



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**

**(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»  
(Выборгский филиал СПбГУ ГА)**

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор Филиала

*А.Ю. Маёров*  
А.Ю. Маёров

«25» апреля 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОП.05. ТЕОРИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ**

---

*название дисциплины*

**25.02.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей**

*(код, наименование специальности)*

---

**очная**

*(форма обучения)*

2022 г.

Составлена в соответствии с требованиями к оценке качества освоения выпускниками программы подготовки специалистов среднего звена по специальности **25.02.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей**

**Рассмотрена и рекомендована**

Цикловой комиссией общепрофессиональных дисциплин Филиала

Протокол № 5 от 21 марта 2022

Председатель ЦК Бочарова Л.В.

**СОГЛАСОВАНО**

Заместитель директора по учебно-воспитательной работе

 И.И. Медведева

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Паспорт рабочей программы учебной дисциплины.....	4
2. Структура и содержание учебной дисциплины.....	5
3. Условия реализации учебной дисциплины.....	12
4. Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины.....	13

# **1. ПАСПОРТ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ОП.05 Теория двигателей летательных аппаратов**

### **1.1. Область применения рабочей программы**

Рабочая программа учебной дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС СПО по специальности **25.02.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей"**, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 апреля 2014 года, № 389.

### **1.2. Место учебной дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы:**

Дисциплина относится к циклу общепрофессиональных дисциплин

### **1.3. Цели и задачи учебной дисциплины – требования к результатам освоения учебной дисциплины:**

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся **должен уметь:**

-применять основы технической термодинамики:

- первое и второе начала термодинамики,
- термодинамические процессы и циклы.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся **должен знать:**

- основные уравнения газовой динамики, истечение газа;
- теорию газотурбинных двигателей летательных аппаратов: схему устройства и принцип работы;
- процессы, протекающие в элементах турбореактивных двигателей;
- турбореактивные двигатели двухконтурные;
- турбовинтовые двигатели;
- теорию поршневых двигателей летательных аппаратов: схему устройства и принцип работы.

### **Перечень формируемых компетенций**

ПК 1.3. Проводить комплекс планово-предупредительных работ по обеспечению исправности, работоспособности и готовности летательных аппаратов различного типа и их двигателей к использованию по назначению.

ПК 2.4. Осуществлять контроль качества выполняемых работ.

ПК 2.5. Проводить оценку экономической эффективности производственной деятельности при организации и проведении технического обслуживания летательных аппаратов и двигателей различного типа.

#### **1.4. Количество часов на освоение рабочей программы учебной дисциплины:**

максимальной учебной нагрузки обучающегося 189 часов, в том числе:

- обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося 126 часов;
- самостоятельной работы обучающегося 63 часов.

## **2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы**

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Объем часов</b>
<b>Максимальная учебная нагрузка (всего)</b>	<b>189</b>
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>	<b>126</b>
в том числе:	
лабораторные работы	<b>6</b>
практические занятия	<b>30</b>
<b>Самостоятельная работа обучающегося (всего)</b>	<b>60</b>
в том числе:	
- работа с историческими аспектами развития авиационных двигателей;	5
- знакомство с перспективными авиационными двигателями;	5
- расчет основных параметров рабочего цикла газотурбинных двигателей (ГТД);	10
- выполнение расчетно-графических работ;	10
- обработка результатов лабораторных работ и оформление отчетов;	15
- изучение основной и дополнительной литературы.	15
<b>Промежуточная аттестация в форме экзамена</b>	

