

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 02 » октября 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок

(наименование)

Форма обучения: очная

(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: специалитет

(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 324 (9)

(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей

(код и наименование направления)

Направленность: Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты двигателей летательных аппаратов

(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является:

– получение знаний по термогазодинамическим и энергетическим основам работы воздушно-реактивных двигателей различных типов и их узлов, организации совместной работы узлов, термодинамическим основам регулирования параметров функционирования ВРД и их эксплуатационным характеристикам; умений и навыков применения математического и физического моделирования для определения оптимальных параметров рабочего процесса авиационных двигателей методами численного эксперимента (вычислительными методами), расчета термогазодинамических, геометрических и кинематических параметров авиационных двигателей, построения эксплуатационных характеристик авиационных двигателей.

Задачи учебной дисциплины:

- формирование знаний

– теоретических основ рабочих процессов в авиационных двигателях и энергетических установках различных типов;

– методики этапов проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов процессов в авиационных двигателях и энергетических установках;

– о требованиях к составлению описаний принципов действия и устройства проектируемых авиационных двигателей и энергетических установок.

- формирование умений

– пользоваться современными вычислительными пакетами для моделирования рабочих процессов в авиационных двигателях и энергетических установках и их агрегатах;

– проводить газодинамические, тепловые и прочностные расчёты авиационных двигателей и энергетических установок и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования;

– составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий.

формирование навыков

– постановки и решения расчётно-теоретических и экспериментальных исследовательских задач;

– анализа и обобщения результатов моделирования при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ при проектировании авиационных двигателей и энергетических установок;

– проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов авиационных двигателей и энергетических установок и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования с применением современных программных средств и анализа полученных результатов для принятия технических решений;

– составления описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с научно-техническим и технико-экономическим обоснованием принятых проектно-технических решений.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

– воздушно-реактивные двигатели различных типов, принципы их работы;

– среда, в которой эксплуатируются летательные аппараты;

– история эволюционного развития авиационно-космической техники;

– основы теории полета;

– летательные аппараты и их энергетические комплексы;

– силовые и энергетические установки летательных аппаратов.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.11	ИД-1ПК-2.11	Знает алгоритмы проведения стационарных расчетов термодинамических и газодинамических процессов в авиационных двигателях и энергетических установках	Знает основы машиностроительного черчения, требования ЕСКД, при выполнении чертежей гидроаппаратов, гидравлических и пневматических схем	Экзамен
ПК-2.11	ИД-2ПК-2.11	Умеет проводить стационарные расчеты термодинамических и газодинамических процессов в авиационных двигателях и энергетических установках	Умеет разрабатывать техническую и эксплуатационную документацию в соответствии с требованиями ЕСКД	Курсовая работа
ПК-2.11	ИД-3ПК-2.11	Владеет навыками проведения стационарных расчетов термодинамических и газодинамических процессов в авиационных двигателях и энергетических установках	Владеет навыками использования САД-систем (PLM системой Siemens TeamCenter, Siemens NX, Solid Edge, AutoCAD) при создании объектов гидромашиностроения	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.12	ИД-1ПК-2.12	Знает методики проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов высоконагруженных узлов авиационных двигателей с применением современных вычислительных программных пакетов	Знает физические основы функционирования гидравлических и пневматических агрегатов, основы их проектировочного и проверочного расчётов, принципы построения гидравлических и пневматических систем	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.12	ИД-2ПК-2.12	Умеет проводить газодинамические, тепловые и прочностные расчёты высоконагруженных узлов авиационных двигателей с применением современных вычислительных программных пакетов	Умеет производить расчёты гидро- и пневмосистем различного назначения, работающих по линейным алгоритмам, по разветвлённым алгоритмам, по адаптивным алгоритмам	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.12	ИД-3ПК-2.12	Владеет навыками использования САЕ-систем (Matlab, Mathcad, ANSYS) при проведении газодинамических, тепловых и прочностных расчётов высоконагруженных узлов авиационных двигателей	Владеет навыками использования САЕ системой (Matlab, Mathcad, ANSYS Mechanical) при расчёте и проектировании гидро-пневоагрегатов и гидро-пневмосистем	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		8	9
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	138	66	72
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	78	46	32
- лабораторные работы (ЛР)	34	16	18
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18		18
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	4	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	150	78	72
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	324	144	180

