

**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



«14» февраля 2018 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теория авиационных двигателей

Направление подготовки

25.03.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей

Направленность программы (профиль)

**Техническое обслуживание летательных аппаратов и авиационных
двигателей**

Квалификация выпускника
бакалавр

Форма обучения
заочная

Санкт-Петербург
2018

1 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Теория авиационных двигателей» являются формирование знаний, умений, навыков владения технологиями организации процесса самообразования, способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки знаний, касающихся устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей; формирование навыков решения стандартных задач в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности применяя знания устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса; представление адекватной современному уровню знаний научной картины мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики в области устройства узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса; формирование навыков решения проблем, возникающих в области технической эксплуатации двигателей, привлекая для их решения соответствующий физико-математический аппарат; формирование знаний по техническому обслуживанию авиационных двигателей.

Задачами освоения дисциплины являются:

- овладение технологиями организации процесса самообразования, способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки знаний, касающихся устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса;

- овладение навыков естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе технической эксплуатации авиационных двигателей, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

- готовностью к эксплуатации и техническому обслуживанию воздушных судов и авиационных двигателей, используя знания устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса;

- решением стандартных задач в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности, с учетом знаний устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса;

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

- представление адекватной современному уровню знаний научной картины мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики в области устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса;

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

- овладение методами 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 навыков для принятия правильных и грамотных решений по диагностике, технической эксплуатации авиационных силовых установок при условии обеспечения лётной годности воздушных судов и безопасности полётов.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Теория авиационных двигателей» представляет собой дисциплину, относящуюся к Базовой части Блока 1 дисциплин ОПОП ВО по направлению подготовки 25.03.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» (бакалавриат), профиль «Техническое обслуживание летательных аппаратов и авиационных двигателей».

Дисциплина «Теория авиационных двигателей» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Математика», «Информатика и информационные технологии», «Физика», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Летно-технические характеристики воздушных судов», «Материаловедение и технология конструкционных материалов».

Дисциплина «Теория авиационных двигателей» является обеспечивающей для дисциплин: «Конструкция и техническое обслуживание воздушных судов», «Конструкция и техническое обслуживание авиационных двигателей», «Автоматика управления авиационными двигателями», «Сохранение лётной годности воздушных судов», «Сертификация экземпляра воздушного судна», «Техническое обслуживание и ремонт воздушных судов».

Дисциплина изучается на 3 и 4 курсе.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины «Теория авиационных двигателей» направлен на формирование следующих компетенций:

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
<p>Способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-5)</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы и приемы самоорганизации в получении и систематизации знаний; методику самообразования, касающихся: назначения, устройства элементов (узлов) авиационного двигателя и организации в них рабочего процесса. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для объяснения устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - технологиями организации процесса самообразования, способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки знаний, касающихся устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса.
<p>Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-1)</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - как решать стандартные задачи производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности, с учетом знаний устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - решать стандартные задачи производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности, с учетом знаний

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
	<p>устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса.</p> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - решением стандартных задач производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности, с учетом знаний устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса.
<p>Способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики (ОПК-2)</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - о представлении адекватной современному уровню знаний научной картины мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики в области устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - представление адекватной современному уровню знаний научной картины мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики в области устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - представлением адекватной современному уровню знаний научной картины мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики в области устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса.
<p>Способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - как выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат. <p>Уметь:</p>

Перечень и код компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-3)	- выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат. Владеть: - навыками естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей. привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.
Готовностью к эксплуатации и техническому обслуживанию воздушных судов (ПК-20)	Знать: - как подготовиться к эксплуатации и техническому обслуживанию воздушных судов и авиационных двигателей, используя знания устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса. Уметь: - готовностью к эксплуатации и техническому обслуживанию воздушных судов и авиационных двигателей, используя знания устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса. Владеть: - готовностью к эксплуатации и техническому обслуживанию воздушных судов и авиационных двигателей, используя знания устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса.

4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

Наименование	Всего часов	Курс	
		3	4
Общая трудоемкость дисциплины	216	108	108
Контактная работа:	19	6,5	12,5
лекции	4	2	2

Наименование	Всего часов	Курс	
		3	4
практические занятия	6	2	4
лабораторные работы	-	-	-
курсовой проект (работа)	4	-	4
Самостоятельная работа студента	184	95	89
Промежуточная аттестация:	18	9	9
контактная работа	5	2,5	2,5
самостоятельная работа по подготовке к экзамену	13	6,5	6,5

5 Содержание дисциплины

5.1 Соотнесения тем дисциплины и формируемых компетенций

Темы, разделы дисциплины	Количество часов	Компетенции					Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОК-5	ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3	ПК-20		
3 курс								
Раздел 1. Основные параметры авиационных ГТД	17							
Тема 1.1. Тяга авиационных силовых установок с ВРД и их основные параметры семестр	17	+		+	+		ВК, Л, ПЗ, СРС	ИДЗ
Раздел 2. Организация рабочего процесса в элементах ГТД	82							
Тема 2.1. Организация рабочего процесса во входных устройствах ГТД	16	+		+	+	+	Л, ПЗ, СРС, ВК	ИДЗ, УО
Тема 2.2. Организация рабочего процесса в компрессорах ГТД	17		+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	ИДЗ, УО
Тема 2.3. Организация рабочего процесса в камерах сгорания ГТД	16	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	ИДЗ, УО

Темы, разделы дисциплины	Количество часов	Компетенции					Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОК-5	ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3	ПК-20		
Тема 2.4. Организация рабочего процесса в газовых турбинах ГТД	17		+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	ИДЗ, УО
Тема 2.5. Организация рабочего процесса в выходных устройствах ГТД	16		+			+	Л, ПЗ, СРС	ИДЗ, УО
Итого за 3 курс	99							
Промежуточная аттестация	9							
Всего за 3 курс	108							
4 курс								
Раздел 3. Рабочий процесс и характеристики ГТД	86							
Тема 3.1. Рабочий процесс и действительный цикл ГТД	12			+	+	+	ВК, Л, ПЗ, СРС	ИДЗ, УО
Тема 3.2. Рабочий процесс и характеристики ТРДД	16		+		+		Л, ПЗ, СРС	ИДЗ, УО
Тема 3.3 .Рабочий процесс и характеристики турбовальных ГТД (ТВад)	14			+	+		Л, ПЗ, СРС	ИДЗ, УО
Тема 3.4. Рабочий процесс и характеристики турбовинтовых двигателей (ТВД)	14	+		+			Л, ПЗ, СРС	ИДЗ, УО
Тема 3.5. Неустановившиеся режимы работы ГТД	16		+			+	Л, ПЗ, СРС	ИДЗ, УО
Тема 3.6. Влияние условий эксплуатации на основные параметры и характеристики ГТД	14	+	+	+	+	+	Л, ПЗ, СРС	ИДЗ, УО

Темы, разделы дисциплины	Количество часов	Компетенции					Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОК-5	ОПК-1	ОПК-2	ОПК-3	ПК-20		
РАЗДЕЛ 4. Авиационные двигатели и окружающая среда	13							
Тема 4.1. Влияние авиационных двигателей на окружающую среду	13	+		+			Л, ПЗ, СРС	ИДЗ, УО
Итого за 4 курс	99							
Промежуточная аттестация	9							
Всего за 4 курс	108							
Итого по дисциплине:	216							

Сокращения: Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, УО – устный опрос, ВК – входной контроль, ИДЗ – индивидуальное домашнее задание, СРС – самостоятельная работа студента.

5.2 Темы дисциплины и виды занятий

Наименование темы дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	КП	СРС	Всего часов
3 курс						
Раздел 1. Основные параметры авиационных ГТД	1	0,2	-	-	15,8	17
Тема 1.1. Тяга авиационных силовых установок с ВРД и их основные параметры	1	0,2	-	-	15,8	17
Раздел 2. Организация рабочего процесса в элементах ГТД	1	1,8	-	-	79,2	82
Тема 2.1. Организация рабочего процесса во входных устройствах ГТД	0,2	0,3	-	-	15,5	16
Тема 2.2. Организация рабочего процесса в компрессорах ГТД	0,2	0,2	-	-	16,6	17
Тема 2.3. Организация рабочего процесса в камерах сгорания ГТД	0,2	0,3	-	-	15,5	16
Тема 2.4. Организация рабочего	0,2	0,5	-	-	16,3	17

Наименование темы дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	КП	СРС	Всего часов
процесса в газовых турбинах ГТД						
Тема 2.5. Организация рабочего процесса в выходных устройствах ГТД	0,2	0,5	-	-	15,3	16
Итого за 3 курс	2	2	-	-	95	99
Промежуточная аттестация						9
Всего за 3 курс						108
4 курс						
Раздел 3. Рабочий процесс и характеристики ГТД	1,5	3	-	4	77,5	86
Тема 3.1. Рабочий процесс и действительный цикл ГТД	0,2	0,4	-	-	11,4	12
Тема 3.2. Рабочий процесс и характеристики ТРДД	0,2	0,4	-	4	11,4	16
Тема 3.3. Рабочий процесс и характеристики турбовальных ГТД (ТВаД)	0,2	0,4	-	-	13,4	14
Тема 3.4. Рабочий процесс и характеристики турбовинтовых двигателей (ТВД)	0,2	0,4	-	-	13,4	14
Тема 3.5. Неустановившиеся режимы работы ГТД	0,2	0,4	-	-	15,4	16
Тема 3.6. Влияние условий эксплуатации на основные параметры и характеристики ГТД	0,5	1	-	-	12,5	14
Раздел 4. Авиационные двигатели и окружающая среда	0,5	1	-	-	11,5	13
Тема 4.1. Влияние авиационных двигателей на окружающую среду	0,5	1	-	-	11,5	13
Итого за 4 курс	2	4	-	4	89	99
Промежуточная аттестация						9
Всего за 4 курс						108
Итого по дисциплине						216

Сокращения: Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, ЛР – лабораторная работа, КП - курсовой проект, СРС – самостоятельная работа студента.

5.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные параметры авиационных ГТД

Тема 1.1. Тяга авиационных силовых установок с ВРД и их основные параметры.

