

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:** Конструкция и проектирование газотурбинных и паротурбинных  
энергоустановок  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 252 (7)  
(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

Целью дисциплины является формирование знаний, умений и навыков по теплогазодинамическим расчетам и математическому моделированию газотурбинных и паротурбинных энергоустановок.

Задачи:

- ознакомление с современными схемами газотурбинных и паротурбинных энергоустановок;
- изучение термодинамических циклов и принципов работы газотурбинных и паротурбинных энергоустановок;
- формирование умения проводить расчеты и выбирать параметры газотурбинных и паротурбинных энергоустановок;
- формирование навыков разрабатывать схемы газотурбинных и паротурбинных энергоустановок для конкретных целей и условий.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- современные схемы газотурбинных и паротурбинных энергоустановок;
- узлы и агрегаты газотурбинных и паротурбинных энергоустановок.

### 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-1.3	ИД-1ПК-1.3	Знает функциональное назначение и конструктивные схемы газотурбинных и паротурбинных энергоустановок	Знает закономерности рабочих процессов, происходящих в газоперекачивающих агрегатах и энергетических установках	Экзамен
ПК-1.3	ИД-2ПК-1.3	Умеет проводить анализ рабочего процесса в агрегатах газотурбинных и паротурбинных энергоустановок	Умеет разрабатывать техническую документацию в соответствии с требованиями ЕСКД, в том числе с использованием современных систем автоматизированного проектирования	Расчетно-графическая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.3	ИД-3ПК-1.3	Владеет навыками проведения проектно-конструкторских расчетов агрегатов газотурбинных и паротурбинных энергоустановок	Владеет навыками выполнения расчетов элементов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	Курсовая работа
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	Знает условия эксплуатации агрегатов газотурбинных и паротурбинных энергоустановок	Демонстрирует понимание влияния условий работы объектов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок на принимаемые конструктивные решения	Экзамен
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	Умеет проводить расчеты режимных параметров элементов газотурбинных и паротурбинных энергоустановок	Умеет проводить расчеты по определению основных параметров элементов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	Владеет навыками принятия обоснованных технических решений по газотурбинным и паротурбинным энергоустановкам	Владеет навыками принимать обоснованные технические решения при создании объектов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	Курсовая работа
ПК-2.3	ИД-1ПК-2.3	Знает возможности программных комплексов при исследовании газотурбинных и паротурбинных энергоустановок	Знает современные информационные технологии и современные пакеты прикладных программ для исследования процессов в газоперекачивающих агрегатах и энергетических установках	Зачет
ПК-2.3	ИД-2ПК-2.3	Умеет применять программные комплексы для исследования рабочих процессов в агрегатах газотурбинных и паротурбинных энергоустановок	Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов работы объектов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	Расчетно-графическая работа
ПК-2.3	ИД-3ПК-2.3	Владеет навыками составления и использования математических моделей для параметрического	Владеет навыками использования современных компьютерных технологий при анализе и расчете	Курсовая работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		анализа работы газотурбинных и паротурбинных энергоустановок	объектов газоперекачивающих агрегатов и энергетических установок	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	93	48	45
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	36	20	16
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	51	24	27
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	4	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	123	60	63
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет	9		9
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)	18		18
Общая трудоемкость дисциплины	252	144	108