## 2.2. Тематический план и содержание учебной дисциплины: «Теория двигателей летательных аппаратов»

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся	Объем часов	Коды компетенций ПК
1	2	3	4
<b>Введение</b>	Общие сведения о преобразовании энергии. Понятие о силовой установке. Тепловые двигатели и их классификация. Газотурбинные двигатели.	<b>4</b>	<b>2.4</b> <b>2.5</b>
<b>Раздел 1. Основы технической термодинамики и газовой динамики</b>		<b>67</b>	
<b>Тема 1.1. Первый закон термодинамики и термодинамические процессы</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Газ как рабочее тело. Параметры состояния газа: давление, удельный объём, плотность, температура ( $p, v, \rho, T$ ), шкалы температур. Уравнение состояния идеального газа. Понятие о термодинамическом процессе. Внутренняя энергия газа и её изменение в термодинамических процессах. Работа газа в термодинамических процессах. Количество теплоты и теплоемкость газа. Первый закон термодинамики. Энтальпия газа. Способы задания и методы исследования термодинамических процессов. Основные термодинамические процессы: изохорный процесс, изобарный процесс, изотермический процесс, адиабатический процесс. Политропические процессы.	<b>8</b>	<b>2.4</b>
	<b>Практическое занятие</b> Решение задач по теме 1.1.	<b>2</b>	<b>2.4</b>
	<b>Расчетно-практическое занятие</b> «Расчет и анализ основных термодинамических процессов».	<b>2</b>	<b>2.4</b> <b>2.5</b>
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Работа с электронными источниками информации. Решение задач на тему первый закон термодинамики. Расчет и анализ основных термодинамических процессов.	<b>8</b>	<b>1.3</b> <b>2.4</b> <b>2.5</b>
<b>Тема 1.2. Второй закон термодинамики и термодинамические циклы</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Понятие о естественных и неестественных тепловых процессах. Понятие о термодинамических циклах. Прямой термодинамический цикл. Идеальный цикл Карно. Физическая сущность и формулировки 2-го закона термодинамики.	<b>6</b>	<b>2.4</b> <b>2.5</b>

	Идеальные циклы тепловых двигателей. Идеальный цикл Отто. Идеальный цикл Брайтона.		
	<b>Лабораторная работа № 1</b> «Исследование идеальных циклов с подводом тепла при постоянном давлении и постоянном объеме».	2	2.4 2.5
	<b>Расчетно-практическое занятие</b> «Идеальные термодинамические циклы».	2	2.4
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Работа с электронными источниками информации. Исследование идеальных циклов с подводом тепла при постоянном давлении и постоянном объеме (отчет по ЛР № 1). Идеальные термодинамические циклы.	6	2.4 2.5
<b>Тема 1.3. Основы газовой динамики</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Основные свойства движущего газа. Скорость звука и число Маха. Внешние и внутренние воздействия на газовый поток. Виды энергии движущегося газа. Работа движущего газа.	4	2.4
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Зависимость скорости звука и числа Маха от высоты полета.	3	2.5
<b>Тема 1.4. Основные уравнения газовой динамики</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Уравнение неразрывности газового потока. Уравнение сохранения энергии газового потока. Параметры заторможенного потока. Обобщенное уравнение Бернулли. Уравнение Эйлера о количестве движения.	4	2.4 2.5
	<b>Практическое занятие</b> Применение уравнение газовой динамики в основных элементах ГТД.	2	2.4
	<b>Практическое занятие</b> Решение задач по теме 1.4.	2	2.4 2.5
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Применение уравнение газовой динамики для потока газа.	4	2.4
<b>Тема 1.5. Течение газа в реактивных соплах</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Понятие о реактивном сопле: рабочий процесс и основные параметры сопла. Профилирование реактивных сопел. Скорость истечения газа из сопла. Критические параметры газа и критическая степень понижения давления.	4	1.3 2.4 2.5
	<b>Комбинированное занятие</b> Расход газа через сопло, понятие о запирации сопла.	2	2.4 2.5

