

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

авиационной и морской техники

(наименование факультета)

О.А. Красильникова

(подпись, ФИО)

« 14 » 05 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Парогазовые установки тепловых электрических станций**

Направление подготовки	13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника"
Направленность (профиль) образовательной программы	Технология производства тепловой и электрической энергии
Квалификация выпускника	магистр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2020
Форма обучения	очная
Технология обучения	традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
1	1	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой КП	Кафедра «ТЭУ - Тепловые энергетические установки»

Комсомольск-на-Амуре 2020

Разработчик рабочей программы:

доцент кафедры ТЭУ, к.т.н.  
(должность, степень, ученое звание)



(подпись)

Смирнов А.В.  
(ФИО)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой ТЭУ

(наименование кафедры)



(подпись)

Смирнов А.В.  
(ФИО)

Заведующий выпускающей  
кафедрой<sup>1</sup>

(наименование кафедры)

(подпись)

(ФИО)

<sup>1</sup> Согласовывается, если РПД разработана не на выпускающей кафедре.

## 1 Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Парогазовые установки тепловых электрических станций» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 146 от 28.02.2018, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Технология производства тепловой и электрической энергии» по направлению 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника".

Задачи дисциплины	В результате изучения дисциплины студент должен: <i>знать</i> : различные типы комбинированных установок, области их эффективного применения в условиях конкретных ТЭС; <i>владеть навыками</i> : выполнения расчетов при проектировании парогазовых установок.
Основные разделы / темы дисциплины	Основные типы ПГУ. Газотурбинные установки. Парогазовые установки ТЭС с утилизационным котлом. Парогазовые установки со сбросом газов в топку энергетического котла. Парогазовые установки с высоконапорным котлом. Парогазовые установки с впрыском пара в газовый тракт ГТУ (ПГУ-STIG).

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Парогазовые установки тепловых электрических станций» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ПК-1. Способен формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов	ПК-1.1. Знает принципы формулирования заданий на разработку проектных решений в области модернизации технологического оборудования, улучшения его эксплуатационных характеристик, повышения экологической безопасности, экономии ресурсов ПК-1.2. Умеет формулировать задания на разработку проектных решений по выбранной теме ПК-1.3. Владеет навыком постановки задач на проектирование	Знать основные типы парогазовых установок, области их эффективного применения в условиях конкретных ТЭС показатели эффективности установок  Уметь формулировать задачи при расчетах и проектировании парогазовых установок  Иметь навык формулирования задач при проектировании парогазовых установок
ПК-2. Способен к проведе-	ПК-2.1. Знает методики проведения	Знать способы расчета парога-

нию технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования	технических расчетов, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений ПК-2.2. Умеет проводить расчетные исследования и оценивать эффективность проектных решений ПК-2.3. Владеет навыком проведения технических расчетов объектов профессиональной деятельности	зовых установок  Уметь проводить расчеты по определению основных параметров парогазовых установок Иметь навык проведения технического расчета парогазовой установки
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Парогазовые установки тепловых электрических станций» изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к части формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки, сформированные в процессе изучения дисциплин бакалавриата в области теплотехники, устройства и принципа действия основного и вспомогательного теплоэнергетического оборудования.

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Парогазовые установки тепловых электрических станций», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Управление проектами», «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов тепловых электрических станций», «Повышение тепловой эффективности теплового энергетического оборудования», «Производственная практика (проектная практика)».

### 4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 з.е., 144 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	35
В том числе:	

Объем дисциплины	Всего академических часов
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	16
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	16
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	112
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой КП	

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Тема</b> Введение. Основные типы ПГУ: <i>основные преимущества комбинированных бинарных установок; краткие исторические сведения развития ПГУ; основные типы ПГУ.</i>	2			4
<b>Тема</b> Газотурбинные установки: классификация ГТУ; идеальный цикл ГТУ при $p = \text{const}$ (цикл Брайтона); реальный цикл при $p = \text{const}$ ; промежуточное охлаждение воздуха в ГТУ; промежуточный подогрев газа в ГТУ; ГТУ с регенерацией теплоты; тепломеханические схемы ГТУ; отечественные и зарубежные производители энергетических ГТУ; параметры и характеристики современных энергетических ГТУ.	4			9
<b>Тема</b> Парогазовые установки ТЭС с утилизационным котлом:	4			9

