

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»  
ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ВШТЭ

П.В.Луканин

« 28 » июня 2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**B1.B.06**

(индекс дисциплины)

### Нагнетатели и тепловые двигатели в промышленной теплоэнергетике

(Наименование дисциплины)

Кафедра: **21** Теплосиловых установок и тепловых двигателей  
Код (Наименование кафедры)

Направление подготовки: **13.03.01** Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: **Промышленная теплоэнергетика**

Уровень образования: **Бакалавриат**

### План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение*	Заочное обучение*
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	<b>324</b>	<b>324</b>	<b>324</b>
	Аудиторные занятия	<b>104</b>	<b>118</b>	<b>34</b>
	Лекции	48	50	16
	Лабораторные занятия	14		6
	Практические занятия	42	68	12
	Самостоятельная работа	<b>184</b>	<b>170</b>	<b>277</b>
	Промежуточная аттестация	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>13</b>
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен	7	8	8
	Зачет	6	7	7
	Контрольная работа			7
	Курсовая работа	7	8	8
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		<b>9</b>	<b>9</b>	<b>9</b>

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная						<b>2</b>	<b>7</b>			
Очно-заочная							<b>2</b>	<b>7</b>		
Заочная							<b>4</b>	<b>5</b>		

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

На основании учебных планов № b130301-234  
v130301-4  
z130301-234

Кафедра-разработчик: Теплосиловых установок и тепловых двигателей

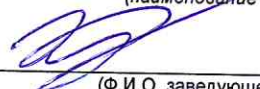
Заведующий кафедрой: Коновалов П.Н.



**СОГЛАСОВАНИЕ:**

Выпускающая кафедра: Теплосиловых установок и тепловых двигателей  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: Коновалов П.Н.



(Ф.И.О. заведующего, подпись)

Методический отдел: Смирнова В.Г.



(Ф.И.О. сотрудника отдела, подпись)

Выпускающая кафедра: Промышленной теплоэнергетики

(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: Сморозин С.Н.



(Ф.И.О. заведующего, подпись)

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области теплоэнергетики и теплотехники, связанных с изучением типовых конструкций, принципов действия тепловых двигателей, методов математического моделирования рабочих процессов паровых и газовых турбин, с разработкой проектных решений по улучшению эксплуатационных характеристик двигателей с использованием стандартных средств автоматизации проектирования.

## 1.3. Задачи дисциплины

- Рассмотреть закономерности рабочих процессов и конструкции современных паровых и газовых турбин.
- Продемонстрировать алгоритмы тепловых расчетов паровых и газовых турбин.
- Усвоить основные направления разработки проектных решений по модернизации паровых и газовых турбин.
- Привить способности к самостоятельному приобретению и использованию в практической деятельности новые знания и умения.

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

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОПК-2	Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	3
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) основные законы рабочих процессов в тепловых двигателях; 2) методы анализа эффективности тепловых двигателей. Уметь: 1) использовать методы математического анализа для оценки эффективности паровых и газовых турбин; 2) оценивать показатели качества смазывающих масел экспериментальным путем. Владеть: 1) методологией проведения экспериментальных исследований.		
ПК- 2	Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием.	2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) конструктивное оформление тепловых двигателей; 2) алгоритмы расчета паровых и газовых турбин и основы проектирования отдельных узлов и деталей, перспективы развития указанных тепловых двигателей. Уметь: 1) выполнять расчеты основных характеристик машин, их геометрических размеров; 2) производить осмотры и ремонт тепловых двигателей. Владеть: 1) проблематикой совершенствования тепловых двигателей.		

**1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:**

- Математика (ОПК-2)
- Физика (ОПК-2)
- Химия (ОПК-2)
- Материаловедение и технология конструкционных материалов (ОПК-2)
- Инженерная графика (ОПК-2)
- Механика (ОПК-2)
- Электротехника и электроника (ОПК-2)
- Техническая термодинамика (ОПК-2)
- Теплообмен (ОПК-2)
- Экология (ОПК-2)
- Котельные установки и парогенераторы в промышленной теплоэнергетике (ПК-2)
- Теплообменное оборудование теплоэнергетических предприятий (ПК-2)
- Информатика в задачах теплоэнергетики и теплотехнологиях (ПК-2).
- Проектирование отопительных котельных в промышленной теплоэнергетике (ПК-2)
- Проектирование источников энергии в промышленной теплоэнергетике (ПК-2)
- Информационная безопасность теплоэнергетических объектов (ПК-2)