### 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				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Схемы и рабочие циклы газотурбинных установок (ГТУ)	8	0	10	30
Классификация и предъявляемые требования. Одновальные и многовальные ГТУ. Комбинированные ГТУ. Идеальные циклы с изобарным и изохорным подводом теплоты. Реальный цикл Брайтона с изобарным подводом теплоты. Способы повышения эффективности ГТУ. Способы утилизации выхлопных газов ГТУ. Рекуперативный подогрев воздуха перед подачей в КС. ГТУ со ступенчатым сжатием и промежуточным охлаждением. ГТУ со ступенчатым расширением и промежуточным подогревом. Замкнутые ГТУ. Парогазотурбинные установки. Термодинамические модели ГТУ. Влияние параметров окружающего воздуха на показатели работы ГТУ. Влияние степени сжатия на компрессоре и температуры рабочего тела на входе в турбину на показатели работы ГТУ.				
Основные агрегаты ГТУ	12	0	14	30
Компрессоры. Классификация и предъявляемые требования. Конструктивные схемы и принципы работы. Показатели работы. Степень реактивности. Изменения параметров по проточной части ступени. Формы проточной части осевого компрессора. Потери и КПД компрессора. Определение геометрических размеров проточной части. Помпажные явления и способы борьбы с ними. Плоская решетка профилей и треугольники скоростей. Распределение параметров по проточной части многоступенчатого компрессора. Камеры сгорания. Классификация и предъявляемые требования. Организация внутрикамерного рабочего процесса. Организация устойчивого горения. Показатели работы. Разработка низкоэмиссионных КС. Определение геометрических размеров КС и узлов подачи. Турбины. Классификация и предъявляемые требования. Рабочий процесс в активных и реактивных ступенях. Конструктивные схемы и принципы работы. Показатели работы. Изменение параметров по проточной части многоступенчатой турбины. Потери и КПД турбины. Определение геометрических размеров проточной части.				
ИТОГО по 6-му семестру	20	0	24	60
7-й семестр				
Устройство и принцип действия паротурбинных установок (ПТУ)	10	0	15	43
Принципиальные схемы ПТУ. Основные агрегаты				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>ПТУ и их назначении. Применение ПТУ в энергетике, транспорте и промышленности. Основные тенденции и перспективы совершенствования.</p> <p>Стационарные и транспортные ПТУ. Классификация паровых турбин по назначению (энергетические, промышленные, вспомогательные), по виду получаемой энергии (конденсационные и теплофикационные), по параметрам пара на входе в турбину (докритические, сверхкритические, суперсверхкритические), по организации рабочего процесса (с промежуточным подогревом и без него), по конструкции (одновальные и многовальные).</p> <p>Реальный тепловой цикл ПТУ и его показатели. Потери и КПД ПТУ. Влияние начальных и конечных параметров пара на экономичность ПТУ. Допустимая влажность пара на последних ступенях ПТУ. Промежуточный подогрев пара. Регенеративный подогрев питательной воды. Параметры пара и питательной воды, принятые для ПТУ ТЭС и АЭС.</p>				
Основные агрегаты ПТУ	6	0	12	20
<p>Энергокотел. Назначение и варианты конструктивного исполнения. Рабочий процесс по получению пара.</p> <p>Регенеративные подогреватели питательной воды низкого и высокого давления. Варианты включения в схему ПТУ.</p> <p>Конденсационная установка. Назначение, схемы и состав. Взаимодействие потоков охлаждающей воды и пара в конденсаторе. Включение в схему ПТУ.</p> <p>Деаэрационная установка. Необходимость удаления коррозионноактивных газов из питательной воды и конденсата. Включение деаэратора в схему ПТУ.</p> <p>Питательные насосы. Назначение и привод нагнетательного насоса. Включение в схему ПТУ.</p>				
ИТОГО по 7-му семестру	16	0	27	63
ИТОГО по дисциплине	36	0	51	123

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение режимных параметров одновальной ГТУ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
2	Определение режимных параметров двухвальной ГТУ с силовой турбиной
3	Определение геометрических размеров ступени осевого компрессора
4	Определение режимных параметров осевого компрессора
5	Распределение параметров по ступеням многоступенчатого компрессора
6	Определение режимных параметров КС
7	Определение геометрических размеров двухзонной КС
8	Определение размеров форсунки топливного газа и лопаточного завихрителя воздуха
9	Определение геометрических размеров узлов подвода вторичного воздуха
10	Определение режимных параметров турбины
11	Определение геометрических размеров турбинной ступени
12	Распределение параметров по проточной части многоступенчатой турбины
13	Ознакомление с принципом работы ПТУ (видеозанятие)
14	Термодинамические расчеты режимных параметров ПТУ
15	Расчеты параметров конденсационной турбины
16	Расчеты параметров теплофикационной турбины
17	Расчеты параметров конденсационной установки
18	Расчеты параметров питательных насосов
19	Расчеты параметров рекуператора питательной воды
20	Распределение параметров по цилиндрам ПТУ
21	Термодинамические расчеты цикла теплофикационной турбины с одним регулируемым отбором пара
22	Проведение сравнительного анализа работы различных типов ПТУ (видеозанятия)