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
8-й семестр				
Термодинамические циклы ТРД	8	4	0	25
<p>Введение. Принцип создания тяги ТРД. Изменение параметров рабочего тела и превращения энергии по тракту ТРД. Основные параметры ТРД. Предмет и задачи дисциплины.</p> <p>Тема 1. Идеальный цикл ТРД</p> <p>Сущность второго закона термодинамики для тепловых машин. Условия и диаграммы идеального цикла с подводом тепла при постоянном давлении и его реализация в ТРД. Основные термодинамические процессы в цикле с подводом тепла при постоянном давлении, взаимосвязь параметров в характерных точках цикла применительно к работе ТРД.</p> <p>Работа и термический КПД идеального цикла, их зависимость от параметров рабочего процесса ТРД (суммарной степени повышения давления воздуха в двигателе и температуры газа перед турбиной).</p> <p>Особенности цикла со ступенчатым подводом тепла при постоянных давлениях.</p> <p>Тема 2. Реальный (действительный) цикл ТРД</p> <p>Потери, учитываемые в действительных (реальных) циклах. Диаграммы действительного цикла ТРД с подводом тепла при постоянном давлении в координатах $T - S$ и их сравнение с диаграммами идеального цикла. Характеристика основных процессов действительного цикла. Внутренняя (индикаторная) и эффективная (полезная) работа действительного цикла ТРД. Эффективный, тяговый (полетный) и полный (экономический) коэффициенты полезного действия (КПД), их зависимость от основных параметров двигателя и условий полета. Энергетический баланс в ТРД.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основы расчета ТРД	10	4	0	17
<p>Тема 3. Зависимость удельных параметров ТРД от параметров рабочего процесса</p> <p>Влияние параметров рабочего процесса на удельные параметры ТРД. Зависимость удельной тяги и удельного расхода топлива от суммарной степени повышения давления, температуры газа перед турбиной и КПД процессов сжатия и расширения.</p> <p>Тема 4. Основные этапы расчета ТРД</p> <p>Понятие о свободной энергии ТРД. Выбор оптимальных параметров рабочего процесса ТРД.</p> <p>Термогазодинамический расчет параметров рабочего тела по тракту и основных параметров ТРД.</p> <p>Геометрический и кинематический расчет ТРД.</p> <p>Первичное проектирование по результатам расчета, определение облика ТРД.</p>				
Характеристика узлов ТРД	16	4	0	22
<p>Тема 5. Процессы, протекающие в воздухозаборниках ТРД</p> <p>Назначение воздухозаборников и требования, предъявляемые к ним. Основные параметры воздухозаборников. Дозвуковые входные устройства, режимы их работы и процессы, протекающие в них при различных формах канала и условиях на входе.</p> <p>Основы расчета и проектирования дозвуковых воздухозаборников. Воздухозаборники для сверхзвуковых скоростей полета, их классификация по виду торможения потока. Мероприятия по уменьшению потерь в сверхзвуковых входных устройствах. Режимы работы сверхзвуковых воздухозаборников. Совместная работа воздухозаборника и компрессора в системе двигателя. Запасы устойчивости сверхзвуковых воздухозаборников и их регулирование.</p> <p>Тема 6. Процессы, протекающие в основных камерах сгорания ТРД</p> <p>Назначение камер сгорания и требования, предъявляемые к ним. Топлива для ТРД. Их распыливание, испарение, смешение и горение.</p> <p>Основы горения и некоторые термодимические соотношения. Форсунки, применяемые в камерах сгорания ТРД, теория их работы. Типы камер сгорания и рабочие процессы, протекающие в них.</p> <p>Течение газа и потери полного давления в элементах камер сгорания. Характеристики основных камер сгорания. Основы расчета и проектирования основных камер сгорания, определение их размеров.</p> <p>Критерии оценки работы камер сгорания по эмиссии вредных веществ.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Перспективы развития камер сгорания. Меры по уменьшению дымления воздушно-реактивных двигателей и наличия токсичных примесей в продуктах сгорания. Тема 7. Выходные устройства ТРД Назначение, состав и основные требования к выходным устройствам. Реактивные сопла, их назначение. Дозвуковое реактивное сопло, режимы его работы. Газодинамический расчет дозвукового сопла. Сверхзвуковое реактивное сопло, режимы его работы. Виды потерь в реактивных соплах и способы их уменьшения. Характеристики реактивных сопел. Регулирование реактивных сопел. Шум АД и методы борьбы с ним. Устройства для реверса и девиации тяги.				
