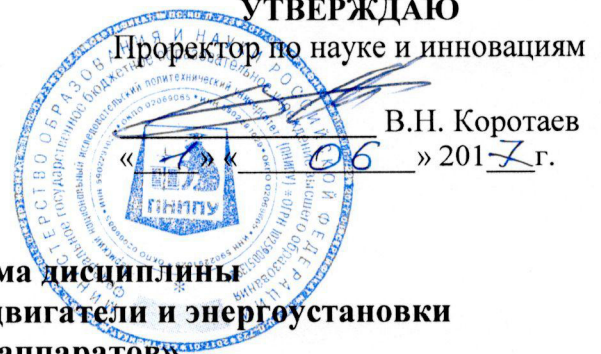




Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»



Рабочая программа дисциплины
«Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки
летательных аппаратов»

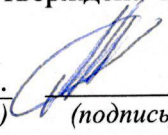
Направление подготовки	24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов
Научная специальность	05.07.05 Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов
Квалификация выпускника:	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающие кафедры:	Авиационные двигатели (АД) Механика композиционных материалов и конструкций (МКМК) Ракетно-космическая техника и энергетические системы (РКТЭС)
Форма обучения:	Очная
Курс: 2,3	Семестр (ы): 4,5
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен: 5	Зачёт: 4

Пермь 2017 г.

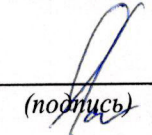
Рабочая программа дисциплины «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 890 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 24.06.01 – Авиационная и ракетно-космическая техника.
- Общая характеристика образовательной программы.
- Паспорт научной специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года).

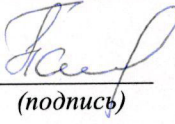
Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры АД, протокол от «25» мая 2017 г. № 23.

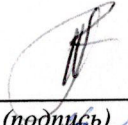
Заведующий кафедрой д-р техн. наук, проф.  А.А. Иноземцев
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры МКМК, протокол от «17» мая 2017 г. № 15.

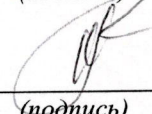
Заведующий кафедрой д-р техн. наук, проф.  А.Н. Аношкин
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры РКТЭС, протокол от «24» мая 2017 г. № 18.

Заведующий кафедрой д-р техн. наук, проф.  М.И. Соколовский
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Разработчики программы д-р техн. наук, проф.  Р.В. Бульбович
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

д-р техн. наук, проф.  М.Ш. Нихамкин
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Руководитель программы д-р техн. наук, проф.  Р.В. Бульбович
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель комиссии
по подготовке научных кадров
Совета по науке и инновациям

 В.П. Первадчук
(подпись) (инициалы, фамилия)

Начальник управления
подготовки кадров
высшей квалификации

 Л.А. Свисткова
(подпись) (инициалы, фамилия)

1. Общие положения

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области проектирования авиационных и ракетных двигателей.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант формирует следующие компетенции:

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники (ОПК-1).

1.2 Задачи учебной дисциплины:

- **формирование знаний**

– изучение основ проектирования двигательных и энергетических установок ЛА как сложных технических систем и основных методов расчета внутрикамерных процессов, расчетов на прочность, методов оценки и обеспечения надежности функционирования двигательных и энергетических установок ЛА;

- **формирование умений**

– использования методов расчета внутрикамерных процессов в двигателях летательных аппаратов, расчетов на прочность элементов конструкций двигателей и энергетических установок и методов оценки и обеспечения надежности;

- **формирование навыков**

– применения современных компьютерных технологий для конструирования и проведения инженерных расчетов двигателей летательных аппаратов и энергетических установок.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- ракетные двигатели;
- авиационные двигатели.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.01 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» является обязательной дисциплиной вариативной части цикла базового учебного плана.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов и выполнении научно-квалификационной работы (диссертации).

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

Знать:

- методы расчета внутрикамерных процессов;
- методы анализа влияния параметров рабочего процесса на эффективность двигателей и энергоустановок ЛА различных схем;
- характеристики рабочего процесса двигателей и энергоустановок ЛА различного назначения;
- основы проектирования двигательных и энергетических установок ЛА как сложных технических систем;
- методы расчетов на прочность элементов двигателей и энергоустановок ЛА;

- методы конструирования узлов, деталей, агрегатов двигателей и энергетических установок ЛА;
- методы испытаний двигательных и энергетических установок ЛА и их элементов, планирования эксперимента, назначение и устройство испытательных стендов и комплексов;
- методы оценки и обеспечения надежности функционирования двигательных и энергетических установок ЛА;
- основы проектирования технологических процессов;
- методы сборки и принципы автоматизации производства двигательных и энергетических установок ЛА.