	Режимы работы дозвуковых и сверхзвуковых сопел.		
	<b>Лабораторная работа № 2</b> «Определение экспериментальным путем связи между формой канала и параметрами потока».	2	2.4 2.5
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Типы реактивных сопел. Определение экспериментальным путем связи между формой канала и параметрами потока (отчет по ЛР № 2). Расчет параметров сверхзвукового реактивного сопла.	4	1.3 2.5
<b>Раздел 2. Теория авиационных газотурбинных двигателей</b>		<b>104</b>	
<b>Тема 2.1. Устройство и принцип работы ГТД</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Устройство и принцип работы газогенератора. Классификация ГТД по способу создания силы тяги. Основные элементы и принципиальные схемы: <i>ТРД, ТВад, ТВД и ТРДД</i> . Понятие об абсолютных и удельных параметрах ГТД.	4	1.3 2.4 2.5
	<b>Практическое занятие</b> Построение графических схем ГТД в соответствии с ГОСТ Р 53541-2009.	2	2.4 2.5
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Работа с дополнительной литературой по применению различных типов ГТД на воздушных судах.	2	2.5
<b>Тема 2.2. Процессы, протекающие в основных узлах ГТД</b>		<b>50</b>	
<b>2.2.1 Рабочий процесс в воздухозаборниках</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Назначение и общая характеристика воздухозаборников. Устройство и работа дозвукового воздухозаборника. Принцип работы сверхзвуковых воздухозаборников. Режимы работы и принципы регулирования сверхзвукового воздухозаборника.	2	2.4 2.5
	<b>Лабораторная работа № 3</b> «Моделирование работы воздухозаборника на различных скоростях полета».	2	2.4 2.5
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Оформление результатов моделирования работы воздухозаборника на различных скоростях.	4	2.4
<b>2.2.2 Рабочий процесс в компрессорах</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Назначение и общая характеристика компрессоров. Дозвуковая ступень осевого компрессора. Устройство и работа ступени с осевым входом, работа вращения рабочего колеса ступени. Ступень с предварительной закруткой воздушного потока. Основные параметры ступени. Гидравлические потери в ступени. Понятие о	14	1.3 2.4 2.5

	<p>профилировании лопаток. Устройство и принцип работы сверхзвуковых ступеней. Многоступенчатые осевые компрессоры. Основные параметры компрессора и их связь с параметрами ступеней. Профилирование проточной части компрессора. Мощность компрессора.</p> <p>Устройство и работа центробежных и комбинированных компрессоров.</p> <p>Эксплуатационные характеристики компрессора. Назначение и порядок снятия характеристик. График и анализ характеристики. Приведение характеристик к стандартным атмосферным условиям.</p> <p>Расчетные и нерасчетные режимы работы компрессора. Помпаж компрессора.</p>		
	<p><b>Практическое занятие</b> Расчет параметров компрессора.</p>	2	2.4
	<p><b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Построение и анализ эксплуатационной характеристики компрессора. Расчет параметров компрессора при различных полетных условиях.</p>	8	2.5
<b>2.2.3. Рабочий процесс в камерах сгорания</b>	<p><b>Содержание учебного материала</b> Общие сведения о горении углеводородного топлива. Факторы, влияющие на скорость и полноту сгорания. Общая характеристика камеры сгорания. Организация рабочего процесса в камерах сгорания. Эксплуатационные характеристики камер сгорания.</p>	4	1.3 2.4 2.5
	<p><b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Эмиссионные камеры сгорания.</p>	2	2.5
<b>2.2.4. Рабочий процесс в газовых турбинах</b>	<p><b>Содержание учебного материала</b> Назначение и общая характеристика газовых турбин. Устройство и работа реактивной ступени газовой турбины. Основные параметры ступени газовой турбины. Факторы, влияющие на КПД ступени. Многоступенчатые турбины.</p>	4	1.3 2.4 2.5
	<p><b>Практическое занятие</b> Расчет основных параметров камер сгорания и газовых турбин.</p>	2	2.4
	<p><b>Самостоятельная работа обучающихся</b> История появления и развития газовых турбин.</p>	4	2.5
<b>2.2.5. Рабочий процесс в выходных устройствах</b>	<p><b>Содержание учебного материала</b> Назначение и общая характеристика выходных устройств. Устройство и работа дозвуковых и сверхзвуковых выходных устройств. Назначение и способы регулирования реактивных сопел.</p>	2	2.4 2.5

