

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

« 12 » апреля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Конструкция газотурбинных двигателей
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: специалитет
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 27.05.01 Специальные организационно-технические системы
(код и наименование направления)

Направленность: Информационные технологии и программное обеспечение в специальных организационно-технических системах
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – изучение современных конструктивных схем авиационных двигателей, приобретение умений и навыков разработки конструкций, прочностного анализа, исследования процессов проектирования авиационных двигателей.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Задачи учебной дисциплины:

- изучение конструктивных схем, конструкций, условий работы, методов анализа нагруженности, прочностных расчетов и анализа разработок, принципов взаимодействия основных элементов и узлов авиационных двигателей ;
- формирование умения самостоятельно выполнять анализ конструкций, формулировать требования к элементам и узлам, разрабатывать конструктивные схемы, проводить анализ нагруженности основных элементов авиационных двигателей;
- формирование навыков описания принципов действия и устройства, практической разработки, выполнения прочностных расчетов основных элементов и узлов авиационных двигателей.

1.3. Входные требования

Физика, Материаловедение

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-3	ИД-1ПК-3	Знает достижения науки и техники в области разработки и производства газотурбинных двигателей	Знает достижения науки и техники в области разработки и производства радиоэлектронного оборудования систем управления в России и за рубежом	Экзамен
ПК-3	ИД-2ПК-3	Умеет использовать современные отечественные и зарубежные пакеты программ (CAD) при решении схемотехнических и конструкторских задач проектирования систем управления газотурбинными двигателями	Умеет использовать современные отечественные и зарубежные пакеты программ (CAD) при решении схемотехнических и конструкторских задач проектирования систем управления	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-3	ИД-3ПК-3	Владеет навыками расчетов, разработки и проектирования оборудования элементов и узлов систем управления газотурбинных двигателей	Владеет навыками расчетов, разработки и проектирования оборудования элементов и узлов систем управления	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	16	16	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