Уметь:

- использовать современные компьютерные технологии для конструирования и проведения инженерных расчетов;

Владеть:

- методологией проектирования двигательных и энергетических установок;
- методологией расчета двигательных и энергетических установок ЛА различных схем;
- методологией проведения экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-1

Код	Формулировка компетенции
ОПК-1	Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ОПК-1.Б1.В.01	Владение методологией проектирования, расчета и проведения экспериментальных исследований двигательных и энергетических установок летательных аппаратов

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы расчета внутрикамерных процессов; – методы анализа влияния параметров рабочего процесса на эффективность двигателей и энергоустановок ЛА различных схем; – характеристики рабочего процесса двигателей и энергоустановок ЛА различного назначения; – основы проектирования двигательных и энергетических установок ЛА как сложных технических систем; – методы расчетов на прочность элементов двигателей и электроустановок ЛА; – методы конструирования узлов, деталей, агрегатов двигателей и энергетических установок ЛА; 	<p><i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i></p>	<p><i>Собеседование.</i></p>

<p>– методы испытаний двигательных и энергетических установок ЛА и их элементов, планирования эксперимента, назначение и устройство испытательных стендов и комплексов;</p> <p>– методы оценки и обеспечения надежности функционирования двигательных и энергетических установок ЛА;</p> <p>– основы проектирования технологических процессов;</p> <p>– методы сборки и принципы автоматизации производства двигательных и энергетических установок ЛА.</p>		
<p>Уметь:</p> <p>– использовать современные компьютерные технологии для конструирования и проведения инженерных расчетов.</p>	<p><i>Практические занятия.</i></p> <p><i>Самостоятельная работа аспирантов.</i></p>	<p><i>Собеседование.</i></p> <p><i>Творческое задание.</i></p>
<p>Владеть:</p> <p>– методологией проектирования двигательных и энергетических установок;</p> <p>– методологией расчета двигательных и энергетических установок ЛА различных схем;</p> <p>– методологией проведения экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники.</p>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов.</i></p>	<p><i>Собеседование.</i></p> <p><i>Творческое задание.</i></p>

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 ЗЕ (1 ЗЕ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, час.		
		по семестрам		всего
		4 семестр	5 семестр	
1	Аудиторная работа	5	6	11
	В том числе			
	– лекции (Л)	5	–	5
	– практические занятия (ПЗ)	–	6	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	1	–	1
3	Самостоятельная работа (СР)	66	30	96
4	Итоговая аттестация по дисциплине: Кандидатский экзамен	–	36	36
5	Форма итогового контроля:	Зачет	Канд. экзамен	
6	Трудоёмкость дисциплины, всего:			
	в часах (ч)	72	72	144
	в зачётных единицах (ЗЕ)	2	2	4

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (4,5 семестр)

Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий					Трудоёмкость, ч / ЗЕ	
		аудиторная работа			КСР	Итоговый контроль		Самостоятельная работа
		всего	Л	ПЗ				
1	1	1	1				18	19
	2	1	1				18	19
Всего по разделу:		2	2		0,5		36	38,5/1,07
2	3	1	1				10	11
	4	1	1				10	11
	5	1	1				10	11
Всего по разделу:		3	3		0,5		30	33,5/0,93
3	6	1		1			6	7
	7	2		2			9	11
Всего по разделу:		3		3			15	18/0,5
4	8	1		1			6	7
	9	2		2			9	11
Всего по разделу:		3		3			15	18/0,5
Промежуточная аттестация							36	36/1
Итого:		11	5	6	1		36	96
							96	144/4

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (4 семестр)

Раздел 1. Авиационные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов
(Л – 2, СР – 36)

Тема 1. Воздушно-реактивные двигатели (ВРД)

Классификация и принципы действия ВРД. Двигатели прямой и непрямой реакции. Основные параметры, характеризующие ВРД. Термодинамические циклы ВРД. Работы и КПД, зависящие от основных параметров рабочего процесса и условий полета. Эффективная и внутренняя тяга. Тяговая мощность, полный и полетный КПД двигателей. Пути совершенствования ВРД как движителя.

Входные устройства ВРД. Основные параметры, характеризующие работу входных устройств. Возможные типы входных устройств для сверхзвуковых скоростей полета.

Выходные устройства ВРД (реактивные сопла ВРД). Принципиальные схемы дозвуковых и сверхзвуковых выходных устройств. Основные параметры, характеризующие их работу. Сопло Лавалья и выходные устройства других схем. Реверсивные устройства.

Типы камер сгорания ВРД. Требования к камерам сгорания. Основные параметры, характеризующие их эффективность. Топлива ВРД. Принципы организации рабочего

процесса в прямооточных камерах сгорания различных схем. Принципиальные схемы подачи топлива в камеры сгорания двигателей.

Компрессор и турбина в системе ВРД. Основные схемы и требования к компрессорам и турбинам газотурбинного двигателя (ГТД). Границы устойчивой работы компрессора. Способы обеспечения устойчивой работы компрессора. Основные типы и параметры турбинных ступеней ГТД. Одноступенчатые и многоступенчатые турбины.

Классификация ГТД. Преимущества и недостатки различных типов ГТД, диапазон возможного применения по скорости и высоте полета. Понятие расчетного режима работы двигателя. Цель и порядок термогазодинамического расчета. Конструкция и проектирование ГТД.

Турбореактивные (ТРД) и турбореактивные форсированные (ТРДФ) двигатели. Параметры рабочего процесса ТРД и ТРДФ. Зависимость удельных параметров двигателей от параметров рабочего процесса и условий полета. Влияние параметров рабочего процесса и типа двигателя на удельную массу. Оптимальные параметры двигателей и их зависимости от условий полета. Высотно-скоростные и дроссельные характеристики ТРД и ТРДФ. Методы расчета характеристик двигателя. Колебания конструкций ТРД.

