

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Минцаев Магомед Шавалович

Должность: Проректор

Дата подписания: 14.09.2023 13:36:52

Уникальный программный ключ: **имени академика М. Д. Миллионщикова**

236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4304cc

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор

И.Г. Гайрабеков



« 12 » 06 2023 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ И НАГНЕТАТЕЛИ»**

**Направление подготовки**

13.03.01 - Теплоэнергетика и теплотехника

**Направленность (профиль)**

«Энергообеспечение предприятий»

**Квалификация**

Бакалавр

Год начала подготовки – 2023

Грозный - 2023

### **1. Цель и задачи дисциплины:**

**Основная цель курса:** «Тепловые двигатели и нагнетатели» является формирование у студентов необходимых знаний конструкций, расчетов тепловых двигателей и нагнетателей, а также выработка умения надежной эксплуатации этого оборудования, изучение методов расчета, проектирования и эксплуатации двигателей и нагнетателей. Изучение теоретических и технических основ работы различного типа нагнетателей (насосов, вентиляторов, компрессоров) и тепловых двигателей (паровых и газовых турбин, двигателей внутреннего и внешнего сгорания), используемых в теплоэнергетической отрасли, особенностей их эксплуатации, принципов выбора типов машин для конкретных энергетических систем, обеспечивающих высокую эффективность и надежность работы установок.

**Задачи дисциплины:** знакомство обучающихся основным термодинамическим и газодинамическим принципами работы насосов, компрессоров, вентиляторов, паровых и газовых турбин и установок, двигателей внутреннего и внешнего сгорания. Обучение методам анализа особенностей рабочих характеристик нагнетателей и тепловых двигателей и оценка их влияния на эффективность теплоэнергетических систем. Освоения студентами методов расчета основного оборудования и правил его эксплуатации и ремонта.

### **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Учебная дисциплина «Тепловые двигатели и нагнетатели» является обязательной дисциплиной части формируемой участниками образовательных отношений в учебном плане ОП направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и предусмотрена для изучения в 6 семестре курса, базируется на знании общетехнических и специальных дисциплин: «Химия», «Физика», «Высшая математика», «Прикладная механика», «Техническая термодинамика», «Гидрогазодинамика».

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

Таблица 1

Код по ФГОС	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВ)
<b>Общепрофессиональные</b>		
<p><b>ОПК-3</b> Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ОПК-3.1. Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа;</li> <li>– ОПК-3.2. Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установок и систем;</li> <li>– ОПК-3.3. Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем;</li> <li>– ОПК-3.4. Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений;</li> <li>– ОПК-3.5. Применяет знания основ термодинамики для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей;</li> <li>– ОПК-3.6. Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы;</li> <li>– ОПК-3.7. Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках.</li> </ul>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– типовые методики термодинамических и гидродинамических расчетов при проектировании и эксплуатации нагнетателей и тепловых двигателей, стандартные средства и системы автоматизации выполнения технических расчетов;</li> <li>– основы проведения экспериментов на различного типа нагнетателях и тепловых двигателях по заданной методике и анализу результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить расчеты применительно к нагнетателям и тепловым двигателям по типовым методикам с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации с применением стандартных средств и систем автоматизации выполнения гидравлических расчетов;</li> <li>– проводить эксперименты на тепловых двигателях и нагнетателях по заданной методике и анализировать результаты с привлечением соответствующего математического аппарата.</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методиками проведения термодинамических и гидравлических расчетов нагнетателей и тепловых двигателей с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации и применением средств и систем автоматизации выполнения;</li> </ul>

		– методиками проведения экспериментов на нагнетателях и тепловых двигателях различного типа.
--	--	--

