


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

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы

  
Р.В. Бульбович  
д.т.н., профессор кафедры РКТЭС

« 17 » мая 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры**

**«Тепловые электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»**

<b>Научная специальность</b>	2.5.15 Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов
<b>Выпускающая(ие) кафедра(ы)</b>	Ракетно-космическая техника и энергетические установки (РКТЭС) Авиационные двигатели (АД)
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 3</b>	<b>Семестр (ы): 5</b>
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	Экзамен: 5 Диф. зачёт: Зачёт:

## 1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Автоматизированные системы обработки информации и управления производственными процессами» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

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

### 1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.5.15 Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Кандидатский экзамен представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

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

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать 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.

### **3, Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы**

Таблица 1 - Объем и виды учебной работы

№ пп	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		5 семестр
1	Аудиторная работа	20
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	9
	Самостоятельная работа (СР)	88
	Форма итогового контроля:	Экзамен
	Трудоёмкость дисциплины, всего:	
	в часах (ч)	<b>144</b>
	в зачётных единицах (ЗЕ)	<b>4</b>

### **4. Содержание учебной дисциплины**

#### **4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины**

##### **Раздел 1**

(Л – 2, СР – 26)

##### **Тема 1. Воздушно-реактивные двигатели (ВРД).**

ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ, ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ, ТЯГА, КПД, МОЩНОСТЬ, ВХОДНОЕ УСТРОЙСТВО, ВЫХОДНОЕ УСТРОЙСТВО, КАМЕРА СГОРАНИЯ, КОМПРЕССОР, ТУРБИНА, УСТОЙЧИВОСТЬ, СТЕПЕНЬ ДВУХКОНТУРНОСТИ, ТУРБОРЕАКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ, ТУРБОРЕАКТИВНЫЕ ФОРСИРОВАННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Классификация и принципы действия ВРД. Двигатели прямой и непрямо́й 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 Лавала 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 прямоточных 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 прямоточных 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 прямоточного 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**

КОМБИНИРОВАННЫЕ ЭНЕРГОУСТАНОВОКИ, ОТКРЫТЫЕ И ЗАКРЫТЫЕ УТИЛИЗАЦИОННЫЕ ЦИКЛЫ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ КПД, КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛА, СВОБОДНАЯ ТУРБИНА, РЕДУКТОРНЫЕ И БЕЗРЕДУКТОРНЫЕ СХЕМЫ

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 – 26)

### **Тема 3. Общие вопросы теории ракетных двигателей**

ЖРД, РДТТ, ГРД, ЯДЕРНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ, ЛАЗЕРНЫЕ И СОЛНЕЧНЫЕ ДВИГАТЕЛИ, ТЯГА, КПД, УДЕЛЬНЫЙ ИМПУЛЬС, СОПЛО, ПОТЕРИ, ВЫСОТНАЯ И ДРОССЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, ЖИДКИЕ, ТВЕРДЫЕ И ГИБРИДНЫЕ РАКЕТНЫЕ ТОПЛИВА, ТЕПЛООБМЕН, ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ

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 термодинамических 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)**

**КАМЕРА СГОРАНИЯ, ГАЗОГЕНЕРАТОР, ТЕПЛОЗАЩИТА, НЕУСТОЙЧИВОСТЬ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА, СИСТЕМА ПОДАЧИ, ТУРБОНАСОСНЫЙ АГРЕГАТ, ДОЖИГАНИЕ, НАДЕЖНОСТЬ, РЕСУРС, МНОГОКРАТНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ**

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)**

**БАЛЛИСТИЧНЫЕ И СМЕСЕВЫЕ ТВЁРДЫЕ РАКЕТНЫЕ ТОПЛИВА, ГОРЕНИЕ, ЗАРЯДЫ, ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ, ВОСПЛАМЕНЕНИЕ, РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЯГИ, ГИБРИДНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ**

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.

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

(ПЗ – 3, СР – 16)

#### **Тема 6. Процесс проектирования и его особенности**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, САПР, СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ, ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ТРАНСФОРМАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ, ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ОПТИМИЗАЦИЯ, ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ

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**

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД, ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ САПР, ПОДСИСТЕМЫ САПР, ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, ГИДРОГАЗОДИНАМИКА, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА, ПРОЧНОСТЬ, ДИНАМИКА, РЕГУЛИРОВАНИЕ, МЕТОДЫ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, АНАЛИЗА СТАТИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ И ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ, ГРАФО-

## АНАЛИТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ГРАФИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ВЫПУСК КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА, БАЗЫ ДАННЫХ, СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ, ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ

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 – 16)

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

##### **ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ, ВИДЫ ОБРАБОТКИ, КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ**

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, УСТРОЙСТВА И АППАРАТУРА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ, КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ, ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ, СБОРОЧНАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ, БАЛАНСИРОВКА**

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.

**4.2. Перечень тем практических занятий**

Таблица 2 - Темы практических занятий

№ пп	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
2	1,4,5,7	Методы анализа переходных процессов	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
1	6	Методы решения задачи и однокритериальной многокритериальной оптимизации	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	8,9	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.

### 4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

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

Таблица 3 - Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1,4,5,7	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 электро-химические 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	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

		конструкционных материалов.		
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.