<b>Тема 2.3. Турбореактивные двигатели</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Абсолютные и удельные параметры <i>ТРД</i> . Действительный цикл <i>ТРД</i> . Внутренняя и эффективная работа цикла, тяговая работа <i>ТРД</i> . Зависимости эффективной работы цикла и удельной тяги от параметров рабочего процесса. Тепловой баланс и КПД <i>ТРД</i> . Зависимости КПД и удельного расхода топлива от параметров рабочего процесса <i>ТРД</i> . Характеристика совместной работы турбины и компрессора <i>ТРД</i> . Установившиеся режимы работы <i>ТРД</i> . Неустановившиеся режимы работы <i>ТРД</i> , режимы приемистости, время приемистости. Режимы дросселирования и сброса газа. Эксплуатационные характеристики <i>ТРД</i> . Общие сведения об эксплуатационных характеристиках. Дроссельные характеристики <i>ТРД</i> номенклатура основных режимов работы. Высотные характеристики <i>ТРД</i> . Скоростные характеристики <i>ТРД</i> .	<b>12</b>	<b>1.3 2.4 2.5</b>
	<b>Практическое занятие</b> Расчет параметров действительного цикла <i>ТРД</i> .	<b>4</b>	<b>2.4</b>
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Снятие эксплуатационных характеристик <i>ТРД</i> при испытаниях двигателя. Приведенные параметры.	<b>8</b>	<b>2.4</b>
	<b>Тема 2.4. Турбореактивные двухконтурные двигатели</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Устройство и принцип работы <i>ТРДД</i> , преимущества <i>ТРДД</i> в сравнении с <i>ТРД</i> . Основные параметры <i>ТРДД</i> . Эффективная работа цикла <i>ТРДД</i> . Зависимости абсолютных и удельных параметров <i>ТРДД</i> от степени двухконтурности.	<b>2</b>
	<b>Комбинированное занятие</b> Особенности характеристик <i>ТРДД</i> в сравнении с <i>ТРД</i>	<b>2</b>	<b>2.4 2.5</b>
	<b>Практическое занятие</b> Расчет параметров <i>ТРДД</i> .	<b>2</b>	<b>2.4 2.5</b>
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Применение <i>ТРДД</i> и <i>ТРД</i> на воздушных судах.	<b>2</b>	<b>2.4</b>

<b>Тема 2.5. Турбовальные и турбовинтовые двигатели</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Устройство, принцип работы и основные параметры ТВД. Действительный цикл ТВД, эффективная работа цикла ТВД. Понятие об оптимальном распределении энергии между винтом и реакцией газовой струи. Сравнительная характеристика ТРД и ТВД на стенде и в полете. Дроссельные характеристики ТВД. Высотные характеристики ТВД, понятие о высотных и невысотных турбовинтовых двигателях. Устройство, принцип работы и основные параметры ТВад. Действительный цикл ТВад, эффективная работа цикла ТВад. Дроссельные характеристики ТВад.	<b>6</b>	<b>1.3 2.4 2.5</b>
	<b>Комбинированное занятие</b> Высотные характеристики ТВад, понятие о высотном турбовальном двигателе.	<b>2</b>	<b>2.4 2.5</b>
	<b>Практическое занятие</b> Расчет основных параметров ТВад.	<b>2</b>	<b>2.4 2.5</b>
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Расчет основных параметров ТВад. Применение ТВД и ТВад на воздушных судах.	<b>4</b>	<b>1.3 2.4 2.5</b>
<b>Раздел 3. Теория поршневых двигателей</b>		<b>14</b>	
<b>Тема 3.1. Устройство и принцип работы поршневого двигателя</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Устройство, основные элементы поршневого двигателя (ПД) и их взаимодействие. Термины и определения, параметры поршневого двигателя. Принцип работы поршневого двигателя. Силы, действующие на элементы на ЦПГ и КШМ.	<b>6</b>	<b>1.3 2.4 2.5</b>
<b>Тема 3.2. Рабочий процесс поршневого двигателя</b>	<b>Содержание учебного материала</b> Индикаторная диаграмма поршневого двигателя. Применение нагнетателя в поршневых двигателях. Угол опережения зажигания. Детонационное горение рабочей смеси. Диаграмма газораспределения. Фазы газораспределения.	<b>4</b>	<b>2.4 2.5</b>
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> Процесс карбюрации топлива в поршневых двигателях.	<b>4</b>	<b>2.5</b>
<b>Всего:</b>		<b>189</b>	
<b>экзамен</b>			

### **3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **3.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению**

Реализация учебной дисциплины требует наличия учебного кабинета «Теории двигателей летательных аппаратов» и лаборатории «Теории авиационных двигателей».

