

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 29 » августа 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Энергетические машины и установки  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** бакалавриат  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 13.03.03 Энергетическое машиностроение  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Энергетическое машиностроение (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цели дисциплины – приобрести необходимый объем знаний и умений по основным типам и основам рабочих процессов энергоустановок, энергетических ресурсов, развитию и перспективам отрасли.

Задачи дисциплины:

- изучение методов эффективного использования топливно-энергетических ресурсов, устройств и принципов функционирования двигателей, энергетических машин и установок;
- ознакомление с основными направлениями развития энергомашиностроения;
- формирование умения выполнять расчеты по определению основных характеристик энергетических машин и установок;
- формирование навыков работы с современными конструкциями энергетического машиностроения.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Топливо-энергетические ресурсы и их использование.  
Современные конструкции энергетических машин и установок.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает функциональное назначение и конструктивные схемы энергетических машин и установок	Разрабатывает техническую документацию в соответствии с требованиями ЕСКД, в том числе с использованием современных систем автоматизированного проектирования	Защита лабораторной работы
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет проводить анализ рабочего процесса в энергетических машинах и установках	Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	Экзамен
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками расчетов элементов энергетических машин и установок	Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает современные информационные технологии, сетевые компьютерные технологии для определения основных параметров энергетических машин и установок	Знает современные информационные технологии, сетевые компьютерные технологии, математические пакеты	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для режимов работы энергетических машин и установок	Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов работы объектов профессиональной деятельности	Экзамен
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет навыками математического моделирования при расчете энергетических машин и установок	Владеет навыками математического моделирования при анализе и расчете объектов профессиональной деятельности	Курсовая работа

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	42	42	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	12	12	
- лабораторные работы (ЛР)	10	10	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	66	66	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18	18	
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
6-й семестр				
Структура топливного баланса России	1	0	0	10
Топливо-энергетические ресурсы и их использование				
Топлива	2	0	6	14
Свойства топлив. Твердые, жидкие, газообразные топлива. Теплофизические свойства рабочего тела. Подготовка топлива к сжиганию.				
Классификация двигателей	6	8	12	26
Энергетические машины и установки. Паротурбинная установка. Газотурбинная установка. Тепловые турбомашины. Проблемы развития энергетических машин и установок.				
Классификация ракетных двигателей	2	2	0	10
Конструктивные особенности и схемы камер сгорания ракетных двигателей на твердом топливе. Конструктивные особенности и схемы камер сгорания ракетных двигателей на жидком топливе.				
Теплоснабжение промышленных предприятий	1	0	0	6
Влияние работы энергетических машин и установок на окружающую среду				
ИТОГО по 6-му семестру	12	10	18	66
ИТОГО по дисциплине	12	10	18	66

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение состава твердых топлив. Определение теплоты сгорания топлива
2	Объем воздуха, необходимый для сгорания топлива. Состав и объем продуктов сгорания. Коэффициент избытка воздуха
3	Энтальпия продуктов сгорания и воздуха
4	Расчёт ступени осевого компрессора
5	Учет влияния температуры на теплофизические характеристики. Расчет характеристик действительного цикла
6	Учет влияния системы охлаждения
7	Расчет параметров рабочего процесса в турбинной ступени. Потери в турбинной ступени. КПД ступеней турбины

## Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Изучение конструктивных особенностей авиационных двигателей
2	Изучение конструкций конвертированных ГТД на базе авиационного двигателя ПС-90А
3	Изучение конструкций ракетных двигателей (РДТТ, ЖРД)

## Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Проектировочный расчет камеры сгорания ГТД
2	Проектировочный расчет камеры сгорания ракетного двигателя

## 5. Организационно-педагогические условия

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

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся 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.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

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

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся 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. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях 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 и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы. - М.: , Машиностроение, 2008. - (Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок : учебник для вузов : в 5 т.; Т. 1).	40
2	Цанев С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : учебное пособие для вузов / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов. - Москва: Изд-во МЭИ, 2009.	11
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Газотурбинные энергетические установки : учебное пособие для вузов / С. В. Цанев [и др.]. - Москва: Издат. дом МЭИ, 2011.	12
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. В. Ю. Петрова ; Р. В. Бульбовича. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2012 -.	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Арбеков А. Н. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок : учебник для студентов энергетических и авиационных вузов / Арбеков А. Н., Вараксин А. Ю., Иванов В. Л., Манушин Э. А., Михальцев В. Е., Моляков В. Д., Осипов М. И., Суровцев	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106415">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-106415</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Нусс С. В. Энергетические установки : учебное пособие / С. В. Нусс. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3326">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3326</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	КОМПИАС-3D V18 Уч.вер.(АКФ, МКМК, лиц.Иж-17-00089)

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовая работа	Компьютер	12
Лабораторная работа	Компьютер	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютер	12

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

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

**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения промежуточной аттестации бакалавров по дисциплине  
«Энергетические машины и установки»**

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки</b>	<u>13.03.03 «Энергетическое машиностроение»</u>
<b>Профиль бакалавриата</b>	<u>Газоперекачивающие турбинные установки и энергетические системы</u>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<u>бакалавр</u>
<b>Выпускающая кафедра:</b>	<u>Ракетно-космическая техника и энергетические системы</u>
<b>Форма обучения:</b>	<u>очная</u>

**Курс:** 3

**Семестр(ы):** 6

**Трудоемкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ  
Часов по рабочему учебному плану: 144 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 6 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### **1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля**

