

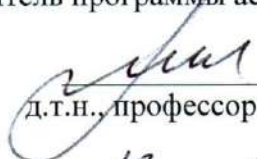


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы аспирантуры

 А.Ф. Сальников  
д.т.н., профессор кафедры РКТ и ЭС

«12» «мар» 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины  
«Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении»**

<b>Научная специальность</b>	2.5.21 Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении
<b>Выпускающая(ие) кафедра(ы)</b>	Ракетно-космической техники и энергетических систем
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 3</b>	<b>Семестр (ы): 5</b>

**Виды контроля с указанием семестра:**  
Экзамен: 5

Пермь 2022 г.

## 1. Общие положения

Программа дисциплины «Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении» 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 энергомашиностроения, включая разработку научных и методологических основ конструирования, производства, ремонта и эксплуатации; теоретические и экспериментальные исследования; технико-экономическое обоснование применения отдельных типов и типоразмеров машин, высокопроизводительных комплектов машин и механизмов, механизированного инструмента на всех стадиях жизненного цикла (расчет, проектирование, монтаж/демонтаж, наладка, эксплуатация, ремонт и испытания).

**Задачами дисциплины** являются:

– способность научно-обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических схем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства;

– способность использовать современные достижения науки, знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности ;

– изучение основных направлений научного и технического развития современных энергетических машин агрегатов и процессов, протекающих при трансформации энергии, включая конструирование, производство, ремонт и эксплуатацию, теоретические и экспериментальные исследования;

– формирование умения анализа конструктивных схем, оценки их технического технологического применения, модернизации на основе современных научных знаний процессов и технологических режимов с учетом современных потребностей народного хозяйства;

– формирование навыков научных и методологических основ теоретических и экспериментальных исследований применения трансформации энергии для конкретных машин и агрегатов энергетического машиностроения, разработки эффективных энергетических машин и агрегатов с современными конструктивными, технологическими и эксплуатационными характеристиками.

### 1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Машины, агрегаты и процессы (в машиностроении)» является обязательной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.5.21. – Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении



и диссертации.

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

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

### **Знать:**

- современный уровень развития энергетических машин, агрегатов и современные методы расчета термо-газодинамических процессов преобразования энергии в установках;
- принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности энергетических машин в том числе газо-паротурбинных двигателей, газоперекачивающих агрегатов, преобразователей энергии;
- методы разработки и проектирования энергетических машин в том числе газо-паротурбинных двигателей, газоперекачивающих агрегатов, преобразователей энергии.

### **Уметь:**

- разрабатывать научные и методологические методы исследования процессов, протекающих в энергетических машинах и агрегатах;
- разрабатывать конструктивные схемы энергетических машин в том числе газо-паротурбинных двигателей, газоперекачивающих агрегатов, преобразователей энергии;
- проводить оценку эффективности применения машин и агрегатов энергетического машиностроения, в том числе газо-паротурбинных двигателей, газоперекачивающих агрегатов, преобразователей энергии.

### **Владеть:**

- методами и средствами рационального выбора конструктивных схем энергетических машин в том числе газо-паротурбинных двигателей, газоперекачивающих агрегатов, преобразователей энергии;
- методами и средствами расчета и управления процессами в энергетических машинах в том числе газо-паротурбинных двигателях, газоперекачивающих агрегатах, преобразователях энергии.

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

Таблица.1

Объем и виды учебной работы

п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч.
		3 семестр
	Аудиторная работа	20
	В том числе:	
	Лекции (Л)	6
	Практические занятия (ПЗ)	6
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	9
	Самостоятельная работа (СР)	88
	Форма итогового контроля	Экзамен



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

##### **4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (4 семестр)**

###### **Раздел 1. Энергетические машины**

(Л – 2 ПЗ - 2, СР – 29)

###### **Тема 1. Газо-паротурбинные двигатели, энергетические машины**

Современное состояние энергетического машиностроения. Проблемные задачи конструктивного, технологического и эксплуатационного характера. Конструктивные схемы газотурбинных двигателей (ГТУ), газоперекачивающих агрегатов (ГПА), типы нагнетателей, электрогенераторы и машины малой энергетики, вспомогательное оборудование энергетических машин.

###### **Тема 2. Тенденции развития и совершенствования энергетических машин**

Мировые тенденции развития макро-микроэнергетики. Направления совершенствования конструктивных схем энергетических машин, в том числе газопаротурбинных двигателей, газоперекачивающих агрегатов, преобразователей энергии. Проблемы и уровень их решения на примере газоперекачивающих агрегатов, компрессорных станций и энергоблоков. Экспериментально-теоретические методы исследования задач энергетического машиностроения при разработке конструкций, отработке процессов и повышении энергетической эффективности машин, агрегатов и установок.