Краткие исторические сведения о развитии двигателей летательных аппаратов. Общие сведения о двигателях летательных аппаратов. Классификация воздушно-реактивных двигателей, принцип их работы. Области применения ГТД.

Требования, предъявляемые к современным ГТД, используемым в гражданской авиации.

Абсолютные и удельные параметры ГТД. Тяга ВРД, вывод формулы тяги. Удельные параметры для ГТД прямой и непрямой реакции. Энергетический баланс и КПД газотурбинного двигателя.

Раздел 2. Организация рабочего процесса в элементах ГТД

Тема 2.1. Организация рабочего процесса во входных устройствах ГТД

Назначение входных устройств ГТД. Требования, предъявляемые к входным устройствам. Параметры, характеризующие работу входных устройств. Организация рабочего процесса в дозвуковых входных устройствах. Изменение параметров воздуха во входном устройстве при его работе на земле и в полёте. Особенности организации рабочего процесса в сверхзвуковых входных устройствах (СВУ). Нерасчётные режимы работы сверхзвуковых входных устройств. Задачи и способы регулирования СВУ. Защита авиационных двигателей ГТД от попадания в них посторонних предметов.

Тема 2.2. Организация рабочего процесса в компрессоре ГТД

Назначение компрессора, типы компрессоров, требования, предъявляемые к компрессорам, теория элементарной ступени компрессора. Схема и принцип работы ступени осевого компрессора. Изменение параметров рабочего тела в ступени осевого компрессора (ОК). Схема и принцип работы ступени осевого компрессора с входным направляющим аппаратом (ВНА). Основные параметры ступени осевого компрессора. Характеристики ступени осевого компрессора, особенности сверхзвуковой ступени компрессора. Понятие о профилировании лопаток компрессора. Теория многоступенчатого компрессора. Многоступенчатые компрессоры и основные параметры, необходимость их применения и их связь с параметрами ступени. Характеристики компрессора, определение, методы получения, графическое изображение, анализ.

Расчётные и нерасчётные режимы работы компрессора. Неустойчивая работа осевого компрессора, виды неустойчивой работы. Линии рабочих режимов и запас устойчивости компрессора в системе ГТД. Задачи и способы регулирования осевых компрессоров. Влияние условий эксплуатации на характеристики и запас устойчивости компрессора. Схема и принцип работы центробежного компрессора.

Тема 2.3. Организация рабочего процесса в камерах сгорания ГТД

Камеры сгорания ГТД, их назначение, требования предъявляемые к ним. Типы камер сгорания. Параметры камеры сгорания. Основные

закономерности процесса горения топлива. Организация процесса горения в основных камерах сгорания. Особенности организации процесса горения в форсажных камерах сгорания ТРДФ и ТРДДФ.

Тема 2.4. Организация рабочего процесса в газовых турбинах ГТД

Назначение, основные параметры, требования предъявляемые к газовым турбинам. Типы турбин. Схема и принцип работы ступени газовой турбины. Изменение параметров газа в ступени турбины. Необходимость применения многоступенчатых турбин. Формы проточной части турбин. Коэффициенты полезного действия турбины, их анализ. Потери в турбине. Системы и способы охлаждения лопаток газовых турбин. Эффективность различных способов воздушного охлаждения.

Тема 2.5. Организация рабочего процесса в выходных устройствах ГТД

Выходные устройства ГТД: назначение, схемы, основные параметры, характеризующие работу выходного устройства. Виды потерь в выходных устройствах. Определение скорости истечения газов из выходного устройства. Реверс тяги. Требования, предъявляемые к реверсивным устройствам. Схемы реверсивных устройств.

Раздел 3. Рабочий процесс и характеристики ГТД

Тема 3.1. Рабочий процесс и действительный цикл ГТД.

Действительный цикл ГТД. Работа цикла ГТД. Параметры рабочего процесса. Зависимость работы цикла от параметров рабочего процесса. Влияние параметров рабочего процесса на удельные параметры ГТД. Совместная работа элементов одновального газогенератора (ОК, КС, ГТ). Линия рабочих режимов. Программы и законы управления одновальным ГТД. Законы управления двухвальным газогенератором. Режимы работы ГТД. Дроссельные, высотные, скоростные характеристики ТРД.

Тема 3.2. Рабочий процесс и характеристики ТРДД

ТРДД, основные схемы и принцип работы. Основные параметры ТРДД и параметры рабочего процесса. Распределение суммарной тяги между контурами ТРДД. Работа цикла ТРДД без смещения потоков и оптимальное распределение её между контурами. Особенности программы управления ТРДД. Особенности дроссельных, высотных, скоростных характеристик ТРДД.

Тема 3.3. Рабочий процесс и характеристики турбовальных ГТД (ТВаД)

Схема, принцип работы и основные параметры турбовальных двигателей. Эксплуатационные характеристики ТВаД. Особенности законов управления и совместной работы ТВаД со свободной турбиной и несущего винта (НВ) вертолета.

Тема 3.4. Рабочий процесс и характеристики турбовинтовых двигателей (ТВД)

Схема, принцип работы ТВД. Типы ТВД. Основные параметры ТВД. КПД ТВД. Оптимальное распределение энергии (работы цикла) между винтом и реакцией истекающей струи. Особенности управления и

совместной работы элементов ТВД. Дроссельные, высотные, скоростные характеристики ТВД.

Тема 3.5. Неустановившиеся режимы работы ГТД

Требования к динамическим характеристикам ГТД. Уравнение динамики роторов ГТД на переходных режимах. Запуск ГТД в стартовых условиях и в полете. Изменение параметров рабочего процесса при разгоне и сбросе газа.

Тема 3.6. Влияние условий эксплуатации на основные параметры и характеристики ГТД

Влияние давления, температуры и влажности наружного воздуха на характеристики авиационных ГТД. Влияние эрозийного износа и загрязнения элементов проточной части ГТД в условиях эксплуатации на пыльных аэродромах. Эксплуатационные ограничения и их влияние на работу силовых установок. Приведение данных испытания ГТД к стандартным атмосферным условиям.

Раздел 4. Авиационные двигатели и окружающая среда

Тема 4.1. Влияние авиационных ГТД на окружающую среду

Источники шума ГТД. Нормирование уровня шума. Методы снижения шума на местности. Эмиссия авиационных ГТД. Виды эмиссии. Методы нормирования эмиссии. Пути снижения выброса вредных веществ в окружающую среду.

5.4 Практические занятия

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудо-емкость (часы)
1.1	Практическое занятие №1. Определение параметров ГТД. Вывод формулы тяги	0,2
2.1	Практическое занятие №1. Определение параметров входных устройств ГТД. Характеристики компрессора, методы их получения, графическое изображение, анализ. Характеристики в параметрах подобия	0,3
2.2	Практическое занятие №1. Запас устойчивости нерегулируемого осевого компрессора. Определение параметров многоступенчатых осевых компрессоров	0,2
2.3	Практическое занятие №1. Организация процесса горения в основных камерах сгорания ГТД	0,3
2.4	Практическое занятие №1. Необходимость применения многоступенчатых турбин. КПД турбины, их анализ.	0,5
2.5	Практическое занятие №1. Реверс тяги. Требования, предъявляемые к реверсивным устройствам. Схемы	0,5

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий	Трудо-емкость (часы)
	реверсивных устройств.	
Итого за 3 курс		2
3.1	Практическое занятие №2. Зависимость работы действительного цикла ГТД от параметров рабочего процесса. Влияние параметров рабочего процесса на удельные параметры ГТД. Построение на характеристиках компрессора линий совместных режимов работы (ЛРР) турбокомпрессора. Анализ характеристик ГТД.	0,4
3.2	Практическое занятие №2. Особенности программ управления и характеристики ТРДД	0,4
3.3	Практическое занятие №2. Особенности программ управления и совместной работы элементов турбовальных ГТД со сборной турбиной и несущего винта вертолёта	0,4
3.4	Практическое занятие №2. Особенности управления и совместной работы элементов турбовинтовых ГТД	0,4
3.5	Практическое занятие №2. Запуск ГТД. Этапы запуска. Изменение параметров рабочего процесса при разгоне и сброса газа	0,4
3.6	Практическое занятие №3. Определение прочности элементов конструкции авиационного двигателя	1
4.1	Практическое занятие №3. Влияние авиационных двигателей на окружающую среду	1
Итого за 4 курс		4
Итого по дисциплине		6

5.5 Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость (часы)
3 курс		
1.1	1. Изучение теоретического материала по теме: Тяга авиационных силовых установок с ВРД и их основные параметры [1-15] 2. Подготовка к устному опросу (УО)	15,8

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
2.1	1. Изучение теоретического материала по теме: Организация рабочего процесса во входных устройствах ГТД [1-15] 2. Подготовка к тестированию 3. Подготовка к устному опросу (УО) 3. Выполнение индивидуального домашнего задания [1-15]	15,5
2.2	1. Изучение теоретического материала по теме: Организация рабочего процесса в компрессоре ГТД [1-15] 2. Подготовка к устному опросу (УО) 3. Выполнение индивидуального домашнего задания [1-15]	16,6
2.3	1. Изучение теоретического материала по теме: Организация рабочего процесса в камерах сгорания ГТД [1-15] 2. Подготовка к устному опросу (УО) 3. Выполнение индивидуального домашнего задания [1-15]	15,5
2.4	1. Изучение теоретического материала по теме: Организация рабочего процесса в газовых турбинах ГТД [1-15] 2. Подготовка к устному опросу (УО) 3. Выполнение индивидуального домашнего задания [1-15] 4. Работа по выполнению курсового проекта Работа по выполнению курсового проекта «Теоретический расчет авиационных двигателей ГТД»	16,3
2.5	1. Изучение теоретического материала по теме: Организация рабочего процесса в выходных устройствах ГТД [1-15] 2. Подготовка к тестированию 3. Подготовка к устному опросу (УО) 4. Выполнение индивидуального домашнего задания [1-15]	15,3
Итого за 3 курс		95
4 курс		
3.1	1. Изучение теоретического материала по теме: Рабочий процесс и характеристики однофазных ГТД [1-15] 2. Подготовка к устному опросу (УО)	11,4