**2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Тепловые двигатели. Виды, назначение.</b>			
Тема 1. Общие сведения о тепловых двигателях. Назначение и область применения тепловых двигателей. Перспективы развития тепловых двигателей.	15	16	30
Тема 2. Типовые конструкции и принцип действия паровых турбин. Одноступенчатые турбины. Многоступенчатые активные турбины. Многоступенчатые реактивные турбины.	16	16	30
<b>Текущий контроль 1.</b> (опрос)	2	1	-
<b>Учебный модуль 2. Турбинная ступень.</b>			
Тема 3. Турбинная ступень и ее характеристики. Геометрические характеристики турбинной ступени. Процессы движения пара в межлопаточных каналах ступени. Треугольники скоростей. Работа на окружности.	16	16	35
Тема 4. Потери энергии в турбинных ступенях. Классификация потерь энергии. Относительные КПД турбинных ступеней. Размеры турбинных лопаток.	15	16	30
<b>Текущий контроль 2.</b> (опрос)	2	1	-
<b>Текущий контроль 2.</b> (контрольная работа)	-	-	15
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b> (зачет)	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>
<b>Учебный модуль 3. Многоступенчатые паровые турбины.</b>			
Тема 5. Тепловой процесс многоступенчатой паровой турбины. Тепловой процесс в h-s диаграмме. Коэффициент возврата теплоты. Характеристический коэффициент. Методика теплового расчета турбины.	16	16	14
Тема 6. Определение некоторых показателей многоступенчатой турбины. Осевые усилия, действующие на ротор турбины, способы уменьшения. Предельная мощность, способы увеличения предельной мощности.	16	16	14
<b>Текущий контроль 3.</b> (практическая задача)	2	1	-
<b>Учебный модуль 4. Переменные режимы работы турбины.</b>			
Тема 7. Работа турбины на переменных режимах. Способы парораспределения. Изменение параметров пара и теплоперепадов по ступеням и в турбине в целом на переменных режимах работы.	15	16	13
Тема 8. Диаграммы режимов работы турбины. Диаграмма режимов работы конденсационной и противодавленческой турбины. Диаграмма режимов работы турбины с регулируемым отбором пара.	15	16	13
<b>Текущий контроль 4.</b> (практическая задача)	2	1	-
<b>Учебный модуль 5. Турбины для выработки теплоты и электрической энергии и схемы</b>			

Наименование и содержание учебных модулей, тем и форм контроля	Объем (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
регулирования мощности.			
Тема 9. Турбины для комбинированной выработки теплоты и электрической энергии. Турбины с противодавлением, теплофикационные конденсационные паровые турбины.	15	16	13
Тема 10. Схемы регулирования мощности теплофикационных турбин. Схемы регулирования мощности турбин с противодавлением. Схемы регулирования мощности теплофикационных конденсационных турбин.	15	16	13
<b>Текущий контроль 5.</b> (опрос)	2	1	-
<b>Учебный модуль 6.</b> Основные системы, обеспечивающие работу турбин.			
Тема 11. Конденсационные установки паровых турбин. Назначение, принципиальная схема конденсационной установки. Конструкция конденсаторов. Характеристики конденсаторов. Проверка конденсатора на гидравлическую герметичность.	16	16	13
Тема 12. Системы маслоснабжения турбин. Характеристика смазывающих масел и их определение. Простейшая схема регулирования. Механизм управления турбиной. Регуляторы скорости. Системы защиты.	16	16	13
<b>Текущий контроль 6.</b> (опрос)	2	1	-
<b>Учебный модуль 7.</b> Эксплуатация паровых турбин.			
Тема 13. Эксплуатационные требования к ПТУ. Требования к надежности, экономичности, маневренности. Группы параметров пара.	16	16	13
Тема 14. Пуск, стационарная работа и останов ПТУ. Пуск ПТУ из различных видов состояний. Контролируемые параметры при стационарной работе турбины. Останов ПТУ, останов в резерв.	16	16	13
<b>Текущий контроль 7.</b> (опрос)	2	1	-
<b>Учебный модуль 8.</b> Газовые турбины промышленных ТЭС.			
Тема 15. Особенности газовых турбин. Место и назначение газовых турбин в составе ГТУ. Особенности рабочего процесса и конструкции газовых турбин.	16	18	14
Тема 16. Высокотемпературные газовые турбины. Использование специальной обработки элементов проточной части. Использование жаропрочных сплавов, керамических и композитных материалов. Системы охлаждения деталей газовой турбины.	16	18	13
<b>Текущий контроль 8.</b> (практическая задача)	2	1	-
<b>Курсовая работа</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>12</b>
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине (экзамен)</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>9</b>
<b>ВСЕГО:</b>	<b>324</b>	<b>324</b>	<b>324</b>

