

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
(МИНТРАНС РОССИИ)  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)  
ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»  
(ФГБОУ ВО СПбГУ ГА)

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор-проректор по  
учебной работе

Н.Н. Сухих

«11» февраля 2018 года



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Термодинамика и теория авиационных двигателей**

Направление подготовки  
**25.03.03 Аэронавигация**

Направленность программы (профиль)  
**Летная эксплуатация гражданских воздушных судов**

Квалификация выпускника  
**бакалавр**

Форма обучения  
**очная**

Санкт-Петербург  
2018

## **1 Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Термодинамика и теория авиационных двигателей» являются формирование знаний, умений, навыков и компетенций для успешной профессиональной деятельности выпускников в области теории авиационных двигателей в объеме, необходимом для подготовки специалистов по профилю подготовки «Аэронавигация».

Задачами освоения дисциплины являются:

углубленное изучение студентами вопросов, связанных с изучением теории (организации рабочего процесса) элементов ГТД, принципов их работы, характеристик элементов ГТД и двигателя в целом;

привитие навыков расчёта и проектирования в соответствии с техническим заданием и усиления обоснования проектных расчётов;

выработать необходимость изучения научно-технической информации отечественного и зарубежного опыта авиационного двигателестроения;

развития у студентов самостоятельности, уверенности в выборе форм и методов анализа результатов исследований (выполненного задания) и умения анализировать полученные результаты, сформулировать предложения по их внедрению;

обучения студентов методам проведения экспериментов, привитие навыков обобщения полученных результатов, культуры и точности в работе с лабораторным оборудованием, аппаратурой, измерительными приборами, вычислительной техникой и приобретение знаний по соблюдению правил техники безопасности;

формирование у студентов прочной теоретической базы, позволяющей авиационному специалисту принимать правильные и грамотные решения по диагностике, лётной эксплуатации авиационных силовых установок при условии обеспечения лётной годности воздушных судов и безопасности полётов.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к эксплуатационно-технологическому и сервисному виду профессиональной деятельности.

## **2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Термодинамика и теория авиационных двигателей» представляет собой дисциплину, относящуюся к вариативной части Математического и естественнонаучного цикла.

Дисциплина «Термодинамика и теория авиационных двигателей» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Математика», «Информатика», «Физика», «Механика».

Дисциплина «Термодинамика и теория авиационных двигателей» является обеспечивающей для дисциплины «Конструкция авиационных двигателей».

Дисциплина изучается в 3 семестре.

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины «Термодинамика и теория авиационных двигателей» направлен на формирование следующих компетенций:

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Обладать математической и естественно-научной культурой, как частью профессиональной и общечеловеческой культуры (ОК-36)	<p>Знать:</p> <p>как обладать математической и естественно-научной культурой, как частью профессиональной и общечеловеческой культуры на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p> <p>Уметь:</p> <p>применять знания по овладения математической и естественно-научной культурой, как частью профессиональной и общечеловеческой культуры на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p> <p>Владеть:</p> <p>приемами овладения математической и естественно-научной культурой, как частью профессиональной и общечеловеческой культуры на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>
Способностью проводить физические эксперименты, обработку их результатов и оценивать погрешность математически моделировать физические процессы и явления, гипотезы и устанавливать границы их применения (ОК-56)	<p>Знать:</p> <p>процедуру проведения физических экспериментов, обработку их результатов и оценивать погрешность математически моделировать физические процессы и явления, гипотезы и устанавливать границы их применения на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p> <p>Уметь:</p> <p>проводить физические эксперименты, обработку их результатов и оценивать погрешность математически моделировать физические процессы и явления, гипотезы и устанавливать границы их применения на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p> <p>Владеть:</p> <p>навыками проведения физических экспериментов, обработку их результатов и оценивать погрешность математически моделировать физические процессы и явления, гипотезы и устанавливать границы их применения на основе знаний термодинамики и теории</p>

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<p>Способностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетенций конкретного направления (ОК-57)</p>	<p>авиационных двигателей.</p> <p>Знать: как использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетенций конкретного направления на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p> <p>Уметь: использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетенций конкретного направления на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p> <p>Владеть: способностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетенций конкретного направления на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>
<p>Способностью использовать знания законов и моделей механики колебаний и волн, электричества и магнетизма, квантовой физики, статической физики и термодинамики для решения профессиональных задач (ПК-7)</p>	<p>Знать: как использовать знания законов и моделей механики колебаний и волн, электричества и магнетизма, квантовой физики, статической физики и термодинамики для решения профессиональных задач на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p> <p>Уметь: использовать знания законов и моделей механики колебаний и волн, электричества и магнетизма, квантовой физики, статической физики и термодинамики для решения профессиональных задач на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
	<p>Владеть:</p> <p>способностью использовать знания законов и моделей механики колебаний и волн, электричества и магнетизма, квантовой физики, статической физики и термодинамики для решения профессиональных задач на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>

#### 4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

Наименование	Всего часов	Семестр
		3
Общая трудоемкость дисциплины	72	72
Контактная работа	28,3	28,3
лекции	14	14
практические занятия	14	14
семинары	-	-
лабораторные работы	-	-
курсовой проект (работа)	-	-
Самостоятельная работа студента	35	35
Промежуточная аттестация	9	9
контактная работа	0,3	0,3
самостоятельная работа по подготовке к зачету	8,7	8,7
	Зачет	Зачет

## 5 Содержание дисциплины

### 5.1 Соотнесения тем дисциплины и формируемых компетенций

Темы, Разделы, Дисциплины	Количество часов	Компетенции				Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОК-36	ОК-56	ОК-57	ПК-7		
Раздел I. Основы технической термодинамики, газовой динамики и теплопередачи	22						
Тема 1. Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы	4	+		+	+	ВК,Л, СРС, ИТ	У
Тема 2. Второй закон термодинамики	4	+		+	+	ПЗ, СРС, ИТ	У
Тема 3. Идеальные циклы тепловых двигателей	6		+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИТ	У
Тема 4. Термодинамика газового потока. Основы теплообмена	8	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИТ	У
Раздел 2. Теория газотурбинных двигателей	41		+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИТ	У
Тема 5. Двигатель как часть авиационной силовой установки	5		+			Л, СРС, ИТ	У
Тема 6. Организация рабочего процесса в компрессорах ГТД.	10	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ИТ	У

Темы, Разделы, Дисциплины	Количество часов	Компетенции				Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОК-36	ОК-56	ОК-57	ПК-7		
Тема 7. Организация рабочего процесса в камерах сгорания ГТД	10	+			+	Л, ПЗ, СРС, ИТ	У
Тема 8. Организация рабочего процесса в газовых турбинах ГТД.	6		+	+	+	ПЗ, СРС, ИТ	У
Тема 9. Организация рабочего процесса во входных и выходных устройствах ГТД	10	+		+	+	Л, ПЗ, СРС, ИТ	У
Итого за 3 семестр	63						
Промежуточная аттестация	9						
Итого по дисциплине:	72						

Сокращения: ПЗ – практическое занятие, СРС – самостоятельная работа студента, ВК – входной контроль, У – устный опрос, ИТ – информационные технологии.