Совместная работа узлов в системе ТРД	12	4	0	14
Тема 8. Совместная работа узлов на установившихся режимах работы ТРД Совместная работа узлов газогенератора и выходного устройства с регулируемым реактивным соплом и сопловым аппаратом турбины. Совместная работа компрессора, камеры сгорания и турбины на установившихся режимах. Вывод уравнения линии совместной работы (ЛСР) компрессора, камеры сгорания и турбины одновального ТРД. Влияние различных факторов на расположение линии совместной работы узлов ТРД с неизменной геометрией проточной части. Влияние регулирования компрессора на положение ЛСР. Техно-экономическое обоснование при расчете и первичном проектировании ТРД. Тема 9. Особенности совместной работы узлов на неустановившихся режимах работы ТРД Неустановившиеся режимы работы ТРД. Обеспечение переходных режимов и приемистости. Этапы запуска газотурбинного двигателя. Запуск газотурбинного двигателя на стенде и в полете. Необходимость применения для запуска стартеров. Принципы работы стартеров газотурбинного двигателя. Номенклатура основных режимов работы ТРД.				
ИТОГО по 8-му семестру	46	16	0	78
9-й семестр				
Эксплуатационные характеристики ТРД	10	6	5	26
Тема 10. Термодинамические основы регулирования ТРД Основные понятия из теории регулирования и управления силовыми установками. Регулируемые параметры и регулирующие факторы. Основные законы и программы регулирования ТРД и ТРД с				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
форсажной камерой (ТРДФ). Сравнение различных программ регулирования при изменении скорости и высоты полета. Тема 11. Дроссельные характеристики ТРД Типы характеристик ТРД и их назначение. Дроссельные характеристики (ДХ) ТРД с нерегулируемой и регулируемой геометрией проточной части. Влияние на дроссельные характеристики программы регулирования ТРД, оптимальное дросселирование. Тема 12. Высотно-скоростные и климатические характеристики ТРД Скоростные характеристики (СХ) ТРД. Влияние на СХ высоты полета, степени повышения давления в компрессоре, температуры газа перед турбиной, программы регулирования двигателя. Высотные характеристики (ВХ) ТРД. Климатические характеристики ТРД. Методы получения характеристик ТРД. Приведение параметров ТРД к стандартным атмосферным условиям. Области эксплуатационных ограничений ТРД.				
Особенности совместной работы узлов и характеристик двигателей прямой реакции	10	6	5	36
Тема 13. Двухвальные ТРД Необходимость применения двухвальных ТРД. Скольжение роторов и его влияние на газодинамическую устойчивость компрессора. Особенности совместной работы узлов двухвального ТРД. Особенности программ регулирования и характеристик двухвальных ТРД. Преимущества и недостатки двухвальных ТРД. Тема 14. Турбореактивные двигатели двухконтурные (ТРДД) Схемы ТРДД и их основные параметры. Газодинамические преимущества ТРДД перед ТРД. Оптимальное распределение энергии между контурами. Зависимость удельных параметров ТРДД от степени двухконтурности и коэффициента распределения энергии. Влияние отбора воздуха из-за КВД и КНД на запас устойчивой работы и параметры ТРДД. Особенности законов регулирования ТРДД и ТРДД с форсажной камерой (ТРДФ). Особенности характеристик ТРДД. Тема 15. ТРД с форсажной камерой (ТРДФ) Назначение и способы форсирования тяги. Рабочий процесс в форсажных камерах. Понятие о неустойчивых режимах горения. Особенности характеристик ТРДФ.				
Особенности совместной работы узлов и характеристик двигателей непрямой реакции	12	6	8	10