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 3.1. Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	6	4	7	2	7	2
2	6	8	7	4	7	2
3	6	14	7	8	7	2
4	6	8	7	4	7	2
5	7	2	8	4	8	2
6	7	1	8	2	8	-
7	7	2	8	2	8	1
8	7	1	8	2	8	-
9	7	1	8	2	8	-
10	7	1	8	2	8	-
11	7	1	8	4	8	1

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
12	7	1	8	2	8	1
13	7	1	8	4	8	1
14	7	1	8	2	8	-
15	7	1	8	4	8	1
16	7	1	8	2	8	1
<b>ВСЕГО:</b>		<b>48</b>		<b>50</b>		<b>16</b>

### 3.2. Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
2	Оценка изменения параметров пара в активных и реактивных турбинных ступенях (практическое занятие)	6	-	7	12	7	4
3	Определение степени реактивности в одновенечных и двухвенечных турбинных ступенях (практическое занятие)	6	-	7	12	7	-
4	Расчет коэффициентов скорости, потерь энергии и КПД турбинных ступеней (практическое занятие)	6	-	7	12	7	-
5	Определение параметров пара в канале соплового аппарата и угла отклонения потока пара в косом срезе (практическое занятие)	7	10	8	8	8	-
6	Расчет промежуточной ступени многоступенчатой паровой турбины (практическое занятие)	7	12	8	10	8	4
7	Обоснование выбора и предварительный тепловой расчет многоступенчатой паровой турбины (практическое занятие)	7	8	8	6	8	4
8	Определение параметров паровой турбины с использованием диаграмм режимов работы (практическое занятие)	7	6	8	-	8	-
16	Предварительный тепловой расчет газовой турбины (практическое занятие)	7	6	8	8	8	-
<b>ВСЕГО:</b>			<b>42</b>		<b>68</b>		<b>12</b>

### 3.3. Лабораторные занятия

Номера изучаемых тем	Наименование лабораторных занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
11	Определение гидравлической плотности конденсатора путем проверки жесткости конденсата	7	6	-	-	-	-
12	Определение вязкости турбинных масел	7	8	-	-	7	6
<b>ВСЕГО:</b>			<b>14</b>		<b>-</b>		<b>6</b>

## 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

#### 4.1. Цели и задачи курсовой работы

Целью курсовой работы является формирование компетенций, связанных с изучением конструкции паровых турбин, методов математического моделирования рабочих процессов в турбинах, с получением навыков по тепловому расчету многоступенчатой паровой турбины, в результате которого определяются геометрические характеристики турбины, ее относительные КПД и некоторые другие параметры.

Задача курсовой работы научить студентов использовать знания по закономерностям рабочих процессов в турбине для ее теплового расчета, привить навыки к самостоятельному анализу полученных результатов.

#### 4.2. Тематика курсовой работы

Тепловой расчет паровой многоступенчатой противодавленческой турбины.

#### 4.3. Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы

Работа выполняется индивидуально по указанному варианту, с использованием методических указаний, диаграмм воды и водяного пара, основной и дополнительной литературы по дисциплине.

Результаты представляются в виде пояснительной записки, объемом 40 стр, содержащей следующие обязательные элементы:

1. Исходные данные для расчета.
2. Предварительный расчет турбины.
3. Тепловой расчет регулирующей двухвенечной ступени.
4. Тепловой расчет двух одновенечных ступеней давления.
5. Расчет характеристик паровой турбины, определение номинальной электрической мощности турбины.
6. Выводы.
7. Рисунки в записке: предварительный тепловой процесс турбины в h-s диаграмме; тепловой процесс регулирующей ступени; тепловой процесс двух нерегулируемых ступеней; треугольники скоростей всех ступеней; проточная часть двухвенечной регулирующей ступени.
8. Чертежи: продольный разрез турбины в масштабе 1:5; проточные части ступеней в масштабе 1:1.

