

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Левихин А.А.

« ____ » _____ 20__

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 | 68 | 34 | 0 | 34 | 76 | 0 | 0 | 76 | 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: 2025

Программу составил:

Кафедра А8 ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГОУСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ _____

Юнаков Леонид Павлович, к.т.н., доцент, декан

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 — Способен разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-3

знания:

Знать основные типы и принципы действия ВРД; идеальные и действительные циклы ВРД; общие вопросы теории и конструирования ВРД, схемы, узлы и элементы конструкции, рабочие процессы, параметры.;

умения:

Производить термодинамический расчет ТРД и ТРДД; определять тягу, удельную тягу, расход топлива, удельный расход топлива ТРД и ТРДД; рассчитывать характеристики ТРД и ТРДД; отличать компоновки и конструктивные особенности различных типов ВРД и их основных элементов: компрессоров, камер сгорания, турбин, входных и выходных устройств; выбирать методы регулирования ТРД и ТРДД.;

навыки:

Разработка принципиальных схем ВРД, определение основных параметров и проектирование общего конструктивного облика ВРД и их составных узлов..

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, 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 | Раздел 1. Общие вопросы теории ВРД. Основные типы и принцип действия ВРД. Тяга, удельные параметры, коэффициенты полезного действия ВРД. Идеальный и реальный циклы ВРД. Работа и КПД цикла. Зависимость удельной тяги, эффективного КПД и удельного расхода топлива от параметров цикла. | 20 | 6 | 6 | 0 | 14 | 25 |
| 5 | 9 | Раздел 2. Принцип действия, устройство и характеристики основных узлов ВРД. Входные устройства. Компрессоры. Камеры сгорания. Турбины. Сопла и Выходные устройства. Компоновочные схемы ВРД. | 64 | 34 | 10 | 24 | 30 | 25 |
| 5 | 9 | Раздел 3. Термозагазодинамический расчет ВРД. Основные уравнения и зависимости термодинамического расчета Коэффициенты, характеризующие эффективность работы основных узлов ВРД. Определение термо и газодинамических параметров потока в характерных сечениях проточной части ВРД Расчет тяги, расходов воздуха, газа и площадей характерных сечений проточной части. | 32 | 18 | 8 | 10 | 14 | 20 |
| 5 | 9 | Раздел 4. Двухконтурные двигатели (ТРДД). Схемы и параметры ТРДД Выбор степени двухконтурности и степени повышения давления вентилятора. Рабочий процесс ТРДД и раздельными контурами. Рабочий процесс ТРДД со смешением потоков. Расчет параметров ТРДД. | 22 | 8 | 8 | 0 | 14 | 20 |
| 5 | 9 | Раздел 5. Прямоточные двигатели воздушно - реактивные двигатели. Конструкция ПВРД. Расчет основных параметров ПВРД. | 6 | 2 | 2 | 0 | 4 | 10 |
| Всего за 9 семестр | | | 144 | 68 | 34 | 34 | 76 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 144 | 68 | 34 | 34 | 76 | 100 |

3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Тема практического занятия | Объем, ауд. часов |
|---------------------------|---|---|-------------------|
| 1 | Раздел 2. Принцип действия, устройство и характеристики основных узлов ВРД. | Схема и устройство осевой турбины ТРД | 5 |
| 2 | | Схема и устройство осевого компрессора ТРД | 5 |
| 3 | | Основные элементы, устройство и функционирование системы топливопитания ТРД | 5 |
| 4 | | Система смазки и суфлирования ТРД | 5 |
| 5 | | Конструкция и функционирование основной камеры сгорания ТРД | 4 |
| 6 | Раздел 3. Термозагазодинамический расчет ВРД. | Термодинамический расчет ВРД различных схем | 10 |
| Всего за 9 семестр | | | 34 |

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Содержание учебного задания | Объем, часов |
|-------|---|--|--------------|
| 1 | Раздел 1. Общие вопросы теории ВРД. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе | 14 |
| 2 | Раздел 2. Принцип действия, устройство и характеристики основных узлов ВРД. | Подготовка к практическому занятию | 15 |
| 3 | | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе | 15 |
| 4 | Раздел 3. Термозагазодинамический расчет ВРД. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе | 7 |
| 5 | | Подготовка к практическим занятиям | 7 |

| | | | |
|---------------------------|--|--|-----------|
| 6 | Раздел 4. Двухконтурные двигатели (ТРДД). | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе | 14 |
| 7 | Раздел 5. Прямоточные двигатели воздушно - реактивные двигатели. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе | 4 |
| Всего за 9 семестр | | | 76 |