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<i>тепловая схема и цикл ПГУ с УК; T-Q диаграмма теплообмена в утилизационном котле; уравнения тепловых балансов элементов УК; алгоритм определения паропроизводительности УК; схема тепловых потоков ПГУ с УК; мощность паровой турбины и КПД парогазовой установки с УК; ПГУ с УК и дожиганием топлива; ПГУ с двухконтурным УК; T-Q диаграмма УК двух давлений; сравнение ПГУ с УК одного и двух давлений; ПГУ пылеугольных ТЭС с параллельной схемой работы. ПГУ пылеугольных ТЭС с полувисимой схемой работы.</i>				
<b>Тема</b> Парогазовые установки со сбросом газов в топку энергетического котла: <i>тепловая схема и цикл сбросной ПГУ; особенности ПГУ сбросного типа; схема тепловых потоков и основные показатели сбросных ПГУ; схема и особенности проектирования котельных установок с предвключенными ГТУ.</i>	2			8
<b>Тема</b> Парогазовые установки с высоконапорным котлом: <i>схема и цикл ПГУ с высоконапорным котлом; особенности ПГУ и высоконапорного котла; избыточная мощность газовой турбины и КПД ПГУ с высоконапорным котлом; характер влияния степени повышения давления в ГТУ на КПД ПГУ с высоконапорным котлом.</i>	2			8
<b>Тема</b> Парогазовые установки с впрыском пара в газовый тракт ГТУ (ПГУ-STIG): <i>особенности, преимущества и перспективы STIG-технологии; схема и теоретический цикл ПГУ с впрыском пара в камеру сгорания и газовый тракт ГТУ; основные положения теплового расчета ПГУ с впрыском пара (ПГУ-STIG); параметры оптимального цикла ПГУ с впрыском пара; алгоритм расчета</i>	2			8

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<i>ПГУ с впрыском пара.</i>				
<b>Тема</b> Параметры и характеристики продуктов сгорания топлива ГТУ: <i>расчет и анализ параметров и характеристик продуктов сгорания газообразного и жидкого топлив ГТУ.</i>		2		4
<b>Тема</b> Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ: <i>выполнение тепловых расчетов схем ГТУ.</i>		4		6
<b>Тема</b> Система уравнений утилизационного котла ПГУ и ее расчет: <i>составление систем уравнений УК и их решение.</i>		4		6
<b>Тема</b> Расчет выходных показателей ПГУ с УК: <i>расчет внутренней и электрической мощностей паровой турбины, внутреннего и электрического КПД ПГУ; расчет абсолютных и относительных потерь и коэффициента бинарности ПГУ.</i>		4		6
<b>Тема</b> Расчет ПГУ с высоконапорным котлом: <i>расчет тепловой схемы и показателей эффективности ПГУ с высоконапорным котлом.</i>		2		4
<b>Тема</b> Расчет и проектирование тепловой схемы комбинированной парогазовой установки с утилизационным котлом на базе газотурбинного двигателя				40
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>16</b>	<b>16</b>		<b>112</b>

## 6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Изучение теоретических разделов дисциплины	46
Подготовка к занятиям семинарского типа	26
Подготовка и оформление КП	40
	112

## **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **8.1 Основная литература**

1. Цанев, С.В., Буров, В.Д., Ремезов, А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций / Под ред. С.В. Цанева. Учебное пособие для вузов - М: Издательский дом МЭИ, 2009.- 579 с.

2. Цанев, С.В., Буров, В.Д., Земцов, А.С., Осыка А.С. Газотурбинные энергетические / Под ред. С.В. Цанева. Учебное пособие для вузов- М: Издательский дом МЭИ, 2011.- 423 с.

### **8.2 Дополнительная литература**

1. Трухний, А.Д. Парогазовые установки электростанций. Учебник для вузов. М: Издательский дом МЭИ, 2017.- 674 с.

2. Стерман Л.С., Лавыгин В.М. Тепловые и атомные электрические станции: Учебник для вузов.-2-е изд. перер.- М.: Изд-во МЭИ, 2000.- 408 с.

