

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФМАТ  Ряжских В.И.  
«26» марта 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Газотурбинные установки»

**Направление подготовки** 21.03.01 Нефтегазовое дело

**Профиль** Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

**Квалификация выпускника** бакалавр

**Нормативный период обучения** 4 года / 5 лет

**Форма обучения** очная / очно-заочная

**Год начала подготовки** 2019

Автор программы

  
/Оганесян А.В./

Заведующий кафедрой  
Нефтегазового  
оборудования и  
транспортировки

  
/ Валухов С.Г./

Руководитель ОПОП

  
/ Валухов С.Г./

Воронеж 2019

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

формирование у студентов базовых знаний, связанных с эксплуатацией газотурбинных установок на компрессорных станциях магистральных газопроводов. Изучение дисциплины позволит студентам овладеть необходимыми знаниями и умениями в области газотурбинных технологий, выступающих в роли основного силового оборудования компрессорных станций. Приобрести знания, умения и навыки при проектировании, сооружении и эксплуатации газотурбинных двигателей

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

- приобретение студентами необходимых знаний о принципах работы ГТУ
- получения навыков решения теоретических задач по определению термодинамических параметров ГТУ
- овладение навыками контроля основных параметров и режимов работы агрегата
- формирование навыков оптимального и рационального использования современных технологий подготовки, транспорта и хранения скважинной продукции
- применение полученных знаний, навыков и умений в последующей профессиональной деятельности

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Газотурбинные установки» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплина по выбору) блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Газотурбинные установки» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен выполнять работы по эксплуатации и обслуживанию оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

ПК-3 - Способен выполнять работы по обеспечению безопасности работ при эксплуатации и обслуживании оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

ПК-6 - Способен разрабатывать научно обоснованные предложения по повышению надежности, эффективности и безопасности работы оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие</b>
--------------------	---

	<b>сформированность компетенции</b>
ПК-1	<b>ИД-1<sub>ПК-1</sub></b> Применяет знания основных производственных процессов транспортировки и хранения нефти, газа и продуктов переработки.
	<b>ИД-2<sub>ПК-1</sub></b> Умеет совместно со специалистами технических служб корректировать технологические процессы с учетом реальной ситуации.
	<b>ИД-3<sub>ПК-1</sub></b> Владеет навыками руководства производственными процессами с применением современного оборудования и материалов.
ПК-3	<b>ИД-1<sub>ПК-3</sub></b> Знает правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности, в том числе при возникновении нештатных и аварийных ситуаций.
	<b>ИД-2<sub>ПК-3</sub></b> Умеет организовывать работу по предупреждению и ликвидации аварийных и нештатных ситуаций, оценивать риски.
	<b>ИД-3<sub>ПК-3</sub></b> Владеет навыками осуществления технического контроля состояния и работоспособности технологического оборудования.
ПК-6	<b>ИД-1<sub>ПК-6</sub></b> Знает методы и способы организации работ по повышению надежности, эффективности и безопасности работы оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки
	<b>ИД-2<sub>ПК-6</sub></b> Умеет организовать работу по повышению надежности, эффективности и безопасности работы оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки
	<b>ИД-3<sub>ПК-6</sub></b> Владеет навыками организации работ по повышению надежности, эффективности и безопасности работы оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки

#### **4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ**

Общая трудоемкость дисциплины «Газотурбинные установки» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36

Практические занятия (ПЗ)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	81	81
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

#### **очно-заочная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	26	26
В том числе:		
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	18	18
<b>Самостоятельная работа</b>	118	118
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

## **5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

#### **очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	Использование газотурбинных установок в качестве привода компрессоров для транспортировки товарного и природного газа в системе магистральных газопроводов.	2	2	4	8
2	Схемы и циклы простейших ГТУ	Схемы и циклы простейших ГТУ. Простая газотурбинная установка непрерывного горения и устройство её основных элементов. Простая газотурбинная установка прерывистого горения. Показатели эффективности циклов ГТУ	4	4	10	18
3	Топливо и рациональное его сжигание в камерах сгорания ГТУ	Элементы топлива, внешний и внутренний балласт топлива, теплотехническая оценка элементов топлива, теплота сгорания, температура сгорания. Температура калориметрирования, энтальпия процесса горения, коэффициент избытка воздуха, теоретически необходимый расход сухого воздуха	4	4	10	18
4	Основные элементы газотурбинных установок	Камеры сгорания: история развития, устройство и принцип действия, классификация, осложнения, связанные с эксплуатацией. Компрессоры: устройство и принцип действия, осложнения, связанные с эксплуатацией. Турбины ( устройство и	10	10	22	42