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 |
| 9 | | | | | Отч. по ПЗ | ДР | | | | ДР | Отч. по ПЗ | | | | Отч. по ПЗ | 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. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 1 Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
2. А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 2 Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008, эл. рес.
3. А. М. Лабанова, Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко. . Устройство газотурбинного двигателя АИ-25. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017, 34 экз.
4. В. А. Скибин [и др.]. Самолёты и вертолёты. Т. IV-21 Авиационные двигатели . М.: Машиностроение, 2010, эл. рес.
5. В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Москва: Машиностроение, 2020, эл. рес.
6. Л. П. Юнаков. . Основы теории авиационных газотурбинных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 25 экз.
7. Л. П. Юнаков. . Основы теории авиационных газотурбинных двигателей. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
8. Л. П. Юнаков. . Термодинамический расчёт ТРД и ТРДФ. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, 30 экз.
9. Л. П. Юнаков, А. И. Мустейкис, А. А. Левихин. . Термодинамический расчёт ТРДД и ТРДДФ. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 44 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 — 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 - 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 Способен разрабатывать нормативно-техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением принципа работы воздушно- реактивных двигателей (ВРД), типов ВРД, устройства и принципа действия основных узлов 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 (**34 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**76 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 ч., из них 68 ч. аудиторных занятий, и 76 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. |
|--|--|--------------------|
| Раздел 1. Общие вопросы теории ВРД. | | |
| 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 (1,2,3,4) В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Москва: Машиностроение, 2020 (1,5,6,7) А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 1 Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (2) | 14 |
| Итого по разделу 1 | | 14 |
| Раздел 2. Принцип действия, устройство и характеристики основных узлов ВРД. | | |
| Подготовка к практическому занятию | А. М. Лабанова, Ю. В. Анискевич, Д. Г. Кравченко. . Устройство газотурбинного двигателя АИ-25: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2017 (1) В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Москва: Машиностроение, 2020 (2,3,4) | 15 |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе | А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 2 Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2008 (5,6,7,8,9) | 15 |
| Итого по разделу 2 | | 30 |
| Раздел 3. Термодинамический расчет ВРД. | | |
| 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 (1,2,3,4) Л. П. Юнаков. . Термодинамический расчёт ТРД и ТРДФ: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (1) Л. П. Юнаков, А. И. Мустейкис, А. А. Левихин. . Термодинамический расчёт ТРДД и ТРДДФ: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1-4) В. В. Кулагин, В. С. Кузьмичев. . Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Москва: Машиностроение, 2020 (8,9) | 7 |
| Подготовка к практическим занятиям | | 7 |
| Итого по разделу 3 | | 14 |
| Раздел 4. Двухконтурные двигатели (ТРДД). | | |

| | | |
|--|---|----|
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе | В. А. Скибин [и др.]. Самолёты и вертолёт. Т. IV-21 Авиационные двигатели : М.: Машиностроение, 2010 (глава 3.4) | 14 |
| Итого по разделу 4 | | 14 |
| Раздел 5. Прямоточные двигатели воздушно - реактивные двигатели. | | |
| 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 (1) | 4 |
| Итого по разделу 5 | | 4 |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

Вопросы к экзамену

1. Основные типы и принцип действия ВРД.
2. Идеальный и действительный циклы ТРД.
3. Работа идеального и действительного цикла ТРД. Зависимость работы цикла от степени сжатия и степени подогрева.
4. КПД идеального и действительного цикла ТРД. Зависимость КПД цикла от степени сжатия и степени подогрева.
5. Связь удельных параметров ТРД с параметрами цикла.
6. Цикл ТРД с форсажной камерой. Сравнение работы и КПД циклов ТРДФ и ТРД.
7. Цикл ТРД с форсажной камерой.
8. Тяга ВРД.
9. Мощность ВРД, полетный КПД.
10. Коэффициентов полезного действия ВРД.
11. Конструкции и характеристики входные устройства ВРД.
12. Конструкция и характеристики центробежных компрессоров.
13. Конструкция и характеристики осевых компрессоров.
14. Камеры сгорания. Классификация, основные требования.
15. Основные КС: конструктивная схема, организация процесса.
16. Камеры сгорания ПВРД и форсажных камер.
17. Конструкция и характеристики турбин.
18. Конструкция и характеристики выходных устройств и сопла.
19. Балансовые соотношения расходов воздуха и газа в проточной части двигателя, мощности компрессора и турбины.
20. Уравнения и зависимости для термодинамического расчета компрессора и коэффициенты, определяющие его эффективность работы.
21. Уравнения и зависимости для термодинамического расчета основной камеры сгорания и коэффициенты, определяющие ее эффективность работы.
22. Уравнения и зависимости для термодинамического расчета форсажной камеры сгорания компрессора и коэффициенты, определяющие его эффективность работы.
23. Уравнения и зависимости для термодинамического расчета входного устройства и сопла компрессора и коэффициенты, определяющие его эффективность работы.
24. Цикл ТРДД с отдельными контурами. Определение степени расширения турбины вентилятора.
25. Цикл ТРДД без смешения потоков. Определение параметров смешенного потока. Сравнение удельного расхода топлива с ТРДД с отдельными контурами.
26. Распределение энергии между контурами ТРДД.
27. Выбор степени двухконтурности и степени повышения давления в вентиляторе.
28. Зависимость удельной тяги и удельного расхода топлива от степени двухконтурности.
29. Совместная работа компрессора и входного устройства. Основные соотношения.
30. Совместная работа компрессора и турбины. Основные соотношения.
31. Совместная работа турбины и сопла. Основные соотношения.
32. Совместная работа камеры сгорания и турбины. Основные соотношения.
35. Высотно-скоростные и дроссельные характеристики. методы расчета.