###### **Раздел 2. Узлы и агрегаты энергетического оборудования**

(Л – 2 ПЗ - 2, СР – 29)

###### **Тема 3. Агрегаты энергетических машин**

Основные тенденции развития и научные, конструкторские, технологические и эксплуатационные проблемы элементной базы машин, агрегатов газопаротурбинных двигателей, газоперекачивающих агрегатов, преобразователей энергии. Структурные особенности расчета, функционирования элементной базы газопаротурбинных двигателей, в том числе компрессора, камеры сгорания, турбины, парогенератора, различных нагнетателей, насосов, генераторов.

###### **Тема 4. Вспомогательное оборудование энергетических машин**

Направления современного развития вспомогательных систем энергетических машин. Принципы построения и функциональные особенности вспомогательных систем энергетических машин, агрегатов и устройств. Анализ технической и технологической надежности. Системы подготовки газа, системы маслообеспечения в энергетических машинах, системы выхлопа ГТУ. Элементная база вспомогательных систем газопаротурбинных двигателей, газоперекачивающих агрегатов, преобразователей энергии.

###### **Тема 5. Экологическая и техногенная безопасность эксплуатации энергетических машин**

Динамика энергопотребления в мире и России в частности. Проблемы и тенденции роста энергопотребления с экологической стороны. Локальные и глобальные последствия концентрации энергоресурсов и энергопотребителей. Основные загрязнения. Тепловое, химическое загрязнение. Мероприятия по снижению уровня вредных выбросов.

###### **Раздел 3. Исследование процессов в энергетических машинах, агрегатах и установках**

(Л – 2 ПЗ - 2, СР – 30)

###### **Тема 6. Термо-газодинамические процессы**

Особенности преобразования энергии в энергетических устройствах. Проблемные задачи процессов преобразования энергии. Современное состояние теоретических и



экспериментальных оценок процессов преобразования энергии. Современные методы расчета термо-газодинамических процессов в энергетических машинах, в том числе газопаротурбинных двигателей, газоперекачивающих агрегатов, преобразователей энергии.

Энергетические показатели преобразования энергии. Термодинамические циклы в паро-газотурбинных установках. КПД преобразования энергии и методы борьбы с потерями. Пути совершенствования процессов трансформации энергии.

#### **Тема 7. Экспериментальные методы исследования процессов.**

Методы научного познания законов трансформации энергии: теоретические, экспериментальные. Моделирование процессов, как основной метод физической базы экспериментальных исследований. Математические методы моделирования, современные программные продукты расчета газодинамических, термодинамических процессов в трактах энергетических машин, в том числе газопаротурбинных двигателей, газоперекачивающих агрегатов, преобразователей энергии.

#### **4.2. Перечень тем лабораторных работ**

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

#### **4.3. Перечень тем практических занятий**

Таблица 3

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	3	Особенности расчета, компрессора, камеры сгорания, турбины ГТУ	Творческое задание	Собеседование
2	4	Расчет системы подготовки газа	Творческое задание	Собеседование
3	5	Оценка теплового загрязнения КС	Творческое задание	Собеседование
4	6	Оценка термодинамических потерь ГТУ	Творческое задание	Собеседование
5	7	Алгоритмы математического моделирования ротор-статор взаимодействия ГТУ	Творческое задание	Собеседование

#### **4.4. Перечень тем семинарских занятий**

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

#### **4.5. Содержание самостоятельной работы аспирантов**

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

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
--------	-----------------------	--	----------------------------------	-----------------------------------

1	1	Особенности блочной системы конструктивного исполнения ГПА. Современное развитие и пути совершенствования газотурбинных установок.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	3	Особенности конструктивных схем комбинированных энергетических агрегатов. Конструктивные схемы герметизации роторов энергетических агрегатов	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	6	Обзор научно-практических исследований условий трансформации тепловой и кинетической энергии газа. Анализ влияния конструктивных схем уплотнений на потери в энергетических машинах	Творческое задание	Темы творческих заданий

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

При изучении дисциплины «Машины, агрегаты и процессы» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

### 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

#### 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
<b>1 Основная литература</b>		
1	А.А. Верхоланцев, В.Г. Злобин Газотурбинные установки, часть 2 Конструкция ГТУ и их элементов, учебное пособие /С-Петербург, Из-во СПбУПДТ, 2021, 53с	1
2	Рудаченко А. В., Чухаева Н. В., Байкин С. С. Газотурбинные установки: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008 – 139 с.	3