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
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные требования, параметры, области применения, классификация ГТД. Конструктивные схемы ГТД	8	8	8	26
<p>Введение. Роль и место дисциплины в системе подготовки специалиста по авиационным двигателям и энергетическим установкам. Основные этапы развития авиационных и наземных ГТД. ГТД как тепловая машина. Авиационные газотурбинные двигатели, наземные газотурбинные установки, энергетические установки. Основные представления о ГТД, ВРД, ТВД, ТВаД, ПВРД, ПУВРД. Тема 1. Требования к ГТД и основные параметры. Основные требования к газотурбинным двигателям: функциональные требования, требования минимальной стоимости жизненного цикла, требования безопасности, экологические требования. Основные направления достижения и обеспечения требований. Основные характеристики и параметры ГТД: технические характеристики, экономические характеристики, характеристики надежности и безопасности. Основные направления достижения и обеспечения характеристик ГТД. Достигнутые мировые значения основных технических характеристик ГТД. Основы современных технологий разработки конструкций ГТД. Тема 2. Области применения ГТД. Классификация двигателей. Газотурбинные двигатели авиационного назначения. Газотурбинные двигатели в промышленности, энергетике, трубопроводном транспорте, наземном транспорте. Газотурбинные двигатели морского применения. Турбореактивные двигатели (ТРД), турбореактивные двухконтурные двигатели (ТРДД), турбовинтовые двигатели (ТВД), форсажные турбореактивные двигатели (ТРДФ и ТРДДФ), подъемные и подъемно-маршевые ГТД, вертолетные турбовальные двигатели (ТВаД), наземные ТВаД, ТВД и ТВаД морского применения. Тема 3. Конструктивные схемы ГТД. Конструктивные схемы ТРД с осевым, центробежным и осецентричным компрессором. Конструктивные схемы двухвальных ТРД. Двухконтурные турбореактивные двигатели. Классификация. Конструктивные схемы ТРДД. 1, 2, 3-х вальные ТРДД. ТРДД со смешением и без смешения потоков. Основные способы форсирования</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
<p>тяги. Конструктивные схемы форсажных двигателей ТРДФ и ТРДДФ. Конструктивные схемы турбовинтовых двигателей. Конструктивные схемы авиационных турбовальных двигателей. Силовые установки самолетов вертикального и укороченного взлета и посадки. Конструктивные схемы подъемных и подъемно-маршевых двигателей. Особенности конструктивных схем вспомогательных ГТД. Классификация наземных ГТД. Конструктивные схемы двигателей наземного применения. Газотурбинные силовые установки морских судов.</p>				
<p>Конструкция основных узлов ГТД</p>	10	8	10	28
<p>Тема 4. Конструкция компрессоров ГТД. Основные требования к конструкции компрессоров и проблемы, решаемые при их проектировании. Конструктивные схемы и классификация компрессоров ГТД. Роторы осевого компрессора, назначение, требования, условия работы. Расположение роторов относительно опор. Основные типы роторов компрессоров. Сравнительный анализ. Соединения дисков с валом и дисков с дисками в роторах, центрирование элементов, передача крутящего момента. Сварные роторы. Роторы одноступенчатых вентиляторов. Рабочие лопатки осевых компрессоров, условия работы, действующие нагрузки, основные требования. Основные элементы лопаток, их функциональное назначение. Способы крепления рабочих лопаток в дисках (барабанах), фиксация от осевых перемещений. Бандажирование рабочих лопаток. Особенности конструкции крупногабаритных лопаток вентиляторов. Способы обеспечения жесткости полнотелых и полых лопаток. Перспективные технологии в изготовлении элементов роторов осевых компрессоров. Материалы, применяемые для изготовления основных элементов роторов компрессоров: дисков, лопаток, валов. Корпусы осевых компрессоров, назначение, условия работы и нагружения, основные требования к ним. Конструкция корпусов, способы изготовления. Силовые пояса, корпусы опор роторов, способы передачи усилий, возникающих в опорах. Особенности конструкции корпусов одноступенчатых вентиляторов. Противообледенительные и противопожарные устройства в осевых компрессорах. Конструкции направляющих аппаратов осевых</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
<p>компрессоров. Их крепление к корпусу. Нагрузки, действующие на направляющие лопатки. Особенности конструкции входных направляющих аппаратов и спрямляющих аппаратов последних ступеней. Материалы, применяемые для элементов конструкции корпусов и направляющих аппаратов. Перспективные материалы и технологии в изготовлении корпусов</p> <p>Тема 5. Конструкция турбин ГТД. Основные требования к конструкции турбин и проблемы, решаемые при их проектировании. Конструктивные схемы и классификация газовых турбин. Роторы осевых газовых турбин, назначение, требования, условия работы и нагружения. Основные типы роторов, расположение роторов относительно опор. Основные способы соединения дисков с валом и дисков с дисками в роторах турбин. Диски рабочих колес турбин, основные элементы, их функциональное назначение, конструктивное исполнение. Рабочие лопатки газовых турбин: условия работы и действующие нагрузки, основные требования. Основные элементы рабочих лопаток и их функциональное назначение. Способы крепления рабочих лопаток к дискам, фиксация от осевых перемещений. Бандажирование рабочих лопаток, назначение, конструктивное исполнение бандажных полок. Корпуса турбин, назначение, условия работы, действующие нагрузки. Основные требования к корпусам. Конструкция корпусов. Соединение основных частей корпуса между собой и с другими элементами конструкции. Силовые пояса в турбинах, корпуса опор роторов и способы передачи усилий, возникающих в опорах. Сопловые аппараты турбин, их крепление к корпусам. Условия работы и нагружения сопловых лопаток. Конструкция сопловых лопаток первых и последних ступеней турбины. Тепловое состояние элементов турбин. Температурное поле в поперечном сечении высокотемпературных охлаждаемых лопаток. Поля температур в лопатках и дисках на стационарных и нестационарных режимах работы двигателя. Охлаждение элементов турбин. Принципы организации систем охлаждения турбин. Требования</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
<p>к охлаждающему воздуху. Расход охлаждающего воздуха, его оптимизация. Подвод охлаждающего воздуха к элементам ротора и статора турбины. Основные способы охлаждения лопаток. Способы интенсификации охлаждения лопаток. Способы формирования внутренних полостей и каналов в лопатках. Вывод охлаждающего воздуха в проточную часть. Теплозащитные покрытия лопаток. Охлаждение дисков турбин. Материалы, применяемые для изготовления основных элементов осевых газовых турбин. Тема 6. Конструкция камер сгорания ГТД. Основные требования к конструкции основных камер сгорания ГТД и проблемы, решаемые при их проектировании. Классификация камер сгорания по конструкции, направлению движения газа, способу подачи топлива, числу зон горения. Особенности рабочего процесса в основных камерах сгорания ГТД, обуславливающие ее конструкцию. Основные элементы конструкции камер сгорания, условия их работы и характер нагружения. Основные направления развития конструкций камер сгорания. Пути снижения выброса вредных веществ. Основные элементы камер сгорания: диффузоры, фронтальные устройства, жаровые трубы, корпуса. Топливные форсунки, Системы розжига камер сгорания. Материалы, применяемые для изготовления основных элементов камер сгорания. Перспективные жаростойкие материалы для жаровых труб. Охлаждение элементов камер сгорания. Обеспечение свободы теплового расширения элементов. Основные дефекты камер сгорания, обусловленные недостатками конструкции. Тема 7. Конструкция форсажных камер ГТД. Назначение форсажных камер сгорания. Основные типы форсажных камер. Основные требования к конструкции форсажных камер. Условия работы и нагружения основных элементов. Основные элементы форсажных камер: диффузоры, корпуса, системы стабилизации фронта пламени, системы подачи топлива в форсажную камеру. Охлаждение элементов форсажных камер. Перспективы развития конструкции форсажных камер, Материалы для основных элементов форсажных камер. Тема 8. Конструкция выходных устройств ГТД. Назначение выходных устройств ГТД. Типы реактивных сопел: дозвуковые и сверхзвуковые,</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
<p>регулируемые и не регулируемые. Конструкция нерегулируемых дозвуковых реактивных сопел. Конструкция и крепление обтекателей. Конструкция и крепление смесителей. Конструкция регулируемых сверхзвуковых сопел. Материалы, применяемые для изготовления основных элементов сопел. Перспективы применения композитных материалов для сопел. Устройства для создания реверса тяги. Назначение и требования, предъявляемые к ним. Основные типы реверсивных устройств. Конструкция реверсивных устройств, расположенных перед и за реактивным соплом. Реверсивные устройства двухконтурных двигателей высокой степени двухконтурности. Условия работы и нагружения основных элементов. Механизмы управления подвижными элементами реверсивных устройств. Тема 9. Опоры роторов ГТД. Системы смазки. Назначение опор роторов. Основные требования к опорам. Классификация опор ГТД. Основные элементы опор. Условия работы подшипников. Требования, предъявляемые к ним. Основные типы подшипников, применяемые в ГТД. Радиально-упорные шариковые подшипники. Конструктивное исполнение. Радиальные роликовые подшипники. Конструктивное исполнение. Специальные подшипники ГТД. Сепараторы подшипников качения. Обеспечение соосности сепаратора. Посадка подшипника на вал и корпус. Смазка и охлаждение подшипников. Понятие о расчете теплового режима подшипников. Оценка потребного циркуляционного расхода масла. Системы смазки ГТД. Требования. Типы систем смазки. Основные элементы систем смазки, их назначение.</p>				
ИТОГО по 7-му семестру	18	16	18	54
ИТОГО по дисциплине	18	16	18	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Расчетный анализ статической прочности рабочих лопаток компрессоров и турбин ГТД