## 5.2 Темы дисциплины и виды занятий

Наименование темы дисциплины	Л	ПЗ	С	ЛР	СРС	Всего часов
Раздел I. Основы технической термодинамики, газовой динамики и теплопередачи	6	6	-	-	10	22
Тема 1. Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы	2	-	-	-	2	4
Тема 2. Второй закон термодинамики	-	2	-	-	2	4
Тема 3. Идеальные циклы тепловых двигателей	2	2	-	-	2	6
Тема 4. Термодинамика газового потока. Основы теплообмена	2	2	-	-	4	8
Раздел 2. Теория газотурбинных	8	8	-	-	25	41

Наименование темы дисциплины	Л	ПЗ	С	ЛР	СРС	Всего часов
двигателей						
Тема 5. Двигатель как часть авиационной силовой установки	2	-	-	-	3	5
Тема 6. Организация рабочего процесса в компрессорах ГТД.	2	2	-	-	6	10
Тема 7. Организация рабочего процесса в камерах сгорания ГТД	2	2	-	-	6	10
Тема 8. Организация рабочего процесса в газовых турбинах ГТД.	-	2	-	-	4	6
Тема 9. Организация рабочего процесса во входных и выходных устройствах ГТД	2	2	-	-	6	10
Итого за 3 семестр	14	14	-	-	35	63
Контроль (зачет)						9
Итого по дисциплине						72

### 5.3 Содержание дисциплины

#### Раздел I. Основы технической термодинамики, газовой динамики и теплопередачи.

##### Тема 1. Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы.

Основные понятия и определения термодинамики: термодинамическая система (ТДС), внешняя (окружающая) среда, рабочее тело, источник теплоты и работы, закрытые и открытые ТДС. Газ как рабочее тело ТДС. Параметры состояния рабочего тела. Уравнение состояния идеального газа. Определение, графическое изображение термодинамического процесса. Внутренняя энергия работающего тела. Энтальпия. Работа газа и теплота, как формы передачи энергии в термодинамическом процессе. Энтропия. Изображение работы и теплоты в диаграммах состояния. Сущность и аналитическое выражение первого закона термодинамики.

Последовательность и объем расчёта термодинамических процессов. Основные термодинамические процессы, особенность их протекания в авиационной технике.

##### Тема 2. Второй закон термодинамики.

Понятие о круговых процессах (циклах). Полезная работа и термодинамический КПД цикла. Теорема Карно. Сущность второго закона термодинамики. Основные формулировки.



### **Тема 3. Идеальные циклы тепловых двигателей.**

Особенности термодинамического метода исследования цикла тепловых двигателей. Схема устройства и принцип работы авиационного газотурбинного двигателя (ГТД). Идеальный цикл ГТД (цикл Брайтона-Стечкина).

### **Тема 4. Термодинамика газового потока. Основы теплообмена.**

Основные задачи газовой динамики. Международная стандартная атмосфера (МСА). Скорость звука. Число Маха. Распространение малых возмущений в потоке.

Основные уравнения газовой динамики. Формы каналов, необходимые для разгона и торможения газового потока. Параметры заторможенного потока. Течение газа в соплах и диффузорах.

Понятие о теплообмене. Задачи, решаемые в теории теплообмена. Основные виды теплообмена. Методы тепловой защиты элементов конструкции воздушных судов и авиационных двигателей.

## **Раздел 2. Теория газотурбинных двигателей.**

### **Тема 5. Двигатель как часть авиационной силовой установки.**

Общая характеристика реактивных двигателей. Классификация ГТД, области их применения. Принцип работы ГТД, Назначение основных узлов ГТД, его основные параметры.

Изменение параметров газоздушного потока по протоковой части двигателя.

### **Тема 6. Организация рабочего процесса в компрессорах ГТД.**

Назначение компрессора, требования, предъявляемые к компрессорам.

Схема и принцип работы ступени осевого компрессора. Многоступенчатые компрессоры, необходимость их применения. Параметры многоступенчатых компрессоров. Характеристики компрессора. Запас устойчивости компрессора. Особенности неустойчивой работы осевого компрессора. Виды неустойчивой работы, причины их возникновения, мероприятия по предупреждению возникновения неустойчивой работы. Задачи «Способы управления компрессорами».

### **Тема 7. Организация рабочего процесса в камерах сгорания ГТД. Организация рабочего процесса в газовых турбинах ГТД.**

Камеры сгорания ГТД: назначение, требования, предъявляемые к ним. Типы камер сгорания. Параметры камер сгорания. Особенности процесса горения в основных камерах сгорания.

Назначение, основные параметры, требования, предъявляемые к газовым турбинам. Типы турбин. Схемы и принцип работы ступени турбин. Необходимость применения многоступенчатых турбин. Системы и способы охлаждения газовых турбин.

## **Тема 8. Организация рабочего процесса во входных и выходных устройствах ГТД. Рабочий процесс и характеристики ГТД.**

Назначение выходных устройства ГТД. Требования, предъявляемые к входному устройству. Параметры, характеризующие работу выходных устройств. Организация рабочего процесса в дозвуковых входных устройствах.

Защита авиационных ГТД от попадания в них посторонних предметов. Выходные устройства ГТД: назначение, схемы, основные параметры, характеризующие работу выходных устройств. Реверс тяги, требования, предъявляемые к реверсивным устройствам. Схемы реверсивных устройств.

## **Тема 9. Рабочий процесс и характеристики ГТД.**

Действительный цикл ГТД. Работа цикла ГТД. Совместная работа элементов одновального газогенератора (ОК, КС, ГТ). Понятие о программах и законах управления ГТД. Режимы работы ГТД. Дроссельные, высотные, скоростные характеристики ГТД.

Запуск ГТД в стартовых условиях и в полете. Эксплуатационные ограничения и их влияние на работу силовых установок.