Турбореактивные двухконтурные (ТРДД) и турбореактивные форсированные (ТРДДФ) двигатели. Классификация ТРДД и ТРДДФ по схеме проточной части и ротора двигателя. Параметры рабочего процесса ТРДД и ТРДДФ. Зависимости удельной тяги и удельного расхода топлива ТРДД от параметров рабочего процесса и степени двухконтурности. ТРДД со смешением потоков. Оптимальное распределение энергии по контурам. Оптимальная степень двухконтурности. Высотно-скоростные и дроссельные характеристики нефорсированного ТРДД. Удельные параметры ТРДДФ с общей форсажной камерой и с форсажем в наружном контуре. Высотно-скоростные и дроссельные характеристики ТРДДФ. Методы расчета характеристик ТРДДФ.

Динамика ГТД. Виды переходных режимов. Требования к динамике современных авиационных двигателей. Процессы приемистости и сброса газа у ТРД и ТРДД. Пути улучшения приемистости ГТД. Общая характеристика процесса запуска ГТД.

Принципиальные схемы прямооточных и основных типов комбинированных двигателей. Возможные области применения. Виды топлива, используемого этими двигателями.

Прямоточные воздушно-реактивные двигатели. Удельные параметры ПВРД и их зависимость от параметров рабочего процесса и условий полета. Особенности рабочего процесса гиперзвукового прямооточного двигателя (ГПВРД). Тягово-экономические характеристики ПВРД.

Комбинированные ВРД. Турбопрямоточные двигатели. Схемы двигателей на базе ТРД и ТРДД. Ракетно-турбинные двигатели (РТД). Схемы, рабочий процесс. Области применения этих двигателей.

Тема 2. Использование авиационных двигателей для создания комбинированных энергоустановок

Назначение комбинированных энергоустановок различных типов. Особенности схем с утилизацией тепла выхлопных двигателей и дополнительным подводом тепла по тракту комбинированной энергоустановки. Открытые и закрытые утилизационные циклы. Типы парогенерирующих устройств. Классификация комбинированных энергоустановок на базе авиационных ГТД.

Понятие об эффективности КПД установки и коэффициенте использования тепла.

Использование «родной» или специально создаваемой свободной турбины. Редукторные и безредукторные схемы. Возможности использования авиационных редукторов. Промежуточный подогрев.

Схемы комбинированных установок со средненапорным, низконапорным и утилизирующим парогенератором или водогрейным котлом. Схема с использованием газогенератора двухвального ГТД и определение его параметров при демонтаже компрессора низкого давления. Форсирование газогенератора по оборотам и температуре газа.

Пути и методы дальнейшего совершенствования комбинированных энергоустановок на базе авиационных двигателей.

Раздел 2. Ракетные двигатели

(Л – 3, СР – 30)

Тема 3. Общие вопросы теории ракетных двигателей

Типы ракетных двигателей (РД). Классификация РД. Ракетные двигатели на химических топливах: ЖРД, РДТТ, ГРД. Ядерные ракетные двигатели. Лазерные и солнечные двигатели. Особенности и области применения различных типов РД.

Уравнения тяги РД. Коэффициенты полезного действия РД (термический, тяговый, общий). Характеристические параметры РД: удельный импульс, характеристическая скорость, коэффициент тяги сопла, удельная масса. Оценка потерь в камере РД. Расчет тяги и удельного импульса камеры РД с использованием газодинамических функций.

Устройство и оценка совершенства сопел. Режимы недорасширения и перерасширения. Тяга камеры при отрыве потока от стенок сопла. Анализ и оценка потерь в соплах.

Высотная характеристика. Регулирование высотности сопла. Дроссельная характеристика ЖРД.

Основные сведения о жидких, твердых и гибридных ракетных топливах и их физико-химические характеристики. Топлива гидрореагирующих РД. Воспламенение топлив. Основы расчетов термохимических свойств топлив.

Особенности конвективного теплообмена в камере сгорания и сопле. Методы расчета конвективных тепловых потоков на основе решения уравнений пограничного слоя. Расчеты конвективного теплообмена на основе теории подобия.

Лучистый теплообмен в условиях камеры сгорания и сопла РД. Расчет лучистых тепловых потоков.

Теплозащитные покрытия и механизмы их разрушения.

Тема 4. Жидкостные ракетные двигатели (ЖРД)

Процессы в камере сгорания и их расчет. Выбор и определение основных параметров камеры сгорания. Приведенная длина камеры сгорания.

Особенность процессов в газогенераторах (однокомпонентных и двухкомпонентных, окислительных и восстановительных). Особенности и схемы теплозащиты стенок камеры ЖРД.

Неустойчивость рабочего процесса в ЖРД.

Типы систем подачи в ЖРД и области их применения. Расчет и выбор оптимальной системы подачи в зависимости от назначения двигателя и энергоустановки.

Принципиальные схемы ТНА. Расчет основных параметров турбин и насосов ТНА. Совместная работа насосов с турбиной.

Факторы, определяющие экономичность системы ТНА. Потери в насосах, турбинах и магистралях.

Особенности расчета ЖРД с дожиганием.

Регулирование тяги ЖРД с дожиганием. Расчет и выбор оптимальных параметров ЖРД. Динамика и регулирование ЖРД. Типы ЖРД малой тяги: химические и электрохимические с каталитическим разложением. Основные тенденции и перспективы развития ЖРД.

Повышение надежности, ресурса, многократности применения ЖРД, создание двигателей с глубоким регулированием тяги.

Тема 5. Ракетные двигатели на твердом топливе (РДТТ)

Основные сведения о физико-химических законах горения баллистических и смесевых ТРТ. Зависимости скорости горения ТРТ от давления и начальной температуры. Эрозионное горение.

