


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ  В.И. Ряжских  
«31» августа 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

«Общая теория авиационных и ракетных двигателей»

**Специальность** 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

**Специализация** Проектирование жидкостных ракетных двигателей

**Квалификация выпускника** инженер

**Нормативный период обучения** 5 лет и 6 м.

**Форма обучения** очная

**Год начала подготовки** 2021

Автор программы  / В.А.Митрофанов /

Заведующий кафедрой  
Ракетных двигателей  / В.С. Рачук /

Руководитель ОПОП  / В.С. Рачук /

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цели дисциплины** – изучение принципов работы, структурных схем, рабочих процессов и эксплуатационных характеристик авиационных и ракетных двигателей различных типов, составляющих силовые установки летательных аппаратов.

**1.2. Задачи освоения дисциплины** изучение принципа работы ВРД, ЖРД и их агрегатов, изучение особенностей принципиальных схем авиационных и ракетных двигателей, изучение этапов проектирования двигателей, ознакомление с критериями оптимизации ВРД и ЖРД, изучение метода расчета параметров двигателей, ознакомление с особенностями применения ВРД и ЖРД на летательных аппаратах, ознакомление с мировыми тенденциями развития авиационных и ракетных двигателей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Общая теория авиационных и ракетных двигателей» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Общая теория авиационных и ракетных двигателей» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-4 - Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов авиационной и ракетно-космической техники;

ОПК-7 - Способен критически и системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники и способы их применения в профессиональном контексте.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-4	знать основные требования, предъявляемые к ВРД и ЖРД, их параметрам, системам и основным узлам
	уметь выполнять расчеты основных параметров ВРД и ЖРД
	владеть основами по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования
ОПК-7	знать принципы действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений
	уметь выявлять ключевые технические направления, способствующие совершенствованию реактивных

	двигателей и повышению их технического уровня
	владеть методами анализа влияния различных эксплуатационных факторов на технический облик двигателей

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Общая теория авиационных и ракетных двигателей» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	90	90
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	54	54
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия и принципы создания реактивной тяги	Предмет науки. Основные понятия и принципы создания реактивной тяги. Общая классификация ДЛА. Области применения ДЛА. Функции двигателей в составе летательных аппаратов, использующих реактивный принцип создания тяги. Обзор развития реактивных двигателей. Развитие авиационных двигателей в России.	4	6	6	8	24
2	Классификация реактивных двигателей летательных аппаратов	Общая классификация. Воздушно-реактивные двигатели. Жидкостно-реактивные двигатели. Ракетные двигатели твердого топлива. Гибридные ракетные двигатели. Комбинированные воздушно-ракетные двигатели. Типы ракетных двигателей, используемых на отечественных летательных аппаратах	4	6	6	8	24
3	Типовые схемы жидкостных ракетных двигателей. Структура ЖРД.	Структура ЖРД. Типовые функции основных агрегатов. Подсистемы ЖРД. Схемное исполнение ЖРД.	4	6	6	8	24
4	Статические характеристики ЖРД	Основные признаки и свойства одномерных течений. Плавно Тяга.	2	6	6	10	24

		Удельный импульс тяги. Высотная характеристика ЖРД. Соотношение расходов компонентов топлива. Дроссельные характеристики. Внутренние параметры двигателя. Оценка современного уровня отечественных ЖРД					
5	Переходные процессы в ЖРД. Эксплуатационные показатели жидкостных ракетных двигателей	Оценка качества переходных процессов. Запуск. Выключение. Режимы форсирования и дросселирования. Подсистемы двигателя, обеспечивающие его работу на переходных режимах. Устойчивость рабочих процессов. Внешние факторы, влияющие на работу ЖРД. Ресурс двигателя. Безотказность двигателя. Контроль пригодность и ремонтоспособность двигателя. Понятия высокочастотной неустойчивости камеры сгорания.	2	6	6	10	24
6	Методы расчета параметров ЖРД	Расчет ПГС. Расчет параметров камеры сгорания. Расчет параметров турбонасосного агрегата. Методы расчета переходных процессов. Характеристики топливных насосов ЖРД.	2	6	6	10	24
7	Воздушно-реактивные двигатели	Типовые схемы и типовой состав агрегатов. Характеристики и методы расчета ВРД. Примеры применения прямоточных ВРД.					
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>144</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