### **5.4 Практические занятия**

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость (часы)
2	Практическое занятие № 2 по теме: Второй закон термодинамики	2
3	Практическое занятие № 3 по теме: Идеальные циклы тепловых двигателей	2
4	Практическое занятие № 4 по теме: Термодинамика газового потока. Основы теплообмена	2
6	Организация рабочего процесса в компрессорах ГТД.	2
7	Практическое занятие № 7 по теме: Организация рабочего процесса в камерах сгорания ГТД. Организация рабочего процесса в газовых турбинах ГТД.	2
8	Практическое занятие № 8 по теме: Организация рабочего процесса во входных и выходных устройствах ГТД.	2
9	Рабочий процесс и характеристики ГТД.	2
Итого по дисциплине:		14

### **5.5 Лабораторный практикум**

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

## 5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость(часы)
1	Изучение теоретического материала по теме: Первый закон термодинамики. Термодинамические процессы. [1]-[4]	2
2	Изучение теоретического материала по теме: Второй закон термодинамики. [1]-[4]	2
3	Изучение теоретического материала по теме: Идеальные циклы тепловых двигателей. [1]-[4]	2
4	Изучение теоретического материала по теме: Термодинамика газового потока. Основы теплообмена. [1]-[4]	4
5	Изучение теоретического материала по теме: Двигатель как часть авиационной силовой установки. [1]-[4]	3
6	Организация рабочего процесса в компрессорах ГТД. [1]-[4]	6
7	Изучение теоретического материала по теме: Организация рабочего процесса в камерах сгорания ГТД. Организация рабочего процесса в газовых турбинах ГТД. [1]-[4]	6
8	Изучение теоретического материала по теме: Организация рабочего процесса во входных и выходных устройствах ГТД. [1]-[4]	4
9	Рабочий процесс и характеристики ГТД. [1]-[4]	6
Итого по дисциплине		35

## 5.7 Курсовые работы

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1 Мухачев, Г.А. **Термодинамика и теплопередача: учебник для вузов/** Г.А. Мухачев, В.К. Щукин. – М: Высшая школа. – 1991. – 480с.– Качество экземпляров 31, ISBN - 5-06-001910-1.

2 Никифоров, А.И. **Термодинамика и теплопередача: учебное пособие. Часть I. Техническая термодинамика:**/А.И. Никифоров - СПбГУГА, 2011. - 209 с. Качество экземпляров 464, ISBN- отсутствует.

3 Никифоров, А.И. **Термодинамика и теплопередача: учебное пособие. Часть II. Основы газовой динамики**/А.И. Никифоров– СПбГУГА, 2012. – 157 с. Качество экземпляров 464, ISBN- отсутствует.

4 Никифоров, А.И. **Теория авиационных двигателей. Методические указания по выполнению курсового проекта по термодинамическому расчету авиационного ГТД** [Текст]: учеб. Метод. пособие для студентов ФАИТОП и ЗФ СПбГУГА/ А.И. Никифоров – СПбГУГА, 2011 – 141 с. Качество экземпляров 480, ISBN- отсутствует.

б) дополнительная литература:

5Хвостова, В.Н. и др. **Основы термодинамики, газовой динамики и теплопередачи:** С.И. Исаев и др. – М.: Машиностроение, 1968. – 276 с. – ISBN - отсутствует. Качество экземпляров 30.

6Будзинаускас, В.П. и др. **Основы термодинамики и теплопередачи авиационных двигателей:**/ В.П. Будзинаускас, А.Л. Клячкин, Г.Д. Могилевский.– М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.– ISBN- отсутствует, Качество экземпляров 132.

7 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин. Межгосударственный стандарт ГОСТ 8.417-2002. – Минск.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 2002. – 28 с. Качество экземпляров 31.

8 Нечаев, Ю.Н. **Теория авиационных двигателей: учебник для вузов** – М.: Изд-во ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1977. – 703 с. – ISBN - 978-5-86311-883-3, Качество экземпляров 1, <http://padabum.com/d.php?id=17342>, учебник в электронном виде, режим доступа- регистрация (дата обращения 13.12.2017).

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

9**Система поиска в сети Интернет** – Режим доступа: <http://www.google.com>, свободный (дата обращения 10.12.2017)

10**Электронная библиотека**– Режим доступа: <http://www.wikipedia.org>, свободный (дата обращения 10.12.2017).

11**Онлайн переводчик**– Режим доступа: <http://www.lingvo.ru> свободный, (дата обращения 10.12.2017).

г) программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

12 Российское образование. Федеральные порталы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.edu.ru](http://www.edu.ru) и [www.fepo.ru](http://www.fepo.ru) – свободный (дата обращения 16.01.2018).

## **7 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для обеспечения учебного процесса в аудиториях лабораторного корпуса №360, 364, 367 и в аудиториях учебно-экспериментального корпуса имеются мультимедийные комплексы (ноутбук, проектор, мобильный экран), плакаты, чертежи разрезом двигателей АИ-25, Д-30, Д-36, ТВ2-117, ТВ3-117, ТВ7-117, ПС-90А, CFM56-5B; SaM-146 и натурные макеты авиационных газотурбинных двигателей АИ-25, НК8-2У, Д-36, ТВ2-117, ТВ3-117.

Аудитории кафедры № 24 СПбГУ ГА, оборудованы для проведения практических работ средствами оргтехники с выходом в Интернет.

Материалы INTERNET, мультимедийные курсы, оформленные с помощью *MicrosoftPowerPoint*, используются при проведении лекционных и практических занятий. Ауд.360, 364, 367имеют мультимедиа проекторы PLC-XU58.

Экспериментальный стенд на базе авиационных двигателей АИ-25 и АИ-9-расположен в корпусе на МИСе (СПб, ул. Пилотов, 44);

Лекции и практические задания в электронном и печатном виде по каждому предмету, а также сопутствующие дополнительные материалы, необходимые для подготовки проведения учебных занятий находится на кафедре 24 «Авиационной техники и диагностики».

## **8 Образовательные и информационные технологии**

Реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий, на основе современных информационных и образовательных технологий, что, в сочетании с внеаудиторной работой, приводит к формированию и развитию профессиональных компетенций обучающихся. Это позволяет учитывать, как исходный уровень знаний студентов, так и существующие методические, организационные и технические возможности обучения.

В процессе преподавания дисциплины «Термодинамика и теория авиационных двигателей» используются классические формы: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента.

В рамках изучения дисциплины предполагается использовать следующие образовательные технологии.

Входной контроль предназначен для выявления уровня усвоения компетенций обучающимся, необходимых для изучения дисциплины. Входной контроль осуществляется по вопросам, на которых базируется читаемая дисциплина.

Традиционная лекция составляет основу теоретического обучения в рамках дисциплины и направлена на систематизированное изложение накопленных и актуальных научных знаний. Лекция предназначена для изучения конструкции и технической эксплуатации систем воздушных судов и авиационных двигателей. На лекции концентрируется внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулируется их активная познавательная

деятельность.