		принцип действия, осложнения, связанные с эксплуатацией)				
5	Способы повышения экономичности ГТУ	Подготовка топливного газа, очистка выбросов при эксплуатации ГТУ. Определение и нормативные показатели ПДК при оценке выбросов. Технологии экологичной эксплуатации ГТУ. Способы повышения экономичности ГТУ. Схема и цикл ГТУ с регенерацией теплоты. ГТУ со ступенчатым сжатием с промежуточным охлаждением и со ступенчатым расширением и промежуточным подводом теплоты.	8	8	18	34
6	Теплотехнические расчёты ГТУ	Обратимые термодинамические циклы газотурбинных двигателей. Сравнительный анализ термодинамических циклов ГТУ. Реальный цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Основные показатели работы ГТУ. Замкнутые ГТУ. Многовальные ГТУ. Комбинированные двигатели. Теплотехнические расчёты ГТУ. Термодинамический расчет ГТУ. Порядок термодинамического расчета ГТУ. Влияние температуры воздуха перед компрессором на основные показатели работы ГТУ. Влияние температуры рабочего газа перед турбиной на основные показатели работы ГТУ. Тепловой расчет камеры сгорания ГТУ. Влияние степени регенерации на основные показатели работы ГТУ	8	8	17	33
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>81</b>	<b>153</b>

### очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	Использование газотурбинных установок в качестве привода компрессоров для транспортировки товарного и природного газа в системе магистральных газопроводов.	1	1	7	9
2	Схемы и циклы простейших ГТУ	Схемы и циклы простейших ГТУ. Простая газотурбинная установка непрерывного горения и устройство её основных элементов. Простая газотурбинная установка прерывистого горения. Показатели эффективности циклов ГТУ	1	2	15	18
3	Топливо и рациональное его сжигание в камерах сгорания ГТУ	Элементы топлива, внешний и внутренний балласт топлива, теплотехническая оценка элементов топлива, теплота сгорания, температура сгорания. Температура калориметрирования, энтальпия процесса горения, коэффициент избытка воздуха, теоретически необходимый расход сухого воздуха	1	3	16	20
4	Основные элементы газотурбинных установок	Камеры сгорания: история развития, устройство и принцип действия, классификация, осложнения, связанные с эксплуатацией. Компрессоры: устройство и принцип действия, осложнения, связанные с эксплуатацией. Турбины (устройство и принцип действия, осложнения, связанные с эксплуатацией)	3	6	38	47
5	Способы повышения экономичности ГТУ	Подготовка топливного газа, очистка выбросов при эксплуатации ГТУ.	1	3	22	26