36. Законы регулирования ТРД.
37. Конструкция и параметры ПВРД.
38. Основные и удельные параметры ПВРД.
39. Расчетные зависимости для определения основных параметров ПВРД.
40. Особенности рабочего процесса и конструкции ПВРД для гиперзвуковых скоростей полета

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.

Экзамен

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. Общие вопросы теории ВРД. | 20 | 6 | 6 | 0 | 14 | 25 | Вопросы к экзамену |
| 5 | 9 | Раздел 2. Принцип действия, устройство и характеристики основных узлов ВРД. | 64 | 34 | 10 | 24 | 30 | 25 | Отчет по практическому заданию, Вопросы к экзамену |
| 5 | 9 | Раздел 3. Термогазодинамический расчет ВРД. | 32 | 18 | 8 | 10 | 14 | 20 | Отчет по практическому заданию, Вопросы к экзамену |
| 5 | 9 | Раздел 4. Двухконтурные двигатели (ТРДД). | 22 | 8 | 8 | 0 | 14 | 20 | Вопросы к экзамену |
| 5 | 9 | Раздел 5. Прямоточные двигатели воздушно - реактивные двигатели. | 6 | 2 | 2 | 0 | 4 | 10 | Вопросы к экзамену |
| Всего за 9 семестр | | | 144 | 68 | 34 | 34 | 76 | 100 | |
| Всего по дисциплине | | | 144 | 68 | 34 | 34 | 76 | 100 | |

Оценочные материалы по дисциплине ТЕОРИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ВРД

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

- № 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Тяга ВРД создается за счет:
- 1) Действия воздушного винта
 - 2) обтекания лопаток компрессора
 - 3) Истечения продуктов сгорания через сопло
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Описать принцип действия ТРД
- № 3 Прочитайте текст и установите последовательность
Установите последовательность расположения элементов ТРДФ
- 1) форсажная камера сгорания
 - 2) основная камера сгорания
 - 3) сопло
 - 4) компрессор
 - 5) турбина
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
В ТРДФ при увеличении степени повышения давления температура газа перед соплом $T_{ф}^*$ и подводимое к циклу тепло Q :
- 1) увеличиваются;
 - 2) уменьшаются;
 - 3) остаются постоянными;
 - 4) $T_{ф}^*$ растет, Q уменьшается;
 - 5) $T_{ф}^*$ уменьшается, Q растет
- № 5 Прочитайте текст и установите последовательность
Установите последовательность расположения элементов камер сгорания ТРДФ
1. форсунка
 2. диффузор
 3. фронтное устройство
 4. жаровая труба
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие
Установите соответствие классификации камер сгорания
1. по конструктивному исполнению
 2. по направлению движения потока газа
 3. по типу образования топливовоздушной смеси
- А. прямоточные, противоточные и петлевые

Б. трубчатые (индивидуальные), кольцевые и трубчато-кольцевые

В. а) с впрыском топлива по потоку газа; б) с впрыском топлива против потока газа; в) с испарительным смесеобразованием

Г. основные и форсажные

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

В состав генератора мощности ТРДД входит

- 1) вентилятор
- 2) компрессор высокого давления (КВД)
- 3) камера сгорания
- 4) турбина высокого давления (ТВД)
- 5) турбина низкого давления (ТНД)
- 6) камера смешения
- 7) сопло

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие типы компрессоров применяются в ГТД

- 1) осевые
- 2) центробежные
- 3) диагональные
- 4) поршневые

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие типы сопел применяются в ТРД в зависимости от режима истечения газа

- 1) регулируемые
- 2) жесткие
- 3) дозвуковые
- 4) сверхзвуковые

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

В ТРД при увеличении степени повышения давления в компрессоре и постоянной степени подогрева температура газа за турбиной:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) остается постоянной

№ 11 Прочитайте текст и установите соответствие

Установите соответствие узлов ТРД их описанию и назначению

1. входное устройство (ВУ)
2. компрессор
3. основная камера сгорания (КС)

А. устройство, в котором в результате сгорания топлива осуществляется повышение температуры поступающего в него воздуха (газа). Основная КС расположена перед турбиной

Б. лопаточная машина, в которой воздуху сообщается энергия, идущая на повышение его полного давления.

В. устройство для забора атмосферного воздуха и подвода его к ГТД и где в полете ЛА происходит торможение набегающего потока и преобразование его кинетической энергии в потенциальную энергию давления воздуха на входе в ГТД

Г. представляет собой лопаточную машину, в которой происходит отбор энергии от сжатого и нагретого газа и преобразование ее в механическую энергию вращения ротора

№ 12 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Объяснить наличие максимума общего КПД и минимума удельного расхода топлива по температуре газа перед турбиной