3. Теплообменные устройства газотурбинных и комбинированных установок / Под ред. Н.Д. Грязнов.- М.: Машиностроение, 1985.- 360 с.

### **8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Отсутствуют

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

Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM.

Электронно-библиотечная система eLIBRARY.RU.

### **8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

<http://teplolib.ucoz.ru> – электронная библиотека теплоэнергетика



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

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>
SMath Studio	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://ru.smath.info/">https://ru.smath.info/</a>
КОМПАС-3D LT	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="http://kompas.ru/kompas-3d-lt">http://kompas.ru/kompas-3d-lt</a>

## 9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) — русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### 9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### 9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### 9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;

- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

#### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

#### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению 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.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;

- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

### *1. Методические указания при работе над конспектом лекции*

В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

### *2. Методические указания по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим занятиям*

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы необходимо стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.

### *3. Методические указания по выполнению курсового проекта*

Теоретическая часть курсового проекта выполняется по установленным темам с использованием практических материалов. К каждой теме курсового проекта рекомендуется примерный перечень узловых вопросов, список необходимой литературы. Излагая вопросы темы, следует строго придерживаться плана. Работа не должна представлять пересказ отдельных глав учебника или учебного пособия. Необходимо изложить собственные соображения по существу излагаемых вопросов, внести свои предложения. Общие положения должны быть подкреплены и пояснены конкретными примерами. Излагаемый материал при необходимости следует проиллюстрировать таблицами, схемами, диаграммами и т.д. Расчетная часть должна представляться с необходимыми пояснениями и обоснованиями принимаемых решений.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
	Учебный кабинет	Проектор

### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

#### **Лекционные занятия.**

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

#### **Практические занятия.**

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер).

#### **Самостоятельная работа.**

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КнАГУ:

- читальный зал НТБ КнАГУ;
- компьютерные классы (ауд. 228 корпус № 3).

## **11 Иные сведения**

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ<sup>2</sup>**  
**по дисциплине**

**Парогазовые установки тепловых электрических станций**

Направление подготовки	<i>13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника"</i>
Направленность (профиль) образовательной программы	<i>Технология производства тепловой и электрической энергии</i>
Квалификация выпускника	<i>магистр</i>
Год начала подготовки (по учебному плану)	<i>2020</i>
Форма обучения	<i>очная</i>
Технология обучения	<i>традиционная</i>

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
<i>1</i>	<i>1</i>	<i>4</i>

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
<i>Зачет с оценкой КП</i>	<i>Кафедра «ТЭУ - Тепловые энергетические установки»</i>

<sup>2</sup> В данном приложении представлены типовые оценочные средства. Полный комплект оценочных средств, включающий все варианты заданий (тестов, контрольных работ и др.), предлагаемых обучающемуся, хранится на кафедре в бумажном и электронном виде.

