


УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

 Юнаков Л. П.  
(подпись) ФИО  
« 31 » 05 2022

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ВРД

Направление/специальность подготовки	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация/профиль/программа подготовки	Проектирование ракетных двигателей твердого топлива
Уровень высшего образования	Специалитет
Форма обучения	Очная
Факультет	А Ракетно-космической техники
Выпускающая кафедра	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кафедра-разработчик рабочей программы	А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	9	4	144	102	68	0	34	42	0	0	42	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей**

год набора группы: 2022

Программу составили:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ

Юнаков Леонид Павлович, к.т.н., декан



Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ

Мустейкис Антон Иванович, старший преподаватель



Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.



Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Левихин А.А., к.т.н., доц.



# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ТЕОРИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ВРД**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3 — способность разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

**ОПК-3**

*знания:*

основные типы и принципы действия ВРД; реальные и идеальные циклы ВРД; основные типы топлив и их энергетические характеристики;

схемы, конструкции, процессы, общие вопросы касательно проектирования и конструирования ВРД;

*умения:*

термодинамический расчет РТД и ТРДФ, балансовый расчет, зависимости удельной тяги удельного расхода топлива ТРД и ТРДФ;

отличать материалы, схемы турбин, конструктивные особенности и компоновки турбин, выходные устройства, характеристики и методы регулирования ТРД и ТРДФ;

*навыки:*

проектирование турбокомпрессорных газотурбинных двигателей, проектирование проточной части турбокомпрессорных газотурбинных двигателей, проектирование проточной части газогенераторов двухконтурных двигателей, турбовентилятора, общая схема формирования облика турбокомпрессоров.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ВРД** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению *24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕРМОДИНАМИКА, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АГРЕГАТОВ ВРД.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические и экспериментального исследования для решения инженерных задач профессиональной деятельности

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-3
5	9	<b>Раздел 1. Введение в общие вопросы теории ВРД.</b> Основные типы и принцип действия ВРД. Сдельные параметры Идеальный и реальный циклы ВРД Повышение эффективности использования топлива (Форсирование ТРД-ТРДФ). Работа ВРД как двигателя: тяга, мощность, полетный КПД. Взаимосвязь коэффициентов полезного действия. Источники энергии ВРД.	9	7	7	0	2	10
5	9	<b>Раздел 2. Основные узлы газотурбинных двигателей (ИД) и их характеристики.</b> Входные устройства для дозвуковых и небольших сверхзвуковых скоростей полета. Компрессоры ВРД. Камеры сгорания. Турбины. Выходные устройства. Общие вопросы компоновки газотурбинных двигателей. Конструктивное схемное решение ГТД, силовые схемы корпусов, роторов, крепление на ЛА Усилия, действующие в ГТД. Определение осевых сил, торсионные силы и моменты, действующие на элементы.	43	35	11	24	8	25
5	9	<b>Раздел 3. Термогазодинамический расчет ТРД и ТРДФ на расчетном режиме.</b> Баланс расходов в проточной части двигателя. изменение энтальпии, полного давления. Баланс мощностей и чисел оборотов ротора. Порядок расчета баланса. Зависимость удельной тяги и удельного расхода топлива ТРД и ТРДФ от основных параметров рабочего процесса.	30	22	12	10	8	15
5	9	<b>Раздел 4. Характеристики и методы регулирования ТРД и ТРДФ.</b> Понятие о характеристиках ГТД и их связи с регулированием. Высотно-скоростные и дроссельные характеристики. Закон управления, закон и программа регулирования, параметры регулирования, регулирующие факторы. Регулирование по одному. двум к трем параметрам; комбинированные законы регулирования.	16	10	10	0	6	10
5	9	<b>Раздел 5. Двухконтурные двигатели (ТРДД).</b> Общие сведения. Свободная энергия. Параметры, характеризующие эффективность ТРДД Оптимальная распределение свободной энергии между потоками внутреннего и наружного контуров. Расчет параметров ТРДД.	15	9	9	0	6	10
5	9	<b>Раздел 6. Прямоточные двигатели для больших сверхзвуковых (СПВРД) и гиперзвуковых скоростей (ГПВРД) полета.</b> Особенности основных видов ПВРД, эффективность ПВРД. Методы расчета параметров рабочего процесса. Удельные параметры и основные данные ПВРД.	17	11	11	0	6	10
5	9	<b>Раздел 7. Проектирование проточной части турбокомпрессорных газотурбинных двигателей.</b> Основные цели и исходные данные. Связь конструктивно-геометрических параметров компрессора и турбины ТРДДФ Особенности проектирования проточной части турбин и компрессоров, газогенератора ТРДДФ Проектирование проточной части газогенераторов двухконтурных двигателей Проектирование проточной части турбовентилятора Общая схема формирования облика турбокомпрессоров.	14	8	8	0	6	20
<b>Всего за 9 семестр</b>			144	102	68	34	42	100
<b>Всего по дисциплине</b>			144	102	68	34	42	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Основные узлы газотурбинных двигателей (ИД) и их характеристики.	Схема и устройство осевого компрессора ТРД	4
2		Схема и устройство осевой турбины ТРД	5
3		Конструкция и функционирование основной камеры сгорания ТРД	5
4		Основные элементы, устройство и функционирование системы топливопитания ТРД	5
5		Система смазки и суфлирования ТРД	5
6	Раздел 3. Термогазодинамический расчет ТРД и ТРДФ на расчетном режиме.	Термодинамический расчет ВРД различных схем	10
<b>Всего за 9 семестр</b>			34

