


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 202\_\_ г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«Критические технологии создания авиационных и ракетных двигателей»**

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

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 «Критические технологии создания авиационных и ракетных двигателей» 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:**

- критические технологии в области авиационной техники.

### **Уметь:**

- проводить самостоятельные исследования при разработке критических технологий в области авиационной техники.

### **Владеть:**

- методами и средствами разработки новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности при разработке критических технологий в области авиационной техники.

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

Таблица 1 - Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		5 семестр
1	Аудиторная работа	17
	В том числе:	
	Лекции (Л)	5
	Практические занятия (ПЗ)	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	6
	Самостоятельная работа (СР)	55
	Форма итогового контроля:	Зачёт
	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. Современные тенденции совершенствования двигателей

(Л – 2, СР – 22 )

##### Тема 1. Современные тенденции совершенствования параметров двигателей

ГАЗОТУРБИННЫЕ ДВИГАТЕЛИ, ЭКОНОМИЧНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ, УДЕЛЬНАЯ МАССА, РЕСУРС, СТЕПЕНЬ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ, КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Газотурбинные двигатели, экономичность, надежность, удельная масса, ресурс. Направления и методы исследований в области совершенствования параметров двигателей. Газотурбинные двигатели, степень повышения давления, температура газа. Композиционные материалы в двигателестроении. Стеклопластики, углепластики, металлокомпозиты.

##### Тема 2. Методы математического моделирования аэрогазодинамики

МОДЕЛИРОВАНИЕ, АЭРОДИНАМИКА, ТУРБОМАШИНА, ТУРБУЛЕНТНОСТЬ, КАМЕРА СГОРАНИЯ, ТЕПЛОМАСООБМЕН

Моделирование аэродинамики турбомашин. Турбомашин, потери энергии, турбулентность. Методы математического моделирования процессов в камерах сгорания. Камеры сгорания ГТД, распыление топлива, смешение, горение, теплообмен.

##### Раздел 2. Критические технологии создания вентиляторов, компрессоров, турбин и камер сгорания

(Л – 3, ПР – 5, СР – 33)

**Тема 3. Критические технологии создания вентиляторов**  
**ГАЗОТУРБИННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ВЕНТИЛЯТОР, РАБОЧИЕ ЛОПАТКИ,**  
**КОМПРЕССОР, КРИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОФИЛИРОВАНИЕ**

Газотурбинный двигатель, вентилятор, рабочие лопатки вентилятора. Критические технологии создания компрессоров. Газотурбинные двигатели, компрессор, рабочие лопатки, профилирование.

**Тема 4. Критические технологии создания турбин**  
**ТУРБИНЫ ГТД, ЛОПАТКИ, ОХЛАЖДЕНИЕ, ТЕПЛОЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ,**  
**КАМЕРА СГОРАНИЯ, СМЕСИТЕЛИ, ЖАРОВЫЕ ТРУБЫ**

Турбины ГТД, охлаждение лопаток, теплозащитные покрытия. Критические технологии создания камер сгорания. Камеры сгорания ГТД, смесители, жаровые трубы, охлаждение.

**4.2. Перечень тем лабораторных работ**

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

**4.3. Перечень тем практических занятий**

При изучении данной дисциплины практические занятия не предусмотрены.

**4.4. Перечень тем семинарских занятий**

Таблица 3

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	3	Критические технологии создания вентиляторов	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	3	Критические технологии создания компрессоров	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	4	Критические технологии создания турбин	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	4	Критические технологии создания камер сгорания	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

№ пп	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Газотурбинные двигатели для магистральных самолетов: экономичность, надежность, удельная масса, ресурс.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	1	Направления повышения степени сжатия в компрессорах, увеличения двухконтурности, повышения, температура газа за камерой сгорания.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	2	Методы и средства численного моделирования аэродинамики турбомашин.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	2	Методы и средства моделирования процессов распыления топлива, смешения, горения, теплообмена в камерах сгорания.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	1,3	Стеклопластики, углепластики, металлокомпозиты: применение в конструкции узлов двигателей	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	3	Полые рабочие лопатки вентилятора.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
7	3	Вибрации рабочих лопаток, автоколебания, устойчивость компрессора	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
8	4	Охлаждение лопаток турбин, теплозащитные покрытия	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
9	4	Камеры сгорания ГТД: совершенствование конструкций смесителей, жаровых трубы, охлаждения деталей.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

## 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Критические технологии создания авиационных и ракетных двигателей» 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

№	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.	