### 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2	опрос	6	2	7	2	-	-
5,6,7	опрос	7	3	8	3	-	-
3,4,8	практическая задача	7	3	8	3	-	-
1-2	контрольная работа	-	-	-	-	7	1

### 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	6	32	7	20	7	54
Подготовка к практическим занятиям	-	-	-	-	7	35
Подготовка к лабораторным занятиям	-	-	7	28	7	18
Выполнение контрольной работы	-	-	-	-	7	15
Подготовка к зачету	6	6	7	6	7	4
Усвоение теоретического материала	7	44	8	44	8	93
Подготовка к практическим занятиям	7	50	8	58	8	50
Подготовка к лабораторным занятиям	7	36	-	-	-	-
Выполнение курсовой работы	7	16	8	14	8	12
Подготовка к экзамену	7	36	8	36	8	9
<b>ВСЕГО:</b>		<b>220</b>		<b>206</b>		<b>290</b>

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 7.1. Характеристика видов и используемых инновационных форм учебных занятий

Наименование видов учебных занятий	Используемые инновационные формы	Объем занятий в инновационных формах (часы)		
		очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Лекции	Проблемная лекция, разбор конкретных ситуаций	8	8	4
Практические и семинарские занятия	Поиск вариантов решения проблемных ситуаций в условиях не полной определенности	14	8	-
Лабораторные занятия	Проведение под руководством преподавателя эксперимента на лабораторной установке по определению характеристик турбинных масел при различной температуре.	-	-	4
<b>ВСЕГО:</b>		22	16	8

### 7.2. Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации

традиционная

балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

#### а) основная учебная литература

1. Под ред. В.М. Лебедева. Источники и системы теплоснабжения предприятий: учебник. Изд-во УМЦ ЖДТ (Маршрут) 2013 г. 384 стр.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/26805>.— ЭБС «IPRbooks».
2. Щинников П.А. Проектирование одноцилиндровой конденсационной турбины [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Щинников П.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 83 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45147>.— ЭБС «IPRbooks».

#### б) дополнительная учебная литература

3. Ведрученко В.Р. Ремонт тепломеханического оборудования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ведрученко В.Р., Анисимов А.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015.— 160 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45308>.— ЭБС «IPRbooks».
4. Акладная Г.С. Главные энергетические установки [Электронный ресурс]: методические рекомендации/ Акладная Г.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2015.— 33 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46447>.— ЭБС «IPRbooks».

### 8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

5. Определение вязкости турбинных масел; методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели»/ сост.: П.Н.Коновалов, Э.Р.Алиев; СПбГТУРП.-СПб., 2013.- 11 с.— Режим доступа: <http://nizrp.narod.ru/opervyazkmaselmasel.htm>.— ЭБ ВШТЭ.
6. Определение гидравлической плотности конденсатора путем проверки жесткости конденсата: методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Нагнетатели и тепловые двигатели»/ сост.: П.Н.Коновалов, Э.Р.Алиев; СПбГТУРП.-СПб., 2013.- 10 с.— Режим доступа: <http://nizrp.narod.ru/opredgidravplotn.htm>.— ЭБ ВШТЭ.

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

1. Издательский дом МЭИ: [publish@mpei.ru](mailto:publish@mpei.ru), [publishers.mpei.ru](http://publishers.mpei.ru).
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПбГУПТД: [http://nizrp.narod.ru/ebmu\\_m.htm](http://nizrp.narod.ru/ebmu_m.htm).
3. Электронная библиотека: <http://www.iprbookshop.ru>, ЭБС «IPRbooks».



#### 8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Microsoft Windows 8.1,
2. Microsoft Office Professional 2013.

#### 8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом.
2. Компьютерный класс с выходом в интернет.
3. Кабинет макетов ТЭЦ, АЭС, ПТУ, ГПС.
4. Учебная лаборатория тепловых двигателей.

#### 8.6. Иные сведения и (или) материалы

1. Каталоги энергетического оборудования.
2. Макеты элементов турбин и компрессоров.
3. Натурные образцы элементов проточных частей турбин.
4. Комплект плакатов.
5. Наборы слайдов на электронном носителе.