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Введение в общие вопросы	Изучение предусмотренных программой	2

	теории ВРД.	дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	
2	Раздел 2. Основные узлы газотурбинных двигателей (ИД) и их характеристики.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
3		Подготовка к практическому занятию	2
4	Раздел 3. Термогазодинамический расчет ТРД и ТРДФ на расчетном режиме.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
5		Подготовка к практическим занятиям	2
6	Раздел 4. Характеристики и методы регулирования ТРД и ТРДФ.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
7	Раздел 5. Двухконтурные двигатели (ТРДД).	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
8	Раздел 6. Прямоточные двигатели для больших сверхзвуковых (СПВРД) и гиперзвуковых скоростей (ГПВРД) полета.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
9	Раздел 7. Проектирование проточной части турбокомпрессорных газотурбинных двигателей.	Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	6
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>42</b>

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>9</b>					Отч. по ПЗ	ДР				ДР						ДР	Вопр. Экз

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. М. Лабанова, Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко. . Устройство газотурбинного двигателя АИ-25. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 34 экз.
2. В. А. Скибин [и др.]. Самолёты и вертолёты. Т. IV-21 Авиационные двигатели . М.: Машиностроение, 2010, эл. рес.
3. В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Москва: Машиностроение, 2020, эл. рес.
4. Л. П. Юнаков. . Основы теории авиационных газотурбинных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
5. Л. П. Юнаков. . Термодинамический расчёт ТРД и ТРДФ. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 30 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова;
3. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов..

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
- <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. Препарированные натурные образцы отдельных элементов РД..