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 2

Вид учебной работы	Всего часов/ зач.ед.		Семестры	
			6	9
	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
<b>Контактная работа (всего)</b>	<b>48/1,3</b>	<b>16/0,4</b>	<b>48/1,3</b>	<b>16/0,4</b>
В том числе:				
Лекции	32/0,9	8/0,22	32/0,9	8/0,22
Практические занятия	16/0,4	8/0,22	16/0,4	8/0,22
Семинары				
Лабораторные работы				
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>96/2,7</b>	<b>128/3,5</b>	<b>96/2,7</b>	<b>128/3,5</b>
В том числе:				
Курсовая работа (проект)				
Расчетно-графические работы	24/0,7	56/1,5	24/0,7	56/1,5
ИТР				
Рефераты				
Доклады				
Презентации				
<i>И (или) другие виды самостоятельной работы:</i>				
Подготовка к лабораторным работам				
Подготовка к практическим занятиям	36/1,0	36/1,0	36/1,0	36/1,0
Подготовка к зачету				
Подготовка к экзамену	36/1,0	36/1,0	36/1,0	36/1,0
<b>Вид отчетности</b>	экзамен	экзамен	экзамен	экзамен
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ВСЕГО в часах</b>	<b>144</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
	<b>ВСЕГО в зачетных единицах</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1 Разделы дисциплины и виды занятий

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины по семестрам	Часы лекционных занятий		Часы лабораторных занятий		Часы практических (семинарских) занятий		Всего часов	
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
1	Классификация нагнетательных и расширительных машин. Циклы тепловых двигателей и установок.	2	1			1	1	3	2
2	Циклы двигателей внутреннего сгорания.								
3	Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагнетателе.	2				1	1	3	1
4	Коэффициент полезного действия турбин и турбокомпрессоров. Расчетные уравнения.	2	1			1	1	3	2
5	Паровые и газовые турбины и их особенности.								
6	Сопловые аппараты турбин. Анализ движения газа в сопловом аппарате.	2	1			1	1	3	2
7	Рабочие колеса турбин. Активные и реактивные турбины.								
8	Характеристики турбин. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин.	2	1			1		3	1
9	Компрессоры объемного и кинетического типов.	2				1	1	3	1
10	Осевые и роторные компрессора.								
11	Свойства турбокомпрессоров. Диффузоры и рабочие колеса турбокомпрессоров.	2	1			1		3	1
12	Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора.	2	1			1	1	3	2
13	Регулирование турбокомпрессоров. Способы регулирования.								
14	Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров	2				1		3	

15	Центробежные насосы. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов.	2	1			1	1	3	2
16	Характеристики центробежных насосов. Способы регулирования насосов.	1	1			1		2	1
17	Центробежные вентиляторы. Дутьевые вентиляторы, дымососы. Осевые вентиляторы. Схемы вентиляторов и их анализ	1					1	1	1
	<b>ИТОГО:</b>	<b>32</b>	<b>8</b>			<b>16</b>	<b>8</b>	<b>48</b>	<b>16</b>

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	2	3
1	Классификация нагнетательных и расширительных машин. Циклы тепловых двигателей и установок.	Классификация нагнетательных и расширительных машин. Машины объемного и кинетического действия. Виды тепловых двигателей. Циклы тепловых двигателей с внешним и внутренним сгоранием. Основы теоретического цикла, термический к.п.д. Виды к.п.д. цикла. Циклы паротурбинных установок, анализ их развития и оценка термодинамической эффективности. Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок. Возможности их совместного использования. Циклы газотурбинных установок, их классификация, сравнение и основные показатели циклов.
2	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	Циклы двигателей внутреннего сгорания. Их преимущества и недостатки. Сравнение циклов Отто и Дизеля. Двигатель Стирлинга, принцип работы, преимущества и недостатки. Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей. Их основные показатели рентабельности применения
3	Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагнетателе.	Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагнетателе. Активный и реактивный принципы. Уравнение сохранения энергии для турбомашин. Уравнение неразрывности. Процессы расширения и сжатия в T-S и h-S диаграммах. Уравнение первого закона термодинамики в газодинамической форме (уравнение Бернулли).
4	Коэффициент полезного действия турбин и турбокомпрессоров. Расчетные уравнения.	Виды к.п.д. турбин. Процесс расширения в турбине в h-S диаграмме. Виды к.п.д. турбокомпрессоров. Процесс сжатия в h-S диаграмме. Основное уравнение турбомашин (уравнение Эйлера) для турбины и компрессора. Анализ его простой и развернутой форме
5	Паровые и газовые турбины и их особенности.	Турбины. Классификация паровых турбин в зависимости от характера тепловых процессов на ТЭС. Газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин. Классификация внутренних и внешних потерь, их физический смысл. Изображение полного процесса расширения в T-S диаграмме.
6	Сопловые аппараты турбин. Анализ движения газа в сопловом аппарате.	Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов. Классификация сопловых аппаратов по режиму течения. Типы профилей. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Дозвуковое и сверхзвуковое течения. Определение угла выхода потока, формула Бэра. Сопоставление потерь в дозвуковых и сверхзвуковых аппаратах. Безлопаточные направляющие аппараты. Достоинства и недостатки по сравнению с лопаточными. Принципы профилирования (определение угла выхода потока).



