

Министерство образования и науки 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 202\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«Современные проблемы создания двигателей 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>Выпускающие кафедры:</b>	Ракетно-космическая техника и энергетические системы (РКТЭС) Авиационные двигатели (АД)
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс: 2</b>	<b>Семестр: 4</b>
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	Экзамен: Диф. Зачёт: Зачёт: <b>4</b>

Пермь 2022

## 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 «Современные проблемы создания двигателей 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.

Зачёт представляет 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:**

– тенденции развития и современные проблем в области создания двигателей летательных аппаратов.

### **Уметь:**

– проводить самостоятельный анализ состояния научно-технической проблемы и выбирать возможные методы её решения в области создания двигателей летательных аппаратов.

### **Владеть:**

– разработкой новых методов исследования и их применения в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области создания двигателей летательных аппаратов на основе обобщения мирового опыта.

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1 - Объем и виды учебной работы

№ пп	Вид учебной работы	Трудоемкость, час.
		4 семестр
1.	Аудиторная работа	21
	В том числе:	
	Лекции (Л)	–
	Практические занятия (ПЗ)	16
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5
2.	Самостоятельная работа (СР)	51
3.	Итоговая аттестация по дисциплине:	кандидатский экзамен
	Форма итогового контроля:	зачет
4.	Трудоёмкость дисциплины, всего:	
	в часах (ч)	72
	в зачётных единицах (ЗЕ)	2

### 4. Содержание учебной дисциплины

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

##### Раздел 1. Проблемы создания авиационных двигателей (ПЗ – 8., СРС – 25)

##### Тема 1. Научно-техническое совершенствование термогазодинамических процессов и процессов горения в авиационных двигателях

ДВУХКОНТУРНЫЙ ТУРБОРЕАКТИВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, АДАПТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ, УСТОЙЧИВОСТЬ РАБОТЫ, НАДЁЖНОСТЬ ЗАПУСКА, ВЫСОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВРЕДНЫЕ ВЫБРОСЫ, ШУМ, АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ТОПЛИВА, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ГАЗОДИНАМИКА, ФЛАТТЕР, МОДЕЛИ ТУРБУЛЕНТНОСТИ, ДВУХФАЗНЫЕ ТЕЧЕНИЯ, ОБЛЕДЕНЕНИЕ, НИЗКОЭМИССИОННЫЕ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ

Повышение топливной экономичности (высокая степень двухконтурности двухконтурного турбореактивного двигателя (ТРДД), «открытый ротор», гибридный ТРДД). Обеспечение высокой адаптивности управления и устойчивой работы двигателей во всём диапазоне эксплуатации (адаптивная система управления). Обеспечение надёжного земного и высотного запуска (распределённая электрическая система запуска). Обеспечение вредных характеристик двигателей в условиях обледенения и других климатических условиях. Уменьшение вредных выбросов в атмосферу. Снижение шума в источнике. Освоение альтернативных топлив.

Повышение эффективности моделирования газодинамических процессов, явлений флаттера, газодинамических опор и уплотнений. Моделирование нестационарных процессов в элементах газодинамического тракта на основе совершенствования моделирования турбулентности. Моделирование двухфазных течений и процессов обледенения.

Создание методов и средств повышения эффективности процессов смешения и горения (конструкция распыливающих устройств, организация процесса околостехиометрического горения с температурой более 2000 К). Снижение эмиссии вредных веществ (схемы сжигания топлива с использованием методов интенсификации горения электрическим разрядом, промотивированием активными радикалами,

детонационные камеры сгорания). Обеспечение создания низкоэмиссионных камер сгорания, использующих технологии сжигания обеднённых смесей.