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудо-емкость (часы)
3.2	1. Изучение теоретического материала по теме: 2. Рабочий процесс и характеристики ГРДД [1-15] 2. Подготовка к тестированию 3. Подготовка к устному опросу (УО) 4. Выполнение индивидуального домашнего задания [1-15]	11,4
3.3	1. Изучение теоретического материала по теме: Рабочий процесс и характеристики турбовальных ГТД (ТВад) [1-15] 2. Подготовка к устному опросу (УО) 3. Выполнение индивидуального домашнего задания [1-15]	13,4
3.4	1. Изучение теоретического материала по теме: Рабочий процесс и характеристики турбовинтовых двигателей (ТВД) [1-15] 2. Подготовка к устному опросу (УО) 3. Выполнение индивидуального домашнего задания [1-15]	13,4
3.5	1. Изучение теоретического материала по теме: Неустановившиеся режимы работы ГТД [1-15] 2. Подготовка к тестированию 3. Подготовка к устному опросу (УО) 4. Выполнение индивидуального домашнего задания [1-15]	15,4
3.6	1. Изучение теоретического материала по теме: Влияние условий эксплуатации на основные параметры и характеристики ГТД [1-15] 2. Подготовка к устному опросу (УО) 3. Выполнение индивидуального домашнего задания [1-15]	12,5
4.1	1. Изучение теоретического материала по теме: Влияние авиационных ГТД на окружающую среду [1-15] 2. Подготовка к тестированию 3. Подготовка к устному опросу (УО) 4. Выполнение индивидуального домашнего задания [1-15]	11,5
Итого за 4 курс		89
Итого по дисциплине		184

5.7 Курсовые работы (проект)

При изучении дисциплины «Теория авиационных двигателей» выполняется курсовой проект «Термодинамический расчет авиационных ГТД».

Наименование этапа выполнения курсового проекта	Трудоемкость (часы)
Этап 1. Выдача задания на курсовой проект «Термодинамический расчет авиационных ГТД».	2
Этап 2. Выполнение курсового проекта по плану СРС	9,4
Этап 3. Оформление курсового проекта	2
Защита курсового проекта	2
Итого по курсовому проекту:	15,4
самостоятельная работа студента, отведенная на выполнение курсового проекта	11,4
согласно учебному плану	4

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1 Казанджан, П.К. **Теория авиационных двигателей. Рабочий процесс и эксплуатационные характеристики газотурбинных двигателей** [Текст]: учеб. для вузов/П.К. Казанджан, В.Т. Тихонов, Н.Д. Шулекин. - М.: Транспорт, 2000. – 287с. – ISBN - 5-277-02174-4, Качество экземпляров 15, <https://is.gd/tfpUBf>, учебник в электронном виде, свободный доступ (дата обращения 13.12.2017).

2 Казанджан, П.К. **Теория авиационных двигателей. Теория лопаточных машин** [Текст]: учеб. для вузов/П.К. Казанджан, Н.Д. Тихонов. – М.: Машиностроение, 1995. – 317 с. – ISBN - 5-7883-0132-7, Количество экземпляров 48.

3 **Двигатели газотурбинные авиационные. Термины и определения** [Текст]: ГОСТ 23851-79.- Введ. 1980. – 07-01. – М.: Издательство стандартов, 1978. – 101с. Качество экземпляров 5, <http://internet-law.ru/gosts/gost/40186/>, ГОСТ в электронном виде, свободный доступ (дата обращения 13.12.2017).

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:

5 Нечаев, Ю.Н. **Теория авиационных двигателей: учебник для вузов** – М.: Изд-во ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1990. – 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).

6 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин. Межгосударственный стандарт ГОСТ 8.417-2002. Введен 2003-09-01. – Минск.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002. – 28 с. Качество экземпляров 1, <http://docs.cntd.ru/document/1200031406>, ГОСТ в электронном виде, свободный доступ (дата обращения 13.12.2017).

7 Авиатранспортное обозрение [Текст] : Air transport observer : журнал / учредитель и издатель: А.Б.Е. Медиа. - Москва : А.Б.Е. Медиа, 1996-. - 27 см.; ISSN 1991-6574 (подписка 2008-2018).

8 Крылья Родины : ежемесячный национальный авиационный журнал. - Москва : ООО "Редакция журнала "Крылья Родины", 1950-.; ISSN 0130-2701 (подписка 2008-2018).

9 Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра [Текст] : научно-популярный журнал / учредитель: Бакурский Виктор Александрович, Военно-Воздушные Силы России, Лепилкин Андрей Викторович. - Москва : Техинформ, 1997-. - 29 см.; ISSN 1682-7759 (подписка 2008-2018).

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

10 Система поиска в сети Интернет – Режим доступа: <http://www.google.com>, свободный (дата обращения 13.02.2018)

11 Электронная библиотека – Режим доступа: <http://www.wikipedia.org>, свободный (дата обращения 13.02.2018).

12 Онлайн переводчик – Режим доступа: <http://www.lingvo.ru>, свободный, (дата обращения 13.02.2018).

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

13 КонсультантПлюс. Официальный сайт компании [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://consultant.ru>, свободный (дата обращения 13.02.2018).

14 Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elibrary.ru>, свободный.

15 Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, свободный.

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 разрезов двигателей АИ-25, Д-30, Д-36, ТВ2-117, ТВ3-117, ТВ7-117, ПС-90А, CFM56-5В; 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 *Microsoft Power Point*, используются при проведении лекционных и практических занятий. Ауд.360, 364, 367 имеют 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».

Лицензионное программное обеспечение: Microsoft Windows, Microsoft Windows Office.

8 Образовательные и информационные технологии

Реализация компетентностного 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 «Теория авиационных двигателей» используются классические формы: лекции, практические занятия (устный опрос, выполнение индивидуальных домашних заданий по темам), 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 с использованием MS Office (Power Point), содержащие гиперссылки, необходимые для перехода к показам слайдов, презентаций, текстам, фигурам, таблицам, графикам и рисункам в презентации, документам Microsoft Office Word, листам Microsoft Office Excel, 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 IT-технологии использования Интернет-ресурсов в процессе обучения; активизировать на практических занятиях деятельность студентов путем работы по выполнению заданий с использованием MS Office.

Самостоятельная работа студента (обучающегося) 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 IT-технологиями, справочниками, периодическими изданиями, в том числе находящимися в глобальных компьютерных сетях. Самостоятельная работа подразумевает выполнение индивидуальных учебных заданий по темам.

IT-методы используются при проведении всех видов занятий. Учебные мультимедийные материалы с использованием MS Office (Power Point), содержащие гиперссылки, необходимые для перехода к произвольным показам, указанным слайдам в презентации, к различным текстам, фигурам, таблицам, графикам и рисункам в презентации, документам Microsoft Office

Word, листам *Microsoft Office Excel*, 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 оценивается по результатам, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в виде экзамена.

Устный опрос успеваемости обучающихся осуществляется для оценки уровня остаточных знаний путём проведения устного опроса по темам дисциплины.

Курсовой проект выполняется в соответствии с методическими указаниями по выполнению курсового проекта с целью закрепления студентом теоретических знаний и практических навыков, которые позволяют научно обоснованно и технически грамотно осуществлять техническую эксплуатацию воздушных судов, формировать сознательное и творческое отношения к выполнению требований, содержащихся в документах, регламентирующих техническую эксплуатацию.

Экзамен заключительный контроль, оценивающий уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

Аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде экзамена на 3 и 4 курсе. Экзамен позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины. Экзамен предполагает ответ на теоретические вопросы из перечня вопросов, вынесенных на экзамен. К моменту сдачи экзамена должны быть пройдены предыдущие формы контроля. Методика формирования результирующей оценки 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

Балльно-рейтинговая система текущего контроля успеваемости и знаний студентов не применяется.

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

Результаты текущего контроля (устный опрос) оцениваются по двухбалльной системе: «зачтено» / «не зачтено».

Устный опрос в начале лекции или практического занятия по теме предыдущего занятия оценивается положительно в том случае, если обучающийся четко и ясно, по существу дает ответ на поставленный вопрос, или же не сразу дал верный ответ, но смог дать его правильно при помощи ответов на наводящие вопросы.

Результаты текущего контроля (индивидуальное домашнее задание) оцениваются по двухбалльной системе: «зачтено» / «не зачтено».

Основаниями для положительного оценивания и выставления «зачтено» являются: полное изложение полученных знаний в письменной и графической форме в соответствии с требованиями или неполное изложение полученных знаний, однако это не препятствует усвоению последующего программного материала. Допускаются: единичные, несущественные ошибки, самостоятельно исправляемые студентами; отдельные несущественные ошибки, исправляемые студентами после указания преподавателя на них; отдельные существенные ошибки.

Основаниями для выставления оценки «не зачтено» являются: неполное, бессистемное изложение учебного материала, что препятствует усвоению последующей информации по дисциплине. Существенные ошибки, неисправляемые даже с помощью преподавателя.

На момент сдачи экзамена студент должен получить «зачтено» за участие в устных опросах, по крайней мере, на 50 % лекционных занятий и получить «зачтено», по крайней мере, за 50 % индивидуальных домашних заданий.

По итогам освоения дисциплины «Теория авиационных двигателей» проводится промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена, предполагает устный ответ студента по билетам на вопросы из перечня.

Экзамен по дисциплине проводится на 3 курсе.

4 курс

Результаты текущего контроля (устный опрос) оцениваются по двухбалльной системе: «зачтено» / «не зачтено».

Устный опрос в начале лекции или практического занятия по теме предыдущего занятия оценивается положительно в том случае, если обучающийся четко и ясно, по существу дает ответ на поставленный вопрос, или же не сразу дал верный ответ, но смог дать его правильно при помощи ответов на наводящие вопросы.

Результаты текущего контроля (индивидуальное домашнее задание) оцениваются по двухбалльной системе: «зачтено» / «не зачтено».

Основаниями для положительного оценивания и выставления «зачтено» являются: полное изложение полученных знаний в письменной и графической форме в соответствии с требованиями или неполное изложение полученных знаний, однако это не препятствует усвоению последующего программного материала. Допускаются: единичные, несущественные

ошибки, самостоятельно исправляемые студентами; отдельные несущественные ошибки, исправляемые студентами после указания преподавателя на них; отдельные существенные ошибки.