Общие законы изменения формы элемента заряда в процессе горения. Типы зарядов ТРТ. Плотность заражения камеры сгорания, основные ограничения плотности заражения. Расчет основных типов зарядов ТРТ.

Сведения о газодинамических функциях. Расчет течения газов при различных формах зарядов ТРТ. Течение газа в предсопловом объеме камеры. Течение газа через местные сопротивления.

Процесс воспламенения основного заряда ТРТ. Выбор типа и массы заряда воспламенительного устройства. Приближенный расчет изменения давления в камере при запуске двигателя.

Способы регулирования тяги РДТТ по величине: предстартовое регулирование и регулирование в полетных условиях. Способы отсечки тяги. Пути создания РДТТ с многократным включением.

Неустойчивость рабочего процесса в РДТТ.

Принципиальные схемы гибридных ракетных двигателей, модели горения в них. Расчет основных параметров рабочего процесса ГРД.

Перспективы развития РДТТ.

4.2.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (5 семестр)

Раздел 3. Проектирование конструкций тепловых, электроракетных двигателей и энергетических установок летательных аппаратов

(ПЗ – 3, СР – 15)

Тема 6. Процесс проектирования и его особенности

Формализация процесса проектирования по стадиям и задачам. Стадии процесса проектирования, цели и возможности применения для них САПР. Классификация, особенности и разновидности САПР. Задача структурного синтеза. Задача параметрического синтеза и анализа. Особенности системного подхода к проектированию. Иерархия процесса проектирования. Имитационное моделирование. Методы решения задач структурного синтеза. Морфологические методы. Трансформационные методы. Методы решения задач параметрического анализа. Однокритериальная и многокритериальная оптимизация. Выбор

критериев оптимальности. Методы принятия решений проектировщиком. Критерии выбора. Методы задания предпочтения на множестве частных критериев. Экспертные системы.

Тема 7. Автоматизация проектирования и конструирования и программное обеспечение САПР

Понятие системного подхода к построению САПР. Двигатель как сложная система и принципы ее декомпозиции. Понятие информационной модели САПР. Системы и подсистемы САПР. Математическое моделирование процесса проектирования. Понятие верификации действий. Типовые структуры подсистем САПР – проектирования, выпуска конструкторской документации, технологической подготовки производства. Интегрированные системы конструирования и технологии.

Математическое моделирование как средство исследования сложных технических подсистем двигателя. Классификация математических моделей. Требования к математическим моделям. Основные задачи, возникающие при математическом моделировании с использованием САПР. Задачи гидрогазодинамики. Задачи теплопередачи. Задачи прочности. Задачи динамики и регулирования. Метод конечных элементов. Методы анализа статических режимов. Методы анализа переходных процессов. Проектирование оптимальных систем и конструкций тепловых, электроракетных двигателей и энергетических установок.

Классификация программного обеспечения. Средства разработки программ. Расчетно-оптимизационные системы. Графо-аналитические системы. Графические системы. Системы автоматизации выпуска конструкторской документации. Системы технологической подготовки производства. Системы баз данных. Системы принятия решений. Экспертные системы.

Раздел 4. Технология производства тепловых, электроракетных двигателей и энергетических установок летательных аппаратов

(ПЗ – 3, СР – 15)

Тема 8. Производственный и технологический процесс и методы обработки конструкционных материалов

Понятие технологичности конструкции изделия, узла, детали, технологичность материалов. Критерии оценки технологичности. Этапы отработки технологичности. Технологичность деталей из металлических и неметаллических материалов в связи с особенностями механической, электрофизической, электрохимической и др. видами обработки. Принципы разработки технологического процесса.

Основные проблемы обрабатываемости современных конструкционных материалов. Физические основы обработки конструкционных материалов. Методы обработки поверхностей. Физико-химические методы обработки материалов.

Тема 9. Механизация и автоматизация производства и технология сборки тепловых, электроракетных двигателей и энергетических установок летательных аппаратов

Системы автоматического управления, устройства и аппаратура автоматического управления технологическим процессом; автоматизация контроля точности обработки. Автоматические линии. Экономическая эффективность автоматической линии. Гибкое

автоматизированное производство. Промышленные роботы. Переналаживаемая автоматизированная оснастка.

Критерии оценки сборочной технологичности конструкции, ее значение для унификации и автоматизации процессов сборки. Проектирование технологического процесса сборки. Технологические методы достижения заданной точности сборочных параметров. Контроль основных сборочных параметров: зазоры, биения, способность, центровка собираемых узлов. Балансировка роторов. Специфичность понятия точности балансировки, расчет допустимых значений дисбалансов для проектируемых изделий. Оборудование для балансировки. Способы низкочастотной и высокочастотной балансировки роторов. Основы автоматизации проектирования технологических процессов балансировки.

4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	6	Методы решения задачи однокритериальной и многокритериальной оптимизации	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	7	Методы анализа переходных процессов	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	8	Критерии оценки технологичности	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	9	Балансировка роторов	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Динамика ГТД. Виды переходных режимов. Требования к динамике современных авиационных двигателей. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Пути и методы дальнейшего совершенствования комбинированных энергоустановок на базе авиационных двигателей	Творческое задание	Темы творческих заданий
3	3	Основные сведения о гибридных ракетных топливах и их физико-химические характеристики. Теплозащитные покрытия и механизмы их разрушения	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	Типы ЖРД малой тяги: химические и электрохимические с каталитическим разложением.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	5	Принципиальные схемы гибридных ракетных двигателей, модели горения в них. Расчет основных параметров рабочего процесса ГРД. Перспективы развития РДТТ.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	6	Имитационное моделирование. Экспертные системы.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
7	7	Системы принятия решений.	Творческое задание	Темы творческих заданий
8	8	Основные проблемы обрабатываемости современных конструкционных материалов. Физические основы обработки конструкционных материалов.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
9	9	Способы низкочастотной и высокочастотной балансировки роторов.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» аспирантам 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. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы.