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тема 16. Турбовинтовые двигатели (ТВД) Принцип действия, схемы и основные параметры ТВД. Оптимальное распределение энергии между воздушным винтом и реактивным соплом, уравнение Стечкина. Зависимость удельных параметров от параметров рабочего процесса. Влияние отбора мощности на запас устойчивой работы и параметры ТВД. Дроссельные характеристики ТВД. Климатические характеристики ТВД. Высотно-скоростные характеристики ТВД. Тема 17. Турбовальные (ТВад) и вспомогательные газотурбинные двигатели (ГТД) Принцип действия, схемы и основные параметры ТВад. Зависимость удельных параметров от параметров рабочего процесса. Влияние отбора мощности на запас устойчивой работы и параметры ТВад. Дроссельные характеристики ТВад. Климатические характеристики ТВад. Назначение и особенности конструкции узлов вспомогательных ГТД.				
ИТОГО по 9-му семестру	32	18	18	72
ИТОГО по дисциплине	78	34	18	150

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Приведение параметров ТРД к стандартным атмосферным условиям (САУ)
2	Определение оптимальных параметров рабочего процесса ТРДД
3	Определение оптимальных параметров рабочего процесса ТВад
4	Определение оптимальных параметров рабочего процесса ТВад
5	Оценка геометрических параметров ТРДД по результатам газодинамического расчета.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Испытания форсунок
2	Исследование поля температур на выходе из жаровой трубы камеры сгорания ТРД
3	Определение гидравлических потерь в отсеке с жаровой трубой
4	Исследование эксплуатационных характеристик ВРД различных типов

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
5	Исследование дроссельных характеристик турбовальных двигателей, полученных в вычислительном эксперименте
6	Исследование климатических характеристик турбовальных двигателей, полученных в вычислительном эксперименте

Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Расчет двухконтурного турбореактивного двигателя
2	Расчет турбовального двигателя

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Григорьев А. А. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок : лабораторный практикум. Пермь : ПГТУ, 2006. 65 с.	70
2	Григорьев А. А. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок : учебное пособие. Пермь : ПГТУ, 2007. 195 с.	87
3	Григорьев А. А. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Теоретические основы : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Пермь : ПГТУ, 2010. 367 с. 23,0 усл. печ. л.	64
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Григорьев А. А. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок : учебное пособие. Пермь : ПГТУ, 2007. 195 с.	87
2	Кулагин В.В. Теория , расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Основы теории ГТД. 2-е изд., испр. М. : Машиностроение, 2003. 615 с.	20
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Коллекция трудов конференций ASME Turbo Expo	https://asmedigitalcollection.asme.org/GT	сеть Интернет; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Григорьев А. А. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок : учебное пособие. Пермь : ПГТУ, 2007. 195 с.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib24695	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Григорьев А. А. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Теоретические основы : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Пермь : ПГТУ, 2010. 367 с.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3073	локальная сеть; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr. Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Специализированная комплексная аудитория, ул.Профессора Поздеева, д.13, к.Г, каб 203	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Комплексная лаборатория, ул.Профессора Поздеева, д.13, к.Г, каб 109	1
Лабораторная работа	Персональные компьютеры	12
Лекция	Лекционная мультимедиа аудитория, ул.Профессора Поздеева, д.13, к.Г, каб 201	1
Практическое занятие	Разрезные макеты авиационных двигателей различных типов и их составные части	17

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
**«Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и
энергетических установок»**

Приложение к рабочей программе дисциплины

Специальность:	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
Специализация программы специалитета	Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты двигателей летательных аппаратов
Квалификация выпускника:	инженер
Выпускающая кафедра:	Ракетно-космическая техника и энергетические системы
Форма обучения:	очная

Курс: 4,5

Семестр(ы): 8, 9

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 9 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 324 ч

Виды контроля:

Экзамен: 8 семестр Дифф. зачёт: 9 семестр Курсовая работа: 9 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок». Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение 2-х семестров (8-го и 9-го семестров учебного плана) и разбито на 7 учебных модулей. В 8-м семестре предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В 9-м семестре предусмотрены аудиторские лекционные, лабораторные и практические занятия и самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Промежуточный	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	Экзамен	Зачёт
Усвоенные знания						
3.1 Знать алгоритмы проведения стационарных расчетов термодинамических и газодинамических процессов в авиационных двигателях и энергетических установках		ТО		КР1- КР2	ТВ	ТВ
3.2 Знать методики проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов высоконагруженных узлов авиационных двигателей с применением современных коммерческих вычислительных программных пакетов		ТО		КР1- КР2	ТВ	ТВ