Основаниями для выставления оценки «не зачтено» являются: неполное, бессистемное изложение учебного материала, что препятствует усвоению последующей информации по дисциплине. Существенные ошибки, неисправляемые даже с помощью преподавателя.

На момент сдачи экзамена студент должен получить «зачтено» за участие в устных опросах, по крайней мере, на 50 % лекционных занятий и получить «зачтено», по крайней мере, за 50 % индивидуальных домашних заданий.

По итогам освоения дисциплины «Теория авиационных двигателей» проводится промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена, предполагает устный ответ студента по билетам на вопросы из перечня.

Экзамен по дисциплине проводится на 3 курсе.

9.3 Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине

При изучении дисциплины «Теория авиационных двигателей» выполняется курсовой проект «Термодинамический расчет авиационных ГТД».

Исходные данные для выполнения курсового проекта определяются исходя из номера зачетной книжки студента или порядкового номера студента в группе по правилам, изложенным в методических указаниях по выполнению курсового проекта.

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

Дисциплина «Теория авиационных двигателей» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Математика», «Информатика и информационные технологии», «Физика», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Летно-технические характеристики воздушных судов», «Материаловедение и технология конструкционных материалов»

«Информатика и информационные технологии»

- 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.

«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:

4 $\frac{x^{-2} - y^{-2}}{x^{-1} + y^{-1}}$

«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.

«Теоретическая 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.

«Материаловедение и технология конструкционных материалов»

- 1 Цель и методы исследования макроструктуры материала.
- 2 Основные методы исследования микроструктуры металла.
- 3 Механические свойства материалов.
- 4 Основные показатели механических свойств.

«Летно-технические характеристики воздушных судов»

- 1 Основная система координат, используемая в динамике полета воздушного судна.
- 2 Какие силы действуют в полете на воздушное судно?
- 3 Что такое подъемная сила?
- 4 Что такое сила сопротивления?
- 5 Что такое сила тяги?
- 6 Дать определение понятия «угол атаки».
- 7 Дать определение понятия «вес» воздушного судна.
- 8 Дать определение понятия «коэффициент подъемной силы».
- 9 Дать определение понятия «скоростной поток».

«Сопротивление материалов»

- 1 Какие способы опорных закреплений балки вы знаете.
- 2 Какими силами и моментами может быть представлена внешняя нагрузка, действующая на балку

- 3 Какие методы для прочностных расчетов вы знаете?
- 4 Суть метода допускаемых напряжений.
- 5 Суть метода разрушающих нагрузок.
- 6 Суть метода предельных состояний.
- 7 Правила знаков при построении эпюр поперечных сил.
- 8 Правила знаков при построении эпюр изгибающих моментов.
- 9 Правила построения эпюр нормальных напряжений.
- 10 Правила построения эпюр продольных сил.
- 11 Правила построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.

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

Оценивание курсового проекта: Оценка “отлично” ставится за проект, в котором содержатся элементы творчества, дается сравнительная характеристика рассматриваемых теоретических положений и глубокий системный анализ фактического материала, делаются самостоятельные выводы. Расчеты выполнены верно, без ошибок. Работа оформлена в полном соответствии с требованиями. На защите студент показал полное знание материала курсового проекта и дал аргументированные ответы на поставленные вопросы.

Оценка “хорошо” ставится тогда, когда проект выполнен на хорошем теоретическом уровне, достаточно полно освещаются вопросы темы. Анализ литературных источников выполнен, однако выводы не носят глубокий и всесторонний характер. Имеются некоторые нарушения в оформлении курсового проекта. Имеются незначительные ошибки в расчетах. На защите студент показал знание материала проведенных исследований. При ответах на ряд дополнительных вопросов аргументация была недостаточной.

Оценку “удовлетворительно” проекты, в которых правильно освещены основные вопросы темы, но не проявилось умение логически стройно и самостоятельно излагать источники. Имеется ряд нарушений требований в оформлении работы. Имеют место существенные стилистические и грамматические ошибки. Имеются много ошибок в расчетах, которые не влияют на конечный результат. Выводы по разделам и параграфам носят описательный характер и не отражают результатов проведенного анализа. На ряд дополнительных вопросов студент не дал ясных ответов.

Оценка “неудовлетворительно” ставится в том случае, когда в проекте содержатся отдельные ошибочные положения, студент не может ответить на дополнительные вопросы в ходе защиты, не владеет материалом проекта, не в состоянии дать объяснения выводам и теоретическим положениям данной проблемы. Расчеты выполнены неправильно. В этом случае студенту предстоит повторная защита.

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
<p>1. Способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-5). Знать: - методы и приемы самоорганизации в получении и систематизации знаний; методику самообразования, касающихся: назначения, устройства элементов (узлов) авиационного двигателя и организации в них рабочего процесса</p>	<p>Понимает, описывает и оценивает: методы и приемы самоорганизации в получении и систематизации знаний; методику самообразования, касающихся: назначения, устройства элементов(узлов) авиационного двигателя и организации в них рабочего процесса</p>	<p>На экзамен выносятся вопросы, охватывающие все содержание учебной дисциплины. Знания обучающихся оцениваются по четырех бальной системе с выставлением обучающимся итоговой оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».</p>
<p>Владеть: - технологиями организации процесса самообразования, способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки знаний, касающихся устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>Применяет знания: -самостоятельно строит процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для объяснения устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>Оценка «отлично» при приеме экзамена выставляется в случае: полного, правильного и уверенного изложения обучающимся учебного материала по каждому из вопросов; уверенного владения обучающимся понятийно-категориальным аппаратом учебной дисциплины;</p>
<p>Уметь: - самостоятельно строить процесс овладения информацией, отобранной и структурированной для объяснения устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>Анализирует: - технологии организации процесса самообразования, способами планирования, организации, самоконтроля и самооценки знаний, касающихся устройства, принципа</p>	<p>логически последовательного, взаимосвязанного и правильно структурированного изложения обучающимся учебного материала, умения устанавливать</p>

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
	работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса	и проследить причинно-следственные связи между событиями, процессами и явлениями, о которых идет речь в вопросах; приведения обучающимся надлежащей аргументации, наличия обучающегося логически и нормативно обоснованной точки зрения при освещении проблемных, дискуссионных аспектов учебного материала по вопросам; лаконичного и правильного ответа обучающегося на дополнительные вопросы преподавателя.
<p>2. Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности. (ОПК-1)</p> <p>Знать:</p> <p>- как решать стандартные задачи производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности, с учетом знаний устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего</p>	<p>Понимает:</p> <p>- как решать стандартные задачи производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности, с учетом знаний устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>и проследить причинно-следственные связи между событиями, процессами и явлениями, о которых идет речь в вопросах; приведения обучающимся надлежащей аргументации, наличия обучающегося логически и нормативно обоснованной точки зрения при освещении проблемных, дискуссионных аспектов учебного материала по вопросам; лаконичного и правильного ответа обучающегося на дополнительные вопросы преподавателя.</p> <p>Оценка «хорошо» при приеме экзамена выставляется в случае: грамотное, связное и непротиворечивое изложение сути вопроса; актуальность используемых в сообщении сведений; удовлетворительное качество изложения материала.</p> <p>Оценка</p>

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
процесса		«удовлетворительно»
<p>Уметь:</p> <p>- решать стандартные задачи производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности, с учетом знаний устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>Применяет знания:</p> <p>- в решении стандартных задач производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности, с учетом знаний устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>при приеме экзамена выставляется в случае: отсутствие грамотного, связного и непротиворечивого изложения сути вопроса.</p> <p>Оценка «не удовлетворительно» при приеме экзамена выставляется в случае: отказа обучающегося от ответа по билету с указанием, либо без указания причин; невозможности изложения обучающимся учебного материала по двум или всем вопросам; допущения обучающимся существенных ошибок при изложении учебного материала по двум или всем вопросам; скрытое или явное использование обучающимся при подготовке к ответу нормативных источников, основной и дополнительной литературы, конспектов лекций и иного вспомогательного материала, кроме случаев специального</p>
<p>Владеть:</p> <p>-решением стандартных задач производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей на основе информационной и</p>	<p>Анализирует:</p> <p>-решение стандартных задач производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей на основе</p>	

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
<p>библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности, с учетом знаний устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий, а также с учетом основных требований информационной безопасности, с учетом знаний устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>указания или разрешения преподавателя; невладения обучающимся понятиями и категориями данной дисциплины; невозможность обучающегося дать ответы на дополнительные вопросы преподавателя.</p> <p>Обучающийся имеет право отказаться от ответа по выбранному вопросу с указанием, либо без указания причин и взять другой вопрос.</p>
<p>Способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики. (ОПК-2)</p> <p>Знать:</p> <p>- о представлении адекватной современному уровню знаний научной картины мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики в области устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>Понимает:</p> <p>- представлении адекватной современному уровню знаний научной картины мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики в области устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>Дополнительные вопросы могут быть заданы обучающемуся в случае: необходимости конкретизации и изложенной обучающимся информации по вопросам с целью проверки глубины знаний отвечающего по связанным между собой темам и проблемам; необходимости проверки знаний обучающегося по основным темам и проблемам курса при</p>
<p>Уметь:</p> <p>-представление адекватной современному уровню</p>	<p>Применяет знания:</p> <p>-в представлении адекватного</p>	

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
<p>знаний научной картины мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики в области устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>современному уровню знаний научной картины мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики в области устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>недостаточной полноте его ответа по вопросам.</p>
<p>Владеть: - представлением адекватной современному уровню знаний научной картины мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики в области устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса</p>	<p>Анализирует: - представление адекватной современному уровню знаний научной картины мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики в области устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них</p>	
<p>4. Способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат. (ОПК-3): Знать: - как выявлять</p>	<p>Понимать: - как выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей,</p>	