1. Экспериментальное определение и анализ характеристик решетки профилей осевого компрессора.
2. Экспериментальное исследование характеристик компрессора.
3. Экспериментальное получение и анализ характеристик камеры сгорания ГТД.
4. Экспериментальное получение и анализ характеристик газовой турбины.

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

- «аттестован»;
- «не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-4	знать основные требования, предъявляемые к ВРД и ЖРД, их параметрам, системам и основным узлам	Опрос на практических занятиях (ОПЗ) Оценивание результатов выполнения заданий практических занятий (ОРПЗ) Тестирование (Т)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выполнять расчеты основных параметров ВРД и ЖРД	Опрос на практических занятиях (ОПЗ) Оценивание результатов выполнения заданий практических занятий (ОРПЗ) Тестирование (Т)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть основами по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Опрос на практических занятиях (ОПЗ) Оценивание результатов выполнения заданий практических занятий (ОРПЗ) Тестирование (Т)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-7	знать принципы действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений	Опрос на практических занятиях (ОПЗ) Оценивание результатов выполнения заданий практических занятий (ОРПЗ) Тестирование (Т)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь выявлять ключевые технические направления, способствующие совершенствованию реактивных двигателей и повышению их технического уровня	Опрос на практических занятиях (ОПЗ) Оценивание результатов выполнения заданий практических занятий (ОРПЗ) Тестирование (Т)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами анализа влияния различных эксплуатационных факторов на технический облик двигателей	Опрос на практических занятиях (ОПЗ) Оценивание результатов выполнения заданий практических занятий (ОРПЗ) Тестирование (Т)	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-4	знать основные требования, предъявляемые к ВРД и ЖРД, их параметрам, системам и основным узлам	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выполнять расчеты основных параметров ВРД и ЖРД	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть основами по расчету и конструированию отдельных деталей и узлов двигателей и энергетических установок ЛА в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-7	знать принципы действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь выявлять ключевые технические направления, способствующие совершенствованию реактивных двигателей и повышению их технического уровня	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методами анализа влияния различных эксплуатационных факторов на технический облик двигателей	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Общая классификация ДЛА?
2. Области применения ДЛА?
3. Уравнение И.В. Мещерского?
4. Выражение реактивной тяги?
5. Топлива ДЛА?
6. Рабочие тела ДЛА?
7. Модели процессов горения?
8. Классификация реактивных двигателей?
9. Основные данные ГТД?
10. Удельные параметры ГТД?
11. Закономерности рабочего процесса ТРД?
12. Методы расчета основных характеристик ТРД?
13. Методы анализа основных характеристик ТРД?
14. Классификация ракетных двигателей?
15. Основные параметры ЖРД?
16. Основные характеристики ЖРД?
17. Тяга ЖРД?
18. Классификация РДТТ?
19. Запуск ЖРД?

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

<b>Задача № 1</b>
Определить работу $L_u$ на окружности колеса ступени турбины, если $c_1 = 700$ м/с, $\alpha_1 = 20^\circ$ , $u = 500$ м/с, а выход газа из ступени – осевой.
<b>Задача № 2</b>
Определить полную температуру и полное давление газа на выходе из ступени турбины, если $T_0^* = 1650$ К; $p_0^* = 2,0$ МПа; $\eta_{ст}^* = 0,88$ ; а работа на валу ступени турбины $L_{ст} = 380$ кДж/кг.
<b>Задача № 3</b>
Определить работу ступени турбины, если $c_1 = 600$ м/с, $c_2 = 340$ м/с, а действительные теплоперепады в сопловом аппарате и рабочем колесе одинаковы.
<b>Задача № 4</b>
Определить потребное число ступеней в турбине, развивающей мощность $N_T = 58000$ кВт при расходе газа $G_T = 100$ кг/с, если на ее среднем диаметре $u_{ср} = 350$ м/с, а $\mu_T = 1,6$ .
<b>Задача № 5</b>
Определить высоту лопатки $h_1$ в выходном сечении соплового аппарата при следующих параметрах газового потока на входе в ступень: $p_0^* = 2,2$ МПа; $T_0^* =$