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой аспиранты 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.

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

7. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

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

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.В.01 Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов	Блок 1. «Дисциплины (модули)» (цикл дисциплины/блок)								
(индекс и полное название дисциплины)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">x</td> <td style="width: 60%;">базовая часть блока</td> <td style="width: 10%; border: 1px solid black; text-align: center;">x</td> <td style="width: 19%;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">x</td> <td>вариативная часть блока</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;"></td> <td>по выбору аспиранта</td> </tr> </table>	x	базовая часть блока	x	обязательная	x	вариативная часть блока		по выбору аспиранта
x	базовая часть блока	x	обязательная						
x	вариативная часть блока		по выбору аспиранта						
24.06.01 05.07.05	Авиационная и ракетно-космическая техника / Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов								
код направления/ шифр научной специальности	(полные наименования направления подготовки / направленности программы)								
<u>2017</u> (год утверждения учебного плана)	Семестр(ы) <u>4,5</u>	Количество аспирантов <u>5</u>							
<u>Аэрокосмический</u> (факультет)	<u>тел. 8(342)239-13-61; ad@pstu.ru</u> (контактная информация)								
<u>АД</u> (кафедра)	<u>тел. 8(342)239-12-94; mkmk@pstu.ru</u> (контактная информация)								
<u>МКМК</u> (кафедра)	<u>тел. 8(342)239-12-33; rkt@pstu.ru</u> (контактная информация)								
<u>РКТЭС</u> (кафедра)	(контактная информация)								

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Ерохин Б.Т. Теория и проектирование ракетных двигателей: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 596 с.	26 + ЭБС "Лань"
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Августинович В.Г. Математическое моделирование авиационных двигателей: учебное пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 99 с.	49 + ЭБ ПНИПУ
2	Агрегаты регулирования жидкостных ракетных двигательных установок: учебное пособие / Ю. И. Васютин [и др.]; Под ред. Д. А. Ягодникова. – М.: Изд-во МГТУ, 2015. – 224 с.	1
3	Белоусов А.Н. Теория и расчет авиационных лопаточных машин: учебник для вузов. – Самара: Изд-во СамГАУ, 2003. – 341 с.	94
4	Воробей В.В. Теоретические основы проектирования технологических процессов ракетных двигателей. Технология производства жидкостных ракетных двигателей: учебник для вузов. – М.: Дрофа, 2007. – 462 с.	6
5	Григорьев А.А. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебное пособие для вузов. – Пермь : Изд-во ПГТУ, 2006. – 252 с.	2006 – 70 2007 – 53 + ЭБ ПНИПУ
6	Григорьев А.А. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Теоретические основы: учебное пособие для вузов. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2010. – 367 с.	69 + ЭБ ПНИПУ
7	Григорьев В.А. Кузнецов С.П., Белоусов А.Н. Основы доводки авиационных ГТД: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2012. – 151 с.	5
8	Григорьев В.А., Кузнецов С.П., Морозов И.И. Подготовка и проведение испытаний авиационных ГТД: учебное пособие. – Самара: Изд-во СГАУ, 2007. – 111 с.	6
9	Добровольский М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования : учебник для вузов / Под ред. Д.А. Ягодникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 486 с.	15
10	Дорофеев А.А. Основы теории тепловых ракетных двигателей. Теория, расчет и проектирование: учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 463 с.	3

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
11	Дорофеев А.А. Ядерные ракетные двигатели и энергетические установки. Введение в теорию, расчет и проектирование : учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. – 343 с.	3
12	Евграшин Ю.Б. Проектирование и отработка ракетных двигателей на твёрдом топливе: учебное пособие для вузов. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 353 с.	153 + ЭБ ПНИПУ
13	Иноземцев А.А., Нихамкин М.Ш., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учебник для вузов: в 5 т., Т. 1: Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы. – М.: Машиностроение, 2008 – 200 с.	40
14	Иноземцев А.А., Нихамкин М.Ш., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учебник для вузов: в 5 т., Т. 2: Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства. – М.: Машиностроение, 2008 – 367 с.	40
15	Иноземцев А.А., Нихамкин М.Ш., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учебник для вузов: в 5 т., Т. 3: Зубчатые передачи и муфты. Пусковые устройства. Трубопроводные и электрические коммуникации. Уплотнения. Силовой привод. Шум. Автоматизация проектирования и поддержки жизненного цикла. – М.: Машиностроение, 2008 – 226 с.	41
16	Иноземцев А.А., Нихамкин М.Ш., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учебник для вузов: в 5 т., Т. 4: Динамика и прочность авиационных двигателей и энергетических установок. – М.: Машиностроение, 2008 – 191 с.	40
17	Иноземцев А.А., Нихамкин М.Ш., Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учебник для вузов: в 5 т., Т. 5: Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок. – М.: Машиностроение, 2008 – 186 с.	41
18	Испытания авиационных двигателей: учебник для вузов / В.А. Григорьев [и др.]; Под ред. В.А. Григорьева. – М.: Машиностроение, 2009. – 502 с.	12
19	Испытание и обеспечение надежности ракетных двигателей: учебник для вузов / А. И. Коломенцев [и др.]. – Красноярск: Изд-во Сиб. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 335 с.	1