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Промежуточный	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	Экзамен	Зачёт
Освоенные умения						
У.1 Уметь проводить стационарные расчеты термодинамических и газодинамических процессов в авиационных двигателях и энергетических установках			ОП31-ОП35, ОЛР1-ОЛР6		ПЗ	ПЗ
У.2 Уметь проводить газодинамические, тепловые и прочностные расчёты высоконагруженных узлов авиационных двигателей с применением современных коммерческих вычислительных программных пакетов			ОП31-ОП35, ОЛР1-ОЛР6		ПЗ	ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 Владеть навыками проведения стационарных расчетов термодинамических и газодинамических процессов в авиационных двигателях и энергетических установках			ОП31-ОП35, ОЛР1-ОЛР6		КЗ	ПЗ
В.2 Владеть навыками использования САЕ- систем (Matlab, Mathcad, ANSYS) при проведении газодинамических, тепловых и прочностных расчётов высоконагруженных узлов авиационных двигателей			ОП31-ОП35, ОЛР1-ОЛР6		КЗ	ПЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговыми оценками достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена (8 семестр) и в виде дифференцированного зачета (9 семестр), проводимые с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ

(индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

– межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-бальной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 6 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 7 промежуточных контрольных работ (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Термодинамические циклы ТРД», вторая КР – по модулю 2 «Основы расчета ТРД», третья КР – по модулю 3 «», четвертая – по модулю 4 «Совместная работа узлов в системе турбореактивного двигателя (ТРД)», пятая КР – по модулю 5 «Эксплуатационные характеристики ТРД», шестая КР – по модулю 6 «Особенности совместной работы узлов и характеристик двигателей прямой реакции», седьмая КР – по модулю 7 «Особенности совместной работы узлов и характеристик газотурбинных двигателей непрямой реакции».

Типовые задания первой КР:

1. Принцип создания тяги ТРД.
2. Изменение параметров рабочего тела и превращения энергии по тракту ТРД.
3. Основные параметры ТРД.
4. Сущность второго закона термодинамики для тепловых машин.
5. Условия и диаграммы идеального цикла с подводом тепла при постоянном давлении и его реализация в ТРД.
6. Основные термодинамические процессы в цикле с подводом тепла при постоянном давлении, взаимосвязь параметров в характерных точках цикла применительно к работе ТРД.
7. Работа и термический КПД идеального цикла, их зависимость от параметров рабочего процесса ТРД (суммарной степени повышения давления воздуха в двигателе и температуры газа перед турбиной).
8. Особенности цикла со ступенчатым подводом тепла при постоянных давлениях.
9. Потери, учитываемые в действительных (реальных) циклах.
10. Диаграммы действительного цикла ТРД с подводом тепла при постоянном давлении в координатах $T - S$ и их сравнение с диаграммами идеального цикла.
11. Характеристика основных процессов действительного цикла.
12. Внутренняя (индикаторная) и эффективная (полезная) работа действительного цикла ТРД.
13. Эффективный, тяговый (полетный) и полный (экономический) коэффициенты полезного действия (КПД), их зависимость от основных параметров двигателя и условий полета.
14. Энергетический баланс в ТРД.

Типовые задания второй КР:

1. Влияние параметров рабочего процесса на удельные параметры ТРД.
2. Зависимость удельной тяги и удельного расхода топлива от суммарной степени повышения давления, температуры газа перед турбиной и КПД процессов сжатия и расширения.
3. Понятие о свободной энергии ТРД.
4. Выбор оптимальных параметров рабочего процесса ТРД.
5. Термогазодинамический расчет параметров рабочего тела по тракту и основных параметров ТРД.
6. Геометрический и кинематический расчет ТРД.
7. Первичное проектирование по результатам расчета, определение облика ТРД.

Типовые задания третьей КР:

1. Назначение воздухозаборников и требования, предъявляемые к ним. Основные параметры воздухозаборников.