Ведущим методом в лекции выступает устное изложение учебного материала, с использованием ИТ - технологий, которое сопровождается одновременной демонстрацией слайдов, созданных в среде PowerPoint, при необходимости привлекаются открытые Интернет-ресурсы, а также демонстрационные и наглядно-иллюстрационные материалы.

Практические занятия по дисциплине проводятся в соответствии с учебно-тематическим планом по отдельным группам. Цель практических занятий – закрепить теоретические знания, полученные обучающимися на лекциях и в результате самостоятельного изучения соответствующих разделов рекомендуемой литературы, а также приобрести знания в конструкции авиационных двигателей. Практическое занятие предназначено для более глубокого освоения и анализа тем, изучаемых в рамках данной дисциплины.

Практические задания выполняются в целях практического закрепления теоретического материала, излагаемого на лекции, отработки навыков использования пройденного материала. Выполнение практического задания предполагает исследование актуальных проблем в сфере теории авиационных двигателей. Использование MSOffice (PowerPoint), содержащие гиперссылки, необходимые для перехода к показам слайдов, презентаций, текстам, фигурам, таблицам, графикам и рисункам в презентации, документам MicrosoftOfficeWord, листам MicrosoftOfficeExcel, локальным или Интернет-ресурсам. Рассматриваемые в рамках практического занятия доклады имеют профессиональную направленность и содержат элементы, необходимые для формирования компетенций в рамках дисциплины «Теория авиационных двигателей».

Главной целью практического занятия является индивидуальная, практическая работа каждого обучающегося, направленная на формирование у него компетенций, определенных в рамках дисциплины «Теория авиационных двигателей». Это позволяет сформировать у студентов систему знаний, умений и навыков по методике и ИТ-технологии использования

Самостоятельная работа студента является составной частью учебной работы. Ее основной целью является формирование навыка самостоятельного приобретения знаний по некоторым не особо сложным вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, самостоятельная работа с ИТ-технологиями, справочниками, периодическими изданиями, в том числе находящимися в глобальных компьютерных сетях.

ИТ-методы используются при проведении всех видов занятий Учебные мультимедийные материалы с использованием MSOffice(PowerPoint), содержащие гиперссылки, необходимые для перехода к произвольным показам, указанным слайдам в презентации, к различным текстам, фигурам, таблицам, графикам и рисункам в презентации, документам MicrosoftOfficeWord, листам MicrosoftOfficeExcel, локальным или Интернет-ресурсам, а также к сообщениям электронной почты. Это позволяет сформировать у студентов систему знаний, умений и навыков по методике и технологии использования Интернет-ресурсов

в процессе обучения, обеспечить продуктивный и творческий уровень деятельности при выполнении заданий.

## **9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Уровень и качество знаний обучающихся оцениваются по результатам входного контроля, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в виде зачёта.

Входной контроль предназначен для выявления уровня усвоения компетенций обучающимся, необходимых для изучения дисциплины. Входной контроль осуществляется по вопросам, на которых базируется читаемая дисциплина.

Текущий контроль успеваемости обучающихся включает устные опросы. Устный опрос проводится на практических с целью контроля усвоения теоретического материала, изученного самостоятельно. Перечень вопросов определяется уровнем подготовки учебной группы, а также индивидуальными особенностями обучающихся.

Аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде зачёта в 3 семестре. Зачёт позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины. Зачёт предполагает ответ на теоретические вопросы из перечня вопросов, вынесенных на зачёт. К моменту сдачи зачёта должны быть благополучно пройдены предыдущие формы контроля. Методика формирования результата зачёта в обязательном порядке учитывает активность студентов на занятиях, посещаемость занятий, оценки за практические работы, выполнение самостоятельных заданий.

### **9.1 Балльно-рейтинговая оценка текущего контроля успеваемости и знаний студентов**

Тема/вид учебных занятий (оценочных заданий), позволяющих студенту продемонстрировать достигнутый уровень сформированности компетенций	Количество баллов		Срок контроля (порядковый номер недели с начала семестра)	Примечание
	Минимальное значение	Максимальное значение		
Контактная работа	30	55		
Практическое занятие 1 Тема 1	4,28	7,85	1	
Практическое занятие 2 Тема 2	4,28	7,85	2	
Практическое занятие 3 Тема 3	4,28	7,85	3	
Практическое занятие 4 Тема 4	4,28	7,85	4	

Тема/вид учебных занятий (оценочных заданий), позволяющих студенту продемонстрировать достигнутый уровень сформированности компетенций	Количество баллов		Срок контроля (порядков ый номер недели с начала семестра)	Приме чание
	Минимал ьное значение	Максима льное значение		
Практическое занятие 5 Тема 5	4,28	7,85	5	
Практическое занятие 6 Тема 6	4,28	7,85	6	
Практическое занятие 7 Тема 7	4,28	7,85	7	
Самостоятельная работа студента	15	15		
СРС по Теме 1	2	2	2	
СРС по Теме 2	2	2	4	
СРС по Теме 3	2	2	6	
СРС по Теме 4	2	2	8	
СРС по Теме 5	2	2	10	
СРС по Теме 6	2	2	12	
СРС по Теме 7	3	3	14	
Итого по обязательным видам занятий	45	70		
Зачет	15	30		
Итого по дисциплине	60	100		
Премииальные виды деятельности (для учета при определении рейтинга)				
Участие в конференции по теме дисциплины		5		
Научная публикация по теме дисциплины		5		
Ведение конспектов семинарских занятий.		5		
Своевременное выполнение домашних заданий		5		
Итого дополнительно премиальных баллов		20		
Перевод баллов балльно-рейтинговой системы в оценку по 5-балльной «академической» шкале				
Количество баллов по БРС		Оценка (по «академической» шкале)		
60 и более		«зачтено»		
Менее 60		«не зачтено»		



## **9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы (этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены отдельным документом: «Траектории (этапы) формирования компетенций»).

По итогам освоения дисциплины «Термодинамики и теории авиационных двигателей» проводится промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта и предполагает устный ответ студента на теоретические вопросы из фундаментальной и прикладной области диагностирования, содержащиеся в перечне.

Зачёт является заключительным этапом изучения дисциплины «Методы и средства исследований авиационной техники» и имеет целью проверить и оценить учебную работу студентов, уровень полученных ими знаний, умение применять их к решению прикладных задач в объеме требований образовательной программы на промежуточном этапе формирования компетенций ОК-36, ОК-56, ОК-57, ПК-7.