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
20	Калинчев В.А., Ягодников Д.А. Технология производства ракетных двигателей твердого топлива: учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ, 2011. – 687 с.	6
21	Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей / Под ред. Г. Г. Гахуна. – М.: Машиностроение, 1989. – 424 с.	47
22	Конструкция и проектирование комбинированных ракетных двигателей на твердом топливе: учебное пособие для вузов / Б. В. Обносов [и др.]; Под ред. В. А. Сорокина. – М: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 303 с.	6
23	Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении: учебное пособие для вузов / В. И. Круглов [и др.]. – М.: Логос, 2011. – 431 с.	13
24	Проектный термогазодинамический расчет основных параметров авиационных лопаточных машин: учебное пособие для вузов / А.Н. Белоусов [и др.]. – Самара: Изд-во СамГАУ, 2006. – 315 с.	95
25	Теория двухконтурных турбореактивных двигателей /В.П. Деменченко, Л.Н. Дружинин, А.Л. Пархомов и др. Под ред. проф. Шляхтенко С.М. и В.А. Сосунова. – М.: Машиностроение, 1979.	5
26	Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей / В.М. Акимов, В.И. Бакулев, Р.И. Курзинер и др. Под ред. проф. Шляхтенко С.М. – М.: Машиностроение, 1987.	23
27	Технология производства авиационных газотурбинных двигателей: учебное пособие для вузов / Ю.С. Елисеев [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 511 с.	39
28	Технология производства жидкостных ракетных двигателей: учебник для вузов / В. А. Моисеев [и др.]; Под ред. В. А. Моисеева. – М: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 379 с.	21
2.2 Периодические издания		
1	Авиационные и ракетные двигатели: реферативный журнал	
2	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника	
3	Космонавтика и ракетостроение	
4	Газотурбинные технологии	
2.3 Нормативно-технические издания		
	Не предусмотрены	

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
2.4 Официальные издания		
Не предусмотрены		

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

8.3.1. Лицензионные ресурсы¹

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных: электрон. версии кн., журн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных: электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	ANSYS	444632	САЕ-программа для проведения инженерных расчетов
2	Практическое	Office Professional 2013	62445253	Для оформления научно-технических отчетов, обзоров и публикаций

¹ собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1. Специальные помещения и помещения для самостоятельной работы

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Мультимедийная аудитория	Кафедра РКТЭС	304, корпус Д	72	42
2	Компьютерный класс	Кафедра АД	203, корпус Г	36	7
3	Лаборатория	Кафедра АД	111, корпус Г	80	15
4	Компьютерный класс	Кафедра МКМК	403, корпус Д	36	15
5	Компьютерный класс	Кафедра РКТЭС	314, корпус Д	72	12

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 8

№ п/п	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Проектор Panasonic PT-LB78V, экран	1	Оперативное управление	304, корпус Д
2	Компьютер – ноутбук HP G62	1	Оперативное управление	304, корпус Д
3	Персональные компьютеры (процессор: AMD FX-8150, ОЗУ: 8 Gb – 7 шт.; процессор: AMD Phenom II X4 970, ОЗУ: 8 Gb – 5 шт.)	12	Оперативное управление	314, корпус Д
6	Персональные компьютеры (процессор: Celeron 2200 Duo, ОЗУ: 2 Gb – 7 шт.; процессор: AMD Athlon 1,8 ГГц, ОЗУ: 8 Gb – 8 шт.)	15	Оперативное управление	203, корпус Г
9	Компьютер (в составе Intel (R) Core(TM)i3CPU@ 2.93 ГГц, 3.6ГБ ОЗУ) в комплекте (локальная компьютерная сеть)	12	Оперативное управление	403, корпус Д

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		
5		
6		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)



ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине
«Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки
летательных аппаратов)»

Направление подготовки	24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая техника
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов
Научная специальность	05.07.05 Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов
Квалификация выпускника:	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающие кафедры:	Авиационные двигатели (АД) Механика композиционных материалов и конструкций (МКМК) Ракетно-космическая техника и энергетические системы (РКТЭС)
Форма обучения:	Очная
Курс: 2,3	Семестры: 4,5
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен: 5	Зачёт: 4

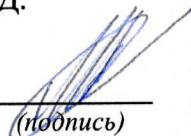
Пермь 2017 г.

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» разработан на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 890 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 24.06.01 – Авиационная и ракетно-космическая техника.
- Общая характеристика программы аспирантуры;
- Паспорт научной специальности 05.07.05 – Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года).

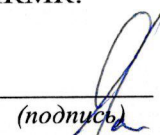
ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры АД.

Протокол от «25» мая 2017 г. № 23.

Заведующий кафедрой д-р техн. наук, проф.  А.А. Иноземцев
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

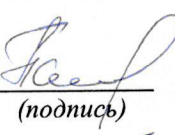
ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры МКМК.

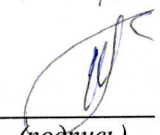
Протокол от «17» мая 2017 г. № 15.

Заведующий кафедрой д-р техн. наук, проф.  А.Н. Аношкин
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры РКТЭС.

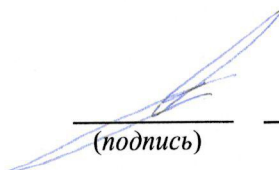
Протокол от «24» июня 2017 г. № 18.