## **Тема 2. Перспективные направления в области обеспечения прочности, надёжности, безопасности и диагностики авиационных двигателей**

**МАТЕРИАЛЫ, БАНК ДАННЫХ, ПРОЧНОСТНАЯ НАДЁЖНОСТЬ, МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТЬ, МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ, ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ, АВИАЦИОННЫЕ ПРАВИЛА, НОРМЫ НАДЁЖНОСТИ, ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ**

Разработка научных основ и на их базе нормативных документов для системы квалификации материалов (создание банка данных по материалам). Разработка технологий обеспечения прочностной надёжности (методы учёта накопленной повреждаемости и определения остаточного ресурса в эксплуатации, прогнозирование автоколебаний лопаток, совершенствование критериев прочности и долговечности и др.). Разработка технологий многокритериальной многопараметрической оптимизации и виртуальных испытаний, интеграции расчётных и экспериментальных методов обеспечения прочностной надёжности (рекомендации по выбору силовой схемы двигателя, рекомендации по учёту влияния различных факторов (частота нагружения, форма цикла нагружения, кристаллографическая текстура) на кинетику усталостных трещин и др.).

Разработка Авиационных правил с учётом новых конструктивно-технологических и схемных решений. Разработка Норм надёжности двигателей различного назначения и методик оценки надёжности на различных стадиях жизненного цикла авиационного двигателя.

## **Раздел 2. Проблемы создания ракетных двигателей**

(ПЗ – 8 , СРС – 26 )

### **Тема 3. Перспективы развития и проблемы создания ракетных двигателей жидкого топлива**

**ЖИДКИЕ РАКЕТНЫЕ ТОПЛИВА, ГИБРИДНЫЕ ТОПЛИВА, КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, СХЕМЫ ЖРД, КОЛЬЦЕВАЯ КАМЕРА, МЕЛЛДЫ ОХЛАЖДЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, ТУРБОНАСОСНЫЙ АГРЕГАТ, УСТАЛОСТНАЯ ПРОЧНОСТЬ, НАДЁЖНОСТЬ, РЕСУРС, СТОИМОСТЬ, УНИФИКАЦИЯ**

Применение перспективных жидких ракетных топлив топлив (жидкий водород, шугообразный водород, жидкий фтор, кислородно-метановое топливо, гибридные топлива, топлива на основе золь, гелей и суспензий).

Применение новых конструкционных материалов и технологий их изготовления. Разработка новых схем ЖРД и двигательных установок (ДУ) (ЖРД с кольцевой камерой и соплом с центральным телом, двухтопливные ЖРД).

Уменьшение габаритных размеров и массы (повышенные значения давления в камеры сгорания (КС), интенсификация методов охлаждения КС, пульсирующие детонационные двигатели, снижение динамических нагрузок на турбонасосный агрегат и повышение усталостной прочности элементов конструкции).

Повышение уровня надёжности, ресурса и безопасности работы ДУ, снижение стоимости и времени конструкторско-технологической стадии создания ДУ (унификация основных узлов и агрегатов; разработка систем, обеспечивающих спуск нижних ступеней ракетносителей).

#### **Тема 4. Перспективы развития и проблемы создания ракетных двигателей твёрдого топлива**

СОВРЕМЕННЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, АРАМИДНЫЕ ВОЛОКНА, ВЫСОКОМОДУЛЬНЫЕ УГЛЕРОДНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ, НАНОМАТЕРИАЛЫ, КОНСТРУКТИВНО-КОМПОЗИЦИОННЫЕ СХЕМЫ, СОПЛО, СДВИГАЕМЫЕ КАСКАДЫ, СТЕПЕНЬ РАСШИРЕНИЯ, КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ, КОЭФФИЦИЕНТ ОБЪЕМНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ, УДЛИНЕННЫЕ СТЫКИ, ЗАРУБЕЖНЫЕ АНАЛОГИ

Недостатки существующих твёрдых ракетных топлив и тенденции их совершенствования.

Использование традиционных материалов в новых конструкциях ракетно-космической техники, современных композиционных материалов на основе сверхпрочных арамидных волокон и высокомодульных углеродных наполнителей, а также наноматериалов для форсирования свойств функциональных материалов.

Динамика совершенствования конструктивно-компоновочных схем (ККС) ракетных двигателей твердого топлива (РДТТ) и его основных подсистем (корпусов и сопловых блоков). Сопло со сдвигаемыми каскадами. Материаловедческие проблемы совершенствования сопел с большой степенью расширения.

Рациональные конструктивно-технологические схемы (КТС). Определяющие параметры КТС. Новые конструктивные схемы зарядов и уменьшение длины центральной части корпуса для повышения коэффициентов объемного заполнения корпуса. Применение удлиненных узлов стыковки (УУС).