Зачёт по дисциплине проводится в период подготовки к экзаменационной сессии 3 семестра обучения. К зачёту допускаются студенты, выполнившие все требования учебной программы. Зачёт принимается преподавателем, ведущим занятия в данной группе по данной дисциплине, в помощь, решением заведующего кафедры, могут назначаться преподаватели, ведущие занятия по данной дисциплине.

Во время подготовки студенты могут пользоваться материальным обеспечением зачёта, перечень которого утверждается заведующим кафедрой.

Зачёт проводится в объеме материала рабочей программы дисциплины, изученного студентами в 3 семестре, в устной форме.

В ходе подготовки к зачёту необходимо проводить консультации, побуждающие студентов к активной самостоятельной работе. На консультациях высказываются четко сформулированные требования, которые будут предъявляться на зачёте.

После ответа студента преподаватель, принимающий зачёт имеет право задать ему дополнительные вопросы в объеме учебной программы.

В итоге проведенного зачета студенту выставляется зачёт. Преподаватель, принимающий зачёт несет личную ответственность за правильность оформления зачётной ведомости и зачётной книжки.

### **3 семестр**

Практическое занятие оценивается 4,28-7,85: 4,28 баллов - дается студенту за посещение практического занятия; 7,85 балла - дается студенту за посещение практического занятия и активного участия в решение задач во время занятия.

Самостоятельная работа студента 2-3: 2 балла - заслуживает студент, выполнивший задание в полном объеме и не вовремя сдав работу или выполнивший с небольшими ошибками и сдавший вовремя; 3 балла - заслуживает студент, сдавший задание в срок и выполнивший её без ошибок.

### 9.3 Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине

Написание курсовых работ (проектов) учебным планом не предусмотрено.

### 9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам

«Математика», «Информатика», «Физика», «Механика».

Вопросы входного контроля по дисциплине «Математика»

1 Определение производной функции, ее геометрический смысл.

Извлечь корень:

2  $\sqrt[3]{8(a^3)^5b^6}$

Упростить выражение:

3  $\frac{a^3 - ab^2}{ab + b^2}$

Упростить выражение:

$$\frac{x^{-2} - y^{-2}}{x^{-1} + y^{-1}}$$

Вопросы входного контроля по дисциплине «Информатика»

1. Информатизация общества и место информатики в современном мире.

2. Особенности современных компьютеров и их развитие.

3. Прикладное программное обеспечение как инструмент решения функциональных задач.

Вопросы входного контроля по дисциплине «Физика»

1 Гармонические колебания и их параметры.

2 Сложение колебаний одинаковой и различных частот, направленных вдоль одной прямой.

3 Сложение взаимно перпендикулярных колебаний.

4 Собственная частота.

Вопросы входного контроля по дисциплине «Механика»

1. Теорема о движении центра масс механической системы. Законы сохранения движения центра масс.

2. Координаты центра параллельных сил. Центр тяжести тела.

3. Тело массой 2 кг от толчка поднимается по гладкой наклонной плоскости с начальной скоростью 2 м/с. Определить работу силы тяжести на пути, пройденном телом до остановки

Вопросы входного контроля по дисциплинам, указанным в разделе 2 данной РПД, соотносятся с вопросами промежуточной аттестации в РПД по этим дисциплинам (раздел 9.6).

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

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
<p>Обладать математической и естественно-научной культурой, как частью профессиональной и общечеловеческой культуры (ОК-36). Знать:</p> <p>- как обладать математической и естественно-научной культурой, как частью профессиональной и общечеловеческой культуры на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	<p>Понимает:</p> <p>- как использовать математическую и естественно-научную культуру, как часть профессиональной и общечеловеческой культуры на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	<p>Ответы на вопросы билета оцениваются следующим образом:</p> <p>– <i>1 балл</i>: отсутствие продемонстрированных знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта (нет ответа на вопрос) или отказ от ответа;</p> <p>– <i>2 балла</i>: нет удовлетворительного ответа на вопрос, демонстрация фрагментарных знаний в рамках образовательного стандарта, незнание лекционного материала;</p> <p>– <i>3 балла</i>: нет удовлетворительного ответа на вопрос, много наводящих вопросов, отсутствие ответов по основным положениям вопроса, незнание лекционного</p>
<p>Уметь:</p> <p>- применять знания по овладению математической и естественно-научной культурой, как частью профессиональной и общечеловеческой культуры на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	<p>Применяет знания:</p> <p>- в овладение математической и естественно-научной культурой, как частью профессиональной и общечеловеческой культуры на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	<p>– <i>3 балла</i>: нет удовлетворительного ответа на вопрос, много наводящих вопросов, отсутствие ответов по основным положениям вопроса, незнание лекционного</p>

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
<p>Владеть:</p> <p>- приемами овладения математической и естественно-научной культурой, как частью профессиональной и общечеловеческой культуры на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	<p>Анализирует:</p> <p>- приемами овладения математической и естественно-научной культурой, как частью профессиональной и общечеловеческой культуры на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	<p>материала;</p> <p>– <i>4 балла</i>: ответ удовлетворительный, оценивается как минимально необходимые знания по вопросу, при этом показано хотя бы минимальное знание всех разделов вопроса в пределах лекционного материала. При этом студентом демонстрируется достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;</p>
<p>Способностью проводить физические эксперименты, обработку их результатов и оценивать погрешность математически моделировать физические процессы и явления, гипотезы и устанавливать границы их применения (ОК-56)</p>	<p>Знать:</p> <p>- процедуру проведения физических экспериментов, обработку их результатов и оценивать погрешность математически моделировать физические процессы и явления, гипотезы и устанавливать границы их применения на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	<p>– <i>5 баллов</i>: ответ удовлетворительный, достаточные знания в объеме учебной программы, ориентированные на воспроизведение; использование научной (технической) терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;</p>
<p>Уметь:</p> <p>- проводить физические эксперименты, обработку их результатов и оценивать погрешность математически моделировать физические процессы и явления, гипотезы и устанавливать границы их применения на основе знаний</p>	<p>Применяет знания:</p> <p>- в проведение физических экспериментов, обработку их результатов и оценивать погрешность математически моделировать физические процессы и явления, гипотезы и</p>	<p>– <i>6 баллов</i>: ответ удовлетворительный, студент ориентируется в основных аспектах вопроса, демонстрирует полные и систематизированные знания в объеме</p>