Заведующий кафедрой д-р техн. наук, проф.  М.И. Соколовский
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

Руководитель программы д-р техн. наук, проф.  Р.В. Бульбович
(ученая степень, звание) (подпись) (инициалы, фамилия)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель комиссии
по подготовке научных кадров
Совета по науке и инновациям

 В.П. Первадчук
(подпись) (инициалы, фамилия)

Начальник управления
подготовки кадров
высшей квалификации

 Л.А. Свисткова
(подпись) (инициалы, фамилия)

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Согласно основной профессиональной образовательной программе аспирантуры учебная дисциплина Б1.В.01 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

– владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники (ОПК-1).

1.2 Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров. В 4 семестре предусмотрены аудиторские лекционные занятия, в 5 семестре – практические занятия, а также самостоятельная работа аспирантов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций знать, уметь, владеть, указанные в дисциплинарных картах компетенций в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения и являются показателями достижения заданного уровня освоения компетенций (табл. 1).

Таблица 1

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине
(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля			
	4 семестр		5 семестр	
	Текущий	Зачёт	Текущий	Кандидатский экзамен
Усвоенные знания				
3.1 знать методы расчета внутри-камерных процессов	С	ТВ		
3.2 знать методы анализа влияния параметров рабочего процесса на эффективность двигателей и энергоустановок ЛА различных схем			С	ТВ
3.3 знать характеристики рабочего процесса двигателей и энергоустановок ЛА различного назначения	С	ТВ		
3.4 знать основы проектирования двигательных и энергетических установок ЛА как сложных технических систем			С	ТВ
3.5 знать методы расчетов на прочность элементов двигателей и энергоустановок ЛА	С	ТВ		
3.6 знать методы конструирования узлов, деталей, агрегатов двигателей и энергетических установок ЛА	С	ТВ		

3.7 знать методы испытаний двигательных и энергетических установок ЛА и их элементов, планирования эксперимента, назначение и устройство испытательных стендов и комплексов			С	ТВ
3.8 знать методы оценки и обеспечения надежности функционирования двигательных и энергетических установок ЛА	С	ТВ		
3.9 знать основы проектирования технологических процессов			С	ТВ
3.10 знать методы сборки и принципы автоматизации производства двигательных и энергетических установок ЛА			С	ТВ
Освоенные умения				
У.1 уметь использовать современные компьютерные технологии для конструирования и проведения инженерных расчетов	ОТЗ	ПЗ		
Приобретенные владения				
В.1 владеть методологией проектирования двигательных и энергетических установок	ОТЗ	ПЗ		
В.2 владеть методологией расчета двигательных и энергетических установок ЛА различных схем	ОТЗ	ПЗ		
В.3 владеть методологией проведения экспериментальных исследований в области авиационной и ракетно-космической техники			ОТЗ	ПЗ

С – собеседование по теме; ТВ – теоретический вопрос; ТЗ – творческое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности; ОТЗ – отчет по творческому заданию; ПЗ – практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Творческое задание - частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета (4 семестр) и кандидатского экзамена (5 семестр), проводимые с учетом результатов текущего контроля.

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

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля.

Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

2.1 Текущий контроль

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей знаний, умений и владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1) проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

• Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
<i>Незачтено</i>	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

• Защита отчета о творческом задании

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение полученных знаний и умений , аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
<i>Незачтено</i>	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

2.2 Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета (4 семестр) и кандидатского экзамена (5 семестр) по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки знаний и практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете и кандидатском экзамене:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета и 5-балльной системе оценивания путем выборочного контроля во время кандидатского экзамена.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета и кандидатского экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на **зачете**

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно. Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично усвоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

Таблица 5

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на **кандидатском экзамене**

Оценка	Критерии оценивания
5	Аспирант продемонстрировал сформированные и систематические знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов. Аспирант правильно выполнил контрольное задание билета. Показал успешное и систематическое применение полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов.

Оценка	Критерии оценивания
4	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал недостаточно уверенные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с небольшими неточностями. Показал в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>
3	<p>Аспирант продемонстрировал неполные знания при ответе на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал неуверенные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с существенными неточностями. Показал в целом успешное, но не систематическое применение полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>
2	<p>При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета и кандидатского экзамена считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено».

Таблица 6

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций
на кандидатском экзамене

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
5	Аспирант получил по дисциплине оценку «отлично»
4	Аспирант получил по дисциплине оценку «хорошо»
3	Аспирант получил по дисциплине оценку «удовлетворительно»
2	Аспирант получил по дисциплине оценку «неудовлетворительно»

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

4.1 Типовые творческие задания:

1. Предложите методику определения требуемого давления в области за срезом сопла испытуемого ракетного двигателя с дорасширительным насадком или без него, если режимы работы сопла с отрывом потока недопустимы.
2. Предложите критерии оптимизации составной камеры двухтопливного ЖРД.
3. Предложите критерии оптимизации раздвижного сопла для двухтопливного ЖРД.