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
2	Расчетный анализ статической прочности дисков компрессоров и турбин ГТД
3	Расчетный анализ форм и частот колебаний лопаток компрессоров и турбин ГТД

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Изучение конструктивных схем ГТД
2	Изучение компрессоров ГТД
3	Изучение конструкции турбин ГТД
4	Изучение конструкции камер сгорания ГТД

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором 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 установление 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	Нихамкин М. Ш. Вибрационные процессы в газотурбинных двигателях : конспект лекций. Пермь : ПНИПУ, 2011. 117 с. 9,52 усл. печ. л.	5
2	Нихамкин М. Ш. Конструкция и проектирование газотурбинных двигателей наземного применения : конспект лекций. Пермь : ПНИПУ, 2011. 92 с. 7,58 усл. печ. л.	5
3	Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы. М. : Машиностроение, 2008. 200 с.	36
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Зрелов В.А. Отечественные газотурбинные двигатели. Основные параметры и конструктивные схемы: Учеб. пособие. М.: «Машиностроение», 2005, 336 с.	70
2	Иноземцев А.А., Нихамкин М.Ш., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Учебник для вузов. в 5 т. М., Машиностроение, 2008.	204
3	Нихамкин М.А., Воронов Л.В. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Вопросы и задачи: Учеб. пособие / Пермский гос. техн. ун-т. – Пермь 2005, 142 с.	141
2.2. Периодические издания		
1	Авиационная промышленность : научно-технический журнал / Государственный комитет Российской Федерации по оборонным отраслям промышленности; Научно-исследовательский институт авиационной технологии. - Москва: НИАТ, 1932 - .	1