2. Дозвуковые входные устройства, режимы их работы и процессы, протекающие в них при различных формах канала и условиях на входе.
3. Основы расчета и проектирования дозвуковых воздухозаборников.
4. Воздухозаборники для сверхзвуковых скоростей полета, их классификация по виду торможения потока.
5. Мероприятия по уменьшению потерь в сверхзвуковых входных устройствах.
6. Режимы работы сверхзвуковых воздухозаборников.
7. Совместная работа воздухозаборника и компрессора в системе двигателя.
8. Запасы устойчивости сверхзвуковых воздухозаборников и их регулирование.
9. Назначение камер сгорания и требования, предъявляемые к ним.
10. Топлива для ТРД. Их распыливание, испарение, смешение и горение.
11. Основы горения и некоторые термохимические соотношения.
12. Форсунки, применяемые в камерах сгорания ТРД, теория их работы.
13. Типы камер сгорания и рабочие процессы, протекающие в них.
14. Течение газа и потери полного давления в элементах камер сгорания. Характеристики основных камер сгорания.
15. Основы расчета и проектирования основных камер сгорания, определение их размеров.
16. Критерии оценки работы камер сгорания по эмиссии вредных веществ.
17. Перспективы развития камер сгорания.
18. Меры по уменьшению дымления воздушно-реактивных двигателей и наличия токсичных примесей в продуктах сгорания.
19. Назначение, состав и основные требования к выходным устройствам.
20. Реактивные сопла, их назначение. Дозвуковое реактивное сопло, режимы его работы.
21. Газодинамический расчет дозвукового сопла.
22. Сверхзвуковое реактивное сопло, режимы его работы.
23. Виды потерь в реактивных соплах и способы их уменьшения.
24. Характеристики реактивных сопел. Регулирование реактивных сопел.
25. Шум АД и методы борьбы с ним.
26. Устройства для реверса и девиации тяги.

Типовые задания четвертой КР:

1. Совместная работа узлов газогенератора и выходного устройства с регулируемым реактивным соплом и сопловым аппаратом турбины.
2. Совместная работа компрессора, камеры сгорания и турбины на установившихся режимах.
3. Вывод уравнения линии совместной работы (ЛСР) компрессора, камеры сгорания и турбины одновального ТРД.
4. Влияние различных факторов на расположение линии совместной работы узлов ТРД с неизменной геометрией проточной части.
5. Влияние регулирования компрессора на положение ЛСР.

6. Технико-экономическое обоснование при расчете и первичном проектировании ТРД.
7. Неустановившиеся режимы работы ТРД.
8. Обеспечение переходных режимов и приемистости.
9. Этапы запуска газотурбинного двигателя.
10. Запуск газотурбинного двигателя на стенде и в полете.
11. Необходимость применения для запуска стартеров.
12. Принципы работы стартеров газотурбинного двигателя.
13. Номенклатура основных режимов работы ТРД.

Типовые задания пятой КР:

1. Основные понятия из теории регулирования и управления силовыми установками.
2. Регулируемые параметры и регулирующие факторы.
3. Основные законы и программы регулирования ТРД и ТРД с форсажной камерой (ТРДФ).
4. Сравнение различных программ регулирования при изменении скорости и высоты полета.
5. Типы характеристик ТРД и их назначение.
6. Дроссельные характеристики (ДХ) ТРД с нерегулируемой и регулируемой геометрией проточной части.
7. Влияние на дроссельные характеристики программы регулирования ТРД, оптимальное дросселирование.
8. Скоростные характеристики (СХ) ТРД.
9. Влияние на СХ высоты полета, степени повышения давления в компрессоре, температуры газа перед турбиной, программы регулирования двигателя.
10. Высотные характеристики (ВХ) ТРД.
11. Климатические характеристики ТРД.
12. Методы получения характеристик ТРД.
13. Приведение параметров ТРД к стандартным атмосферным условиям.
14. Области эксплуатационных ограничений ТРД.

Типовые задания шестой КР:

1. Необходимость применения двухвальных ТРД.
2. Скольжение роторов и его влияние на газодинамическую устойчивость компрессора.
3. Особенности совместной работы узлов двухвального ТРД.
4. Особенности программ регулирования и характеристик двухвальных ТРД.
5. Преимущества и недостатки двухвальных ТРД.
6. Схемы ТРДД и их основные параметры.
7. Газодинамические преимущества ТРДД перед ТРД.
8. Оптимальное распределение энергии между контурами.
9. Зависимость удельных параметров ТРДД от степени двухконтурности и коэффициента распределения энергии.