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕОРИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ВРД** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.02 *Проектирование авиационных и ракетных двигателей*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:  
ОПК-3 способность разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением принципа работы воздушно- реактивных двигателей (ВРД), типов ВРД, основных показателей, термодинамических и газодинамических параметров процессов, областей применения различных типов двигательных установок с ВРД.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **4 з.е., 144 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**68 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**42 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 102 ч. аудиторных занятий, и 42 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Введение в общие вопросы теории ВРД.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. А. Скибин [и др.]. Самолёты и вертолёты. Т. IV-21 Авиационные двигатели : М.: Машиностроение, 2010 (глава 1.1-1.2) В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Москва: Машиностроение, 2020 (глава 1-5)	2
Итого по разделу 1		2
<b>Раздел 2. Основные узлы газотурбинных двигателей (ИД) и их характеристики.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	А. М. Лабанова, Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко. . Устройство газотурбинного двигателя АИ-25: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (раздел 1) В. А. Скибин [и др.]. Самолёты и вертолёты. Т. IV-21 Авиационные двигатели : М.: Машиностроение, 2010 (глава 2.4-2.7) В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Москва: Машиностроение, 2020 (глава 2-4)	6
Подготовка к практическому занятию	В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Москва: Машиностроение, 2020 (глава 2-4)	2
Итого по разделу 2		8
<b>Раздел 3. Термогазодинамический расчет ТРД и ТРДФ на расчетном режиме.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	Л. П. Юнаков. . Основы теории авиационных газотурбинных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (раздел 1) В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Москва: Машиностроение, 2020 (глава 8)	6
Подготовка к практическим занятиям	Л. П. Юнаков. . Термодинамический расчёт ТРД и ТРДФ: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (раздел 1)	2
Итого по разделу 3		8
<b>Раздел 4. Характеристики и методы регулирования ТРД и ТРДФ.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. А. Скибин [и др.]. Самолёты и вертолёты. Т. IV-21 Авиационные двигатели : М.: Машиностроение, 2010 (глава 3.4)	6
Итого по разделу 4		6

<b>Раздел 5. Двухконтурные двигатели (ТРДД).</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Москва: Машиностроение, 2020 (глава 9)	6
Итого по разделу 5		6
<b>Раздел 6. Прямоточные двигатели для больших сверхзвуковых (СПВРД) и гиперзвуковых скоростей (ГПВРД) полета.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	Л. П. Юнаков. . Основы теории авиационных газотурбинных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (раздел 2)	6
Итого по разделу 6		6
<b>Раздел 7. Проектирование проточной части турбокомпрессорных газотурбинных двигателей.</b>		
Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе	Л. П. Юнаков. . Основы теории авиационных газотурбинных двигателей: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (раздел 2) В. А. Скибин [и др.]. Самолёты и вертолёты. Т. IV-21 Авиационные двигатели : М.: Машиностроение, 2010 (стр. 102-105)	6
Итого по разделу 7		6

## ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- отчет по практическому заданию;
- вопросы к экзамену;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Отчет по практическому заданию

Отчет по работе выполненной на ПЗ представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по работе. Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя.

В случае если оформление отчета и поведение студента во время защиты соответствуют указанным требованиям, студент получает зачет по данной практической работе.

Основаниями для доработки могут служить:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала (неверный выбор масштаба чертежей, отсутствие указания единиц измерения на графиках),

Отчет не может быть принят и подлежит переработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала,
- некорректной обработки результатов вычислений.

Комплект практических заданий входит в состав УМК дисциплины.

#### Вопросы к экзамену

1. Основные типы и принцип действия ВРД
2. Идеальный и реальный циклы ВРД
3. Повышение эффективности использования топлива (Форсирование ТРД-ТРДФ)
4. Работа ВРД как двигателя: тяга, мощность, полетный КПД
5. Взаимосвязь коэффициентов полезного действия
6. Основные функции и характеристики топлив, возможные источники энергии
7. Химические топлива и их энергетические характеристики, углеводородные топлива; водород как авиационное топливо
8. Входные устройства для дозвуковых и небольших сверхзвуковых скоростей полета
9. Входные устройства для сверхзвуковых скоростей полета: классификация, организация течения, неустойчивая работа
10. Характеристики входных устройств
11. Компрессоры ВРД
12. Центробежные компрессоры: схема, расчет параметров.
13. Осевые компрессоры
14. Многоступенчатые осевые компрессоры
15. Характеристики компрессоров
16. Камеры сгорания. Классификация, основные требования.
17. Основные КС: конструктивная схема, организация процесса.
18. Прочность и устойчивость основных КС, материалы,
19. Камеры сгорания ПВРД и форсажных камер.
20. Турбины. Схема, изменение параметров, процесс расширения в ступени, основные параметры ступени.
21. Многоступенчатые турбины, достоинства и недостатки.
22. Процесс расширения в многоступенчатой турбине, распределение теплоперепада между ступенями.

Физические основы многовальных двигателей.

23. Организация охлаждения турбин.

24. Конструктивные параметры и компоновка турбин.