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
<p>естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p>	<p>привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p>	
<p>Уметь: - выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.</p>	<p>Применять: - выявление естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и двигателей, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.</p>	
<p>Владеть: - навыками естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации летательных аппаратов и</p>	<p>Оценивать: - навыки естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе производственно-технологической деятельности в области технической эксплуатации</p>	

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
двигателей. привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	летательных аппаратов и двигателей. привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	
<p>1. Готовностью к эксплуатации и техническому обслуживанию воздушных судов. (ПК-20)</p> <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - как подготовиться к эксплуатации и техническому обслуживанию воздушных судов и авиационных двигателей, используя знания устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса 	<p>Понимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - как подготовиться к эксплуатации и техническому обслуживанию воздушных судов и авиационных двигателей, используя знания устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса. 	
<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - готовностью к эксплуатации и техническому обслуживанию воздушных судов и авиационных двигателей, используя знания устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса <p>владеть: готовностью к эксплуатации и техническому обслуживанию воздушных судов и авиационных</p>	<p>Применяет знания как:</p> <ul style="list-style-type: none"> - готовность к эксплуатации и техническому обслуживанию воздушных судов и авиационных двигателей, используя знания устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса <p>владеть: готовностью к эксплуатации и</p>	

Критерии оценивания компетенций	Показатели оценивания компетенции	Описание шкалы оценивания
двигателей, используя знания устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса	техническому обслуживанию воздушных судов и авиационных двигателей, используя знания устройства, принципа работы узлов авиационных двигателей и организации в них рабочего процесса	

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

3 курс

Примерный перечень вариантов заданий для проведения текущего контроля успеваемости по темам 1.1 и 2.1 (Письменная самостоятельная работа)

(Темы 1.1 и 2.1) Вариант 1

1 Классификация воздушно-реактивных двигателей (ВРД). Области применения ГТД.

2 Основные параметры, характеризующие работу входных устройств.

3 Задача: Определить полный КПД ВРД в полёте, если известны скорость полёта равная 740 м/с, удельный расход топлива 0,252 кг/(Н·ч), теплотворность авиационного керосина $H_u=43150$ кДж/кг. Расширение газа в сопле полное. Расходом топлива пренебречь.

(Темы 1.1 и 2.1) Вариант 2

1 Вывод формулы Б.С. Стечкина для тяги турбореактивного двигателя.

2. Назначение входных устройств ГТД. Требования, предъявляемые к входным устройствам.

3. Задача: Двигатель ПС-90А на взлётном режиме ($H=0$, $M_u=0$) развивает тягу 158 кН при удельном расходе 0,038 кг/(Н·ч). Определить часовой расход топлива на этом режиме.

(Темы 1.1 и 2.1) Вариант 3

1 Удельные параметры ГТД прямой реакции. Определение, что они характеризуют?

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

3 Задача: Определить полный КПД ВРД, если при скорости истечения газов из реактивного сопла 1200 м/с, скорость полёта самолёта 200 м/с, внутренней КПД ВРД при этом равен 0,35.

(Темы 1.1 и 2.1) Вариант 4

1 Требования, предъявляемые к современным ГТД, используемым в гражданской авиации.

2 Организация рабочего процесса в дозвуковых входных устройствах.

3 Задача: Определить тягу ТРД полёте, если известны: $M_{II}=2,2$; $T_{II}=216$ К, $G_r=G_B=100$ кг/с, $p_c=p_{II}$, $c_c=1,5$ V

(Темы 1.1 и 2.1) Вариант 5

1 Энергетический баланс и КПД газотурбинного двигателя.

2 Особенности организации рабочего процесса в сверхзвуковых входных устройствах.

3 Задача: Двигатель массой 600 кг развивает тягу 12000 Н. Определить удельную массу двигателя. Каков физический смысл данного параметра и что он характеризует?

Примерный перечень вариантов заданий для проведения текущего контроля успеваемости по теме 2.2 (Письменная самостоятельная работа)

(Тема 2.2) Вариант 1

1 Ступень осевого компрессора. Определение, схема. Основные параметры, характеризующие ступень осевого компрессора.

2 Характеристики многоступенчатого осевого компрессора и их анализ.

3 Задача: В восьмиступенчатом компрессоре степени повышения давления каждой ступени одинаковы и равны 1,25. Определить работу компрессора, если КПД ступеней равен 0,9. Наружные условия стандартные.

(Тема 2.2) Вариант 2

1 Принципиальная схема и принцип действия ступени осевого компрессора.

2 Влияние условий эксплуатации на характеристики и запас устойчивости компрессора.

3 Задача: Определить работу на валу компрессора L_k и адиабатный КПД η_k^* , если по результатам измерений известны: $p_k^*=15 \cdot 10^5$ Па; $t_k^*=407^\circ\text{C}$; $p_v^*=760$ мм рт. ст.; $t_v^*=15^\circ\text{C}$.

(Тема 2.2) Вариант 3

1 Основные параметры, характеризующие компрессор ГТД. Их связь с параметрами ступени.

2 Характеристики компрессора в параметрах подобия, их анализ.

3 Задача: Степень повышения давления воздуха в компрессоре $\pi_k^*=16$, адиабатный КПД $\eta_k^*=0,86$. Определить предельную работу сжатия L_k и подогрев воздуха в компрессоре ΔT^* при стандартных условиях на входе в компрессор.

(Тема 2.2) Вариант 4

1 Линии рабочих режимов и запас устойчивости компрессора в системе ГТД.

2 Ступень осевого компрессора с входным направляющим аппаратом (ВНА). Необходимость изменения ВНА. Изобразите треугольники скоростей на входе и выходе из рабочего колеса ступени.

3 Задача: Определить работу, затрачиваемую на вращение рабочего колеса осевой ступени компрессора, если известны: $U = 260$ м/с, $\Delta W_u = 120$ м/с.

(Тема 2.2) Вариант 5

1 Задачи и способы регулирования осевых компрессоров.

2 Изобразите и поясните принципиальные схемы компрессоров авиационных ГТД. Достоинства и недостатки.

3 Задача: Определить приведённый секундный расход воздуха и приведённую частоту вращения ротора компрессора, если при температуре 30°C и давлении $101\,340$ Па замеренная частота вращения ротора равна $n_{\text{зам}} = 208$ с⁻¹, а замеренный расход воздуха через компрессор составил 60 кг/с.

Примерный перечень вариантов заданий для проведения текущего контроля успеваемости по темам 2.3 и 2.4 (Письменная самостоятельная работа)

(По темам 2.3 и 2.4) Вариант 1

1 Камеры сгорания ГТД, их назначение, требования, предъявляемые к ним. Типы камер сгорания.

2 Изобразите рабочий процесс в ступени турбины и его иллюстрацию в « $p-v$ » и « $T-s$ » координатах.

3 Задача: Определить степень реактивности ступени турбины, если располагаемый теплоперепад в рабочем колесе $H_{p,k} = 360$ кДж/кг. Объяснить физический смысл полученного результата.

(По темам 2.3 и 2.4) Вариант 2

1 Основные параметры камеры сгорания. Определение. Что они характеризуют?

2 Принципиальная схема и принцип действия ступени газовой турбины.

3 Задача: Определить КПД турбины в параметрах заторможенного потока, если работа турбины 360 кДж/кг, а располагаемый теплоперепад, определённый по параметрам заторможенного потока газа, 480 кДж/кг. Удовлетворяет ли данная многоступенчатая турбина по значению КПД требованиям, предъявляемым современным газовым турбинам?

(По темам 2.3 и 2.4) Вариант 3

1 Организация процесса горения в основных камерах сгорания.

2 Необходимость применения многоступенчатых газовых турбин. Формы проточной части турбин.

3 Задача: Проанализировать факторы, влияющие на величину работы турбины и мощности развиваемой турбиной.

(По темам 2.3 и 2.4) Вариант 4

1 Опишите основные закономерности процесса горения топлива.

2 Коэффициенты полезного действия турбины, их анализ. Потери в турбине.

3 Задача: В ГТД газ на входе в многоступенчатую турбину имеет следующие параметры: температуру 1500 К, предельный объём $0,8 \text{ м}^3/\text{кг}$. Газ, совершая работу в турбине, уменьшает своё давление до $0,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Определить степень понижения давления газа в турбине. Принять $R_r = 288 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

(По темам 2.3 и 2.4) Вариант 5

1 Характеристики камер сгорания авиационных ГТД.

2 Системы и способы охлаждения лопаток газовых турбин.

3 Задача: Давление газов на входе в четырёхступенчатую турбину $4,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$, а на выходе из третьей ступени давление уменьшилось до $1,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Степень понижения давления газов в четвёртой ступени равна 1,2. Определить степень понижения давления газов во всей турбине и давление газов на выходе из турбины. Выполните схему четырёхступенчатой турбины.

4 курс

Перечень вариантов заданий для проведения текущего контроля успеваемости по теме 3.1 (Письменная самостоятельная работа)

(По теме 3.1) Вариант 1.

1 Особенности рабочего процесса ТРД. Анализ процессов протекающих в реальном цикле.

2 Программы и законы управления ГТД. Основные виды программ, реализуемые средствами автоматики.

3 Задача: Определить работу цикла и удельную тягу ТРД в полёте самолёта на высоте 11 км, с числом $M_n = 1,8$, если известны: $\pi_\Sigma = 30$; $T_r^* = 1500 \text{ К}$; $\eta_p = 0,92$; $\eta_c = 0,84$; $\bar{m} = 1,05$.

(По теме 3.1) Вариант 2

1. Параметры рабочего процесса.

2 Законы управления двухвальным газогенератором. Реализация закона управления $\pi_{квд} = \text{const}$;

3 Задача: Определить скорость истечения газа из реактивного сопла ТРД, а также развиваемую двигателем тягу при работе его на стенде ($H = 0$, $M_n = 0$), при стандартных атмосферных условиях, если по результатам измерений известны: $p_c^* = 1,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $D_c = 1 \text{ м}$, $p_c = p_n$; $t_c^* = 627^\circ \text{С}$.

(По теме 3.1) Вариант 3

1 Работа цикла ТРД. Зависимость работы цикла от параметра рабочего процесса.

2 Режимы работы ГТД. Дроссельные характеристики ТРД.