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
<p>ПК-1. Способен формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов</p>	<p>ПК-1.1. Знает принципы формулирования заданий на разработку проектных решений в области модернизации технологического оборудования, улучшения его эксплуатационных характеристик, повышения экологической безопасности, экономии ресурсов ПК-1.2. Умеет формулировать задания на разработку проектных решений по выбранной теме ПК-1.3. Владеет навыком постановки задач на проектирование</p>	<p>Знать основные типы парогазовых установок, области их эффективного применения в условиях конкретных ТЭС показатели эффективности установок</p> <p>Уметь формулировать задачи при расчетах и проектировании парогазовых установок</p> <p>Иметь навык формулирования задач при проектировании парогазовых установок</p>
<p>ПК-2. Способен к проведению технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений, с использованием прикладного программного обеспечения для расчета параметров и выбора серийного и разработки нового теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования</p>	<p>ПК-2.1. Знает методики проведения технических расчетов, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений ПК-2.2. Умеет проводить расчетные исследования и оценивать эффективность проектных решений ПК-2.3. Владеет навыком проведения технических расчетов объектов профессиональной деятельности</p>	<p>Знать способы расчета парогазовых установок</p> <p>Уметь проводить расчеты по определению основных параметров парогазовых установок</p> <p>Иметь навык проведения технического расчета парогазовой установки</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Парогазовые установки тепловых электрических станций	ПК-1 ПК-2	Опорный конспект лекций	<ul style="list-style-type: none"> <li>- оптимальный объем текста (не более одной трети оригинала);</li> <li>- логическое построение и связность текста;</li> <li>- полнота/ глубина изложения материала (наличие ключевых положений, мыслей);</li> <li>- визуализация информации как результат ее обработки (таблицы, схемы, рисунки);</li> <li>- оформление (аккуратность, соблюдение структуры оригинала).</li> </ul>
	ПК-1 ПК-2	Собеседование	<ul style="list-style-type: none"> <li>- глубина, прочность, систематичность знаний;</li> <li>- адекватность применяемых знаний ситуации;</li> <li>- рациональность используемых подходов;</li> <li>- степень проявления необходимых профессионально значимых личностных качеств;</li> <li>- степень значимости определенных ценностей;</li> <li>- проявленное отношение к определенным объектам, ситуациям;</li> <li>- умение поддерживать и активизировать беседу, корректное поведение.</li> </ul>
	ПК-1 ПК-2	Задачи практических занятий	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способность анализировать и обобщать информацию;</li> <li>- способность синтезировать новую информацию;</li> <li>- способность делать обоснованные выводы на основе интерпретации информации, разъяснения;</li> <li>- установление причинно-следственных связей, выявление закономерности.</li> </ul>
	ПК-1 ПК-2	Курсовой проект	<ul style="list-style-type: none"> <li>- соответствие предполагаемым ответам;</li> <li>- правильное использование алгоритма выполнения решения;</li> <li>- логика рассуждений;</li> <li>- неординарность подхода к решению задач.</li> </ul>

## 2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
1 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме Зачет с оценкой</i>				
1	Опорный конспект лекций	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент полностью подготовил конспект лекций. Аккуратно оформлено графическая и текстовые части конспекта. 24 балла – студент полностью подготовил конспект лекций. Есть замечания к оформлению графической и текстовой частям конспекта. 18 баллов – Конспект не полный (отсутствуют не более 1 лекции). Небрежное оформление конспекта. 12 баллов– В конспекте отсутствуют 2 лекции. Небрежное оформление конспекта. 0 баллов – отсутствует более 2-х лекций.
2	Собеседование (2вопроса)	В течение семестра	30 баллов	30 баллов - студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 24 балла - студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 18 баллов - студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов -при ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.
3	Задачи практических занятий	В течение семестра	40 баллов	40 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Отчет выполнен аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 30 баллов- задание по работе выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения. Качество оформления отчета к работе не полностью соответствует требованиям 20 баллов- студент правильно выполнил задание к работе. Составил отчет в установленной форме, представил решения большинства



№	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты. 0 баллов - студент не выполнил все задания работы и не может объяснить полученные результаты.
ИТОГО:		-	100 баллов	-
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>				

1 семестр <i>Промежуточная аттестация в форме КП</i>	
<p>По результатам защиты курсового проекта (работы) выставляется оценка по 4-балльной шкале оценивания</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оценка <i>«отлично»</i> выставляется студенту, если в работе содержатся элементы научного творчества и делаются самостоятельные выводы, достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;</li> <li>- оценка <i>«хорошо»</i> выставляется студенту, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, качество оформления отчета соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы;</li> <li>- оценка <i>«удовлетворительно»</i> выставляется студенту, если в работе достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы;</li> <li>- оценка <i>«неудовлетворительно»</i> выставляется студенту, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.</li> </ul>	

### **3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

#### **3.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

##### *Вопросы для собеседования*

1. Основные преимущества ПГУ
2. Краткие исторические сведения развития ПГУ

3. Классификация газотурбинных установок
4. Идеальный цикл ГТУ при  $P = \text{const}$  (цикл Брайтона)
5. Промежуточное охлаждение воздуха в ГТУ (термодинамические основы)
6. Промежуточный подогрев газа в ГТУ (термодинамические основы)
7. Схема и цикл ГТУ с регенерацией теплоты
8. Тепломеханические схемы ГТУ
9. Отечественные производители энергетических ГТУ
10. Зарубежные производители энергетических ГТУ
11. Основные типы парогазовых установок
12. Тепловая схема и цикл ПГУ с утилизационным котлом
13.  $T - Q$  диаграмма теплообмена в утилизационном котле
14. ПГУ с УК и дожиганием топлива
15. Тепловая схема и цикл сбросной ПГУ
16. Особенности ПГУ сбросного типа
17. Схема и цикл ПГУ с высоконапорным котлом
18. Схема и теоретический цикл ПГУ с впрыском пара
19. ПГУ пылеугольных ТЭС с параллельной схемой работы
40. ПГУ пылеугольных ТЭС с полузависимой схемой работы.