#### Тематика примерных курсовых проектов/работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы курсовых проектов/работ</b>
1	Расчет параметров парогазотурбинной установки

## 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.

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 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	Газотурбинные энергетические установки : учебное пособие для вузов / Цанев С. В., Буров В. Д., Земцов А. С., Осыка А. С. Москва : Издат. дом МЭИ, 2011. 426 с. 34,5 усл. печ. л.	12
2	Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 1: Общие сведения. Основные параметры и требования. Конструктивные и силовые схемы. Москва : Машиностроение, 2008. 200 с.	34
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		



1	Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 2: Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства. Москва : Машиностроение, 2008. 367 с.	35
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. Пермь : ПНИПУ, 2012 -.	
2	Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело. Пермь : ПНИПУ, 2011 -.	
<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	Эксплуатация насосных и компрессорных станций : учебное пособие / составители: А. Л. Саруев, Л. А. Саруев. - Томск: Томский политехнический университет, 2017.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks84046">http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks84046</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Проектирование и эксплуатация насосных и компрессорных станций : учебник для вузов / А.М. Шаммазов [и др.]. - Москва: Недра, 2003.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2415">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2415</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
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.

Вид ПО	Наименование ПО
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	КОМПАС-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>
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	Компьютеры	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютеры	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»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
«Конструкция и проектирование газотурбинных и  
паротурбинных энергоустановок»  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

**Направление подготовки:** 13.03.03 Энергетическое машиностроение

**Направленность (профиль)  
образовательной программы:** Газоперекачивающие агрегаты и  
энергетические установки

**Квалификация выпускника:** «Бакалавр»

**Выпускающая кафедра:** Ракетно-космическая техника и  
энергетические системы

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 3, 4

**Семестр:** 6, 7

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 7 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 252 ч.

**Форма промежуточной аттестации:**

Экзамен: 6 семестр

Зачет: 7 семестр

Курсовая работы: 7 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 двух семестров (6 и 7 семестры учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется 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 лабораторным работам 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		Итоговый	
	С	ТО	ОПЗ	Т/КР		Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
3.1 знать функциональное назначение и конструктивные схемы газотурбинных и паротурбинных энергоустановок	С			КР		ТВ
3.2 знать условия эксплуатации агрегатов газотурбинных и паротурбинных энергоустановок	С			КР		ТВ
3.3 знать возможности программных комплексов при исследовании газотурбинных и паротурбинных энергоустановок	С			КР		ТВ
<b>Освоенные умения</b>						
У.1 уметь проводить анализ рабочего процесса в агрегатах газотурбинных и паротурбинных энергоустановок			ОПЗ			ПЗ
У.2 уметь в проводить расчеты режимных параметров элементов газотурбинных и паротурбинных энергоустановок			ОПЗ			ПЗ
У.3 уметь применять программные комплексы для исследования рабочих процессов в агрегатах газотурбинных и паротурбинных энергоустановок			ОПЗ			ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
В.1 владеть навыками проведения проектно-конструкторских расчетов агрегатов газотурбинных и паротурбинных энергоустановок			КЗ			КЗ

<b>В.2</b> владеть навыками принятия обоснованных технических решений по газотурбинным и паротурбинным энергоустановкам			КЗ			КЗ
<b>В.3</b> владеть навыками составления и использования математических моделей для параметрического анализа работы газотурбинных и паротурбинных энергоустановок			КЗ			КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); КЗ – кейс-задача (индивидуальное задание); ОПЗ – отчет по практическому заданию; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); 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 бланочного 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, освоенных 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 работ**

Всего запланировано 22 практических работ. Типовые темы практических работ приведены в РПД.

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

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 4 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины.

#### **Типовые задания КР после первого модуля:**

1. Способы повышения эффективности ГТУ.
2. Замкнутые ГТУ.

#### **Типовые задания КР после второго модуля**

1. Изменение параметров по проточной части компрессора.
2. Организация устойчивого горения в камере сгорания.