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

№	<p align="center"><b>Библиографическое описание</b> (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</p>	<p align="center"><b>Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий</b></p>
1	2	3
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	Евграфин 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
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



№	<b>Библиографическое описание</b> <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	<b>Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий</b>
1	2	3
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
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. Деменченко, 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	

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
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 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]: [мультимедийный 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	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 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

№ п/п	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
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
4	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
5	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
6	Учебные модули-разрезы всех узлов ТРДД ПС-90А. Планшеты с продольными разрезами двигателя ПС-90А и его наземных модификаций.	1	Оперативное управление	111, корпус Г АКФ
7	Планшеты с продольными разрезами и учебные макет-разрезы турбостартера ТС-20А, авиационных двигателей АМ-3, Д-20П, Д-30П с узлами компрессора	1	Оперативное управление	015, корпус Г АКФ

## 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

<b>Уровень освоения</b>	<b>Критерии оценивания уровня освоения учебного материала</b>
<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

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
<i>Зачтено</i>	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.

Оценка	Критерии оценивания
	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.
<i>Незачтено</i>	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. 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.

### **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 «Критические технологии создания авиационных и ракетных двигателей» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

#### **4.1 Типовые творческие задания:**

Не предусмотрены

#### **4.2 Типовые контрольные задания:**

1. Постановка задачи и методы численного моделирования повреждения лопаток при столкновении с птицами.
2. Постановка задачи и методы экспериментального моделирования повреждения лопаток при столкновении с птицами.
3. Постановка задачи и методы численного моделирования статической прочности рабочих лопаток вентиляторов из композиционных материалов.
4. Постановка задачи и методы экспериментального моделирования статической прочности рабочих лопаток вентиляторов из композиционных материалов.
5. Постановка задачи и методы численного моделирования вибраций рабочих лопаток вентиляторов из композиционных материалов.
6. Постановка задачи и методы экспериментального моделирования вибраций рабочих лопаток вентиляторов из композиционных материалов.

7. Постановка задачи и методы численного моделирования обтекания лопаток компрессора.
8. Постановка задачи и методы экспериментального моделирования обтекания лопаток компрессора.
9. Постановка задачи и методы численного моделирования обтекания лопаток турбин.
10. Постановка задачи и методы экспериментального моделирования обтекания лопаток турбин.
11. Постановка задачи и методы численного моделирования вибраций лопаток турбин.
12. Постановка задачи и методы экспериментального моделирования вибраций лопаток турбин.
13. Постановка задачи и методы численного моделирования автоколебаний лопаток компрессора.
14. Постановка задачи и методы экспериментального моделирования автоколебаний лопаток компрессора.
15. Постановка задачи и методы численного моделирования процессов горения в камерах сгорания.
16. Постановка задачи и методы экспериментального моделирования процессов горения в камерах сгорания.
17. Постановка задачи и методы численного моделирования процессов эмиссии вредных веществ в камерах сгорания.
18. Постановка задачи и методы экспериментального моделирования процессов эмиссии вредных веществ в камерах сгорания.
19. Постановка задачи и методы численного моделирования процессов генерации шума в выходных устройствах.
20. Постановка задачи и методы экспериментального моделирования процессов генерации шума в выходных устройствах.

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. Методы математического моделирования процессов горения и теплообмена в камерах сгорания.
2. Постановка задачи и методы численного моделирования процессов генерации шума в выходных устройствах.

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		