		Определение и нормативные показатели ПДК при оценке выбросов. Технологии экологичной эксплуатации ГТУ. Способы повышения экономичности ГТУ. Схема и цикл ГТУ с регенерацией теплоты. ГТУ со ступенчатым сжатием с промежуточным охлаждением и со ступенчатым расширением и промежуточным подводом теплоты.				
6	Теплотехнические расчёты ГТУ	Обратимые термодинамические циклы газотурбинных двигателей. Сравнительный анализ термодинамических циклов ГТУ. Реальный цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Основные показатели работы ГТУ. Замкнутые ГТУ. Многовальные ГТУ. Комбинированные двигатели. Теплотехнические расчёты ГТУ. Термодинамический расчет ГТУ. Порядок термодинамического расчета ГТУ. Влияние температуры воздуха перед компрессором на основные показатели работы ГТУ. Влияние температуры рабочего газа перед турбиной на основные показатели работы ГТУ. Тепловой расчет камеры сгорания ГТУ. Влияние степени регенерации на основные показатели работы ГТУ	1	3	20	24
<b>Итого</b>			<b>8</b>	<b>18</b>	<b>118</b>	<b>144</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Применяет знания основных производственных процессов транспортировки и хранения нефти, газа и	Тест, контрольная работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	продуктов переработки.			
	<b>ИД-2<sub>ПК-1</sub></b> Умеет совместно со специалистами технических служб корректировать технологические процессы с учетом реальной ситуации.	Тест, контрольная работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<b>ИД-3<sub>ПК-1</sub></b> Владеет навыками руководства производственными процессами с применением современного оборудования и материалов.	Тест, контрольная работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	<b>ИД-1<sub>ПК-3</sub></b> Знает правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности, в том числе при возникновении нештатных и аварийных ситуаций.	Тест, контрольная работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<b>ИД-2<sub>ПК-3</sub></b> Умеет организовывать работу по предупреждению и ликвидации аварийных и нештатных ситуаций, оценивать риски.	Тест, контрольная работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<b>ИД-3<sub>ПК-3</sub></b> Владеет навыками осуществления технического контроля состояния и работоспособности технологического оборудования.	Тест, контрольная работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-6	<b>ИД-1<sub>ПК-6</sub></b> Знает методы и способы организации работ по повышению надежности, эффективности и безопасности работы оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки	Тест, контрольная работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<b>ИД-2<sub>ПК-6</sub></b> Умеет организовать работу по повышению надежности, эффективности и безопасности работы оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и	Тест, контрольная работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	продуктов переработки			
	<b>ИД-3<sub>ПК-6</sub></b> Владеет навыками организации работ по повышению надежности, эффективности и безопасности работы оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки	Тест, контрольная работа	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6 семестре для очной формы обучения, 7 семестре для очно-заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	<b>ИД-1<sub>ПК-1</sub></b> Применяет знания основных производственных процессов транспортировки и хранения нефти, газа и продуктов переработки.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	<b>ИД-2<sub>ПК-1</sub></b> Умеет совместно со специалистами технических служб корректировать технологические процессы с учетом реальной ситуации.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	<b>ИД-3<sub>ПК-1</sub></b> Владеет навыками руководства производственными процессами с применением современного оборудования и материалов.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	<b>ИД-1<sub>ПК-3</sub></b> Знает правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности, в том числе при возникновении нештатных и аварийных ситуаций.	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	<b>ИД-2</b> <sub>ПК-3</sub> Умеет организовывать работу по предупреждению и ликвидации аварийных и нештатных ситуаций, оценивать риски.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	<b>ИД-3</b> <sub>ПК-3</sub> Владеет навыками осуществления технического контроля состояния и работоспособности технологического оборудования.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-6	<b>ИД-1</b> <sub>ПК-6</sub> Знает методы и способы организации работ по повышению надежности, эффективности и безопасности работы оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	<b>ИД-2</b> <sub>ПК-6</sub> Умеет организовать работу по повышению надежности, эффективности и безопасности работы оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	<b>ИД-3</b> <sub>ПК-6</sub> Владеет навыками организации работ по повышению надежности, эффективности и безопасности работы оборудования и объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

**7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки**

**знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

**7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

*Не предусмотрено учебным планом*

**7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1. Назовите классификацию топлива по происхождению, приведите пример
2. Что такое низшая теплота сгорания?
3. Перечислите, на каких технико-экономических факторах обосновывается целесообразность применения горючих веществ в качестве топлива
4. Запишите уравнение для элементарного состава рабочего топлива
5. Сколько тепла в кДж выделяется при полном сгорании 1 кг углерода
6. Расшифруйте понятие «полного горения топлива»
7. Запишите уравнение для элементарного состава сухого топлива
8. Перечислите, с какой целью выполняют расчеты горения топлива
9. Назовите классификацию топлива по назначению
10. Что такое условное топливо? Укажите его теплоту сгорания в кДж/кг и ккал/кг
11. Сколько тепла в кДж выделяется при полном сгорании 1 кг водорода с учетом конденсации продуктов сгорания
12. Что такое высшая теплота сгорания?
13. Дайте определение энергетического топлива
14. Сколько тепла в кДж выделяется при полном сгорании 1 кг летучей серы
15. Укажите, какие химические элементы образуют горючую составляющую топлива
16. Какие химические элементы являются в топливе внутренним балластом?
17. Запишите уравнение для расчетного определения низшей теплоты сгорания рабочего жидкого и твердого топлива по уравнению Д.И. Менделеева (кДж/кг)
18. Дайте определение технологического топлива
19. Запишите уравнение для элементарного состава горючего топлива
20. Что является внешним балластом топлива?
21. Запишите формулу расчета теоретически необходимого расхода сухого воздуха  $L_0$  через характеристику элементарного состава топлива
22. Сколько тепла в кДж выделяется при полном сгорании 1 кг водорода без учета конденсации продуктов сгорания
23. Перечислите, что какие химические элементы и характеристики относятся к негорючей части топлива
24. Назовите и дайте цифровое обозначение всех теплот сгорания
25. Запишите формулу для расчета теплового эквивалента топлива
26. Что такое теоретически необходимый расход сухого воздуха?
27. Для чего служит безразмерный коэффициент Э?