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го семестра учебного плана) и состоит из одного учебного модуля. В учебном модуле предусмотрены аудиторские практические занятия, лабораторные работы, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам, курсовой работе и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный			Промежуточная аттестация
	С	ТО	ЗПЗ	ОЛР	Т/КР	Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>З.1.</b> Знает функциональное назначение и конструктивные схемы энергетических машин и установок		ТО			КР	ТВ
<b>З.2.</b> Знает современные информационные технологии, сетевые компьютерные технологии для определения основных параметров энергетических машин и установок	С	ТО			КР	ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
<b>У.1.</b> Умеет проводить анализ рабочего процесса в энергетических машинах и установках			ЗПЗ 1	ОЛР 1-3	КР	ВКР ПЗ
<b>У.2.</b> Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для режимов работы энергетических машин и установок			ЗПЗ 2-7		КР	ВКР ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>В.1.</b> Владеет навыками расчетов элементов энергетических машин и установок			ЗПЗ 2-7	ОЛР 1-3		ВКР КЗ
<b>В.2.</b> Владеет навыками математического моделирования при расчете энергетических машин и установок			ЗПЗ 2-7			ВКР КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОЛР – отчет по лабораторной работе; ЗПЗ – решение задач практических занятий; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ВКР/ВКП – выполнение курсовой работы (выполнение курсового проекта) ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

### **2.1. Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Защита практических занятий**

Всего запланировано 7 практических занятий. Типовые темы практических занятий приведены в РПД.

Защита практических занятий проводится индивидуально каждым студентом. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.2. Защита лабораторных работ**

Всего запланировано 3 лабораторных работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.3. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланирована 1 рубежная контрольная работа (КР) после освоения студентами учебного модуля дисциплины. КР по модулю «Энергетические машины и установки».

#### **Типовые задания КР:**

1. Перечислить возобновляемые и невозобновляемые энергетические ресурсы.
2. Опишите основные уравнения теории лопаточных машин.
3. Назовите типы компрессоров и области их применения.
4. Опишите принципиальную схему насосной установки.
5. Назовите основные факторы, влияющие на эффективность работы ветроустановки.
6. Сравните различные способы получения и преобразования энергии с точки зрения их экологичности.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.2.4. Выполнение курсовой работы**

Для развития способности и оценки самостоятельного усвоения знаний, освоения умений и приобретения владения навыками компетенций дисциплины выполняется курсовая работа.

Курсовая работа представляет собой выполнения практических разделов, выполняется на тему: «Проектировочный расчет камеры сгорания газотурбинного двигателя».

Защита курсового проекта включает краткое устное изложение содержания и результатов выполнения задания на курсовой проект с одновременным собеседованием по теоретическим аспектам.

Цель курсового проекта – приобретение умений и навыков проведения проектного расчета камеры сгорания газотурбинного двигателя.

Содержание курсового проекта: определение геометрических характеристик основных элементов конструкции камеры сгорания; нахождения термогазодинамических параметров потока в характерных зонах; коэффициентов гидравлических потерь.

В результате выполнения курсовой работы обучающийся должен освоить следующие компоненты дисциплинарных частей компетенций:

- умение: проводить анализ рабочего процесса в энергетических машинах и установках (ПК-1.1); применять современные программно-вычислительные комплексы для режимов работы энергетических машин и установок (ПК-2.1).

- владение: навыками расчетов элементов энергетических машин и установок (ПК-1.1); навыками математического моделирования при расчете энергетических машин и установок (ПК-2.1).

### **2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

##### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. В чем преимущества и недостатки установок, работающих по органическому циклу Ренкина?
2. Назовите особенности эксплуатации газотурбинных установок.
3. От чего зависит мощность гидроэлектростанции?
4. Что такое углеродный след?
5. Назовите основные принципы энергосбережения.
6. Что такое помпаж компрессора?
7. Что такое кавитация?
8. Почему течение в каналах диффузорной формы неустойчивое?
9. В чем отличие между энергетической машиной и энергетической установкой?
10. Приведите примеры первичных и вторичных двигателей.

## **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Опишите принцип действия ступени осевого компрессора.
2. Опишите принцип действия ступени центробежного компрессора.
3. Сравните особенности работы осевых и центробежных насосов.
4. Опишите принцип действия ступени осевой турбины.
5. Опишите конструкцию ветроустановок разных типов.
6. Назовите области применения гидротурбин различных типов.
7. Назовите особенности эксплуатации паровых турбин.
8. Назовите особенности эксплуатации газовых турбин.
9. Назовите особенности эксплуатации газотурбинных установок.
10. Опишите цикл и принцип действия паротурбинной установки.

## **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Провести обоснование применения аддитивных технологий в изделиях энергетического машиностроения.
2. Провести обоснование влияния температур воздуха и газа на полезную работу, мощность и КПД ГТУ.
3. Расчет и построение «h-s» диаграммы процесса расширения пара в турбине.
4. Пользуясь схемами, поясните состав ПТУ и принципы получения максимальной механической работы, развиваемой ею.

Пример экзаменационного билета для проверки умений и владений представлен в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

## **3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций**

### **3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **3.2. Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

Приложение 1.  
Пример типовой формы экзаменационного билета



ФГАОУ ВО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический  
университет»

**Направление**  
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

**Профиль**  
«Газоперекачивающие агрегаты и  
энергетические установки»

**Кафедра**  
«Ракетно-космическая техника и  
энергетические системы»

**Дисциплина**  
«Энергетические машины и установки»

**БИЛЕТ № 1**

1. Что такое помпаж компрессора?
2. Сравните особенности работы осевых и центробежных насосов
3. Расчет и построение «h-s» диаграммы процесса расширения пара в турбине.

Составитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

Петрова Е.Н.

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

Соколовский М.И.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.