10. Влияние отбора воздуха из-за КВД и КНД на запас устойчивой работы и параметры ТРДД.
11. Особенности законов регулирования ТРДД и ТРДД с форсажной камерой (ТРДФ).
12. Особенности характеристик ТРДД.
13. Назначение и способы форсирования тяги.
14. Рабочий процесс в форсажных камерах.
15. Понятие о неустойчивых режимах горения.
16. Особенности характеристик ТРДФ.

Типовые задания седьмой КР:

1. Принцип действия, схемы и основные параметры ТВД.
2. Оптимальное распределение энергии между воздушным винтом и реактивным соплом, уравнение Стечкина.
3. Зависимость удельных параметров от параметров рабочего процесса.
4. Влияние отбора мощности на запас устойчивой работы и параметры ТВД.
5. Дроссельные характеристики ТВД.
6. Климатические характеристики ТВД.
7. Высотно-скоростные характеристики ТВД.
8. Принцип действия, схемы и основные параметры ТВад.
9. Зависимость удельных параметров от параметров рабочего процесса.
10. Влияние отбора мощности на запас устойчивой работы и параметры ТВад.
11. Дроссельные характеристики ТВад.
12. Климатические характеристики ТВад.
13. Назначение и особенности конструкции узлов вспомогательных ГТД.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена (8 семестр) по дисциплине устно по билетам и в форме дифференцированного зачета (9 семестр).

Экзаменационный билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций. Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

Дифференцированный зачет по дисциплине выставляется по итогам проведенного промежуточного контроля и при выполнении заданий всех лабораторных работ.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Принцип создания тяги ТРД.
2. Изменение параметров рабочего тела и превращения энергии по тракту ТРД.
3. Основные параметры ТРД.
4. Сущность второго закона термодинамики для тепловых машин.
5. Условия и диаграммы идеального цикла с подводом тепла при постоянном давлении и его реализация в ТРД.
6. Основные термодинамические процессы в цикле с подводом тепла при постоянном давлении, взаимосвязь параметров в характерных точках цикла применительно к работе ТРД.
7. Работа и термический КПД идеального цикла, их зависимость от параметров рабочего процесса ТРД (суммарной степени повышения давления воздуха в двигателе и температуры газа перед турбиной).
8. Особенности цикла со ступенчатым подводом тепла при постоянных давлениях.
9. Потери, учитываемые в действительных (реальных) циклах.
10. Диаграммы действительного цикла ТРД с подводом тепла при постоянном давлении в координатах и $T - S$ и их сравнение с диаграммами идеального цикла.
11. Характеристика основных процессов действительного цикла.
12. Внутренняя (индикаторная) и эффективная (полезная) работа действительного цикла ТРД.
13. Эффективный, тяговый (полетный) и полный (экономический) коэффициенты полезного действия (КПД), их зависимость от основных параметров двигателя и условий полета.
14. Энергетический баланс в ТРД.
15. Влияние параметров рабочего процесса на удельные параметры ТРД.
16. Зависимость удельной тяги и удельного расхода топлива от суммарной степени повышения давления, температуры газа перед турбиной и КПД процессов сжатия и расширения.
17. Понятие о свободной энергии ТРД.
18. Выбор оптимальных параметров рабочего процесса ТРД.
19. Термогазодинамический расчет параметров рабочего тела по тракту и основных параметров ТРД.
20. Геометрический и кинематический расчет ТРД.