Основные составляющие повышения уровня технического совершенства РДТТ, связанные с развитием ККС в сравнении с зарубежными аналогами.

#### **Тема 5. Проблемы освоения космического пространства. Ядерные и электроракетные двигатели**

ФЕДЕРАЛЬНАЯ КОСМИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА РОССИИ, КОСМИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА США, НАЦИОНАЛЬНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ, ЭТАПЫ ОСВОЕНИЯ КОСМОСА, АСТЕРОИДЫ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТВЕРДОТОПЛИВНЫХ ЭНЕРГОУСТАНОВОК, ЯДЕРНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ, РАБОЧИЕ ТЕЛА, РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Федеральной космической программа России. Космическая программа США. Космос как фактор обеспечения национальной безопасности. Развитие спутниковых систем. Коммерциализация космической деятельности и государственные программы.

Предлагаемые этапы освоения космического пространства. Астероидная проблема.

Тенденции повышения эффективности твердотопливных энергоустановок для космических систем на основе совершенствования твердых топлив (повышение энергетических характеристик, расширение диапазона значений баллистических характеристик, повышение стойкости к воздействию факторов космического пространства, снижение стоимости топлив и зарядов, повышение экологической безопасности, создание низкотемпературных топлив для РДТТ с глубоким регулированием тяги и многократным включением и др.).

Классификация ядерных ракетных двигателей. Рабочие тела ядерных ракетных двигателей. Схемы и принцип работы твёрдофазного, газофазного и жидкофазного ядерного ракетного двигателя. Импульсный ядерный ракетный двигатель. Преимущества и недостатки ядерных ракетных двигателей. Особенности использования ядерных ракетных двигателей (необходимость радиационной защиты экипажа космического корабля, остаточное внутреннее тепловыделение в конструкции).

Классификация электрических ракетных двигателей. Схемные решения создания электротермических, электростатических и электромагнитных ракетных двигателей. Достоинства и недостатки электрических ракетных двигателей. Энергетические и ценовые характеристики электрических ракетных двигателей. Современные проблемы совершенствования электрических ракетных двигателей.

#### **Тема 6. Экологические проблемы ракетно-космической деятельности**

**ЭКОЛОГИЯ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ОЗОНовый СЛОЙ, ТРАССЫ ВЫВЕДЕНИЯ, РАЙОНЫ ПАДЕНИЯ, ПОТРЕБНЫЕ ПЛОЩАДИ, ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ, КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР, ЛИКВИДАЦИЯ /УТИЛИЗАЦИЯ**

Глобальное влияние ракетно-космической техники на околоземное пространство. Воздействие при старте и на начальном этапе полета. Влияние на озоновый слой и ионосферу.

Проблема выбора трасс выведения и районов падения отработавших ступеней ракетносителей. Потребные площади районов падения отработавших ступеней.

Парниковый эффект.

Технические проблемы снижения засорения околоземного пространства космическим мусором.

Концепция ликвидации межконтинентальных баллистических ракет. Технические аспекты ликвидации /утилизации твёрдого ракетного топлива и зарядов, элементов конструкций ракетных двигателей твёрдого топлива (РДТТ), выполненных из композиционных материалов. Экологические аспекты ликвидации межконтинентальных баллистических ракет.

#### **4.4. Перечень тем практических занятий**

При изучении данной дисциплины практические занятия ведутся в форме спецсеминаров.

Таблица 3 – Темы практических занятий (спецсеминаров)

<b>№ пп</b>	<b>Номер темы дисциплины</b>	<b>Наименование темы практического занятия</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Представление оценочного средства</b>
1.	1	Научно-техническое совершенствование термогазодинамических процессов	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2.		Научно-техническое совершенствование процессов горения в авиационных двигателях	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3.	2	Перспективные направления в области обеспечения прочности авиационных двигателей	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4.		Перспективные направления в области обеспечения надёжности, безопасности и диагностики авиационных двигателей	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

5.	3	Перспективы развития и проблемы создания ракетных двигателей жидкого топлива	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6.	4	Перспективы развития и проблемы создания ракетных двигателей твёрдого топлива	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
7.	5	Проблемы освоения космического пространства. Ядерные и электроракетные двигатели	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
8.	6	Экологические проблемы ракетно-космической деятельности	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

#### 4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины спецсеминары проводятся во время практических занятий (перечень тем приведён в табл. 3).

