тема №11. Основы проведения испытаний и методология экспериментальной отработки ЖРД и ДУ	2	2	1		8
Итого в семестре:	17	17	17		30
Итого	17	17	17	0	30

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>Тема №1. Современное состояние и тенденции развития систем выведения</b>	Развитие конструкции ракет - носителей семейства «Союз» (Р-7). Ракетно - космический комплекс «Аврора». Ракета - носитель «Онега». Разгонный блок «Фрегат». Носители семейства «Русь М» с перспективным пилотируемым кораблем. Семейство ракет - носителей «Ангара». Конверсионные ракеты - носители. Особенности выбора основных проектных параметров многоступенчатой ракеты. Общая задача проектирования ракеты и критерии оптимизации. Баллистический и массовый анализ

<p><b>Тема №2. Общие сведения о ЖРД и конструктивно - технологические особенности узлов и агрегатов ЖРД.</b></p>	<p>Классификация ЖРД. Топлива. Основные параметры ЖРД. Системы коэффициентов потерь удельного импульса. Камеры сгорания. Турбонасосные агрегаты. Жесткие и гибкие трубопроводы. Агрегаты автоматики (клапаны, дроссели, регуляторы). Материалы, используемые в производстве ЖРД. Применение композиционных материалов в производстве ЖРД. Методы получения заготовок деталей ЖРД. Методы упрочняющей обработки металлов при изготовлении деталей ЖРД. Покрытия на деталях ЖРД. Методы очистки и обезжиривания деталей в производстве ЖРД.</p>
<p><b>Тема №3. Криогенные двигательные установки разгонных блоков.</b></p>	<p>Процессы захлаживания трактов двигательных установок. Процессы теплообмена при кипении криогенной жидкости. Методика экспериментального исследования пленочного кипения. Результаты экспериментального исследования пленочного кипения в трубах. Интенсификация процессов захлаживания трактов двигательных установок. Теплообмен и гидродинамика в криогенных баках разгонных блоков. Конденсация пара в трактах расходных магистралей.</p>
<p><b>Тема №5. Смесеобразование и смесительная головка камеры ЖРД. Камеры сгорания ЖРД.</b></p>	<p>Основные стадии процессов смесеобразования и горения топлив. Струйные форсунки. Центробежные форсунки. Двухкомпонентные форсунки. Головки камер ЖРД. Влияние конструкции головки на смесеобразование и удельный импульс. Технологические процессы производства форсуночных (смесительных) головок. Общие требования и конструкторско - технологические решения. Сборка, сварка, пайка и контроль форсунок. Формы и примеры выполненных камер сгорания. Определение объема камеры сгорания. Неустойчивое горение. Запуск и останов двигателя. Импульс последствия. Расчет камеры двигателя на прочность. Изготовление камер ЖРД с гофрированными проставками. Изготовление гофрированных проставок. Сборка камеры сгорания и сопла под пайку. Пайка камеры сгорания и сопла.</p>
<p><b>Тема №6. Охлаждение ЖРД.</b></p>	<p>Теплообмен в ЖРД. Способы охлаждения ЖРД. Процесс конвективной теплоотдачи от газа к стенке. Интегральные соотношения энергии и импульсов для пограничного слоя. Решение интегрального соотношения энергии. Расчет конвективного теплообмена в ЖРД. Пересчет конвективных тепловых потоков. Определение лучистых тепловых потоков. Определение теплоотдачи от стенки к охлаждающей жидкости. Формы охлаждающих графтов камер ЖРД. Расчет теплоотдачи в оребренном охлаждающем тракте. Расчет охлаждения ЖРД. Некоторые специальные случаи охлаждения ЖРД.</p>
<p><b>Тема №7.</b></p>	<p>Системы подачи. Двигательные установки с турбонасосной</p>