1550 К; $\alpha_1 = 20^\circ$ ; $p_1 = 1,15$ МПа; если коэффициент сохранения полного давления в сопловом аппарате $\sigma_{с.а} = p_1^*/p_0^* = 0,99$ ; расход газа $G_r = 60$ кг/с, а средний диаметр проточной части $D_{1ср} = 600$ мм.
<b>Задача № 6</b>
Определить относительное изменение расхода газа через турбину при увеличении частоты ее вращения на 20%, если известно, что давление перед турбиной при этом повысилось на 40%, а режим работы турбины остался подобным исходному.
<b>Задача № 7</b>
Известны параметры ступени ГТ: степень понижения давления в СА ступени $\pi_{СА} = \frac{p_0^*}{p_1} = 1,6$ , температура газа перед ступенью ГТ $T_0^* = 1350$ К. Определить кинематические параметры $w_1$ , $u$ , $u/c_1$ и $\beta_1$ если $w_{1u} = 130$ м/с, $\alpha_1 = 24^\circ$ . Принять $\phi_{са} = 0,97$ . Обосновать необходимость определения этих величин.
<b>Задача № 8</b>
Объяснить, каким образом и почему изменяться $c_1$ , $u/c_1$ , $\eta^*$ , если уменьшить $\pi^* < \pi^*_{т.р}$ при неизменных остальных параметрах ( $T_0^* = const$ ; $u = const$ ).
<b>Задача № 9</b>
Определить как изменится мощность турбины ГТД, если в результате абразивного износа лопаток КПД турбины $\eta_m^*$ уменьшается с 0,9 до 0,85. параметры рабочего процесса турбины: $T_r^* = 1400$ К; $\pi_m^* = 4$ , $G_r = 100$ кг/с, $K_r = 1,33$ , $R_r = 287$ Дж/(кг К). Объяснить полученный результат.
<b>Задача № 10</b>
Определить, как изменится мощность турбины ГТД, если $T_r^* \uparrow$ от $T_{r1}^* = 1400$ К до $T_{r2}^* = 1550$ К. $G_r = 100$ кг/с, $\eta_m^* = 0,9$ , $\pi_m^* = 4$ , $K_r = 1,33$ , $R_r = 287$ Дж/(кг К).
<b>Задача № 11</b>
Определить работу $L_u$ , передаваемую воздуху колесом ступени осевого компрессора на среднем радиусе, если окружная скорость равна $u = 300$ м/с, а закрутка воздуха в колесе равна $\Delta w_u = 100$ м/с.
<b>Задача № 12</b>
Найти степень повышения полного давления воздуха в ступени осевого компрессора, если $L_{ст} = 30$ кДж/кг; $\eta_{ст}^* = 0,87$ и $t_1^* = 25^\circ$ С.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

<b>Задача № 1</b>
Определить мощность, необходимую для вращения ступени осевого компрессора при стандартных атмосферных условиях на входе со следующими параметрами: $\pi_{ст}^* = 1,4$ ; $\eta_{ст}^* = 0,87$ ; $G_B = 50$ кг/с.
<b>Задача № 2</b>
Определить степень повышения давления $\pi_{ст}^*$ в осевой ступени с $u_K = 430$ м/с и $\bar{d} = 0,5$ (при $T_1^* = 288$ К), если $\eta_{ст}^* = 0,87$ ; а коэффициент нагрузки $\mu_{ст} = 0,3$ .
<b>Задача № 3</b>

При испытании осевого компрессора измерены:

$$t_B^* = 20^\circ\text{C}; \quad p_B^* = 102 \text{ кПа}; \quad t_K^* = 380^\circ\text{C}; \quad p_K^* = 1220 \text{ кПа}; \\ G_B = 90 \text{ кг/с}.$$

Определить адиабатную работу сжатия, КПД компрессора и мощность, расходуемую на его вращение.