#### 4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и подготовке к спецсеминарским занятиям.

Таблица 4 - Темы самостоятельных заданий

№ пп	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1.	1	Научно-техническое совершенствование термогазодинамических процессов	Собеседование	Вопросы по темам /разделам дисциплины
2.	2	Научно-техническое совершенствование процессов горения в авиационных двигателях	Собеседование	Вопросы по темам /разделам дисциплины
3.	3	Перспективные направления в области обеспечения прочности авиационных двигателей	Собеседование	Вопросы по темам /разделам дисциплины
4.	4	Перспективные направления в области обеспечения надёжности, безопасности и диагностики авиационных двигателей	Собеседование	Вопросы по темам /разделам дисциплины

<b>№ пп</b>	<b>Номер темы дисциплины</b>	<b>Наименование темы самостоятельной работы</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Представление оценочного средства</b>
5.	5	Перспективы развития и проблемы создания ракетных двигателей жидкого топлива	Собеседование	Вопросы по темам /разделам дисциплины
6.	6	Перспективы развития и проблемы создания ракетных двигателей твёрдого топлива	Собеседование	Вопросы по темам /разделам дисциплины
7.	7	Проблемы освоения космического пространства. Ядерные и электроракетные двигатели	Собеседование	Вопросы по темам /разделам дисциплины
8.	8	Экологические проблемы ракетно-космической деятельности	Собеседование	Вопросы по темам /разделам дисциплины

### **5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины**

При изучении дисциплины «Современные проблемы создания двигателей 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	«Федеральная космическая программа России на 2006-2015 годы» (с изменениями, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 31 марта 2011 г. № 235)	

## 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 гуманитар., 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]: [мультидисциплинар. 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 гуманитар., 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. http://air.myl.ru/](http://www.air.myl.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

№ пп	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. 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 4

№ 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 зачёт, 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.

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

Таблица 2 - Критерии и показатели оценивания собеседования

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.

#### • Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачёта 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 зачёта:**

Оценка результатов обучения по дисциплине проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

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

Таблица 4 - Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на **зачете**

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	<p>Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или 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 правильно.</p>
<i>Незачтено</i>	<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 зачёта по дисциплине «Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

### **Типовые творческие задания:**

Не предусмотрены.

### **Типовые контрольные задания:**

1. Какие проблемы возникают при повышении двухконтурности ТРДД?
2. Какими техническими решениями достигается снижение вредных выбросов от авиационного двигателя?
3. Какова должна быть постановка научно-технической задачи по уменьшению шума на местности от самолета?
4. Как ставится задача по изучению флаттера лопатки турбины?
5. Какими решениями обеспечивается создания низкоэмиссионных камер сгорания, использующих технологии сжигания обеднённых смесей?
6. Какова суть технологий многокритериальной многопараметрической оптимизации и виртуальных испытаний применительно к авиационному двигателю?
7. Какие научно-технические проблемы возникают при применении высокоэнергетических ракетных топлив?
8. Какие научно-технические проблемы необходимо решать для уменьшения габаритных размеров и массы ЖРД?
9. Перечень научно-технических задач, появляющихся при использовании твёрдых ракетных топлив в космосе.
10. Решение каких научно-технических задач определило возможность совершенствования конструктивно-компоновочных схем РДТТ?
11. Решение каких научно-технических задач определило возможность совершенствования конструктивно-технологических схем РДТТ?
12. Требования к ракетным двигателям для этапного освоения космического пространства.
13. Современные научно-технические проблемы использования ядерных ракетных двигателей.
14. Современные научно-технические проблемы совершенствования электрических ракетных двигателей.
15. Научно-технические проблемы экологии ракетно-космической деятельности.

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**  
Современные проблемы создания двигателей  
летательных аппаратов

**БИЛЕТ № 1**

1. Уменьшение вредных выбросов в атмосферу от авиационного двигателя.
2. Какова суть технологий многокритериальной многопараметрической оптимизации и виртуальных испытаний применительно к авиационному двигателю?

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		