21. Первичное проектирование по результатам расчета, определение облика ТРД.
22. Назначение воздухозаборников и требования, предъявляемые к ним. Основные параметры воздухозаборников.
23. Дозвуковые входные устройства, режимы их работы и процессы, протекающие в них при различных формах канала и условиях на входе.
24. Основы расчета и проектирования дозвуковых воздухозаборников.
25. Воздухозаборники для сверхзвуковых скоростей полета, их классификация по виду торможения потока.
26. Мероприятия по уменьшению потерь в сверхзвуковых входных устройствах.
27. Режимы работы сверхзвуковых воздухозаборников.
28. Совместная работа воздухозаборника и компрессора в системе двигателя.
29. Запасы устойчивости сверхзвуковых воздухозаборников и их регулирование.
30. Назначение камер сгорания и требования, предъявляемые к ним.
31. Топлива для ТРД. Их распыливание, испарение, смешение и горение.
32. Основы горения и некоторые термохимические соотношения.
33. Форсунки, применяемые в камерах сгорания ТРД, теория их работы.
34. Типы камер сгорания и рабочие процессы, протекающие в них.
35. Течение газа и потери полного давления в элементах камер сгорания. Характеристики основных камер сгорания.
36. Основы расчета и проектирования основных камер сгорания, определение их размеров.
37. Критерии оценки работы камер сгорания по эмиссии вредных веществ.
38. Перспективы развития камер сгорания.
39. Меры по уменьшению дымления воздушно-реактивных двигателей и наличия токсичных примесей в продуктах сгорания.
40. Назначение, состав и основные требования к выходным устройствам.
41. Реактивные сопла, их назначение. Дозвуковое реактивное сопло, режимы его работы.
42. Газодинамический расчет дозвукового сопла.
43. Сверхзвуковое реактивное сопло, режимы его работы.
44. Виды потерь в реактивных соплах и способы их уменьшения.
45. Характеристики реактивных сопел. Регулирование реактивных сопел.
46. Шум АД и методы борьбы с ним.
47. Устройства для реверса и девиации тяги.
48. Совместная работа узлов газогенератора и выходного устройства с регулируемым реактивным соплом и сопловым аппаратом турбины.
49. Совместная работа компрессора, камеры сгорания и турбины на установившихся режимах.
50. Вывод уравнения линии совместной работы (ЛСР) компрессора, камеры сгорания и турбины одновального ТРД.
51. Влияние различных факторов на расположение линии совместной работы узлов ТРД с неизменной геометрией проточной части.

52. Влияние регулирования компрессора на положение ЛСР.
53. Техничко-экономическое обоснование при расчете и первичном проектировании ТРД.
54. Неустановившиеся режимы работы ТРД.
55. Обеспечение переходных режимов и приемистости.
56. Этапы запуска газотурбинного двигателя.
57. Запуск газотурбинного двигателя на стенде и в полете.
58. Необходимость применения для запуска стартеров.
59. Принципы работы стартеров газотурбинного двигателя.
60. Номенклатура основных режимов работы ТРД.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений и владений:

1. Рассчитать параметры рабочего процесса турбовального двигателя для получения минимального удельного расхода топлива.
2. Провести сравнительный анализ интегральных дроссельных характеристик турбовального двигателя, полученных в вычислительном эксперименте, с различными параметрами рабочего процесса.
3. Провести сравнительный анализ скоростных характеристик двухконтурных двигателей, полученных в вычислительном эксперименте, с различной степенью двухконтурности.
4. Провести сравнительный анализ климатических характеристик турбовального двигателя, полученных в вычислительном эксперименте, с различными параметрами рабочего процесса.
5. Вывести и проанализировать уравнение линии совместной работы.
6. Вывести и проанализировать уравнение совместной работы газовой турбины и реактивного сопла.

Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-бальной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.3. Выполнение курсовой работы

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения используется курсовая работа.

Тема курсовой работы «Расчет турбовального двигателя», общая для всех

студентов группы. Индивидуальными для каждого студента исходными данными для проведения расчётов являются параметры одного из турбовальных двигателей – прототипов иностранного или отечественного производства, приведенные в методических указаниях по выполнению курсовой работы.

Содержание курсовой работы:

- определение оптимальных параметров рабочего процесса ТВаД;
- термогазодинамический расчет по исходным параметрам;
- оценка геометрических параметров ТВаД в характерных сечениях;
- определение кинематических параметров ТВаД;
- описание схемы, основных данных и конструктивных особенностей двигателя-прототипа и сравнение его с рассчитанным двигателем.

В отдельных случаях, с учетом подготовленности студента и заинтересованности кафедры и базовых предприятий, в рамках курсовой работы могут быть выполнены иные разработки (расчеты газотурбинных двигателей различных типов и схем). Тема такой нетиповой курсовой работы должна быть ориентирована на дальнейшее развитие при выполнении выпускной квалификационной работы. Содержание и объем нетиповой курсовой работы определяется индивидуально в каждом конкретном случае руководителем работы в зависимости от темы. Основные требования и минимум содержания при этом отражаются в задании к курсовой работе, которое в этом случае оформляется в произвольной форме и подписывается руководителем. Требования по срокам выполнения данной курсовой работы не изменяются.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты курсовой работы приведены в общей части ФОС программы специалитета.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене или зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-бальной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.