#### Задача № 4

Определить температуру заторможенного потока и полное давление воздуха за компрессором в условиях полета на высоте  $H = 16$  км со скоростью, соответствующей  $M_H = 2,2$ ; если на этом режиме  $\pi_K^* = 4,5$ ;  $\eta_K^* = 0,84$  и  $\sigma_{\text{вх}} = 0,9$ .

#### Задача № 5

Определить потребное число ступеней компрессора, который при  $T_B^* = 288$  К должен иметь  $\pi_K^* = 6,5$ , если величина окружной скорости рабочих лопаток на их средних радиусах равна  $u_{\text{ср}} = 340$  м/с, а коэффициент нагрузки ступеней компрессора равен  $\mu_K = 0,35$ . Предполагается, что КПД компрессора будет равен  $\eta_K^* = 0,86$ .

#### Задача № 6

Определить значение площади входа  $F_{\text{вх}}$  сверхзвукового воздухозаборника, рассчитанного на полет с числом  $M_H = 2,3$  на высоте  $H = 18$  км, если на этом режиме расход воздуха через двигатель равен  $G_B = 40$  кг/с.

#### Задача № 7

В полете с  $M_H = M_{\text{р.вх}} = 2,5$  на высоте  $H = 15$  км при работе на форсированном режиме ТРДДФ имеет расход воздуха  $G_B = 75$  кг/с, а при взлете на том же режиме в стандартных атмосферных условиях – 100 кг/с. Определить потребный диапазон управления площадью горла воздухозаборника силовой установки с этим двигателем, если известно, что потери полного давления на участке от сечения «Н–Н» до горла (см. рис. 1) при  $M_H = 2,5$  составляют 15%, а в условиях взлета – 6%. Принять, что значение  $K_T$  при увеличении  $M_H$  от 0 до 2,5 изменяется от 1,1 до 1,07.

#### Задача № 8

Одновальный ТРДФ в сверхзвуковом полете на высоте  $H = 12$  км работает при  $n = \text{const} = 100\%$ . Используя характеристику его компрессора (см. рис. 2), определить в каком отношении надо изменить площадь горла воздухозаборника при увеличении числа  $M$  полета от  $M_H = 1,3$  до  $M_H = 2,3$ ? Принять коэффициент восстановления полного давления на участке от горла до входа в компрессор и коэффициент  $K_T$  неизменными.

#### Задача № 9

Нерегулируемый воздухозаборник в полете при сверхкритическом режиме его работы имеет  $\sigma_{\text{вх}} = 0,83$  и  $\varphi = 0,9$ . Каковы будут значения  $\sigma_{\text{вх}}$  и  $\varphi$  этого воздухозаборника, если при неизменных условиях полета приведенный расход воздуха через двигатель в результате снижения частоты вращения уменьшится