Оборудование учебного кабинета:

- посадочные места по количеству учащихся;
- рабочее место преподавателя;
- комплект учебно-наглядных пособий;
- электронные учебные пособия и видеоматериалы.

Технические средства обучения:

- компьютерные рабочие места учащихся в количестве равном половине численности учебной группы, с предустановленной операционной системой семейства Linux;
- компьютеризированное рабочее место преподавателя, соединенное с мультимедийным проектором с предустановленной операционной системой семейства Linux.

Оборудование лаборатории:

- макет газотурбинного двигателя с продольным разрезом;
- стенд для снятия эксплуатационной характеристики компрессора малогабаритного газотурбинного двигателя;
- стенд для исследования зависимости параметров газового потока от формы канала.

#### **3.2. Информационное обеспечение обучения**

**Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы**

Нормативные источники

1. ГОСТ 23851-79 Двигатели газотурбинные авиационные. Термины и определения - М.: издательство стандартов, 1980.
2. ГОСТ Р 53541-2009 Авиационные двигатели и их узлы. Индексы параметров состояния воздуха (газа) по сечениям проточной части авиационных двигателей и связанных с ним газоздушных систем. – М.: Стандартинформ, 2010.
3. ГОСТ 231999 – 78 Газодинамика. Буквенные обозначения основных величин. – М.: издательство стандартов, 1978.

Основные источники:

1. Ловинский С. И. Теория авиационных двигателей – М.: Альянс, 2018.

2. Гарькавый А.А. Двигатели летательных аппаратов – М.: Альянс, 2019.

Дополнительные источники:

1. Коробов Г. Н., Кривко А. И. Основы термодинамики – Выборг: ВАТУГА, 2006.
2. Кривко А. И. Сборник задач по технической термодинамике – Выборг: ВАТУГА, 1999.
3. Коробов Г. Н. Основы теплового и поверочных расчетов узлов авиационных ГТД (Методические указания по выполнению курсового проекта) - Выборг: ВАТУГА, 2006.
4. Казанджан П. К., Тихонов Н. Д., Щулекин В. Т. Теория авиационных двигателей. Рабочий процесс и эксплуатационные характеристики газотурбинных двигателей – М.: Транспорт 1988.
5. Нечаев Ю. Н., Федоров Р. М. Теория авиационных газотурбинных двигателей, ч. 1 – М.: Машиностроение, 1977.
6. Кулагин В. В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Изд. 2 – М.: Машиностроение, 2003.

#### **4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Контроль и оценка** результатов освоения учебной дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических занятий и лабораторных работ, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий, проектов, исследований.

<b>Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)</b>	<b>Формы и методы контроля и оценки результатов обучения</b>
<b>Умения:</b>	<b>Текущий контроль результатов деятельности студентов:</b>  - выполнение и защита внеаудиторной самостоятельной работы и индивидуальных заданий; - оценка за отчёты по лабораторным и практическим работам; - текущий контроль в форме оценки устных ответов; - тестирование, - защита индивидуальных заданий.
Применять основы технической термодинамики: - первое и второе начала термодинамики, - термодинамические процессы и циклы.	
<b>Знания:</b>	<b>Промежуточная аттестация в форме экзамена</b>
- основные уравнения газовой динамики, истечение газа; - теорию газотурбинных двигателей летательных аппаратов: схему устройства и принцип работы;	

<ul style="list-style-type: none"> <li>- процессы, протекающие в элементах турбореактивных двигателей;</li> <li>- турбореактивные двигатели двухконтурные;</li> <li>- турбовинтовые двигатели;</li> <li>- теорию поршневых двигателей летательных аппаратов: схему устройства и принцип работы.</li> </ul>	
--	--

Рабочая программа учебной дисциплины разработана в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования по специальности **25.02.01. Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей**

**Разработчики:**

Выборгский филиал ГУГА      преподаватель      Н. И. Кабелев  
(место работы)                      (занимаемая должность)      (инициалы, фамилия)

**Эксперты:**

_____	_____	_____
(место работы)	(занимаемая должность)	(инициалы, фамилия)
_____	_____	_____
(место работы)	(занимаемая должность)	(инициалы, фамилия)