28. Запишите формулу расчета для характеристики элементарного состава топлива топлива E

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

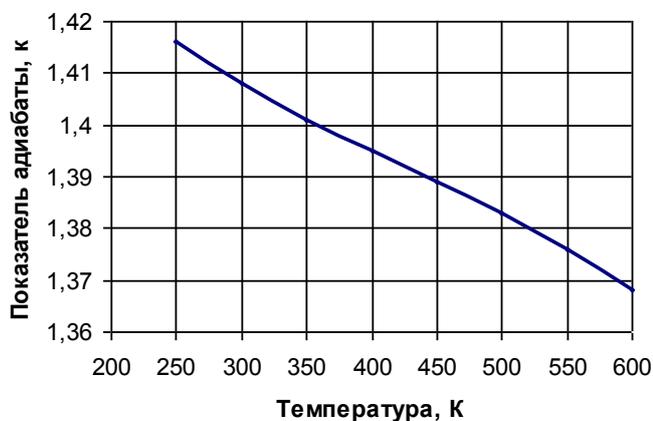
1. Рассчитайте эффективный КПД газотурбинной установки, если: массовый расход топливного газа  $V = 0.87$  кг/с; эффективная мощность ГТУ  $N_e = 10000$  кВт; характеристика газовой смеси:

*Исходные данные*

Молярная концентрация $r, \%$	Компоненты				
	$CH_4$	$C_2H_6$	$C_3H_8$	$CO_2$	$N_2$
	90	6	3	0,9	0,1
Молекулярная масса, $\mu_i$ кг/кмоль	16,04	30,07	44,09	44,01	28,02
Низшая теплота сгорания, $Q_{P}^H$ кДж/кг	802895	1428863	2045462	-	-

2. Определить давление и уточненное значение температуры воздуха за компрессором газотурбинной установки, если: температура воздуха перед компрессором  $T_1 = 15$  °С; соотношение граничных давлений в компрессоре  $\pi_k = 9,5$ ;  $P_1 = 0,1015$  МПа; политропный КПД компрессора  $\eta = 0,85$ .

*Истинный показатель адиабаты воздуха при коэффициенте избытка воздуха  $\alpha = \infty$*



3. Рассчитать температуру продуктов сгорания на выходе из турбины высокого давления  $T'_s$ , удельную полезную работу  $h$  и эффективную

мощность газоперерабатывающего агрегата  $N_e$ , если :

*Исходные данные*

<i>Теплоемкость продуктов сгорания, <math>C_{p\text{ ПС}}</math>, кДж/кгК</i>	<i>1,25</i>
<i>Массовый расход продуктов сгорания <math>G_{\text{ПС}}</math>, кг/с</i>	<i>75</i>
<i>Мощность турбины высокого давления <math>N_{\text{ТВД}}</math>, кВт</i>	<i>13 500</i>
<i>Температура продуктов сгорания после турбины низкого давления <math>T_s</math>, К</i>	<i>750</i>
<i>Температура продуктов сгорания перед турбиной высокого давления <math>T_z</math>, К</i>	<i>1010</i>

4. Определить тепловую мощность, подводимую к рабочему телу в камере сгорания если температура воздуха  $T_2=200$  °С; температура газа за КС  $T_3=1000$  °С; средняя температура топлива  $T_T=177$  °С. Расход воздуха  $G_{\text{в}}=30$  кг/с; расход топливного газа  $G_T= 0,5$  кг/с; расход чистых продуктов сгорания  $G_{\text{ПС}}=10$  кг/с; расход остаточного

воздуха в рабочем теле за камерой сгорания  $G_{\text{в ост}}= 18$  кг/с.