на 9%, а режим работы воздухозаборника останется сверхкритическим?
<b>Задача № 10</b>
Определить изменение $\pi_{к.опт}^*$ ГТД, работающего на земле в стандартных атмосферных условиях, при увеличении $T_{Г}^*$ от 1350 до 1700 К, если $\eta_c = 0,84$ ; $\eta_p = 0,9$ ; $\bar{m} = 1,045$ ; $\sigma_{вх} = 0,92$ .
<b>Задача № 11</b>
Определить изменение $\pi_{к.опт}^*$ ТРД (или ТРДД) при изменении условий полета от взлета в стандартных атмосферных условиях до $M_H = 2,5$ на высоте 11000 м, если при этом $\sigma_{вх}$ уменьшается от 0,92 до 0,90, а значения $T_{Г}^* = 1700$ К; $\eta_c = 0,82$ ; $\eta_p = 0,9$ и $\bar{m} = 1,05$ остаются неизменными.
<b>Задача № 12</b>
При работе на земле в стандартных атмосферных условиях ГТД имеет следующие параметры: $T_{Г}^* = 1400$ К; $\pi = 21$ . Определить $(\eta_c = \eta_p)_{мин}$ , при которых $L_{ц}$ обращается в нуль. Как изменятся значения $(\eta_c = \eta_p)_{мин}$ при увеличении $T_{Г}^*$ до 1650 К? Принять $\bar{m} = 1,045$ .
<b>Задача № 13</b>
Определить значения $T_{к}^*$ и минимальную температуру газа перед турбиной $T_{Г min}^*$ (при превышении которой появляется работа цикла $L_{ц} > 0$ ) для ГТД, работающего на стенде при стандартных атмосферных условиях, если известно, что $\pi = 21$ , $\eta_c = 0,84$ ; $\eta_p = 0,9$ ; $\bar{m} = 1,01$ . Чему равен удельный расход топлива в этом случае?
<b>Задача № 14</b>
В данных условиях полета ТРД и ТРДД имеют одинаковые значения работы цикла. Расход воздуха через внутренний контур ТРДД равен расходу воздуха через ТРД. Определить тягу ТРДД, если известно, что ТРД имеет тягу $P_{ТРД} = 20$ кН, скорость истечения газа из сопла ТРД в три раза больше скорости полета, а скорость истечения газа из сопел внутреннего и наружного контуров ТРДД одинакова ( $c_I = c_{II}$ ) и при этом в два раза меньше скорости истечения газа из сопла ТРД. Принять $\eta_{II} = 1$ .
<b>Задача № 15</b>
Определить минимальный расход воздуха ТРДД с $m = 0,5$ , необходимый для получения взлетной тяги (в САУ) $P = 120$ кН, если в цикле двигателя $T_{Г}^* = 1700$ К; $\bar{m} = 1,05$ ; $\eta_c = 0,85$ ; $\eta_p = 0,9$ . Принять, что распределение работы цикла между контурами оптимальное, а $\eta_{II} = 1$ .

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

1. Общая классификация ДЛА? Области применения ДЛА?
2. Уравнение И.В. Мещерского, выражение реактивной тяги?
3. Топлива и рабочие тела ДЛА, характеристики компонентов топлива, требования к топливу?
4. Термогазодинамические расчет процессов в камере сгорания, продукты горения и их свойства? Модели процессов горения?
5. Классификация реактивных двигателей? Основные данные и удельные параметры ГТД?
6. Закономерности рабочего процесса ТРД?
7. Методы расчета и анализа основных характеристик ТРД?
8. Турбореактивные двигатели ТРДД и ТРД, принцип действия и особенности, удельные параметры ТРДД и ТРД?
9. Турбовинтовые, турбовинтовентиляторные и турбовальные двигатели, принцип действия и особенности, характеристики двигателей?
10. Прямоточные, ракетно-прямоточные двигатели, принцип действия и особенности двигателей, характеристики двигателей?
11. Гидрореактивные двигатели, принцип действия и особенности двигателей?
12. Основы устройства ракетных двигателей, классификация ракетных двигателей?
13. Основные признаки и свойства одномерных течений?
14. Основные принципы конструирования ЖРД?
15. Основные параметры и характеристики ЖРД, тяга ЖРД?
16. Высотная характеристика ЖРД. Соотношение расходов компонентов топлива?
17. Понятия удельного импульса, расходного комплекса, характеристической скорости?
18. Системы подачи топлива? Работа ЖРД, запуск и останов ЖРД?
19. Основы теории теплообмена в камере ЖРД?
20. Классификация подсистем ЖРД?
21. Методы расчета переходных процессов?
22. Динамика двигательных установок с ЖРД?
23. Переходные процессы и устойчивость рабочих процессов в ЖРД?
24. Регуляторы жидкостных ракетных двигателей?
25. Характеристики топливных насосов ЖРД?
26. Понятия высокочастотной неустойчивости камеры сгорания?
27. Теплозащиты стенок камеры ЖРД?
28. Режимы форсирования и дросселирования ЖРД?
29. Сопла ракетных двигателей и требования к ним?
30. Классификация РДТТ, назначение и применение, особенности?
31. Общая конструкция РДТТ, основные узлы?
32. Основные параметры РДТТ?
33. Заряд РДТТ, влияние формы заряда на характеристики РДТТ?
34. Материалы и средства тепловой защиты РДТТ?