2	Известия высших учебных заведений. Авиационная техника : научно-технический журнал / Казанский государственный технический университет им. А. Н. Туполева. - Казань: Изд-во КГТУ, 1958 - .	1
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	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника, гл. ред. Бульбоивч Р.В., 2015-2019, №№40-59	http://vestnik.pstu.ru/aero/about/inf	сеть Интернет; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
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/
База данных компании EBSCO	https://www.ebsco.com/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Персональный компьютер	8
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	8

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Конструкция газотурбинных двигателей»
*Приложение к рабочей программе дисциплины***

Специальность:	27.05.01 Специальные организационно-технические системы
Специализация образовательной программы:	Программное обеспечение и информационные технологии в специальных организационно-технических системах
Квалификация выпускника:	Специалист
Выпускающая кафедра:	Автоматика и телемеханика
Форма обучения:	Очная
Курс: 4	Семестр: 7
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч.
Форма промежуточной аттестации:	
Экзамен:	7 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. 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 одного семестра (7-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также 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 экзамена. 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			Итоговый Экзамен
	С	ТО	ПЗ	ОЛР	Т/КР	
Усвоенные знания						
З.1 Знать достижения науки и техники в области разработки и производства газотурбинных двигателей		ТО1			КР1	ТВ
Освоенные умения						
У.1 Уметь использовать современные отечественные и зарубежные пакеты программ (САД) при решении схмотехнических и конструкторских задач проектирования систем управления газотурбинными двигателями			ПЗ1 ПЗ2 ПЗ3 ПЗ4		КР2	ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 Владеть навыками расчетов, разработки и проектирования оборудования элементов и узлов систем управления газотурбинных двигателей				ОЛР1 ОЛР2 ОЛР3 ОЛР4		

С – собеседование по теме; *ТО* – коллоквиум (теоретический опрос); *КЗ* – кейс-задача (индивидуальное задание); *ОЛР* – отчет по лабораторной работе; *Т/КР* – рубежное тестирование (контрольная работа); *ТВ* – теоретический вопрос; *ПЗ* – практическое задание; *КЗ* – комплексное задание дифференцированного зачета.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учётом 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 бланчного 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-балльной 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, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты практических заданий, лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после проведения практических занятий).

2.2.1. Защита практических заданий

Всего запланировано 4 практические занятия. Типовые темы практических занятий приведены в РПД.

Защита задания по практическому занятию (практического задания) проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 4 лабораторные работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

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

2.2.3. Рубежная контрольная работа

Всего запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины и проведения практических занятий.

Типовые задания КР1:

1. Конструктивные схемы ГТД.
2. Компрессоры ГТД.

Типовые задания КР2:

1. Конструкции турбин ГТД.
2. Конструкции камер сгорания ГТД.

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

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

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 по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений 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.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Основные этапы развития авиационных и наземных ГТД.
2. Основные представления о ГТД.
3. Требования к ГТД и основные параметры.
4. Основные направления достижения и обеспечения требований.
5. Основные характеристики и параметры ГТД: технические характеристики, экономические характеристики, характеристики надежности и безопасности.
6. Основные направления достижения и обеспечения характеристик ГТД.
7. Области применения ГТД.
8. Классификация двигателей.
9. Конструкция компрессоров ГТД.
10. Основные элементы лопаток, их функциональное назначение.

11. Перспективные технологии в изготовлении элементов роторов осевых компрессоров.
12. Конструкция турбин ГТД.
13. Основные требования к конструкции турбин и проблемы, решаемые при их проектировании.
14. Конструктивные схемы и классификация газовых турбин.
15. Конструкция камер сгорания ГТД.
16. Основные требования к конструкции основных камер сгорания ГТД и проблемы, решаемые при их проектировании.
17. Классификация камер сгорания по конструкции, направлению движения газа, способу подачи топлива, числу зон горения.
18. Конструкция форсажных камер ГТД.
19. Конструкция выходных устройств ГТД.
20. Опоры роторов ГТД.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Расчетный анализ статической прочности рабочих лопаток компрессоров и турбин ГТД.
2. Расчетный анализ статической прочности дисков компрессоров и турбин ГТД.
3. Расчетный анализ форм и частот колебаний лопаток компрессоров и турбин ГТД.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене 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-х балльной 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.