4.2 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:

1. Классификация и принципы действия воздушно-реактивного двигателя.
2. Основные параметры, характеризующие воздушно-реактивный двигатель.
3. Типы камер сгорания воздушно-реактивного двигателя.
4. Принципиальные схемы подачи топлива в камеры сгорания воздушно-реактивных двигателей.
5. Способы обеспечения устойчивой работы компрессора газотурбинного двигателя.
6. Классификация газотурбинных двигателей.
7. Понятие расчетного режима работы газотурбинного двигателя.
8. Назначение комбинированных энергоустановок различных типов.
9. Классификация ракетных двигателей.
10. Устройство и оценка совершенства сопел ракетных двигателей.
11. Воспламенение твердых ракетных топлив.
12. Особенности конвективного теплообмена в камере сгорания и сопле ракетного двигателя.
13. Процессы в камере сгорания ЖРД.
14. Типы систем подачи в ЖРД и области их применения.
15. Зависимости скорости горения твердых ракетных топлив от давления и начальной температуры.
16. Плотность заражения камеры сгорания ракетного двигателя, основные ограничения плотности заражения.

4.3 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:

1. Перечислите физические факторы, объясняющие снижение удельного импульса вследствие наличия в потоке кроме газа конденсированной фазы.
2. Перечислите основные факторы (неидеальности), определяющие отличие реальных процессов в соплах от их идеального представления и, как следствие, способствующие уменьшению значения удельного импульса по отношению к возможному максимальному для конкретного ракетного топлива.
3. Почему условное время пребывания для ЖРД малой тяги, как правило, выше, чем для двигателей больших тяг, работающих на тех же топливах?
4. Обоснуйте возможность приближенного описания гетерогенных химических реакций и термической ионизации (которые могут быть формально отнесены к химическим превращениям) с использованием аппарата констант равновесия, записанных через парциальные давления газов.

4.4 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на кандидатском экзамене по дисциплине:

Перечень контрольных вопросов для сдачи кандидатского экзамена по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» разработан на основе утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации Программы экзамена кандидатского минимума с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

1. Термодинамические циклы воздушно-реактивных двигателей.
2. Входные устройства воздушно-реактивных двигателей.
3. Выходные устройства воздушно-реактивных двигателей.
4. Камеры сгорания воздушно-реактивных двигателей.
5. Принципы организации рабочего процесса в прямоточных камерах сгорания различных схем.
6. Компрессор и турбина в системе воздушно-реактивных двигателей.

7. Основные схемы и требования к компрессорам и турбинам газотурбинного двигателя.
8. Цель и порядок термогазодинамического расчета газотурбинного двигателя.
9. Турбореактивные и турбореактивные форсированные двигатели.
10. Турбореактивные двухконтурные и турбореактивные форсированные двигатели.
11. Требования к динамике современных авиационных двигателей.
12. Принципиальные схемы прямоточных и основных типов комбинированных двигателей.
13. Прямоточные воздушно-реактивные двигатели.
14. Комбинированные воздушно-реактивные двигатели.
15. Открытые и закрытые утилизационные циклы.
16. Пути и методы дальнейшего совершенствования комбинированных энергоустановок на базе авиационных двигателей.
17. Характеристические параметры ракетных двигателей: удельный импульс, характеристическая скорость, коэффициент тяги сопла, удельная масса.
18. Расчет тяги и удельного импульса камеры РД с использованием газодинамических функций.
19. Устройство и оценка совершенства сопел. Режимы недорасширения и перерасширения.
20. Дроссельная характеристика ЖРД.
21. Методы расчета конвективных тепловых потоков в камере сгорания и сопле ракетного двигателя.
22. Теплозащитные покрытия и механизмы их разрушения.
23. Процессы в камере сгорания ЖРД и их расчет.
24. Особенности и схемы теплозащиты стенок камеры ЖРД.
25. Неустойчивость рабочего процесса в ЖРД.
26. Расчет основных параметров турбин и насосов турбонасосного агрегата.
27. Зависимости скорости горения твердого ракетного топлива от давления и начальной температуры. Эрозионное горение.
28. Приближенный расчет изменения давления в камере при запуске двигателя.
29. Неустойчивость рабочего процесса в РДТТ.
30. Принципиальные схемы гибридных ракетных двигателей, модели горения в них.

4.5 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на кандидатском экзамене по дисциплине:

1. Если развиваемую пустотную тягу принять за 100 %, то какую часть составляет основная составляющая тяги, тяга расширяющейся части сопла и вклад его сужающейся части?
2. Если сопло или его часть крепится к камере сгорания, то как найти сечение закрепления, в котором осевое усилие равно нулю?
3. Как изменится тяга работающей в пустоте ракетной камеры, если рабочее тело – продукты сгорания водорода и кислорода – заменить подогретой смесью водорода с гелием, а значения скорости, плотности и давления рабочего тела в выходном сечении сопла не изменились?

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета и кандидатского экзамена в форме утвержденных билетов хранится на кафедрах АД, МКМК и РКТЭС.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

Направление

24.06.01 Авиационная и ракетно-космическая
техника

Программа

Тепловые, электроракетные двигатели и
энергоустановки летательных аппаратов

Кафедра

«Ракетно-космическая техника и
энергетические системы»

Дисциплина

«Тепловые, электроракетные двигатели и
энергоустановки летательных аппаратов»

БИЛЕТ № 1

1. Термодинамические циклы воздушно-реактивных двигателей.
2. Устройство и оценка совершенства сопел. Режимы недорасширения и перерасширения.
3. Определить напряженно-деформированное состояние прочноскрепленного заряда для модели плоскодеформированного состояния.

Составитель _____
(подпись)

Бульбович Р.В.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

Соколовский М.И.

« ____ » _____ 201 ____ г.

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		
5		
6		