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
термодинамики и теории авиационных двигателей.	устанавливать границы их применения на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.	учебной программы; – <i>7 баллов</i> : ответ хороший, но студент демонстрирует систематизированные, глубокие и полные знания по всем
<p>Владеть:</p> <p>- навыками проведения физических экспериментов, обработку их результатов и оценивать погрешность математически моделировать физические процессы и явления, гипотезы и устанавливать границы их применения на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	<p>Анализирует:</p> <p>- навыки проведения физических экспериментов, обработку их результатов и оценивать погрешность математически моделировать физические процессы и явления, гипотезы и устанавливать границы их применения на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	<p>разделам учебной программы, но требовались наводящие вопросы;</p> <p>– <i>8 баллов</i>: ответ хороший, ответом достаточно охвачены все разделы вопроса, единичные наводящие вопросы, студент демонстрирует способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;</p> <p>– <i>9 баллов</i>:</p>
<p>Способностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетенций конкретного направления (ОК-57).</p> <p>Знать:</p> <p>-как использовать знания основных физических</p>	<p>Знать:</p> <p>-как использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетенций конкретного направления на основе</p>	<p>систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; студент демонстрирует способность;</p> <p>– <i>10 баллов</i>: ответ на вопрос полный, не было необходимости в дополнительных (наводящих вопросах); студент показывает систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной</p>

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетенций конкретного направления на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.	знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.	программы, самостоятельно и творчески решает сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы, а также демонстрирует знания по проблемам, выходящим за ее пределы.
<p>Уметь:</p> <p>-использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетенций конкретного направления на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	<p>Применяет:</p> <p>- знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетенций конкретного направления на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	
<p>Владеть:</p> <p>- способностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного</p>	<p>Анализирует:</p> <p>- знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения</p>	

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
<p>приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетенций конкретного направления на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	<p>физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетенций конкретного направления на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	
<p>Способность использовать знания законов и моделей механики колебаний и волн, электричества и магнетизма, квантовой физики, статической физики и термодинамики для решения профессиональных задач (ПК-7). Знать: -как использовать знания законов и моделей механики колебаний и волн, электричества и магнетизма, квантовой физики, статической физики и термодинамики для решения профессиональных задач на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	<p>Понимает: -как использовать знания законов и моделей механики колебаний и волн, электричества и магнетизма, квантовой физики, статической физики и термодинамики для решения профессиональных задач на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.</p>	
<p>Уметь: -использовать знания законов и моделей механики колебаний и волн, электричества и</p>	<p>Применяет: -знания законов и моделей механики колебаний и волн, электричества и</p>	

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
магнетизма, квантовой физики, статической физики и термодинамики для решения профессиональных задач на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.	магнетизма, квантовой физики, статической физики и термодинамики для решения профессиональных задач на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.	
Владеть: -способностью использовать знания законов и моделей механики колебаний и волн, электричества и магнетизма, квантовой физики, статической физики и термодинамики для решения профессиональных задач на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.	Анализирует: -способностью использовать знания законов и моделей механики колебаний и волн, электричества и магнетизма, квантовой физики, статической физики и термодинамики для решения профессиональных задач на основе знаний термодинамики и теории авиационных двигателей.	

## **9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

3 семестр

### **9.6.1 Примерный перечень контрольных вопросов и задания для проведения текущего контроля успеваемости по теме 1**

В-1

1 Зависит ли изменение внутренней энергии от характера термодинамического процесса? Чем определяется это изменение?

2 Напишите уравнение Майера, охарактеризуйте величины, входящие в это уравнение.

В-2

1 Назовите способы изменения внутренней энергии.



2 Дайте определение теплоёмкости, назовите основные факторы, от которых зависит теплоемкость.

В-3

1 Покажите в « $p$ - $v$ » координатах работу расширения при  $p = \text{const}$ , напишите математическое выражение для определения этой работы.

2 Напишите аналитическое выражение первого закона термодинамики, используя понятие энтальпии и энтропии.

В-4

1 Покажите в « $p$ - $v$ » координатах работу сжатия при  $p = \text{var}$ . Напишите математическое выражение для определения этой работы.

2 Напишите аналитическое выражение первого закона термодинамики, используя понятие энтропии.

В-5

1 Покажите в « $p$ - $v$ » координатах, что величина работы зависит от характера термодинамического процесса.

2 Что такое энтальпия? Напишите выражение для вычисления энтальпии, изменения энтальпии.

В-6

1 Дайте определение физической величине энтропии. В чём заключается основная особенность энтропии.

2 Сравните между собой удельные теплоёмкости при постоянном давлении и при постоянном объёме.

В-7

1 Изобразите теплоту в « $T$ - $s$ » диаграмме, и напишите формулу для определения полного количества теплоты в произвольном процессе.

2 Каким соотношением связаны между собой удельная теплоёмкость при постоянном объеме, удельная теплоемкость при постоянном давлении и коэффициент адиабаты?

В-8

1 В чем состоит физический смысл газовой постоянной?

2 Назовите формы передачи энергии от одного тела к другому.

В-9

1 Как вы понимаете, что первый закон термодинамики можно рассматривать как принцип запрета *perpetuummobile*?

2 Какие факторы воздействия на систему не могут изменить значения энтропии?

В-10

1 Напишите выражение для определения технической работы (работы движущегося газа). Как определяется знак технической работы?

2 Закончите предложение.

Работа и теплота не содержатся в какой-либо части термодинамической системы, ни в источниках теплоты или работы, ни в рабочем теле. Работа и теплота появляются только тогда, когда...

## 9.6.2 Примерный перечень контрольных вопросов и задания для проведения текущего контроля успеваемости по теме 2

В-1

- 1 Как осуществить изохорный процесс.
- 2 Напишите уравнения адиабатного и политропного процессов.
- 3 Напишите уравнение первого закона термодинамики для изотермического процесса.

В-2.

- 1 Приведите примеры политропных процессов.
- 2 Напишите соотношения между параметрами в изотермическом процессе.
- 3 Напишите уравнение первого закона термодинамики для адиабатного процесса.

В-3.

- 1 Приведите примеры процессов близких к изобарным, протекающих в авиационной технике.
- 2 Напишите соотношения между давлением и удельным объёмом в адиабатном и политропном процессах.
- 3 В каком термодинамическом процессе удельная теплоёмкость равна нулю?

В-4.

- 1 Для какого процесса справедливо равенство:  $L = -\Delta U$  ?
- 2 Напишите соотношения между давлением и температурой в адиабатном и политропном процессах.
- 3 Напишите уравнение первого закона термодинамики для изохорного процесса.

В-5.

- 1 Возможно ли протекание адиабатных процессов в авиационной технике? Если да, то где?
- 2 Напишите соотношение между параметрами в изохорном процессе.
- 3 В каком термодинамическом процессе справедливо равенство  $Q = L$  ?

В-6.