### 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий: осуществлять с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Работа с теоретическим материалом: найти ответ на вопросы в рекомендуемой литературе, если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии и др.
Практические занятия	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по темам расчетно-графических работ, анализ заданий на расчетно-графические работы, решение задач по алгоритмам указанных работ, анализ полученных результатов, формулировка выводов и др.
Лабораторные занятия	Работа с конспектом лекций, изучение методических указаний по выполнению лабораторных работ, знакомство с лабораторным оборудованием, порядком его использования, техникой безопасности при выполнении лабораторных работ, анализ полученных результатов, формулирование выводов.
Самостоятельная работа	Изучение материала, изложенного в рекомендованной учебной литературе, методических указаниях, конспекте лекций. Знакомство с достижениями в области создания, эксплуатации, организации управления современными тепловыми двигателями в периодических изданиях, в информационно-телекоммуникационной сети "Интернет". Делать выписки о важнейших сведениях по тепловым двигателям. При подготовке к зачету, экзамену, выполнение практических задач, контрольной и курсовой работы необходимо проработать, рекомендуемую литературу, каталоги энергетического оборудования, составить алгоритмы ответов на вопросы по зачету и экзамену, продумать ответы на возможные дополнительные вопросы преподавателя.

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап формирования)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОПК-2 (3)	<p>1. Излагает основные законы рабочих процессов в тепловых двигателях и имеет представление о методах анализа эффективности тепловых двигателей.</p> <p>2. Демонстрирует использование методов математического анализа для оценки эффективности паровых и газовых турбин, показывает процесс оценки качества смазывающих масел экспериментальным путем.</p> <p>3. Использует знания теории паровых и газовых турбин для решения практических задач и проведения экспериментальных исследований.</p>	<p>1. Устное собеседование</p> <p>2. Практическое типовое задание</p> <p>3. Курсовая работа</p>	<p>1. Перечень вопросов к зачету и экзамену (60 вопросов)</p> <p>2. Перечень практических типовых заданий (30 задач)</p> <p>3. Перечень тем курсовых работ (68 вариантов)</p>
ПК-2 (2)	<p>1. Обладает знаниями алгоритмов расчета паровых и газовых турбин, по основам проектирования отдельных узлов и деталей, конструктивного оформления тепловых двигателей.</p> <p>2. Демонстрирует расчеты основных характеристик машин, их геометрических размеров, способен производить осмотры и ремонт тепловых двигателей.</p> <p>3. Принимает взвешенные решения по проблематике совершенствования тепловых двигателей.</p>	<p>1. Устное собеседование</p> <p>2. Практическое типовое задание</p> <p>3. Курсовая работа</p>	<p>1. Перечень вопросов к зачету и экзамену (60 вопросов)</p> <p>2. Перечень практических типовых заданий (30 задач)</p> <p>3. Перечень тем курсовых работ (68 вариантов)</p>

#### 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

##### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Курсовая работа
отлично	<p>Обучающийся показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание основного и дополнительного учебного материала, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные программой; усвоил основную и знаком с дополнительной рекомендованной литературой; может объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала.</p> <p>Обучающийся демонстрирует правильное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Умеет</p>	<p>Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании изучения и анализа исследуемой электрической цепи. Даны исчерпывающие выводы и полные ответы на поставленные вопросы. Работа представлена к защите в требуемые сроки.</p>

	применять математический аппарат для реализации плана решения задачи и, если это необходимо, может представить его графически. Получил правильный ответ и может его интерпретировать.	
хорошо	<p>Обучающийся показывает достаточный уровень знаний в пределах основного учебного материала, без существенных ошибок выполняет предусмотренные в программе задания; усвоил основную литературу, рекомендованную в программе; способен объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины при дополнительных вопросах преподавателя. Допускает не существенные погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, устраняет их без помощи преподавателя.</p> <p>Обучающийся демонстрирует достаточное понимание условия задачи, владение навыками его анализа, выбора нужных законов и формул для ее решения, знание размерностей физических величин. Допускает незначительные погрешности при применении математического аппарата для реализации плана решения задачи. Получил правильный ответ, но испытывает затруднения с его интерпретацией.</p>	Работа выполнена в необходимом объеме при отсутствии ошибок, что свидетельствует о самостоятельности при работе с источниками информации. Полученные результаты связаны с базовыми понятиями в области электротехники. Даны полные ответы на поставленные вопросы, но имеют место несущественные нарушения в оформлении работы или даны нечеткие выводы, или нарушены сроки предоставления работы к защите.
удовлетворительно	<p>Обучающийся показывает знания основного учебного материала в минимальном объеме, необходимом для дальнейшей учебы; справляется с выполнением заданий, предусмотренных программой, допуская при этом большое количество не принципиальных ошибок; знаком с основной литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.</p> <p>Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение. Знает размерности физических величин, может сделать рисунок или схему, поясняющую решение задачи.</p>	Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.
неудовлетворительно	<p>Обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не знаком с рекомендованной литературой, не может исправить допущенные ошибки. Как правило, оценка "не удовлетворительно" ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.</p> <p>Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо</p>	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубые нарушения правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопросы без помощи преподавателя.

	ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания.	
Зачтено	Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание теории паровых и газовых турбин, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой; может объяснить взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности в использовании учебного материала. Обучающийся вникает в смысл условия задачи, понимает план ее решения, однако, не может в полной мере с помощью математического аппарата реализовать ее решение. Знает размерности физических величин, может сделать рисунок или схему, поясняющую решение задачи.	
Не зачтено	Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные физические законы; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на зачете существенные ошибки и не может устранить их даже под руководством преподавателя. Обучающийся не может проанализировать условие задачи, наметить план ее решения, выбрать физические законы и плохо ориентируется в физических величинах, не владеет математическим аппаратом. Представление чужой работы, отказ от выполнения задания.	

## 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

### 10.2.1. Перечень вопросов к зачету и экзамену, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Краткая история развития паровых турбин.	1
2	Классификация и обозначение типов паровых турбин.	1
3	Конструктивная схема одновенечной и двухвенечной паровой активной турбины. Изменение параметров пара вдоль ее проточной части.	2
4	Конструктивная схема многоступенчатой паровой активной турбины. Изменение параметров пара вдоль ее проточной части.	2
5	Конструктивная схема многоступенчатой паровой реактивной турбины. Изменение параметров пара вдоль ее проточной части.	2
6	Относительные и абсолютные КПД паровой турбины и турбогенератора. Удельные характеристики паротурбинной установки.	2
7	Геометрические и кинематические характеристики сопловой и рабочей решеток турбинной ступени.	3
8	Степень реакции турбинной ступени.	3
9	Расширение пара в каналах сопловой решетки. Косой срез сопла.	3
10	Преобразование энергии пара в каналах рабочей решетки активной турбинной ступени. Входные и выходные треугольники скоростей.	3
11	Преобразование энергии пара в каналах рабочей решетки реактивной турбинной ступени. Входные и выходные треугольники скоростей.	3
12	Геометрия решеток, треугольники скоростей и тепловой процесс расширения пара в турбинной ступени со степенью реакции $\rho = 0$ .	3
13	Геометрия решеток, треугольники скоростей и тепловой процесс расширения пара в турбинной ступени со степенью реакции $\rho = 0,5$ .	3
14	Работа на окружности колеса турбинной ступени.	3
15	Классификация потерь энергии в турбине.	4
16	Потери энергии в каналах соплового аппарата.	4
17	Потери энергии в каналах рабочей решетки.	4
18	Потери энергии с выходной скоростью из турбинной ступени.	4
19	Потери энергии на трение диска.	4
20	Потери энергии в клапанах и выпускном патрубке турбины	4
21	Потери энергии от влажности пара.	4
22	Эрозия рабочих лопаток турбинной ступени. Защита от эрозии.	4
23	Относительный лопаточный КПД турбинной ступени.	4
24	Относительный внутренний КПД турбинной ступени.	4