<p><b>Двигательные установки и турбонасосные агрегаты.</b></p>	<p>системой подачи. Тяга и удельный импульс двигательной установки. Топливные баки. Арматура системы подачи. Определение давления подачи и гидравлических характеристик системы подачи. Системы управления и регулирования ЖРД. Примеры выполненных двигателей без дожигания с турбонасосной подачей.</p> <p>Насосы для подачи компонентов в ЖРД. Расчет и характеристики насосов ЖРД. Турбины ТНА. Совместная работа турбины и насосов. Газогенераторы. Изготовление турбонасосного агрегата (ТНА): изготовление дисков турбин, лопаток, крыльчаток, валов. Сборка и балансировка роторов ТНА.</p> <p>Автоматика двигательной установки. Программы регулирования и основные требования к агрегатам автоматики. Изготовление корпусных деталей. Изготовление исполнительных механизмов: штоков, направляющих втулок, толкателей, клапанов. Сборка агрегатов автоматики.</p>
<p><b>Тема №8. Двигательные установки с дожиганием и с вытеснительной подачей топлива.</b></p>	<p>Двигательные установки с дожиганием: замкнутая система «газ+жидкость». Двигатель с дожиганием без ЖГГ. Схема «газ+газ». Основные параметры ЖРД с дожиганием</p> <p>Двигательные установки с вытеснительной системой подачи: газобаллонная система. Примеры двигательных установок с газобаллонной подачей. Редукторы давления газа. Характеристики редукторов. Расчет редукторов. Вытеснительные системы подачи с пороховым и жидкостным аккумуляторами давления. Двигательные установки с предварительной заправкой.</p>
<p><b>Тема № 9. Методы и средства контроля параметров деталей и узлов ЖРД в процессах производства.</b></p>	<p>Контроль геометрических параметров. Контроль физических параметров. Контроль герметичности. Универсальные средства измерений и приспособления. Методы неразрушающего контроля деталей и узлов ЖРД.</p>
<p><b>Тема №10. Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе.</b></p>	<p>Основные конструктивные элементы комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе. Основные требования к комбинированным ракетным двигателям при проектировании и этапы разработки. Формирование основных проектных параметров. Термодинамический расчет топлива стартово - разгонной и маршевой ступени комбинированных ракетных двигателей. Распределение массы заряда твердого топлива по ступеням и геометрические параметры комбинированного ракетного двигателя. Расчет характеристик стартово - разгонной и маршевой ступеней комбинированных ракетных двигателей. Расчет характеристик газогенераторов маршевых ступеней комбинированных ракетных двигателей. Расчет характеристик внутрикамерных процессов комбинированных ракетных двигателей. Расчет</p>



	<p>характеристик аэродинамического нагрева и прочности элементов конструкции комбинированных ракетных двигателей. Расчет характеристик воздухозаборных устройств и сопел комбинированных ракетных двигателей. Регулирование тягово - импульсных и высотно - скоростных характеристик комбинированных ракетных двигателей. Выбор закона регулирования расхода топлива маршевой ступени. Перспективы использования твердых топлив в РПД.</p>
<p><b>Тема №11. Основы проведения испытаний и методология экспериментальной отработки ЖРД и ДУ.</b></p>	<p>Общие требования, предъявляемые к разработке физических моделей. Современная испытательная практика и тенденции в развитии систем и испытательных комплексов. Принципы и особенности экспериментальной отработки ЖРД и ДУ ракетно - космических систем. Проблемы обеспечения надежности и безопасности эксплуатации ДУ РКС. Основы устройства испытательных комплексов для отработки ЖРД и ДУ. Основные системы испытательного стенда для обеспечения испытаний. Системы имитации условий эксплуатации. Правила эксплуатации, диагностики и аттестации испытательных систем испытательных стендов. Экологические нормы и технология испытаний ЖРД и ДУ при использовании различных компонентов ракетного топлива.</p> <p>Диагностика высокочастотной неустойчивости рабочего процесса в камерах сгорания. Методы физического моделирования высокочастотной неустойчивости рабочего процесса в камерах сгорания ЖРД. Опыт применения разработанных методов физического моделирования высокочастотной неустойчивости рабочего процесса в камерах сгорания ЖРД. Методология экспериментальных исследований комбинированных ракетных двигателей.</p> <p>Стендовые информационно - измерительные и управляющие системы, системы аварийной защиты, применяемые при экспериментальной отработке ЖРД и ДУ: программное обеспечение ИУС, исполнительные элементы и датчики - преобразующая аппаратура, типовые алгоритмы управления технологическими системами стенда.</p>