1	2	3
7	Рабочие колеса турбин. Активные и реактивные турбины.	Рабочие колеса турбин. Степень реактивности. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин. Радиально-осевые турбины. Особенности профилирования. Осевые турбины. Колесо Кертиса. Изменение параметров ступени по высоте лопатки.
8	Характеристики турбин. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин.	Сопоставление характеристик активных и реактивных турбин. К.п.д. ступеней в зависимости от характеристики турбин. Безразмерные и приведенные характеристики. Регулирование паровых турбин. Регуляторы скорости. Парораспределительные устройства.
9	Компрессоры объемного и кинетического типов.	Компрессоры. Классификация по принципу действия. Компрессоры объемного типа. Компрессоры кинетического типа. Преимущества и недостатки отдельных типов машин в сравнении с лопастными машинами. Схемы машин объемного типа и турбокомпрессоров. Основные понятия. Типы компрессоров. Термодинамика компрессорного процесса. Коэффициенты полезного действия компрессоров. Охлаждение. Ступенчатое сжатие. Количество ступеней. Промежуточное давление. Характеристики лопастных компрессоров. Пересчет характеристик. Особенности регулирования лопастных компрессоров. Центробежные компрессоры. Степень центробежного компрессора. Мощность центробежного компрессора. Приближенный расчет ступени. Конструкции центробежных компрессоров.
10	Осевые и роторные компрессора.	<p>Степень осевого компрессора. Конструктивные формы осевых компрессоров. Метод расчета основных размеров ступени. Поршневые компрессоры. Индикаторная диаграмма сжатия и расширения газа в поршневом компрессоре. Мощность и КПД. Мертвое пространство. Подача. Многоступенчатое сжатие. Мощность многоступенчатого компрессора. Конструктивные типы компрессоров.</p> <p>Действительная индикаторная диаграмма. Подача и давление поршневого компрессора, работающего на трубопровод. Регулирование подачи. Конструкции компрессоров. Компрессоры со свободно движущимися поршнями. Компрессорные установки. Испытание компрессора. Энергетический баланс компрессора. Экономичность работы компрессора. Расчет основных размеров ступеней компрессора.</p> <p>Способ действия. Подача. Мощность и КПД. Регулирование подачи роторных компрессоров. Конструкции роторных компрессоров.</p>

1	2	3
11	Свойства турбокомпрессоров. Диффузоры и рабочие колеса турбокомпрессоров.	Свойства турбокомпрессоров. Уравнение Эйлера для турбокомпрессора. Коэффициент закрутки. Степень реактивности турбокомпрессора. Статический и динамический напоры машины. Диффузоры турбокомпрессоров. Их виды и сопоставление характеристик. Рабочие колеса турбокомпрессоров. Основные типы и параметры.
12	Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора.	Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора. Причины их различия. Работа турбокомпрессора на сеть. Явление помпажа. Меры против помпажа.
13	Регулирование турбокомпрессоров. Способы регулирования.	Регулирование турбокомпрессоров. Группы сетевых потребителей. Способы регулирования. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей. Регулирование турбокомпрессоров при переменном числе оборотов. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
14	Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров	Регулирование турбокомпрессоров поворотными лопатками и поворотными лопатками диффузора. Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров. Схемы автоматического регулирования работы турбокомпрессоров. Противопомпажное устройство. Перерасчет характеристик турбокомпрессора.
15	Центробежные насосы. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов.	Классификация насосов. Принцип действия динамических и объемных насосов. Основы теории подобия насосов. Основные параметры насосов. Центробежные насосы. Конструктивная схема. Формы рабочих колес. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов. Формула Руднева и ее применение. Уравнение Эйлера. Схемы одноступенчатых центробежных насосов. Теоретический напор насоса. Полезный напор. Потери энергии в насосе.
16	Характеристики центробежных насосов. Способы регулирования насосов.	Способы регулирования насосов их преимущества и недостатки. Допустимая высота всасывания. Явление кавитации. Кавитационная характеристика, запас. Критическая высота всасывания. Два случая установки центробежного насоса. Осевые и радиальные силы в центробежных насосах. Теоретические характеристики. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Общие критерии подобия потоков. Коэффициент быстроходности. Формулы пропорциональности. Пересчет характеристик при изменении частоты вращения машины и вязкости среды. Безразмерные и универсальные характеристики. Испытания насосов. Регулирование подачи. Поля рабочих параметров при различных способах регулирования. Сводные графики. Параллельное и последовательное соединения центробежных насосов. Неустойчивость работы. Помпаж.