№	<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>
3	Чумаков Ю.А. Теория и расчёт транспортных газотурбинных двигателей: учебник для вузов / Ю. А. Чумаков. – Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. – 447 с.	2
4	Юрьев В.Л. Управление технологичностью авиационных газотурбинных двигателей / В.Л. Юрьев, С.В. Старочкина, Н.А. Сухова. – Москва: Машиностроение, 2013. – 225 с.	2
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебные и научные издания</b>		
1	Иноземцев А.А. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок: учебник для вузов: в 5 т. / А.А. Иноземцев, М.Ш. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. – М.: Машиностроение, 2008. – (Газотурбинные двигатели)	Т1 – 40; Т.2 -40; Т3 - 41; Т4 -40; Т5 -41
2	Дячек П.И. Насосы, вентиляторы, компрессоры: учебное пособие для вузов / П.И. Дячек; Ассоциация строительных вузов. – Москва: Изд-во АСВ, 2013. – 432 с.	6
3	Быстрицкий Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий: учебное пособие для вузов / Г.Ф. Быстрицкий. – 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 304 с.	3
4	Кудинов А.А. Гидрогазодинамика: учебное пособие / А.А. Кудинов. – Москва: ИНФРА-М, 2015. – 335 с.	2
5	Хорольский В.Я. Эксплуатация систем электроснабжения: учебное пособие для вузов / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов. – Москва: ИНФРА-М: ФОРУМ, 2013. – 287 с.	2
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	Науч.-техн. и производств. Журнал / Авиационная промышленность	
2	Науч.-техн. и производств. Журнал /Газовая промышленность	
3	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	ГОСТ Р 54404-2011 Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Общие технические условия	StandartGost.ru
2	Газпром 2-3.5-438-2010 «Расчет теплотехнических, газодинамических и экологических параметров газоперекачивающих агрегатов на переменных режимах». - М.: ОАО «Газпром», 2010. - 70 с.	StandartGost.ru
3	СТО Газпром 2-3.5-138-2007 «Типовые технические требования к газотурбинным ГПА и их системам». - М.:	StandartGost.ru



№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
	ООО «ИРЦ Газпром», 2007 - 35 с	
4	СТО Газпром 2-3.5-253-2008 «Контроль качества оборудования при поставке и эксплуатации. Агрегаты газоперекачивающие с газотурбинным приводом. Аппараты воздушного охлаждения газа	StandartGost.ru
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	«Вертолетные газотурбинные двигатели» - Машиностроение сборники статей	КонсультантПлюс
2	«Нефть, газ и бизнес». ИРЦ «Газпром» - сборники статей	КонсультантПлюс
3	ВНИИЭГАЗПром. Серия «Транспорт и хранение газа».	КонсультантПлюс
4	Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»	КонсультантПлюс

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

### 6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

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. Инженерно-технический журнал «ANSYS Advantage – <http://www.ansysadvantage.ru>



7. . Инженерно-технический журнал «ANSYS Solutions. Русская редакция» – <http://www.ansyssolutions.ru>

8. Сайт компании ANSYS. Int. – <http://www.ansys.com/>

#### 6.2.2. Профессиональные базы данных

<http://lemix-samara.ru/liquid.html>

<http://gostrf.com/normadata/>

<http://www.gazprom.ru/fzposts/>

<https://dx.doi.org/>

### 7. Описание материально-технической базы

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

Таблица 3

п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Количество	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
	2	3	4	5
	Персональные компьютеры (локальная компьютерная сеть)	4	Оперативное управление	314
	Экспериментально-исследовательский модуль	1	Собственность	179

### 7. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой аспиранты не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

### 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 табл. 5.

Таблица 5

Шкала оценивания результатов освоения на экзамене

Оценка	Критерии оценивания
5	<p>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.</p> <p>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.</p>
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</p>



Оценка	Критерии оценивания
	рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.
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

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 2.5.21 - Машины, агрегаты и технологические процессы в энергетическом машиностроении разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Конструктивные схемы газотурбинных двигателей (ГТУ), газоперекачивающих агрегатов (ГПА), типы нагнетателей, электрогенераторы и машины малой энергетики, вспомогательное оборудование энергетических машин.
2. Энергетические показатели преобразования энергии. Термодинамические циклы в паро-газотурбинных установках. КПД преобразования энергии и методы борьбы с потерями. Пути совершенствования процессов трансформации энергии
3. Динамика энергопотребления в мире и России в частности. Проблемы и тенденции роста энергопотребления с экологической стороны

Типовые контрольные задания:

1. Структурные особенности расчета, функционирования элементной базы газопаротурбинных двигателей, в том числе компрессора, камеры сгорания, турбины, парогенератора, различных нагнетателей, насосов, генераторов
2. Структурные особенности расчета, функционирования элементной базы газопаротурбинных двигателей, в том числе компрессора, камеры сгорания, турбины, парогенератора, различных нагнетателей, насосов, генераторов

Полный комплект вопросов и заданий в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «РКТ и ЭС»



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

**Программа**  
Машины, агрегаты и процессы в  
энергетическом машиностроении

**Кафедра**  
Ракетно-космическая техника и  
энергетические установки

«Машины, агрегаты и процессы в энергетическом машиностроении»

**БИЛЕТ № 1**

1. Элементная база вспомогательных систем газо-паротурбинных двигателей, газоперекачивающих агрегатов, преобразователей энергии.

2. Методы научного познания законов трансформации энергии: теоретические, экспериментальные. Моделирование процессов, как основной метод физической базы экспериментальных исследований.

3. Математические методы моделирования, современные программные продукты расчета газодинамических, термодинамических процессов в трактах энергетических машин, в том числе газо-паротурбинных двигателей, газоперекачивающих агрегатов, преобразователей энергии.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

Соколовский М.И

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ 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		
5		
6		