#### 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)	№ раздела дисциплины
Семестр 8				
1	Расчет конвективного теплообмена в ЖРД.	Математическое моделирование	2	Тема №6

2	Расчет турбины ТНА	Математическое моделирование	1	Тема №7
3	Расчет и характеристики насосов ЖРД.	Математическое моделирование	2	Тема №7
4	Редукторы давления газа. Характеристики редукторов. Расчет редукторов.	Математическое моделирование	2	Тема №8
5	Расчет характеристик газогенераторов маршевых ступеней комбинированных ракетных двигателей.	Математическое моделирование	2	Тема №10
6	Расчет характеристик воздухозаборных устройств и сопел комбинированных ракетных двигателей..	Математическое моделирование	2	Тема №10
7	Расчет характеристик стартово - разгонной ступени комбинированных ракетных двигателей.	Математическое моделирование	2	Тема №10
8	Выбор закона регулирования расхода топлива маршевой ступени комбинированного двигателя	Математическое моделирование	2	Тема №10
9	Методы физического моделирования высокочастотной неустойчивости рабочего процесса в камерах сгорания ЖРД.	Математическое моделирование	2	Тема №11
Всего			17	

#### 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)	№ раздела дисциплины
Семестр 8			
1	Моделирование сопла Лавалья в среде Solidworks Flow Simulation	2	Тема №6
2	Моделирование пограничного слоя на поверхности оболочки сопла ЖРД в среде Solidworks Flow Simulation.	3	Тема №6
3	Моделирование параметров потока по высоте лопаток турбины ТНА в среде Solidworks Flow Simulation.	3	Тема №7
4	Контроль геометрических параметров. Универсальные средства измерений и приспособления.	3	Тема №9.
5	Исследование режимов работы энергетической микрогазотурбинной установки	3	Тема №10
6	Физическое моделирование высокочастотной неустойчивости рабочего процесса в камерах сгорания ЖРД	3	Тема №5, 11
Всего		17	

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 6, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	30	30
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)		
Всего:	30	30

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)
	Методология экспериментальной отработки ЖРД и ДУ, основы проведения испытаний и устройства испытательных стендов: монография [Электронный ресурс] / А.Г. Галеев, В.Н. Иванов, А.В. Катенин, В.А. Лисейкин, В.П. Пикалов, А.Д. Поляхов, Г.Г. Саидов, А.А. Шибанов. - Электрон, текст, дан. (1 файл 9,7 Мб). - Киров: МЦНИИ, 2015. - 436 с. - 1 электрон, опт. диск (CD-ROM).- ISBN 978-5-00090-054-3. - Загл. с этикетки диска.	

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
<a href="http://www.studentlibrarv.ru/book/bauman019X.html">http://www.studentlibrarv.ru/book/bauman019X.html</a>	Развитие ракетно - космических систем выведения: учебное пособие. Б.К. Ковалев. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014.398 стр. ISBN 978-5- 7038-3941-6
<a href="http://www.studentlibrarv.ru/book/bauman019X.html">http://www.studentlibrarv.ru/book/bauman019X.html</a>	Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе. Под. Общ. Ред. В.А. Сорокина. Изд.2. Москва: Изд. Им. Н.Э. Баумана, 2014 ISBN 978-5-7038-3984-3
<a href="http://www.studentlibrarv.ru/book/bauman019X.html">http://www.studentlibrarv.ru/book/bauman019X.html</a>	Теоретические основы проектирования технологических процессов ракетных двигателей. Технология производства жидкостных ракетных двигателей. В.В. Воробей, В.Е. Логинов. ДРОФА. Москва. 2007 461 стр. ISBN 978-5-358-01688-0
<a href="http://www.studentlibrarv.ru/book/bauman019X.html">http://www.studentlibrarv.ru/book/bauman019X.html</a>	Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для высших учебных заведений. М.В. Добровольский. Под. Ред. Ягодникова Д.А. изд.3 дополненное Москва: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016 461 стр. ISBN 978-5-7038-4145-7

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	1304
2	Специализированная лаборатория «Компьютерный класс»	1303а
3	Специализированная лаборатория «Аэродинамическая лаборатория»	5208
4	Специализированная лаборатория «Авиационных приборов»	5310