3 Задача: Определить скорость истечения газа из сопла ТРД при его работе на стенде ($H = 0$, $M_n = 0$) при стандартных атмосферных условиях, если известно $\pi_\Sigma = 20$, $T_r^* = 1400 \text{ К}$; $\eta_p = 0,92$; $\eta_c = 0,86$; $\bar{m} = 1,055$, $M_n = 0$.

(По теме 3.1) Вариант 4

1 Влияние параметров рабочего процесса на удельные параметры ТРД.

2 Высотные характеристики ТРД.

3 Задача: Определить работу цикла ТРД, если известны:

$$\pi_r = \pi_{opt}; T_2^* = 1400 \text{ К}; \eta_p = 0,92; \eta_c = 0,86; \bar{m} = 1,05.$$

(По теме 3.1) Вариант 5

1 Совместная работа элементов одновального газогенератора (ОК, КС, ГТ).

2 Скоростные характеристики ТРД.

3 Задача: Как изменится удельный расход топлива ТРД, если:

- общая степень повышения давления воздуха в двигателе уменьшится на один процент;

- температура газа перед турбиной увеличится на один процент.

Известны начальные исходные данные: $\pi_r = 20$; $T_2^* = 1400 \text{ К}$; $\eta_p = 0,92$; $\eta_c = 0,86$; $\bar{m} = 1,05$; $T_{II} = 288 \text{ К}$, $M_{II} = 0$.

Примерный перечень вариантов заданий для проведения текущего контроля успеваемости по темам 3.2, 3.3, 3.4 (Письменная самостоятельная работа)

(По теме 3.2, 3.3, 3.4) Вариант 1

1 ТРДД. Основные схемы и принцип работы.

2 Оптимальное распределение энергии (работы цикла) между винтом и реакцией истекающей среды.

3 Задача: Определить мощность передаваемую на винт и суммарную тягу ТВД в полёте со скоростью 800 км/ч, если $G_\sigma = 60 \text{ кг/с}$ эффективная работа передаваемая на винт $L_e = 256 \text{ кДж/кг}$, $\eta_\sigma = 0,8$; $\eta_{ред} = 0,97$, а распределение работы цикла между винтом и реакцией оптимальное. При решении задачи массой топлива пренебречь, а расширение газа в сопле считать полным.

(По теме 3.2, 3.3, 3.4) Вариант 2

1 Основные параметры ТРДД и параметры рабочего процесса.

2 Особенности эксплуатационных характеристик ТВД.

3 Приведите сравнение характеристик ТРД и ТВД. Сделайте выводы по результатам сравнения.

(По теме 3.2, 3.3, 3.4) Вариант 3

1 Схема, принцип работы и основные параметры турбовальных двигателей (ТВаД).

2 Особенности эксплуатационных характеристик ТРДД.

3 Приведите сравнение характеристик ТРД и ТРДД. Сделайте выводы по результатам сравнения.

(По теме 3.2, 3.3, 3.4) Вариант 4

1 Схема и принцип работы и основные параметры турбовинтовых двигателей (ТВД).

2 Распределение суммарной тяги между контурами ТРДД.

3 Задача: Определить тягу ТРДД на земле в стандартных условиях, если известно, что: $L_{II} = 400 \text{ кДж/кг}$, $m = 8$, $\eta_{II} = 0,9$, расход воздуха через внутренний контур 80 кг/с, а распределение энергии между контурами оптимальное.

(По теме 3.2, 3.3, 3.4) Вариант 5

1 Работа цикла ТРДД без смещения потоков и оптимальное распределение её между контурами.

2 Особенности эксплуатационных характеристик ТВаД.

3 Задача: Определить удельный расход вертолётного двигателя, эффективную мощность на выводном валу, часовой расход топлива и внутренний КПД двигателя, если известно: $T_r^* = 1500$ К, $T_k^* = 723,32$ К, $G_a = 6,62$ кг/с; работу на валу свободной турбины $L_{cm} = 272031$ Дж/кг; $g_T = 0,02$; $g_{axl} = 0,09$; $g_{omb} = 0,025$; $\eta_T = 0,98$, $C_n = 1,2723$ кДж/(кг·К).

Примерный перечень практических заданий для экзаменационных вопросов:

Индивидуальное задание №1

Задача 1

Определить тягу ТРД, если $C_c = 1500$ м/с, скорость полета самолета 250 м/с и расход воздуха 50 кг/с. Считать, что газ в силовой установке расширяется полностью.

Задача 2

По данным задачи 1.1 определить тягу двигателя при его работе на земле.

Задача 3

По данным задачи 1.1 определить удельную тягу двигателя несколькими способами. Каков физический смысл данного параметра и что он характеризует?

Задача 4

Определить удельный расход топлива двигателя, если при расходе топлива 437,5 кг·ч развивает тягу 12,5 кН. Каков физический смысл данного параметра и что он характеризует?

Задача 5

Двигатель массой 600 кг развивает тягу 12000 Н. Определить удельную массу двигателя, каков физический смысл данного параметра и что он характеризует?

Задача 6

Определить удельную тягу ТРД, развивающего тягу 180 кН, при расходе воздуха через двигатель 100 кг/с.

Задача 7

Определить часовой расход топлива ТРДФ, развивающего тягу 525 кН, если удельный расход топлива составляет 0,02 кг/(Н·ч).

Задача 8

Определить тяговый КПД ВРД, если при скорости истечения газов из реактивного сопла 1500 м/с, скорость полета самолета 250 м/с.

Укажите, какой тип ГТД используется на воздушных судах Ил-96-30а, Ил-86, Ту-154М, Ту-204 Ан-74, Ан-148, SuperJet-100.

Задача 9

Определить полный КПД ВРД при работе двигателя на месте, если при скорости истечения газов из реактивного сопла 1500 м/с, внутренний КПД ВРД 0,3.

Задача 10

Определить полный КПД ВРД, если при скорости истечения газов из реактивного сопла 1200 м/с, скорость полета самолета 200 м/с, внутренний КПД ВРД при этом 0,35.

Задача 11

Определить полный КПД ВРД, если известны: тяговый КПД – 0,6; внутренний КПД – 0,28. Удовлетворяет ли значение вычисленного КПД требованиям современных ГТД?

Задача 12

Определить удельный расход топлива, если при сгорании топлива в камере сгорания к каждому килограмму рабочего тела подводится $6 \cdot 10^6$ Дж/кг тепла, скорость истечения газа из сопла 1500 м/с, скорость полета 250 м/с. Принять коэффициент полноты сгорания топлива, равным 0,97 и теплотворность топлива 42800 кДж/кг.

Задача 13

Двигатель ПС-90А на взлетном режиме ($H=0$, $M_H=0$) развивает тягу 158 кН

при удельном расходе 0,038 кг/(Н·ч). Определить часовой расход топлива при этом режиме.

Задача 14

Определить полный КПД ВРД, если известно, что скорость истечения газа из выходного сопла при полном расширении в 2 раза превышает скорость полета и 35% от введенного в двигатель тепла используется на приращение кинетической энергии газового потока проходящего через двигатель.

Задача 15

ТРД в полете у земли с числом $M_H=0,9$ развивает тягу 127,5 кН. Определить часовой, километровый и удельный расход топлива, если известно, что полный КПД = 20 %, рабочая теплотворность топлива $H_u=43160$ кДж/кг. Для решения задачи использовать формулу $Q = \frac{G_{т.ч} \cdot H_u}{3600 \cdot G_B}$.

Задача 16

Определить полный КПД в полете, если известны скорость полета равная 740 м/с, удельный расход топлива 0,225 кг/(Н·ч), $H_u=43150$ кДж/кг. Расширение газа в сопле полное; расходом топлива пренебречь.

Индивидуальное задание №2

Ответить на вопросы:

Вопрос 2.1

Определите назначение входных устройств ГТД.

Вопрос 2.2

Назовите параметры, характеризующие работу входных устройств, что оценивает каждый из этих параметров.

Вопрос 2.3

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

Вопрос 2.4

Дайте определение входному устройству ГТД согласно ГОСТ а 23851-79

Вопрос 2.5

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

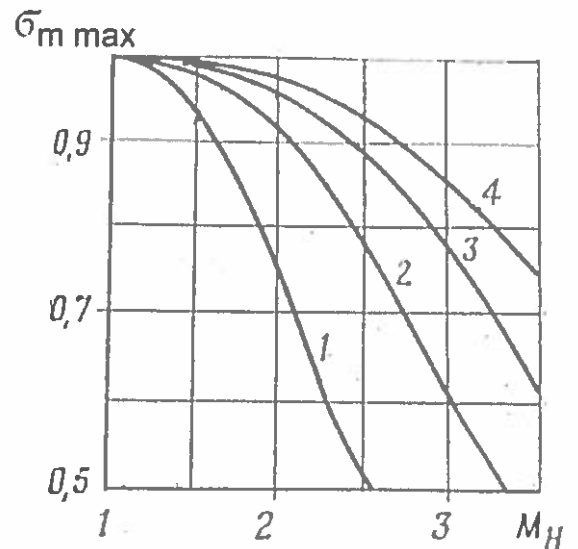
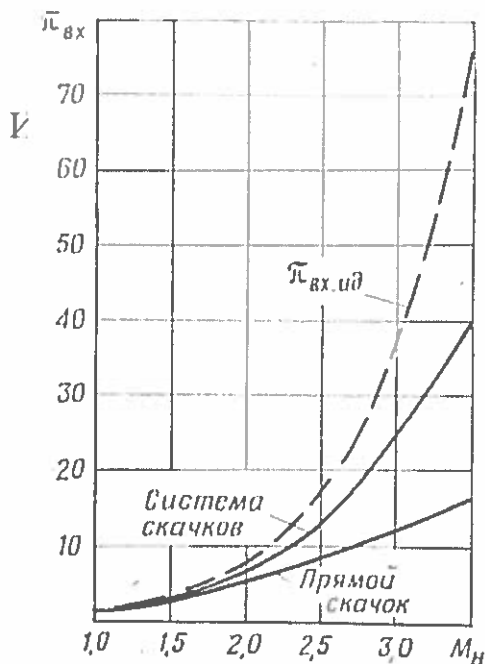
Вопрос 2.6

Назовите основные особенности организации рабочего процесса в сверхзвуковых входных устройствах.