35. Ядерные ракетные двигатели. Принцип действия, основные характеристики?

36. Электроракетные ракетные двигатели. Принцип действия, основные характеристики?

37. Типовые схемы и типовой состав агрегатов. Характеристики и методы расчета ВРД?

38. Примеры применения прямоточных ВРД?

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия и принципы создания реактивной тяги.	ОПК-4, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, выполнение практических заданий
2	Классификация реактивных двигателей летательных аппаратов	ОПК-4, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, выполнение практических заданий
3	Типовые схемы жидкостных ракетных двигателей. Структура ЖРД.	ОПК-4, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, выполнение практических заданий
4	Статические характеристики ЖРД	ОПК-4, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, выполнение практических заданий
5	Переходные процессы в ЖРД. Эксплуатационные показатели жидкостных ракетных двигателей	ОПК-4, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, выполнение практических заданий
6	Методы расчета параметров ЖРД	ОПК-4, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, выполнение практических заданий
7	Воздушно-реактивные двигатели	ОПК-4, ОПК-7	Тест, защита лабораторных работ, выполнение практических заданий

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Авторы, составители</b>	<b>Заглавие</b>	<b>Годы издания. Вид издания</b>	<b>Обеспеченность</b>
<b>8.1.1. Основная литература</b>				
8.1.1.1	Дорофеев А.А	Дорофеев, А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей: Теория, расчет и проектирование: Учебник / А. А. Дорофеев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : МГТУ им. Баумана, 2010. - 463 с. : ил. - ISBN 978-5-7038-3247-9 : 625-00.	2010 печат.	1,0
8.1.1.2	Бережинский Р.А. Валюхов С.Г. Коробченко В.А.	Бережинский, Р.А. Конструкция и проектирование ЖРД: учеб. пособие / Р. А. Бережинский, С. Г. Валюхов, В. А. Коробченко. - Воронеж : ВГТУ, 2002. - 168с. - 40.00.	2002 печат.	1,0
8.1.1.3	Шостак А.В.	Введение в двигателестроение : Учеб. пособие / А. В. Шостак [и др.]. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический универ-	2011 печат.	1,0