- 1 Приведите примеры процессов близких к изохорным, протекающих в авиационной технике.
- 2 Напишите соотношения между удельным объёмом и температурой в адиабатном и политропном процессах.
- 3 В каком термодинамическом процессе удельная теплоёмкость равна  $\pm\infty$  ?

## 9.6.3 Примерный перечень контрольных вопросов и задания для проведения текущего контроля успеваемости по теме 3

В-1

1 Назовите основные задачи термодинамического исследования циклов тепловых двигателей.

2 Назовите термодинамические процессы, которые протекают по линии Н-В-К цикла ГТД. В каких элементах ГТД эти процессы протекают?

3 Напишите формулу для определения степени подогрева воздуха.

В-2

1 Назовите основные допущения для перехода от реальных циклов к идеальным.

2 Назовите термодинамические процессы, которые протекают по линии К-Г цикла ГТД. В каких элементах ГТД эти процессы протекают?

3 Напишите формулу для определения степени повышения давления воздуха в ГТД.

В-3

1 Что нужно знать для термодинамического исследования идеального цикла теплового двигателя?

2 Назовите термодинамические процессы, которые протекают по линии Г-Т-С цикла ГТД. В каких элементах ГТД эти процессы протекают?

3 Напишите формулу для определения теплоты отведённой от рабочего тела в идеальном цикле ГТД.

В-4

1 Назовите простые и наглядные методы сравнения циклов ГТД.

2 Назовите термодинамические процессы, которые протекают по линии С-Н цикла ГТД. В каких элементах ГТД эти процессы протекают?

3 Напишите формулу для определения теплоты, подведённой в камере сгорания в идеальном цикле ГТД.

В-5

1 Назовите основные параметры, определяющие работу и термический КПД цикла ГТД.

2 Из каких термодинамических процессов состоит идеальный цикл ГТД?

3 Напишите формулу для определения давления воздуха за компрессором ГТД.

#### **9.6.4 Примерный перечень контрольных вопросов и задания для проведения текущего контроля успеваемости по теме 4**

В-1

1 Назовите формы каналов, которые предназначены для разгона и торможения газового потока?

2 Напишите уравнение сохранения энергии в параметрах заторможенного потока.

В-2

1 Напишите уравнение профиля струи для энергоизолированного потока. С помощью этого уравнения определите форму канала, предназначенного для разгона дозвукового потока.

2 Почему при увеличении скорости газа уменьшается скорость распространения звука в нём?

В-3

1 Напишите формулы для определения параметров заторможенного потока.

2 При каких условиях возможно достижение максимальной скорости истечения газа?

В-4

1 Дайте определение полным параметрам или параметрам заторможенного потока.

2 Напишите формулу для определения скорости потока на выходе из сопла. Какие факторы влияют на величину скорости?

В-5

1 Критические параметры газового потока. Критическая скорость.

2 Назовите условия получения сверхзвукового потока.

В-6

1 Напишите уравнение профиля струи для энергоизолированного потока. С помощью этого уравнения определите форму канала, предназначенного для торможения звукового потока.

2 Напишите формулы основных газодинамических функций, которые используются при расчётах газовых потоков.

### **9.6.5 Примерный перечень контрольных вопросов и задания для проведения текущего контроля успеваемости по теме 5**

Вариант 1 (В-1)

1 Нарисуйте схему классификации ВРД.

2 Определить тягу ГТД при его работе на земле, если расход воздуха через двигатель составляет 150 кг/с, а скорость истечения газа через сопло 1200 м/с.

Вариант 2 (В-2)

1 Опишите газотурбинные ВРД (ГТД).

2 Определить часовой расход топлива двигателя развивающего на крейсерском режиме тягу 140 кН при удельном расходе топлива равном 0,04 кг/(Н·ч).

Вариант 3 (В-3)

1 Опишите турбореактивные одноконтурные двигатели (ТРД и ТРДФ).

2 Определить полный КПД ГТД при работе двигателя на земле, если при скорости истечения газов из реактивного сопла 1400 м/с, внутренний КПД равен 0,3.

Вариант 4 (В-4)

1 Опишите турбореактивные двухконтурные двигатели (ТРДД и ТРДДФ).

2 Какие удельные параметры характеризуют качество конструкции двигателя?

Вариант 5 (В-5)

1 Опишите турбовальные и турбовинтовые двигатели (ТВаД и ТВД).

2 Определение внутреннего КПД ГТД. Что характеризует внутренний КПД ГТД?

Вариант 6 (В-6)

1 Какие требования предъявляются к современным ГТД, используемым в ГА.

2 Определение тягового КПД ГТД, что характеризует тяговый КПД ГТД?

### **9.6.6 Примерный перечень контрольных вопросов и задания для проведения текущего контроля успеваемости по теме 6**

Вариант 1 (В-1)

1 Определите назначение входных устройств ГТД.

2 Дайте определение и напишите формулу степени повышения давления воздуха во входном устройстве. Что оценивает этот параметр?

Вариант 2 (В-2)

1 Какие требования предъявляются к входным устройствам ГТД.

2 Дайте определение и напишите формулу коэффициента восстановления полного давления. Что оценивает этот параметр?

Вариант 3 (В-3).

1 Назовите основные особенности организации рабочего процесса сверхзвуковых входных устройств (СВУ).

2 Дайте определение и напишите формулу коэффициента внешнего сопротивления. Что оценивает этот параметр?

Вариант 4 (В-4)

1 Дайте определение входному устройству ГТД.

2 Дайте определение и напишите формулу коэффициента внешнего сопротивления. Что оценивает этот параметр?

Вариант 5 (В-5)

1 Назовите основные направления защиты авиационных ГТД от попадания в них посторонних предметов.

2 Нарисуйте характер изменения параметров поток в дозвуковом входном устройстве при  $V = C_{вх}$ .

Вариант (В-6)

1 Назовите основные причины неустойчивых режимов работы сверхзвуковых входных устройств (СВУ).

2 Нарисуйте характер изменения параметров потока в дозвуковом входном устройстве при  $V < C_{вх}$ .

### **9.6.7 Примерный перечень контрольных вопросов и задания для проведения текущего контроля успеваемости по теме 7**

Вариант 1 (В-1)

1 Приведите определение компрессора согласно ГОСТа 23851-79.

2 Определить давление воздуха за ступенью компрессора, если давление воздуха на входе в ступень  $101325 \text{ Па}$ , а степень повышения давления воздуха в ступени 1.3.

Вариант 2 (В-2)

1 Назовите основные типы компрессоров. Каковы преимущества и недостатки отдельных типов?