25	Ступени скорости, треугольники скоростей, относительные КПД и тепловой процесс расширения пара двухвенечной ступени скорости в h-s диаграмме.	4
26	Определение размеров сопловых и рабочих лопаток турбинной ступени.	4
27	Особенности профилирования длинных лопаток паровой турбинной ступени.	4
28	Тепловой процесс многоступенчатой турбины в h-s диаграмме.	5
29	Коэффициент возврата теплоты многоступенчатой паровой турбины.	5
30	Характеристический коэффициент многоступенчатой паровой турбины.	5
31	Осевое усилие, действующее на ротор турбины. Оценка размеров упорного подшипника.	6
32	Способы уменьшения осевых усилий в паровой турбине.	6
33	Переменные режимы работы турбины.	7
34	Изменение параметров пара по ступеням на переменных режимах работы турбины.	7
35	Дроссельное парораспределение.	7
36	Сопловое парораспределение.	7
37	Обводное парораспределение.	7
38	Диаграмма режимов работы конденсационной турбины и с противодавлением.	8
39	Диаграмма режимов работы турбины с регулируемым отбором пара.	8
40	Работа турбины с противодавлением (Р).	9
41	Работа турбины с промежуточным регулируемым отбором пара (П или Т).	9
42	Работа турбины с противодавлением и регулируемым отбором пара (ПР).	8
43	Работа турбины с двумя регулируемыми отборами пара (ПТ).	9
44	Схема регулирования турбины с противодавлением (Р).	10
45	Схема регулирования турбины с промежуточным отбором пара (П или Т).	10
46	Схема регулирования турбины с противодавлением и промежуточным отбором пара (ПР).	10
47	Схема регулирования турбины с двумя промежуточными отборами пара (ПТ).	10
48	Принципиальная схема конденсационной установки. Устройство конденсатора.	11
49	Основные характеристики конденсаторов паровых турбин.	11
50	Регулятор скорости ЛМЗ.	12
51	Простейшая схема регулирования паровой турбины.	12
52	Механизм управления турбиной.	12
53	Защита турбины от повышения частоты вращения.	12
54	Схемы маслоснабжения паровых турбин.	12
55	Эксплуатационные требования к ПТУ.	13
56	Пуск паротурбинной установки.	14
57	Стационарная работа паротурбинной установки.	14
58	Останов паротурбинной установки.	14
59	Особенности газовых турбин.	15
60	Системы охлаждения деталей газовой турбины.	16

### 10.2.2 Вариант типовых заданий (задач), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Условия типовых задач	Ответ
1	<p>Определить степень реактивности турбинной ступени. Дано: отношение скоростей <math>x_{\Phi} = \frac{u}{c_{\Phi}} = 0,5</math>, окружная скорость <math>u = 160 \frac{м}{с}</math>, относительная скорость пара на входе в рабочую решетку <math>W_1 = 140 \frac{м}{с}</math>, относительная теоретическая скорость пара на выходе из рабочей решетки <math>W_{2t} = 185 \frac{м}{с}</math>.</p>	<p>Решение:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) фиктивная скорость пара в ступени <math>C_{\Phi} = \frac{u}{x_{\Phi}} = \frac{160}{0,5} = 320 \frac{м}{с}</math>;</li> <li>2) полный располагаемый теплоперепад в ступени <math>h_{от}^* = \frac{C_{\Phi}^2}{2000} = 51,2 \frac{кДж}{кг}</math>;</li> <li>3) располагаемый теплоперепад в рабочей решетке <math>h_{ор} = \frac{W_{2t}^2 - W_1^2}{2000} = 7,3 \frac{кДж}{кг}</math>;</li> <li>4) степень реактивности <math>\rho = \frac{h_{ор}}{h_{от}^*} = 0,14</math>.</li> </ol> <p>Ответ: <math>\rho = 0,14</math></p>
2	<p>Определить потери энергии пара в каналах рабочей решетки. Дано: относительная теоретическая скорость пара на выходе из рабочей решетки <math>W_{2t} = 190 \frac{м}{с}</math>; относительная действительная скорость пара на выходе из рабочей решетки <math>W_2 = 180 \frac{м}{с}</math>.</p>	<p>Решение: потери энергии пара в каналах рабочей решетки <math>\Delta h_p = \frac{W_{2t}^2}{2000} \cdot \left(1 - \left(\frac{W_2}{W_{2t}}\right)^2\right) = 1,85 \frac{кДж}{кг}</math>.</p> <p>Ответ: <math>\Delta h_p = 1,85 \frac{кДж}{кг}</math></p>

**10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций**

**10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета, защите курсовой работы и экзамена и порядок ликвидации академической задолженности**

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся

**10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная

**10.3.3. Особенности проведения зачета и экзамена и защиты курсовой работы**

- Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором;
- Время на подготовку ответа на зачете 30 минут, на экзамене по билету 45 минут.
- На защиту курсовой работы предоставляется не более 15 минут, включая ответы на вопросы.