1	2	3
17	<p>Центробежные вентиляторы. Дутьевые вентиляторы, дымососы. Осевые вентиляторы. Схемы вентиляторов и их анализ</p>	<p>Центробежные вентиляторы. Основные понятия. Применение. Центробежные вентиляторы. Конструктивная схема. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые вентиляторы и дымососы. Давление, создаваемое вентилятором. Явление самотяги. Косвенная эжекторная тяга. Схема работы. Производительность и к.п.д. центробежных вентиляторов. Принципы выбора вентилятора. Давление, развиваемое вентилятором. Влияние самотяги. Коэффициент полного давления. Подача, мощность, КПД вентилятора. Выбор вентилятора по заданным параметрам. Характеристики. Регулирование центробежных вентиляторов. Конструктивное выполнение центробежных вентиляторов общего назначения. Вентиляторные установки. Влияние механических примесей в газе на работу вентилятора. Осевые вентиляторы. Принципиальная схема с элементами машины и ее анализ. Схемы осевых вентиляторов, их сравнение. Неподвижные элементы осевых вентиляторов. Основы теории. Решетка профилей. Основные уравнения. Напор, потери энергии, КПД. Многоступенчатые осевые насосы и вентиляторы. Особенности условий работы длинных лопастей. Расчет осевых насосов и вентиляторов. Характеристики. Регулирование подачи. Регулирование вентиляторов. Виды регулирующих устройств и их сравнение.</p>

### 5.3 Лабораторные занятия *(не предусмотрены)*

### 5.4. Практические (семинарские) занятия

Таблица 5

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование практических занятий
1	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок.
2	Циклы двигателей внутреннего сгорания.	Циклы двигателей внутреннего сгорания. Сравнение циклов Отто и Дизеля. Двигатель Стирлинга.
3	Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагрегате.	Процессы расширения и сжатия в T-S и h-S диаграммах. Уравнение первого закона термодинамики в газодинамической форме (уравнение Бернулли)
4	Сопловые аппараты турбин. Анализ движения газа в сопловом аппарате.	Классификация сопловых аппаратов по режиму течения. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Дозвуковое и сверхзвуковое течения.

5	КПД турбин и турбокомпрессоров.	Термодинамика компрессорного процесса. Коэффициенты полезного действия компрессоров. Охлаждение. Ступенчатое сжатие.
6		Многоступенчатое сжатие. Мощность многоступенчатого компрессора. Конструктивные типы компрессоров. Индикаторная диаграмма.
7	Осевые и роторные компрессора.	Свойства турбокомпрессоров. Уравнение Эйлера для турбокомпрессора. Коэффициент закрутки. Степень реактивности турбокомпрессора. Напоры машины.
8	Центробежные насосы. К.п.д. и мощность насосов. ЦБ	Центробежные насосы. Конструктивная схема. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов. Формулы Руднева, и Эйлера.
9	Характеристики центробежных насосов.	Явление кавитации. Кавитационная характеристика, запас. Критическая высота всасывания. Два случая установки центробежного насоса. Осевые и радиальные силы в центробежных насосах. Теоретические характеристики. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Общие критерии подобия

## 6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

### РГР:

1. Оценка термодинамической эффективности паротурбинной установки.
2. Расчет газовой турбины
3. Гидравлический и аэродинамический расчет соплового аппарата
4. Расчет мощности осевого компрессора ГТУ
5. Расчет проточной части турбины
6. Расчет проточной части многоступенчатых газовых турбин
7. Термодинамические расчеты цикла ГТУ и расчет практической части Турбины

Курсовой проект включает в себя расчет тепловых двигателей и нагнетателей (графическим и расчетным способом), расчет и построение графиков, разработку принципиальной схемы системы установки, расчет основных характеристик. Представляется необходимый графический материал.