**6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине**

**6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы**

№ пп	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Ерохин Б.Т. Теория и проектирование ракетных двигателей: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: Лань, 2015. – 596 с.	26 + ЭБС "Лань"
2	Соколовский, М.И. Конструкция ракетных двигателей твёрдого топлива: монография: в 4 ч ./М.И. Соколовский, А.Ю. Лузенин. – Пермь: Изд-во Перм. нац. иссл. Политехн. ун-та, 2019	
3	Иноземцев А.А. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: в 5-и томах, учеб./А.А. Иноземцев, М.А. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. М.: Машиностроение, 2008. – Т.1.- 201 с.	
4	Иноземцев А.А. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: в 5-и томах, учеб./А.А. Иноземцев, М.А. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. М.: Машиностроение, 2008. – Т.1.- 201 с.	
5	Добровольский. М.В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: учебник для высших учебных заведений /М.В. Добровольский; под ред. Д.А. Ягодникова – 3-е изд., доп. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016 -461, [3] с.: ил.	15
6	Прандтль Л. Гидроаэромеханика. — Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». 2000. 576 с.	
7	Краснов Н.Ф. Аэродинамика. Ч. II. Методы аэродинамического расчета.: Учебник для студентов вузов. - 3-е изд., перераб. и доп. -М.: Высш. школа, 1980.- 416 с. с нл.	
8	Аэродинамика в вопросах и задачах: Учеб. пособие для вузов/ Краснов Н.Ф., Кошевой В. Н., Данилов А. Н. и др.; Под ред. Н. Ф. Краснова. — М.; Высш. шк., 1985. — 759 с, ил.	
9	Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. В 2 ч.: Учеб. руководство: Для вузов.- 5-е изд., перераб. и доп.- М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1991.	
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебно-методические, научные издания</b>		
1	Августинович В.Г. Математическое моделирование авиационных двигателей: учебное пособие. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008. – 99 с.	49 + ЭБ ПНИПУ

№ пп	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
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	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
10	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
11	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
12	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

№ пп	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
13	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
14	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
15	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
16	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
17	Испытания авиационных двигателей: учебник для вузов / В.А. Григорьев [и др.]; Под ред. В.А. Григорьева. – М.: Машиностроение, 2009. – 502 с.	12
18	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
19	Калинчев В.А., Ягодников Д.А. Технология производства ракетных двигателей твердого топлива: учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ, 2011. – 687 с.	6
20	Конструкция и проектирование жидкостных ракетных двигателей / Под ред. Г. Г. Гахуна. – М.: Машиностроение, 1989. – 424 с.	47
21	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
22	Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении: учебное пособие для вузов / В. И. Круглов [и др.]. – М.: Логос, 2011. – 431 с.	13

№ пп	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
23	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
24	Теория двухконтурных турбореактивных двигателей /В.П. Деменченков, Л.Н. Дружинин, А.Л. Пархомов и др. Под ред. проф. Шляхтенко С.М. и В.А. Сосунова. – М.: Машиностроение, 1979.	5
25	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
26	Технология производства авиационных газотурбинных двигателей: учебное пособие для вузов / Ю.С. Елисеев [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 511 с.	39
27	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
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	Авиационные и ракетные двигатели: реферативный журнал	
2	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника	
3	Космонавтика и ракетостроение	
4	Газотурбинные технологии	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	Не предусмотрены	
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	Не предусмотрены	

## 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

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.

5. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманит., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

6. ScienceDirect [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. науч. журн. и кн. по обществ., естеств. и техн. наукам на англ. яз.] / Elsevier B. V. – Amsterdam, 2016. – Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

7. Scopus [Электронный ресурс]: [мультимедийная реф.-библиограф. и наукометр. база данных на англ. яз.] / Elsevier B. V. – Amsterdam, 2016. – Режим доступа: <http://www.scopus.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

8. Springer [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. журн., кн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам, протоколы исследований на англ. и нем. яз.] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Cham, 2016. – Режим доступа: <http://link.springer.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

9. Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

10. Информационная система Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : законодат. и норматив. док., коммент., журн. и др.] / Кодекс. – Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. – Санкт-Петербург, 2009-2013. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

### **6.3. Профессиональные базы данных**

1. Авианортал - <http://www.air.my1.ru/>
2. Официальный сайт ЦИАМ <http://www.ciam.ru/>
3. Инженерно-технический журнал «ANSYS Advantage – <http://www.ansysadvantage.ru>
4. Инженерно-технический журнал «ANSYS Solutions. Русская редакция» – <http://www.ansysolutions.ru>



#### 6.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

Таблица 4

№ пп	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Пер. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Самостоятельная работа	Office Professional 2007	42661567	Подготовка презентаций и отчетов
2	Самостоятельная работа	ANSYS	444632	Проведение прочностных, тепловых и гидрогазодинамических расчетов

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

##### 7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 5

№ 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

## 8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является кандидатский экзамен, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

### 8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

#### • Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и 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.

#### • 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.

#### Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

#### • Шкалы оценивания результатов обучения при сдаче экзамена:

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по 5-балльной системе оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Шкала оценивания результатов освоения на экзамене

Оценка	Критерии оценивания
5	Аспирант продемонстрировал сформированные и систематические знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал отличные <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов. Аспирант правильно выполнил контрольное задание билета. Показал успешное и систематическое <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> 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 <b>знания</b> 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 <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> 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 <b>знания</b> 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 <b>применение</b> полученных знаний и <b>умений</b> 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 <b>знания</b> 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 <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

### **9. 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.

### **10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины**

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи кандидатского экзамена по научной специальности 2.5.15 Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

#### **Типовые творческие задания:**

1. Предложите методику определения требуемого давления в области за срезом сопла испытываемого 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.

**Типовые контрольные задания:**

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.

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «Ракетно-космическая техника и энергетические системы».

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

**Шифр научной специальности**  
2.5.15 – Тепловые, электроракетные двигатели  
и энергоустановки летательных аппарат  
**Программа аспирантуры**  
Тепловые, электроракетные двигатели и  
энергоустановки летательных аппарат  
**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.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Лист регистрации изменений**

<b>№ п.п.</b>	<b>Содержание изменения</b>	<b>Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой</b>
1	2	3
1		
2		
3		
4		