## 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;

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>

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«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
1	Общая задача проектирования ракеты и критерии оптимизации. Баллистический и массовый анализ
2	Основные параметры ЖРД. Системы коэффициентов потерь удельного импульса.
3	Турбонасосные агрегаты. Агрегаты автоматики
4	Материалы, используемые в производстве ЖРД. Методы упрочняющей обработки металлов при изготовлении деталей ЖРД.
5	Теплообмен и гидродинамика в криогенных баках разгонных блоков.
6	Процессы захлаживания трактов криогенных двигательных установок. Интенсификация процессов захлаживания.
7	Процессы теплообмена при кипении криогенной жидкости. Методика экспериментального исследования пленочного кипения криогенной жидкости.
8	Конденсация пара в трактах расходных магистралей криогенных двигателей.
9	Основные стадии процессов смесеобразования и горения топлив.
10	Струйные форсунки. Центробежные форсунки. Двухкомпонентные форсунки.
11	Головки камер ЖРД. Влияние конструкции головки на смесеобразование и удельный импульс.
12	Общие требования и конструкторско - технологические решения. Сборка, сварка, пайка и контроль форсунок.
13	Формы и примеры выполненных камер сгорания. Определение объема камеры сгорания.
14.	Неустойчивое горение. Запуск и останов двигателя. Импульс последствия.
15	Теплообмен в ЖРД. Способы охлаждения ЖРД.
16	Процесс конвективной теплоотдачи от газа к стенке. Интегральные соотношения энергии и импульсов для пограничного слоя.
17	Методика пересчета конвективных тепловых потоков и определение лучистых тепловых потоков.
18	Определение теплоотдачи от стенки к охлаждающей жидкости. Формы охлаждающих трактов камер ЖРД.
19	Методика расчета охлаждения ЖРД. Некоторые специальные случаи охлаждения ЖРД.
20	Системы подачи. Двигательные установки с турбонасосной системой подачи.
21	Тяга и удельный импульс двигательной установки.
22	Топливные баки. Арматура системы подачи. Методика определения давления подачи и гидравлических характеристик системы подачи.
23	Системы управления и регулирования ЖРД.
24	Насосы для подачи компонентов в ЖРД. Расчет и характеристики насосов ЖРД.

25	Турбины ТНА. Совместная работа турбины и насосов.
26	Г азогенераторы в системе ЖРД.
27	Автоматика двигательной установки. Программы регулирования и основные требования к агрегатам автоматики
28	Двигательные установки с дожиганием: замкнутая система «газ+жидкость»
29	Двигатель с дожиганием без ЖГГ. Схема «газ+газ». Основные параметры ЖРД с дожиганием
30	Двигательные установки с вытеснительной системой подачи.
31	Редукторы давления газа. Характеристики редукторов. Методика расчета редукторов.
32	Вытеснительные системы подач с пороховым и жидкостным аккумуляторами давления
33	Методы и средства контроля параметров деталей и узлов ЖРД в процессах производства.
34	Основные конструктивные элементы комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе.
35	Термодинамический расчет топлива стартово - разгонной и маршевой ступени комбинированных ракетных двигателей.
36	Основные требования к комбинированным ракетным двигателям при проектировании и этапы разработки. Формирование основных проектных параметров.
37	Распределение массы заряда твердого топлива по ступеням и геометрические параметры комбинированного ракетного двигателя.
38	Методика расчета характеристик стартово - разгонной и маршевой ступеней комбинированных ракетных двигателей.
39	Методика расчета характеристик газогенераторов маршевых ступеней комбинированных ракетных двигателей.
40	Методика расчета характеристик внутрикамерных процессов комбинированных ракетных двигателей.
41	Методика расчета характеристик аэродинамического нагрева и прочности элементов конструкции комбинированных ракетных двигателей.
42	Методика расчета характеристик воздухозаборных устройств и сопел комбинированных ракетных двигателей.
43	Регулирование тягово - импульсных и высотно - скоростных характеристик комбинированных ракетных двигателей
44	Законы регулирования расхода топлива маршевой ступени.
45	Принципы и особенности экспериментальной отработки ЖРД и ДУ ракетно - космических систем
46	Основы устройства испытательных комплексов для отработки ЖРД и ДУ. Основные системы испытательного стенда для обеспечения испытаний.
47	Системы имитации условий эксплуатации.
48	Правила эксплуатации, диагностики и аттестации испытательных систем испытательных стендов.
49	Экологические нормы и технология испытаний ЖРД и ДУ при использовании различных компонентов ракетного топлива.
50	Методы физического моделирования высокочастотной неустойчивости рабочего процесса в камерах сгорания ЖРД.
51	Методология экспериментальных исследований комбинированных ракетных двигателей.
52	Стендовые информационно - измерительные и управляющие системы, системы аварийной защиты, применяемые при экспериментальной отработке ЖРД и ДУ