Курсовой проект выполняется в 6 семестре.

### 6.1 Вопросы для самостоятельного изучения

Таблица 6

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения
1	Классификация нагнетательных и расширительных машин. Машины объемного и кинетического действия. Виды тепловых двигателей. Циклы тепловых двигателей с внешним и внутренним сгоранием.
2	Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей. Их основные показатели рентабельности применения
3	Виды к.п.д. турбин. Процесс расширения в турбине в h-S диаграмме. Виды к.п.д. турбокомпрессоров. Процесс сжатия в h-S диаграмме.
4	Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры

	сопловых аппаратов. Классификация сопловых аппаратов по режиму течения. Типы профилей. Анализ движения газа в сопловом аппарате.
5	Компрессоры. Классификация по принципу действия. Компрессоры объемного типа. Компрессоры кинетического типа. Преимущества и недостатки отдельных типов машин в сравнении с лопастными машинами.
6	Конструкции компрессоров. Компрессоры со свободно движущимися поршнями. Компрессорные установки. Испытание компрессора. Энергетический баланс компрессора.
7	Диффузоры турбокомпрессоров. Их виды и сопоставление характеристик. Рабочие колеса турбокомпрессоров. Основные типы и параметры.
8	Регулирование турбокомпрессоров при переменном числе оборотов. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
9	Схемы автоматического регулирования работы турбокомпрессоров. Противопомпажное устройство. Перерасчет характеристик турбокомпрессора.
10	Схемы одноступенчатых центробежных насосов. Теоретический напор насоса. Полезный напор. Потери энергии в насосе.
11	Центробежные вентиляторы. Основные понятия. Применение. Центробежные вентиляторы. Конструктивная схема. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые вентиляторы и дымососы. Давление, создаваемое вентилятором. Явление самотяги.
12	Многоступенчатые осевые насосы и вентиляторы. Особенности условий работы длинных лопастей. Расчет осевых насосов и вентиляторов. Характеристики. Регулирование подачи.

### 6.3. Учебно-методическое и информационное обеспечение самостоятельной работы

#### Литература:

1.	Тепловые двигатели и нагнетатели [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.А. Наумов [и др.]— Электрон. текстовые данные.— Наумов С.А., Хаустова Е.В., Садчиков А.В., Соколов В.Ю., Фирсова Е.В., Цвяк А.В.Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 109 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/61415.html">http://www.iprbookshop.ru/61415.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
2.	Басукинский С.М. Центробежные нагнетатели [Электронный ресурс]: задания для проверки знаний по разделу «Насосы»/ Басукинский С.М., Басукинский Б.М.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 20 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/22947.html">http://www.iprbookshop.ru/22947.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
3.	Дерюшев Л.Г. Воздуходувные установки и станции [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дерюшев Л.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 163 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/39649.html">http://www.iprbookshop.ru/39649.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
4	Лубков В.И. Основы эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лубков В.И., Новичков С.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019.— 285 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/82563.html">http://www.iprbookshop.ru/82563.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
5	Костин В.И. Энергоэффективная работа насосов и вентиляторов в системах теплоснабжения и вентиляции [Электронный ресурс]: монография/ Костин В.И.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2015.— 188 с.— Режим доступа:

## 7. Оценочные средства

### 7.1. Вопросы к рубежным аттестациям

#### 7.1.1 Вопросы к первой рубежной аттестации

1. Классификация нагнетательных и расширительных машин.
2. Машины объемного и кинетического действия. Виды тепловых двигателей.
3. Циклы тепловых двигателей с внешним и внутренним сгоранием.
4. Основы теоретического цикла, термический к.п.д. Виды к.п.д. цикла.
5. Циклы паротурбинных установок, анализ их развития и оценка термодинамической эффективности.
6. Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок.
7. Возможности их совместного использования.
8. Циклы газотурбинных установок, их классификация, сравнение и основные показатели циклов.
9. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Их преимущества и недостатки.
10. Сравнение циклов Отто и Дизеля.
11. Двигатель Стирлинга, принцип работы, преимущества и недостатки.
12. Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей.
13. Их основные показатели рентабельности применения
14. Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагрегате.
15. Активный и реактивный принципы.
16. Уравнение сохранения энергии для турбомашин. Уравнение неразрывности.
17. Процессы расширения и сжатия в T-S и h-S диаграммах для турбомашин.
18. Уравнение первого закона термодинамики в газодинамической форме (уравнение Бернулли).
19. Виды к.п.д. турбин. Процесс расширения в турбине в h-S диаграмме.
20. Виды к.п.д. турбокомпрессоров. Процесс сжатия в h-S диаграмме.
21. Основное уравнение турбомашин (уравнение Эйлера) для турбины и компрессора. Анализ его простой и развернутой форме.
22. Турбины. Классификация паровых турбин в зависимости от характера тепловых процессов на ТЭС.
23. Газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин.
24. Классификация внутренних и внешних потерь, их физический смысл.
25. Изображение полного процесса расширения в T-S диаграмме.
26. Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов.
27. Классификация сопловых аппаратов по режиму течения. Типы профилей.
28. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Дозвуковое и сверхзвуковое течения.
29. Определение угла выхода потока, формула Бэра.
30. Сопоставление потерь в дозвуковых и сверхзвуковых аппаратах.
31. Безлопаточные направляющие аппараты.
32. Достоинства и недостатки по сравнению с лопаточными.
33. Принципы профилирования (определение угла выхода потока).
34. Рабочие колеса турбин. Степень реактивности.
35. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин.
36. Радиально-осевые турбины. Особенности профилирования.
37. Осевые турбины. Колесо Кертиса. Изменение параметров ступени по высоте лопатки.

## Образец билета к первой рубежной аттестации

	ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ КАФЕДРА "ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА" <b>Билет № 1</b>
	<u>Первая рубежная аттестация</u>
	Дисциплина: «Тепловые двигатели и нагнетатели»
1	Классификация сопловых аппаратов по режиму течения. Типы профилей.
2	Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов.
3	Изображение полного процесса расширения в T-S диаграмме.
	Зав. кафедрой «Т и Г» Р.А-В. Турлуев

### 7.1.2 Вопросы к второй рубежной аттестации

1. Сопоставление характеристик активных и реактивных турбин.
2. К.п.д. ступеней в зависимости от характеристики турбин.
3. Безразмерные и приведенные характеристики.
4. Регулирование паровых турбин. Регуляторы скорости. Парораспределительные устройства.
5. Компрессоры. Классификация по принципу действия.
6. Компрессоры объемного типа. Компрессоры кинетического типа.
7. Преимущества и недостатки отдельных типов машин в сравнении с лопастными машинами.
8. Схемы машин объемного типа и турбокомпрессоров. Основные понятия.
9. Типы компрессоров. Термодинамика компрессорного процесса.
10. Коэффициенты полезного действия компрессоров. Охлаждение.
11. Ступенчатое сжатие. Количество ступеней. Промежуточное давление.
12. Характеристики лопастных компрессоров. Пересчет характеристик.
13. Особенности регулирования лопастных компрессоров. Центробежные компрессоры.
14. Ступень центробежного компрессора. Мощность центробежного компрессора.
15. Приближенный расчет ступени. Конструкции центробежных компрессоров.
16. Ступень осевого компрессора. Конструктивные формы осевых компрессоров.
17. Метод расчета основных размеров ступени. Поршневые компрессоры.
18. Индикаторная диаграмма сжатия и расширения газа в поршневом компрессоре.
19. Мощность и КПД. Мертвое пространство. Подача. Многоступенчатое сжатие.
20. Мощность многоступенчатого компрессора. Конструктивные типы компрессоров.
21. Действительная индикаторная диаграмма. Подача и давление поршневого компрессора, работающего на трубопровод.
22. Регулирование подачи. Конструкции компрессоров. Компрессоры со свободно движущимися поршнями.
23. Компрессорные установки. Испытание компрессора. Энергетический баланс компрессора.
24. Экономичность работы компрессора. Расчет основных размеров ступеней компрессора.
25. Способ действия. Подача. Мощность и КПД. Регулирование подачи роторных компрессоров.
26. Конструкции роторных компрессоров.
27. Свойства турбокомпрессоров. Уравнение Эйлера для турбокомпрессора.
28. Коэффициент закрутки. Степень реактивности турбокомпрессора.
29. Статический и динамический напоры машины. Диффузоры турбокомпрессоров. Их виды и сопоставление характеристик.