25. Конструкция лопаток и сопловых аппаратов, роторов турбин. Соединение роторов турбин и компрессоров. Материалы.

26. Выходные устройства; Основные параметры.

27. Выходные устройства для дозвуковых и небольших сверхзвуковых скоростей полета, их характеристики.

28. Выходные устройства для сверхзвуковых скоростей полета; регулирование и характеристики.

Реверсивные сопла, назначение, основные требования и конструкция

29. Общие вопросы компоновки газотурбинных двигателей.

30. Конструктивное- схемное решение ГТД, силовые схемы корпусов, роторов, крепление на ЛА

31. Усилия, действующие в ГТД. Определение осевых сил, торсионные силы и моменты, действующие на элементы

32. Баланс расходов в проточной части двигателя. изменение энтальпии, полного давления. Баланс мощностей и чисел оборотов ротора.

33. Зависимость удельной тяги и удельного расхода топлива ТРД и ТРДФ от основных параметров рабочего процесса

34. Понятие о характеристиках ГТД и их связи с регулированием.

35. Высотно-скоростные и дроссельные характеристики.

36. Закон управления, закон и программа регулирования, параметры регулирования, регулирующие факторы.

37. Регулирование по одному. двум к трем параметрам; комбинированные законы регулирования

38. Общие сведения. Свободная энергия. Параметры, характеризующие эффективность ТРДД

39. Оптимальная распределение свободной энергии между потоками внутреннего и наружного контуров.

40. Особенности основных видов ПВРД, эффективность ПБРД.

41. Методы расчета параметров рабочего процесса.

42. Удельные параметры и основные данные ПВРД.

43. Основные цели и исходные данные. Связь конструктивно-геометрических параметров компрессора и турбины ТРДДФ

44. Особенности проектирования проточной части турбин и компрессоров, газогенератора ТРДДФ

45. Общая схема формирования облика турбокомпрессоров

### **Экзамен**

Обучающийся имеет право на получение минимальной положительной оценки при условии успешного прохождения текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы в соответствии с графиком раздела 4.

К сдаче экзамена допускаются обучающиеся при условии выполнения и защиты всех практических заданий, предусмотренных программой дисциплины.

Для получения оценки «удовлетворительно» необходимо пройти тестирование с результатами не менее 60% правильных ответов.

Для получения оценок «хорошо» и «отлично» студенту предлагается экзамен в форме ответов по билету. В экзаменационном билете два теоретических вопроса. Оценивается полнота и правильность ответа по билету.

Оценка «хорошо»: полнота ответа на вопросы билета: не менее 80% по каждому вопросу.

Оценка «отлично»: полнота ответа на вопросы билета: не менее 80% по каждому вопросу, ответы на 2-3 дополнительных вопроса из списка со степенью полноты ответа не менее 50% по каждому.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ОПК-3	
5	9	Раздел 1. Введение в общие вопросы теории ВРД.	9	7	7	0	2	10	Отчет по практическому заданию
5	9	Раздел 2. Основные узлы газотурбинных двигателей (ИД) и их характеристики.	43	35	11	24	8	25	Отчет по практическому заданию
5	9	Раздел 3. Термогазодинамический расчет ТРД и ТРДФ на расчетном режиме.	30	22	12	10	8	15	Отчет по практическому заданию
5	9	Раздел 4. Характеристики и методы регулирования ТРД и ТРДФ.	16	10	10	0	6	10	Отчет по практическому заданию
5	9	Раздел 5. Двухконтурные двигатели (ТРДД).	15	9	9	0	6	10	Отчет по практическому заданию
5	9	Раздел 6. Прямоточные двигатели для больших сверхзвуковых (СПВРД) и гиперзвуковых скоростей (ГПВРД) полета.	17	11	11	0	6	10	Отчет по практическому заданию
5	9	Раздел 7. Проектирование проточной части турбокомпрессорных газотурбинных двигателей.	14	8	8	0	6	20	Вопросы к экзамену
Всего за 9 семестр			144	102	68	34	42	100	
Всего по дисциплине			144	102	68	34	42	100	