2 Определить степень повышения ступени компрессора, если давление в ступени повысилось от  $1 \cdot 10^5 \text{ Па}$  до  $1,25 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

Вариант 3 (В-3)

1 Нарисуйте схему ступени компрессора и покажите, как изменяются параметры потока в элементах ступени.

2 Степень повышения давление в ступени ОК равна 1,2. Определить какое было давление на входе в ступень, если давление на выходе из ступени стало  $1,68 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

Вариант 4 (В-4)

1 Приведите определение ступени компрессора согласно ГОСТа 23851-79.

2 Определить величину работы, которую необходимо подвести к валу вращения рабочего колеса ступени компрессора, чтобы получить окружную скорость равную  $250 \text{ м/с}$  и закрутку потока равную  $182 \text{ м/с}$ .

Вариант 5 (В-5)

1 Обоснуйте необходимость применения входных направляющих аппаратов перед первой ступенью осевого компрессора.

2 Определить адиабатный КПД ступени компрессора, если известно, что адиабатный подогрев воздуха в ступени  $\Delta T_{\text{ад. ст}} = 20 \text{ К}$ , а действительный подогрев воздуха в ступени  $\Delta T_{\text{ст}} = 23,5 \text{ К}$ . По результатам вычислений сделать вывод: соответствует ли данная ступень по значению адиабатного КПД требованиям предъявляемым современным компрессорам.

### **9.6.8. Примерный перечень для подготовки к зачёту по дисциплине «Термодинамики и теория авиационных двигателей»**

1 Термодинамические системы (ТДС), определение, составные части ТДС, закрытые и открытые ТДС.

2 Газ как рабочее тело. Идеальный и реальный газы. Уравнение состояния идеального газа.

3 Параметры состояния рабочего тела, определение, их физическая сущность, единицы измерения.

4 Работа газа, как форма передачи энергии в термодинамическом процессе. Графическое изображение.

5 Сущность первого закона термодинамики. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.

6 Основные термодинамические процессы, особенности их протекания в авиационной технике. В чём состоит практическое значение циклов.

7 Круговые процессы (циклы).

- 8 Цикл Карно. Теорема Карно.
- 9 Сущность второго закона термодинамики. Основные формулировки.
- 10 Схема устройства и принцип работы авиационных ГТД.
- 11 Идеальный цикл ГТД (цикл Брайтона-Стечкина). Расчёт и анализ идеального цикла.
- 12 Определение параметров рабочего тела в характерных точках идеального цикла ГТД. Работа и термический КПД идеального цикла.
- 13 Назначение, схемы входных устройств ГТД. Требования, предъявляемые к входным устройствам. Основные технические показатели (параметры) входных устройств.
- 14 Защита авиационных ГТД от попадания в них посторонних предметов.
- 15 Назначение компрессора, типы компрессоров, требования, предъявляемые к компрессорам.
- 16 Схема и принцип работы ступени осевого компрессора. Изменение параметров рабочего тела в ступени осевого компрессора.
- 17 Задачи и способы регулирования осевых компрессоров.
- 18 Камеры сгорания ГТД, назначение, требования, предъявляемые к ним. Основные типы камер сгорания. Параметры камер сгорания.
- 19 Организация процесса горения в основных камерах сгорания ГТД.
- 20 Назначение, основные параметры, требования, предъявляемые к газовым турбинам. Типы турбин.
- 21 Схема и принцип работы ступени газовой турбины. Изменения параметров газа в ступени турбины.
- 22 Выходные устройства ГТД, назначения, схемы, основные параметры, характеризующие работу входного устройства.
- 23 Реверс тяги. Требования, предъявляемые к реверсивным устройствам. Схемы реверсивных устройств.
- 24 Действительный цикл ГТД. Работа цикла ГТД. Параметры рабочего процесса.
- 25 Условия совместных режимов работы функциональных элементов ГТД.
- 26 Совместная работа элементов одновального газогенератора (ОК, КС, ГТ). Линия рабочих режимов.
- 27 Программы и законы управления ТРД. Управляемые параметры. Управляющие факторы. Основные виды программ, реализуемые средствами автоматики.
- 28 Режимы работы ГТД. Дроссельные характеристики ТРД.
- 29 Высотные характеристики ТРД.
- 30 Скоростные характеристики ТРД.
- 31 ТРДД, основные схемы и принцип работы. Распределение суммарной тяги между конкурентами ТРДД.
- 32 Запуск ГТД. Работа ГТД на переходных режимах.
- 33 Эксплуатационные ограничения режимов работы ГТД.

### **Требования к содержанию билетов**

Экзаменационные билеты включают два теоретических вопроса из перечня и практическое задание по решению задачи или выполнению упражнения.

## **10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины**

Изучение дисциплины «Техническая термодинамика и теплопередача» обучающимися организуется в следующих формах: лекции, практические занятия под руководством преподавателя и самостоятельная работа студентов.

Изучение каждого раздела рекомендуется начинать с анализа общей его структуры и круга рассматриваемых вопросов, затем перейти к изучению материала по темам.

При изучении всех разделов основное внимание следует уделить выяснению физической сущности явления, нельзя ограничиваться лишь его математическим описанием. Важно обеспечить прикладной характер изучаемых вопросов, обеспечивая непосредственное использование выводов и законов применительно к процессам, протекающим в авиационных двигателях.

На лекциях рассматриваются наиболее важные вопросы, фундаментальные законы, требующие глубокой проработки вопросов, связанных с изучением на уровне современных знаний.

Практические занятия проводятся в целях изучения нового материала, а также в целях углубления и закрепления студентами полученных знаний на лекциях, увязки теории с практикой.

Текущий опрос: предназначена для промежуточной оценки уровня освоения студентом материала в виде выполнения самостоятельной письменной работы.

Для повышения эффективности обучения на лекциях и практических занятиях желательно использовать мультимедийные проекторы. В целях экономии учебного времени целесообразно предоставлять студентам раздаточные материалы с наиболее сложными графическими материалами.

Самостоятельная работа студента является важной составной частью учебного процесса и проводится в целях закрепления и углубления знаний, полученных на лекциях и других видах занятий, выработки навыков работы с литературой, активного поиска новых знаний, подготовки к предстоящим занятиям.



Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 25.03.03 «Аэронавигация» и профилю подготовки «Летная эксплуатация гражданских воздушных судов».

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 24 «Авиационной техники и диагностики» «15» 01 2018 года, протокол № 10


Разработчики:

  
\_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков) Никифоров А.И.

Заведующий кафедрой:

д.т.н.   
\_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой) Тарасов В.Н.

Программа согласована:

Руководитель ООП  
к.т.н., доцент   
\_\_\_\_\_  
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП) Костылев А.Г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета «15» 02 2018 года, протокол № 1.