*Средние теплоемкости*

<i>Теплоемкость воздуха при <math>T_2</math>, кДж/кгК</i>	<i>1,001</i>
<i>-----при <math>T_3</math>, кДж/кгК</i>	<i>1,084</i>
<i>Теплоемкость продуктов сгорания при <math>T_3</math>, кДж/кгК</i>	<i>1,192</i>
<i>Удельная теплоемкость топлива <math>T_m</math>, кДж/кгК</i>	<i>2,81</i>

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Теплота сгорания;
2. Летучие вещества и кокс;
3. Теоретическое количество воздуха;
4. Состав и количество продуктов сгорания;
5. Определение температуры сгорания;

6. Диаграмма  $ht$  - продуктов сгорания топлива;
7. Требования, предъявляемые к камерам сгорания;
8. Основные показатели работы камер сгорания;
9. Особенности конструкции и основные типы камер сгорания ГТУ;
10. Схема простой газотурбинной установки непрерывного горения;
11. Схемы одноступенчатой и многоступенчатой турбин;
12. Схема многоступенчатого осевого компрессора;
13. Камера сгорания;
14. Схема ГТУ прерывистого горения;
15. Показатели эффективности циклов ГТУ;
16. Обратимые термодинамические циклы газотурбинных двигателей;
17. ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении;
18. ГТУ с подводом теплоты при постоянном объеме;
19. Цикл простейшей ГТУ с учетом потерь в турбине и компрессоре;
20. Основные показатели работы ГТУ;
21. Схема и цикл ГТУ с регенерацией теплоты;
22. ГТУ со ступенчатым сжатием с промежуточным охлаждением и со ступенчатым расширением промежуточным подводом теплоты;
23. Замкнутые ГТУ;
24. Многовальные ГТУ;
25. Комбинированные двигатели.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 3 баллами, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 19.*

*1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.*

*2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов*

*3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.*

*4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 19 баллов.)*

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение	ПК-1, ПК-3, ПК-6	Тест, контрольная работа
2	Схемы и циклы простейших ГТУ	ПК-1, ПК-3, ПК-6	Тест, контрольная работа
3	Топливо и рациональное его сжигание в камерах сгорания	ПК-1, ПК-3, ПК-6	Тест, контрольная работа

	ГТУ		
4	Основные элементы газотурбинных установок	ПК-1, ПК-3, ПК-6	Тест, контрольная работа
5	Способы повышения экономичности ГТУ	ПК-1, ПК-3, ПК-6	Тест, контрольная работа
6	Теплотехнические расчёты ГТУ	ПК-1, ПК-3, ПК-6	Тест, контрольная работа

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## 8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература		
Михальцев В.Е. Моляков В.Д. Под ред. И.Г. Суровцева	Расчет параметров цикла при проектировании газотурбинных двигателей и комбинированных установок	2014 ЭБС "Лань"
Троицкий Н.И. Тумашев Р.З. Под редакцией М.И. Осипова	Теория и проектирование центробежных компрессоров газотурбинных двигателей. Часть 1. Основные уравнения теории лопаточных машин	2010 ЭБС "Лань"
Дополнительная литература		
А.В. Рудаченко, Н.В. Чухарева, С.С. Байкин	Газотурбинные установки: учебное пособие	2008 Магн. носитель
Топалов Э.Л. Булыгин Ю.А. Валюхов С.Г.	Ресурсо- и энергосберегающие технологии при магистральном транспорте и хранении газа: учеб. пособие	2008 печат.

### 8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая

**перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

- Сайт Министерства энергетики РФ, раздел «Нефтегазовый комплекс» (<http://minenergo.gov.ru/activity/oilgas/>);
- Библиотека ГОСТов, стандартов и нормативов (<http://www.infosait.ru/>);
- Официальные сайты предприятий нефтегазового комплекса (например, [www.gazprom.ru](http://www.gazprom.ru), [www.tnk-bp.ru](http://www.tnk-bp.ru));

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

**Специализированная лекционная аудитория**, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

**Учебные лаборатории**

**Дисплейный класс**, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума

**Кабинеты**, оборудованные проекторами и интерактивными досками

**Натурные лекционные демонстрации**

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Газотурбинные установки» читаются лекции, проводятся практические занятия.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета \_\_\_\_\_. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
<p>Подготовка к промежуточной аттестации</p>	<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>