### *Примеры задач для практических занятий*

*Задача 1.* Для идеального цикла газотурбинной установки с подводом теплоты при  $p = \text{const}$  определить основные параметры ( $P$ ,  $v$ ,  $T$ ) в характерных точках, термический КПД, полезную работу, а также количество подведенной и отведенной теплоты, если температура и давление рабочего тела (воздуха) в начале адиабатного сжатия равны  $t_1 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $P_1 = 0,085 \text{ МПа}$ , а температура рабочего тела в конце расширения  $t_2 = 180 \text{ }^\circ\text{C}$ , степень повышения давления  $\beta = 4$ , степень предварительного расширения  $\rho = 2,1$ . Представить цикл в  $P$ - $v$  и  $T$ - $S$  диаграммах.

*Задача 2.* В цикле газовой турбины подводом теплоты при  $v = \text{const}$  начальные параметры рабочего тела  $P_1 = 0,1 \text{ МПа}$  и  $T_1 = 300 \text{ К}$ . Степень повышения давления в адиабатном процессе сжатия  $\beta = 10$ ;  $\kappa = 1,4$ . Температура на входе в турбину не должна превышать  $1000 \text{ К}$ . Рабочее тело – воздух; теплоемкости постоянные. Определить параметры ( $P$ ,  $v$ ,  $T$ ) в характерных точках цикла, удельную работу расширения, степень сжатия, полезную работу, удельное количество подведенной и отведенной теплоты, термический КПД цикла. Представить цикл в  $P$ - $v$  и  $T$ - $S$  диаграммах.

*Задача 3.* Определить термический КПД идеального цикла ГТУ, работающей с подводом теплоты при  $p = \text{const}$ , а также термический КПД действительного цикла, т.е. с учетом необратимости процессов расширения и сжатия в турбине и компрессоре, если внутренние относительные КПД турбины и компрессора  $\eta_{\text{от}} = 0,88$  и  $\eta_{\text{ок}} = 0,85$ . Для этой установки известно, что  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , степень повышения давления в компрессоре  $\beta = 6$ ; температура газа перед турбиной  $t_3 = 900 \text{ }^\circ\text{C}$ . Рабочее тело – воздух, теплоемкость его постоянна, показатель адиабаты  $\kappa = 1,4$ . Представить циклы в  $T$ - $S$  диаграмме.

*Задача 4.* Сравнить работу и термический КПД циклов ГТУ с подводом теплоты при  $p = \text{const}$  и  $v = \text{const}$  по следующим данным: начальное состояние воздуха в обоих циклах равно  $P_1 = 1 \text{ бар}$  и  $t_1 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$ , степени сжатия в обоих циклах равны  $\beta$ , для обоих циклов установлены одинаковые предельные температуры, равные  $1300 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить мощности ГТУ, работающих по обоим циклам при расходе теплоты  $120000 \text{ кДж/мин}$ . Оба цикла представить в  $P$ - $v$  и  $T$ - $S$  диаграммах.

### 3.2 Задания для промежуточной аттестации

#### *Характеристика курсового проекта*

*Цели и задачи курсового проекта.* При выполнении курсового проекта студенты закрепляют теоретические знания, полученные при изучении дисциплины, получают практические навыки по применению методов расчета характеристик продуктов сгорания топлива, тепловых схем газотурбинных и парогазовых установок, составлению систем уравнений и их решению по определению паропроизводительности утилизационного котла, расчету итоговых характеристик эффективности комбинированных установок.

В период выполнения курсового проекта студенты глубже изучают основную и специальную литературу по парогазовым установкам ТЭС, учатся принимать обоснованные решения путем сравнения вариантов и логических суждений.

*Тематика курсового проекта* предполагает проектные расчеты тепловых схем и оборудования современных газотурбинных установок и сформированных на их основе наиболее перспективных и экономичных парогазовых установок с утилизационными котлами.