#### **Типовые задания КР после третьего модуля:**

1. Реальный тепловой цикл ПТУ и его показатели.
2. Промперегрев пара.

#### **Типовые задания КР после четвертого модуля**

1. Рабочий процесс в энергетическом котле по получению пара.
2. Конденсационная установка.

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

## **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 освоенных 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. Одновальные и мновальные ГТУ.
2. Способы утилизации тепла выхлопных газов.
3. Промохлаждение и промперегрев в ГТУ.
4. Рекуперативный подогрев воздуха перед его подачей в камеру сгорания.
5. Формы проточной части осевого компрессора.
6. Малоэмиссионные камеры сгорания.
- 7 Изменение параметров по проточной части турбины.

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

1. Оценить повышение эффективности ГТУ-16П при увеличении температуры на входе в турбину от 1500К до 1900К.
2. Оценить повышение экологичности ГТУ-16П при повышении температуры топливного газа на входе в камеру от 300К до 700К.
3. Оценить мощность вырабатываемой электроэнергии на собственные нужды при утилизации тепла выхлопных газов на примере ГПА-16.

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

1. Обосновать возможность применения ЗГТУ для выработки электроэнергии при утилизации тепла выхлопных газов на примере ГТУ-25П.
2. Оценить повышение эффективности ГТУ-16П при дополнительном подогреве газа перед силовой турбиной.
3. Оценить возможность использования ЗГТУ с выработкой электроэнергии для охлаждения транспортируемого газа после компримирования в нагнетателе.

### **Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

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

1. Основные агрегаты ПТУ и их назначение.
2. Основные тенденции и пути совершенствования ПТУ.
3. Классификация ПТУ.
4. Влияние начальных параметров пара на эффективность ПТУ.
5. Назначение и конструктивное исполнение энергетического котла.
6. Внешний подогрев питательной воды.

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

1. Оценить повышение эффективности ПТУ при переходе от докритических на суперсверхкритические параметры пара на примере ПТУ К-100-90.
2. Оценить повышение эффективности ПТУ при реализации 1-го и 2-го промежуточного подогрева пара на примере ПТУ К-100-90.
3. Оценить повышение эффективности ПТУ при повышении температуры питательной воды на входе в энергетический котел на примере ПТУ К-100-90.

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

1. Обосновать целесообразность разработки комбинированной ПГТУ с котлом-утилизатором.
2. Обосновать целесообразность разработки комбинированной ПГТУ со сбросом выхлопных газов ГТУ в энергетический котел.
3. Обосновать целесообразность разработки комбинированной ПГТУ с высоконапорным энергетическим котлом.

Перечень типовых ситуационных заданий и кейсов 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.

**Типовые ситуационные задания и кейсы для проверки умений и владений**

**Задание № \_\_. (анализ кейс-стади)**

Проверяемые результаты обучения: у2; в2

Задание. Внимательно прочитайте текст предложенного кейса и ответьте на вопросы задания.

**Критерии оценки ситуационных заданий**

**Оценка «пять» ставится**, если обучающийся осознанно излагает и оценивает суть данной ситуации, с аргументацией своей точки зрения, умеет анализировать, обобщать и предлагает верные пути решения складывающейся ситуации.

**Оценка «четыре» ставится**, если обучающийся понимает суть ситуации, логично строит свой ответ, но допускает незначительные неточности при определении путей решения.

**Оценка «три» ставится**, если обучающийся ориентируется в сущности складывающейся ситуации, но нуждается в наводящих вопросах, не умеет анализировать и не совсем верно намечает пути решения ситуации.

**Оценка «два» ставится**, если обучающийся не ориентируется и не понимает суть данной ситуации, не может предложить путей ее решения, либо допускает грубые ошибки.

**Ситуация 1.** Проанализировать возможность перевода ГТУ-25П с природного газа на

- водородное топливо;
- синтез-газ;
- метан-водородные смеси.

**Ситуация 2.** Проанализировать возможность создания высокоресурсной газотурбинной установки с использованием подогретого воздуха в качестве рабочего тела турбины.

**Ситуация 3.** Проанализировать возможность использования ГТУ открытого типа для повышения параметров пара после энергетического котла и дополнительного подогрева питательной воды в ПТУ.