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
	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
	Учебным планом не предусмотрено

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

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Учебным планом не предусмотрено

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:

**Введение:** устанавливается связь темы с пройденным материалом, определяются цели, задачи лекции, формулируется план лекции. Формулируются проблемы. Предлагается список информационных источников по различным взглядам на проблематику лекции. Лектор должен быть краток и выразителен. На введение отводится 5-8 минут.

**Основное содержание:** отражаются ключевые идеи, теория вопроса. По возможности излагаются различные точки зрения. Выслушиваются суждения студентов. Студентам предлагается сформулировать выводы после каждой логической части. Представляются оценочные суждения лектора. Преподаватель формулирует резюме, подтверждаются или опровергаются ключевые идеи, высказанные в начале лекции.

**Заключение:** делаются обобщения и выводы в целом по теме. Идет презентация будущего лекционного материала. Преподаватель определяет направления самостоятельной работы студентов/

**Варианты чтения лекции:**

1. Устное эссе предполагает профессиональное в теоретическом и методическом плане изложение конкретного вопроса. Но это спектакль одного актера, аудитория в лучшем случае вовлечена во «внутренний диалог» с преподавателем. Такая лекция представляет собой продукт, созданный одним только преподавателем, а студентам остается роль пассивных слушателей.

2. Устное эссе-диалог с организацией взаимодействия преподавателя со студентами, которые привлекаются к работе посредством использования приемов скрытого и открытого диалога.

3. Лекция с использованием постановки и решения проблемы. Такая лекция начинается с вопроса, парадокса, загадки, возбуждающим интерес студентов. Ответ, как правило, определяется к концу занятия. Студенты предлагают собственные варианты решения проблемы. Если консенсус не достигается, преподаватель дает большой объем информации, наводящую информацию. Как правило, большинство студентов догадывается о конечном результате еще до провозглашения его преподавателем. После формулирования проблематики основные идеи студентов записываются на доске. Они систематизируются определенным образом, структурируются. В заключении лекции окончательные выводы, разработанные на основе идей студентов, записываются на доске.

**Условия лекционного общения:**

предварительная самостоятельная подготовка студентов по задачам, сформулированным на предыдущем занятии по предстоящей тематике ;  
свободное и открытое обсуждение материала;

Лекция с процедурой пауз предполагает чередование мини-лекций с обсуждениями. Каждые 20 минут освещается важная проблема, затем 5-10 минут она обсуждается. Можно сначала обсудить в малых группах, а затем пригласить кого-то высказать свое мнение от группы. Вслед за обсуждением следует еще одна микролекция.

Лекция-диспут, контролируемая преподавателем. Аудитория делится на группы: сторонников данной концепции, оппозицию и арбитров. Студенты делают свой выбор и учатся отстаивать свою точку зрения. Преподаватель организует дебаты и корректирует обсуждение, в конце занятия предлагает свое видение проблемы и подводит итоги.

Выбор варианта лекции определяется образовательными целями и индивидуальным стилем преподавателя.

### 11.2. 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

Наличие конспекта, раздаточных материалов и письменных принадлежностей у обучающихся

11.3. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

#### Задание и требования к проведению лабораторных работ

Наличие конспекта и пишущих принадлежностей у обучающихся

#### Структура и форма отчета о лабораторной работе

Титульный лист;

Цель работы;

Теоретическая справка;

Рабочие формулы;

Результаты расчетов;

Вывод;

Список литературы.

### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет должен быть хорошо структурирован и отвечать нормативным требованиям

#### 11.4. 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).

#### 11.5. 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.

#### 11.6. 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».

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