*Содержание курсового проекта.* Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части, выполненной на листах бумаги стандартного формата А1. Пояснительная записка должна содержать задание на курсовой проект, введение, основную часть с необходимыми обоснованиями и расчетами, оговоренными в задании, заключение и библиографический список. Конкретное содержание работы определяется заданием, пример которого ниже.

*Требования к оформлению курсового проекта.* Пояснительную записку выполняют на стандартных листах формата А4 и представляют к защите в сброшюрованном виде. Надписи на обложке пояснительной записки делают тушью или карандашом чертежным шрифтом (допускается компьютерный набор текста). Примерный объем пояснительной записки 20–30 с.

Записку разбивают на разделы и подразделы, название которых должно соответствовать их основному содержанию. Все записи делают на одной стороне листа.

Основные формулы, приведенные в записке, должны быть пронумерованы и иметь ссылки. Все величины, условные символы и обозначения в формулах необходимо пояснять. При многократной повторяемости расчетов их целесообразно оформлять в виде таблиц с обязательным указанием единиц физических величин.

Графическую часть выполняют на чертежных листах стандартного формата А1. Содержание графической части приведено в бланке задания на курсовой проект.

#### *Пример задания на курсовой проект*

Исходные данные:

- 1) Вид и рабочий состав топлива \_\_\_\_\_
- 2) Электрическая мощность ГТУ \_\_\_\_\_
- 3) Температура газов после камеры сгорания \_\_\_\_\_
- 4) Степень повышения давления в компрессоре \_\_\_\_\_
- 5) Температура наружного воздуха \_\_\_\_\_
- 6) Коэффициенты полезного действия:
  - адиабатный КПД компрессора \_\_\_\_\_
  - внутренний КПД газовой турбины \_\_\_\_\_
  - механический КПД \_\_\_\_\_
  - КПД электрогенератора \_\_\_\_\_

- внутренний КПД паровой турбины \_\_\_\_\_
- 7) Аэродинамические потери в трактах ГТУ:
  - входной тракт \_\_\_\_\_
  - тракт между компрессором и газовой турбиной \_\_\_\_\_
  - выходной тракт \_\_\_\_\_

Перечень подлежащих разработке вопросов в расчетно-пояснительной записке:

*Введение*

*1 Обоснование и выбор типа парогазовой установки и ее схемы*

- 1.1 Обоснование и выбор типа ПГУ.
- 1.2 Обоснование и выбор принципиальной тепловой схемы ПГУ.
- 1.3 Выбор термодинамического цикла.
- 1.4 Выбор параметров пара утилизационного котла и давления в конденсаторе.
- 1.5 Постановка задачи на проектирование.

*2 Расчет параметров и характеристик продуктов сгорания топлива*

- 2.1 Теплота сгорания топлива.
- 2.2 Объем и масса продуктов сгорания топлива.
- 2.3 Плотность и теплоемкость (изобарная и изохорная) продуктов сгорания топлива.

*3 Расчет тепловой схемы энергетической ГТУ*

- 3.1 Параметры в характерных точках цикла ГТУ.
- 3.2 Удельные работы (на 1 м<sup>3</sup> пг) элементов ГТУ и ее электрический КПД.
- 3.3 Мощности элементов ГТУ, расходы топлива, воздуха и газа.

*4 Определение паропроизводительности утилизационного котла*

- 4.1 Система расчетных уравнений утилизационного котла.
- 4.2 Параметры воды, пара и газа, температурные напоры в тракте УК.
- 4.3 Решение системы уравнений УК.

*5 Определение мощности паровой турбины и выходных характеристик ПГУ*

- 5.1 Внутренняя и электрическая мощность паровой турбины и ПГУ.
- 5.2 Электрический КПД ПГУ, потери энергии, коэффициент бинарности.

*Заключение*

Выводы, основные характеристики спроектированной установки.

*Библиографический список*

(Ссылки на используемые литературные источники обязательны по всему содержанию пояснительной записки).

Количество чертежей: 1) Принципиальная тепловая схема установки – 1 лист формата А1;  
2) Т – Q диаграмма утилизационного котла – 1 лист формата А3.