		ситет", 2011. - 135 с. - 138-07		
<b>8.1.2. Дополнительная литература</b>				
8.1.2.1	Квасников Л.А. Латышев Л.А. Пономарев-Степной Н.Н. Севрук Д.Д.	Теория и расчет энергосиловых установок космических летательных аппаратов : учеб. пособие / Л.А. Квасников, Л.А. Латышев, Н.Н. Пономарев-Степной, Д.Д. Севрук. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во МАИ, 2001. - 480с.	2001 печат.	1,0
8.1.2.2	Алемасов В.Е. Дрегалин А.Ф. Черенков А.С.	Алемасов, В.Е. Основы теории физико-химических процессов в тепловых двигателях и энергетических установках : Учеб. пособие / В. Е. Алемасов, А. Ф. Дрегалин, А. С. Черенков. - М. : Химия, 2000. - 520с. : ил. - ISBN 5-7245-1167-3 : 50.00.	2000 печат.	1,0
8.1.2.3	Гликман Б.Ф.	Автоматическое регулирование жидкостных ракетных двигателей/Б. Ф. Гликман.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение. 1989.—296 с.	1989 печат.	0,5
8.1.2.4	Ильченко М.А. Крютченко В.В. Мнацаканян Ю.С.	Устойчивость рабочего процесса в двигателях летательных аппаратов /М.А. Ильченко, В.В. Крютченко, Ю.С. Мнацаканян и др. —М.: Машиностроение, 1995. — 320 с: ил.	1995 печат.	0,5
<b>7.1.3 Методические разработки</b>				
8.1.3.1	А.Ф. Ефимочкин, А.А. Алексеев, М.М. Федотов	Методические указания к выполнению лабораторной работы №1 «Экспериментальное определение и анализ характеристик решетки профилей осевого компрессора» по дисциплине «Общая теория авиационных и ракетных двигателей» специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. А.Ф. Ефимочкин, А.А. Алексеев, М.М. Федотов. Воронеж, 2015. 46 с. (395-2015)	2015 электр.	1,0
8.1.3.2	А.Ф. Ефимочкин, А.В. Москвичев, М.М. Федотов	Методические указания к выполнению лабораторной работы №2 «Экспериментальное исследование характеристик компрессора» по дисциплине «Общая теория авиационных и ракетных двигателей» специальности	2015 электр.	1,0

		160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. А.Ф. Ефимочкин, А.В. Москвичев, М.М. Федотов. Воронеж, 2015. 40 с. (396-2015)		
8.1.3.3	А.Ф. Ефимочкин, А.В. Москвичев, М.М. Федотов	Методические указания к выполнению лабораторной работы №3 «Экспериментальное получение и анализ характеристик камеры сгорания ГТД» по дисциплине «Общая теория авиационных и ракетных двигателей» специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. А.Ф. Ефимочкин, А.В. Москвичев, М.М. Федотов. Воронеж, 2015. 20 с. (397-2015)	2015 электр.	1,0
8.1.3.4	А.Ф. Ефимочкин, А.В. Москвичев, М.М. Федотов	Методические указания к выполнению лабораторной работы №4 «Экспериментальное получение и анализ характеристик газовой турбины» по дисциплине «Общая теория авиационных и ракетных двигателей» специальности 160700.65, 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей» очной формы обучения / ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет"; сост. А.Ф. Ефимочкин, А.В. Москвичев, М.М. Федотов. Воронеж, 2015. 68 с. (398-2015)	2015 электр.	1,0

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

1. Microsoft Win Pro 10
2. Acrobat Pro 2017
3. 7 zip

4. Google Chrome
5. LibreOffice
6. Mozilla Firefox
7. OpenOffice
8. <http://www.edu.ru/> - образовательный портал ВГТУ
9. <http://window.edu.ru>, <https://wiki.cchgeu.ru> - информационные справочные системы
10. [elibrary.ru](http://elibrary.ru)
11. <http://vipbook.info> - электронная библиотека
12. [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru) – электронная библиотека
13. <http://www.knigafund.ru> - Электронно-библиотечная система «Книга-Фонд» - учебная и научная литература.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Аудитория № 153 (ул. Ворошилова, 20, 8 эт.), укомплектованная специализированной мебелью для обучающихся и преподавателя, оборудованная мультимедиа-проектором и экраном, для проведения лекционных и практических занятий.

Аудитории № 154, № 149 (ул. Ворошилова, 20, 8 эт.), укомплектованные специализированной мебелью для обучающихся и преподавателя для проведения лекционных и практических занятий.

Специализированная аудитория, оснащенная персональными компьютерами и специальным программным обеспечением для лабораторных работ - учебная аудитория № 134 (ул. Ворошилова, 20, 7 эт.), укомплектованная специализированной мебелью и оборудованная техническими средствами обучения: персональными компьютерами с лицензионным программным обеспечением с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Общая теория авиационных и ракетных двигателей» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета параметров двигателей и критериев оптимизации ВРД и ЖРД. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.