Решить задачу:

Задача 2.1

Силовые установки обеспечивают полёт летательных аппаратов соответственно со скоростями 450 м/с, 680 м/с, 850 м/с. Используя рис 2.1.1 и 2.1.2 обосновать применение к каждой силовой установке определённого типа входного устройства. До каких значений M_H полёта используются дозвуковые воздухозаборники?



Индивидуальное задание №3

1 Приведите определение компрессора согласно ГОСТа-23851-79.

2 Назовите основные типы компрессоров. Укажите какой тип компрессоров используется в авиационных двигателях ПС-90А, ТВ7-117, ТА-6А, АИ-9В, ТВЗ-117.

3 Назовите достоинства и недостатки:

а) ОК (Осевого компрессора)

б) ЦБК (центробежного компрессора)

4 Приведите определение степени компрессора согласно ГОСТ-23851-

79.

- 5 Назначение рабочего колеса, что из себя представляет РК.
6. Назначение направляющего аппарата, что из себя представляет НА.
- 7 Приведите основные параметры ступени, характеризующие основные данные и режимы работы ступени.
- 8 Приведите определение характеристикам ступени изображение характеристик ступени.
- 9 Определить работу элементарной ступени осевого компрессора с осевым входом и её кинематическую степень реактивности, если известны: $U = 260 \text{ м/с}$, $\overline{\Delta c_{u1}} = \Delta C/u = 0,5$
- 10 Определить адиабатный КПД осевой ступени компрессора, если известны: $\pi_{cm}^* = 1,3$; $T_1^* = 288 \text{ К}$; $T_3^* = 313,5 \text{ К}$.
- 11 Определить степень повышения давления воздуха в компрессоре, если давление на входе в компрессор – $1 \cdot 10^5 \text{ Па}$, а на выходе $25 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Объяснить смысл полученного результата.
- 12 Изобразите процесс сжатия воздуха в ступени осевого компрессора в « $p-v$ » « $T-s$ » координатах.
- 13 Быть готовым объяснить процесс сжатия воздуха в ступени с помощью обобщённого уравнения Бернулли.

Индивидуальное задание №4

- 1 Приведите основные параметры, характеризующие многоступенчатый осевой компрессор.
- 2 Доказать, что степень повышения давления воздуха в многоступенчатом осевом компрессоре равна произведению степени повышения давления воздуха в её отдельных ступенях.
- 3 Изобразите процесс сжатия воздуха в осевом компрессоре в « $p-v$ » « $T-s$ » координатах.
- 4 Степень повышения давления воздуха в компрессоре $\pi_k^* = 16$, адиабатный КПД $\eta_k^* = 0,86$. Определить удельную работу сжатия L_k и подогрев воздуха в компрессоре ΔT при стандартных атмосферных условиях на входе ($H = 0, V = 0$).
- 5 Определить π_k^* компрессора, работающего на стенде при стандартных атмосферных условиях, если известны: $T_k^* = 650 \text{ К}$, $\eta_k^* = 0,84$.
- 6 Определить работу на валу компрессора L_k и адиабатный КПД η_k^* , если по результатам измерений известны: $p_k^* = 15 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $t_k^* = 407 \text{ °C}$
- 7 В восьмиступенчатом осевом компрессоре степени повышения давления одинаковы и равны 1,25. Определить работу компрессора, если КПД ступеней равен 0,9. Наружные условия стандартные.
- 8 Определить удельную адиабатную $L_{k \text{ ад}}$ и политропную $L_{k \text{ пол}}$ работы сжатия компрессора, если известны: $\pi_k = \frac{p_k}{p_b} = 10$, $T_b = 288 \text{ К}$ и показатель политропы сжатия $n = 1,5$. Принять, что скорости на входе и на выходе из компрессора одинаковы.

9 Как определить КПД многоступенчатого компрессора, если известны КПД отдельных ступеней? Сравните между собой η_k и $\eta_{ст}$.

10 Как влияют радиальные зазоры на основные параметры компрессора?

Характеристики осевого компрессора

1 Приведите определение характеристикам компрессора, изобразите их.

2 Определить приведённый секундный расход воздуха и приведённую частоту вращения ротора компрессора, если при температуре $30\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении 101340 Па , замеренные частота вращения ротора $n = 208\text{ с}^{-1}$ и расход воздуха 110 кг/с .

3 Определить секундный расход воздуха и частоту вращения ротора компрессора при давлении $p_{зам}^* = 98666\text{ Па}$ (770 мм.рт.ст.) и температуре $T_{зам}^* = 295\text{ К}$, если превышенный расход воздуха $G_{в пр} = 63\text{ кг/с}$ и приведённая частота вращения ротора компрессора $n_{пр} = 183,3\text{ с}^{-1}$.

4 По условиям задачи 2 вычислить значения $n_{пр}$ и $G_{в пр}$ для разных значений температуры: $-30\text{ }^\circ\text{C}$, $0\text{ }^\circ\text{C}$, $30\text{ }^\circ\text{C}$, $60\text{ }^\circ\text{C}$. Результаты вычислений занести в таблицу 1 и сделать вывод о влиянии температуры на $G_{в пр}$ и $n_{пр}$.

Таблица 1

Влияние температуры T_H на $G_{в пр}$ и $n_{пр}$

T_H	$-30\text{ }^\circ\text{C}$	$0\text{ }^\circ\text{C}$	$30\text{ }^\circ\text{C}$	$60\text{ }^\circ\text{C}$
$n_{пр}$				
$G_{в пр}$				

- С какой целью в современных ГТД осуществляется регулирование компрессоров?
- Назовите основные способы регулирования компрессоров.
- Назовите признаки возникновения помпажа.
- К каким последствиям может привести помпаж?

Применяемы схемы многоступенчатых осевых компрессоров, и их анализ. На каких ступенях осевых компрессоров может возникнуть «помпаж»

- а) при уменьшении частоты вращения ротора;
- б) при уменьшении расхода воздуха, если $n = const$. Компрессор работает в системе ТРД.

Индивидуальное задание № 5

Ответить на вопросы:

- 1 Приведите определение камеры сгорания согласно ГОСТа-23851-79.
- 2 Назовите основные закономерности процесса горения топлива.

3 Назовите типы основных камер сгорания ГТД. Назовите их достоинства и недостатки.

4 Назовите основные принципы организации процесса горения в основных камерах сгорания ГТД.

5 Проанализируйте, как влияет на значение условной средней теплоёмкости (C_n) процесса подвода теплоты в основных камерах сгорания ГТД значения T_k^* и T_r^* . Для ответа используйте рис. 1.10 методических указаний по выполнению курсового проекта.

Решить задачи:

1 Определить коэффициент избытка воздуха для ГТД, на котором расход воздуха составляет 60 кг/с, а расход топлива – 0,8 кг/с. Применяемое топливо – авиационный керосин. По значению коэффициента избытка воздуха определить, какая ТВС используется в процессе горения в ГТД.

2 При полном сгорании 1 кг топлива в камере сгорания ГТД выделяется 44000 кДж теплоты. Определить количество теплоты, которое выделяется в камере сгорания в единицу времени при сгорании 1 кг топлива, если коэффициент сгорания топлива в современных ГТД составляет 0,97...0,99.

3 В ГТД с высоконапорным компрессором со степенью повышения давления воздуха равной 12,8, давление воздуха на входе в компрессор составляет 94,232 кПа, а на выходе из камеры сгорания 1158 кПа. Определить коэффициент восстановления полного давления. Что характеризует эта величина и соответствует ли полученное значение требованиям предъявляемым к камерам сгорания современных ГТД.

4 Определить коэффициент полноты сгорания в камере сгорания ГТД, если известны: $T_r^* = 1450 \text{ K}$, $T_k^* = 757 \text{ K}$, $G_B = 110 \text{ кг/с}$, $G_T = 2,35 \text{ кг/с}$, $H_u = 43100 \text{ кДж/кг}$.

5 Определить коэффициент избытка воздуха в камере сгорания ГТД, если известны: $T_r^* = 1450 \text{ K}$, $T_k^* = 757 \text{ K}$, $H_u = 43100 \text{ кДж/кг}$.

6 Определить высшую теплотворность авиационного керосина, если при сгорании 1 кг керосина с низшей теплотворностью 43000 кДж/кг образуется 1,35 кг воды.

Индивидуальное задание № 6.

1 Приведите определение турбины ГТД согласно ГОСТа-23851-79.

2 Приведите определение ступени турбины согласно ГОСТа-23581-79.

3 Что из себя представляет сопловый аппарат турбины, для чего он предназначен?

4 Что из себя представляет рабочее колесо ступени турбины, для чего оно предназначено.

5 По данным величинам и направлениям осевой скорости c_1 газа на входе в ступень и окружной скорости рабочего колеса U построить:

- плоскую решётку профилей ступени газовой турбины;

- треугольники скоростей в ступени.

6 Определить степень понижения давления в ступени турбины, если давление газа в ней уменьшается от 1158 кПа до 579 кПа. Объяснить смысл полученного результата.

7 Определить степень реактивности турбины, если адиабатная работа расширения газа в рабочем колесе равна 360 кДж/кг, а адиабатная работа расширения во всей ступени 900 кДж/кг. Объяснить смысл полученного результата.

8 Доказать, что степень понижения давления газа во многоступенчатой турбине равна произведению степени понижения давления газа в её отдельных ступенях.

9 Определить КПД турбины, если работа турбины равна 360 кДж/кг, а адиабатная работа турбины, определённая по параметрам заторможенного потока газа – 450 кДж/кг. Удовлетворяет ли данная многоступенчатая турбина по значению КПД требованиям, предъявляемым к газовым турбинам?

10 Вычислить значение работы турбины, если температура в полных параметрах уменьшается в ней от 4350 К до 600 К. Принять $k_r = 1,33$; $R_r = 288$ Дж/(кг·К); $C_{pr} = 1160,7$ Дж/(кг·К).

11 Вычислить мощность, развиваемую турбиной ГТД, при полёте ЛА со скоростью, соответствующей числу $M_{II} = 0,8$ на высоте 5 км, если расход воздуха через двигатель 150 кг/с, а работа турбины 380 кДж/кг.

12 Давление газов на входе в четырёхступенчатую турбину равно $4,8 \cdot 10^5$ Па, а на выходе из третьей ступени давление уменьшилось до $1,2 \cdot 10^5$ Па. Степень понижения давления газов в четвёртой ступени равна 1,2. Определить степень понижения давления газов во всей турбине и давления газов на выходе из турбины. Выполните схему четырёхступенчатой турбины.

13 В ГТД газ на входе во многоступенчатую турбину имеет параметры: температура 1500 К, удельный объём 0,8 м³/кг. Газ, совершая работу в турбине, уменьшил своё давление до $0,9 \cdot 10^5$ Па. Определить степень понижения давления газа в турбине.

14 Многоступенчатая турбина имеет степень понижения давления 6,9. Температура газов перед турбиной 1350 К, расход воздуха 110 кг/с. Определить адиабатную, политропную работы расширения 1 кг газа в турбине, работу на валу турбины, КПД и мощность турбины. Сравнить величины всех видов полученных работ, объяснить полученные результаты с физической точки зрения. Для решения задачи принять: $k_r = 1,33$; $H_r = 1,27$; $R_r = 288$ Дж/(кг·К)

15 По данным таблиц 1, 2 вычислить значение работы полученной на валу турбины и мощности развиваемой турбиной. По результатам вычислений сделать выводы: какие факторы позволяют увеличить значения работы и мощности.

Таблица 1

Влияние степени понижения давления газов в турбине на работу и мощность турбины

π_T^*	4,5	5	6	7
L_T , Дж/кг				
N_T , кВт				

Таблица 2

Влияние температуры газов перед турбиной на работу и мощность турбины

T_T^* , К	1350	1400	1500	1700
L_T , Дж/кг				
N_T , кВт				

Индивидуальное задание № 7.

1 Приведите определение выходного устройства ГТД согласно ГОСТа-23851-79.

2 Назовите основные параметры выходных устройств. Что они характеризуют?

3. Устройства реверса тяги: назначение, типы.

4 Назовите параметр, характеризующий эффективность реверсивного устройства.

5 Самолёт поднимается на высоту 10 км. Определить располагаемую степень понижения давления на высотах: 0, 3, 5, 8, 11 км. Результаты вычислений свести в таблицу. Сделать вывод о зависимости $\pi_{с.р.}$ от давления окружающей среды. Считать полное давление перед соплом постоянным и равным 450 кПа.

6 Определить адиабатную и действительную скорость истечения газа из реактивного сопла, если известно, что давление на входе в сопло равно 336 кПа, а на выходе из сопла 101 кПа, а температура на входе равна 1050 К.

7 В выходном устройстве ГТД используется регулируемое реактивное сопло. Доказать (обосновать), что при открытии створок сопла T_T^* уменьшается.

8 Назовите основные реактивные сопла, которые используются в конструкции ГТД.

9 В выходном устройстве какого ГТД имеются смеситель камеры смещения, камера смешения, где они расположены и для чего они предназначены?

Примерный перечень экзаменационных вопросов:

3 курс

1 Назначение, схемы входных устройств ГТД. Требования, предъявляемые к входным устройствам. Основные технические показатели (параметры) входных устройств.

- 2 Устройство дозвукового воздухозаборника. Организация рабочего процесса при его работе на земле ($V = 0$).
- 3 Организация рабочего процесса в дозвуковом устройстве при его работе в полете ($V > C_{вх}$). Влияние условий полета на скоростную степень повышения давления.
- 4 Организация рабочего процесса в сверхзвуковых входных устройствах на расчетном режиме.
- 5 Нерасчетные режимы работы сверхзвуковых входных устройств. Задачи и способы регулирования СВУ.
- 6 Защита авиационных ГТД от попадания в них посторонних предметов.
- 7 Назначение компрессора, типы компрессоров, требования, предъявляемые к компрессорам.
- 8 Схема и принцип работы ступени осевого компрессора. Изменение параметров рабочего тела в ступени осевого компрессора.
- 9 Схема и принцип работы ступени ОК с ВНА. Изменение параметров рабочего тела в ступени ОК с ВНА.
- 10 Особенности сверхзвуковой ступени осевого компрессора.
- 11 Понятие о профилировании лопаток осевого компрессора.
- 12 Многоступенчатые компрессоры, необходимость их применения. Основные параметры многоступенчатых компрессоров и их связь с параметрами ступени. Многокаскадные компрессоры.
- 13 Характеристики компрессора, определение, методы получения, графическое изображение, анализ.
- 14 Характеристики компрессора в параметрах подобия.
- 15 Расчетные и нерасчетные режимы работы компрессора.
- 16 Неустойчивая работа осевого компрессора. Виды неустойчивой работы.
- 17 Линия рабочих режимов (ЛРР) и запас устойчивости компрессора в системе ГТД.
- 18 Задачи и способы регулирования осевых компрессоров.
- 19 Регулирование компрессора перепуском воздуха над рабочими лопатками первых ступеней и из отдельных ступеней компрессора.
- 20 Регулирование компрессоров поворотом лопаток направляющих аппаратов его отдельных ступеней.
- 21 Регулирование компрессоров применением многокаскадных компрессоров.
- 22 Влияние условий эксплуатации на характеристику и запас устойчивости компрессора.
- 23 Схема и принцип работы центробежного компрессора.
- 24 Камеры сгорания ГТД, назначение, требования, предъявляемые к ним. Основные типы камер сгорания. Параметры камер сгорания.
- 25 Организация процесса горения в основных камерах сгорания ГТД.
- 26 Назначение, основные параметры, требования, предъявляемые к газовым турбинам. Типы турбин.
- 27 Схема и принцип работы ступени газовой турбины. Изменения параметров газа в ступени турбины.

- 28 Необходимость применения многоступенчатых турбин. Формы проточной части турбин.
- 29 КПД турбины, их анализ. Потери в ступени турбины.
- 30 Системы и способы охлаждения лопаток газовых турбин. Эффективность различных способов воздушного охлаждения.
- 31 Выходные устройства ГТД, назначения, схемы, основные параметры, характеризующие работу входного устройства.
- 32 Реверс тяги. Требования, предъявляемые к реверсивным устройствам. Схемы реверсивных устройств.

4 курс

- 33 Основные параметры ГТД. Вывод формулы тяги ВРД.
- 34 Энергетический баланс и КПД ГТД.
- 35 Действительный цикл ГТД. Работа цикла ГТД. Параметры рабочего процесса.
- 36 Зависимость работы цикла и удельной тяги от степени повышения давления воздуха. Оптимальная степень повышения давления.
- 37 Зависимость работы цикла и удельной тяги от степени подогрева воздуха.
- 38 Зависимость удельного расхода топлива от степени подогрева воздуха. Экономическая степень повышения давления воздуха.
- 39 Условия совместных режимов работы функциональных элементов ГТД.
- 40 Совместная работа элементов одновального газогенератора (ОК, КС, ГТ). Линия рабочих режимов.
- 41 Программы и законы управления ТРД. Управляемые параметры. Управляющие факторы. Основные виды программ, реализуемые средствами автоматики.
- 42 Законы управления двухвальным газогенератором. Реализация основных законов управления.
- 43 Влияние параметров рабочего процесса на КПД ТРД.
- 44 Режимы работы ГТД. Дроссельные характеристики ТРД.
- 45 Высотные характеристики ТРД.
- 46 Скоростные характеристики ТРД.
- 47 ТРДД, основные схемы и принцип работы. Распределение суммарной тяги между конкурентами ТРДД.
- 48 Работы цикла ТРДД и без смешения потоков. Оптимальное распределение энергии в ТРДД.
- 49 Основные параметры ТРДД и параметры рабочего процесса.
- 50 Особенности характеристик ТРДД.
- 51 Схема, принцип работы и основные параметры турбовальных двигателей (ТВад).
- 52 Эксплуатационные характеристики ТВад.
- 53 Особенности законов управления и совместной работы ТВад со свободной турбиной и несущего винта (НВ) вертолета.
- 54 Схемы, принцип работы и основные параметры ТВД.

- 55 КПД ТВД. Оптимальное распределение энергии (работы цикла) между винтом и реакцией струи.
- 56 Особенности управления и совместной работы элементов ТВД.
- 57 Особенности эксплуатационных характеристик ТВД.
- 58 Форсирование ГТД. Методы форсирования.
- 59 Организация процесса горения в форсажных камерах сгорания ГТД.
- 60 Требования к динамическим характеристикам ГТД. Уравнения динамики на переходных режимах.
- 61 Запуск ГТД. Работа ГТД на переходных режимах.
- 62 Эксплуатационные ограничения режимов работы ГТД.
- 63 Источники шума ГТД, формирование уровня шума по местности.
- 64 Эмиссия авиационных ГТД. Виды эмиссии. Методы нормирования эмиссий.
- 65 Влияния давления, температуры и влажности воздуха на параметры и характеристики ГТД.
- 66 Приведение данных испытаний ГТД к стандартным атмосферным условиям.
- 67 Влияние эрозийного износа и загрязнения элементов проточной части на параметры и характеристики ГТД в условиях эксплуатации на пыльных аэродромах.

10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Теория авиационных двигателей» 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.

Индивидуальное домашнее задание (ИДЗ): даётся по конкретной пройденной теме с целью приобщения студента к самостоятельной работе,

приобретения навыков в работе с дополнительной учебной литературой для решения практических задач.

Устный опрос: предназначен 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, выполнения индивидуальных домашних заданий, подготовки к предстоящим занятиям.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 25.03.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры № 24 «Авиационной техники и диагностики»

« 15 » января 2018 года, протокол № 10 .

Разработчики:

старший преподаватель

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)

А.И. Никифоров
Никифоров А.И.

Заведующий кафедрой № 24 «Авиационной техники и диагностики»:

д.т.н., доцент, с.н.с.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

В.Н. Тарасов
Тарасов В.Н.

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

д.т.н., доцент, с.н.с.

(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

В.Н. Тарасов
Тарасов В.Н.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета « 14 » февраль 2018 года, протокол № 5 .