30. Рабочие колеса турбокомпрессоров. Основные типы и параметры.
31. Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора. Причины их различия.
32. Работа турбокомпрессора на сеть. Явление помпажа. Меры против помпажа.
33. Регулирование турбокомпрессоров. Группы сетевых потребителей. Способы регулирования.
34. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
35. Регулирование турбокомпрессоров при переменном числе оборотов. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
36. Регулирование турбокомпрессоров поворотными лопатками и поворотными лопатками диффузора.
37. Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров. Схемы автоматического регулирования работы турбокомпрессоров.
38. Противопомпажное устройство. Перерасчет характеристик турбокомпрессора.
39. Классификация насосов. Принцип действия динамических и объемных насосов.
40. Основы теории подобия насосов. Основные параметры насосов.
41. Центробежные насосы. Конструктивная схема. Формы рабочих колес.
42. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов. Формула Руднева и ее применение. Уравнение Эйлера.
43. Схемы одноступенчатых центробежных насосов. Теоретический напор насоса. Полезный напор. Потери энергии в насосе.
44. Способы регулирования насосов их преимущества и недостатки. Допустимая высота всасывания. Явление кавитации. Кавитационная характеристика, Кавитационный запас.

### Образец билета ко второй рубежной аттестации

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ КАФЕДРА "ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА" <b>Билет № 1</b>	
<u>Вторая рубежная аттестация</u>	
Дисциплина: <b>«Тепловые двигатели и нагнетатели»</b>	
1	Коэффициент закрутки. Степень реактивности турбокомпрессора.
2	Свойства турбокомпрессоров. Уравнение Эйлера для турбокомпрессора.
3	Конструкции роторных компрессоров.
Зав. кафедрой «Т и Г»	Р.А-В. Турлуев

### 7.2. Вопросы к экзамену по дисциплине «Тепловые двигатели и нагнетатели»

1. Классификация нагнетательных и расширительных машин. Машины объемного и кинетического действия. Виды тепловых двигателей. Циклы тепловых двигателей с внешним и внутренним сгоранием. Основы теоретического цикла, термический к.п.д. Виды к.п.д. цикла.
2. Циклы паротурбинных установок, анализ их развития и оценка термодинамической эффективности. Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок. Возможности их совместного использования.
3. Циклы газотурбинных установок, их классификация, сравнение и основные показатели циклов.
4. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Их преимущества и недостатки. Сравнение циклов Отто и Дизеля.
5. Двигатель Стирлинга, принцип работы, преимущества и недостатки.
6. Когенерационные установки на базе известных типов нагнетателей и тепловых двигателей. Их основные показатели рентабельности применения



7. Принципиальные основы течения рабочего тела в турбине и турбоагрегате. Активный и реактивный принципы.
8. Уравнение сохранения энергии для турбомашин. Уравнение неразрывности. Процессы расширения и сжатия в T-S и h-S диаграммах для турбомашин. Уравнение первого закона термодинамики в газодинамической форме (уравнение Бернулли). Виды к.п.д. турбин. Процесс расширения в турбине в h-S диаграмме.
9. Виды к.п.д. турбокомпрессоров. Процесс сжатия в h-S диаграмме. Основное уравнение турбомашин (уравнение Эйлера) для турбины и компрессора. Анализ его простой и развернутой форме.
10. Турбины. Классификация паровых турбин в зависимости от характера тепловых процессов на ТЭС. Газовые турбины и их особенности. Потери энергии в проточной части турбин.
11. Классификация внутренних и внешних потерь турбины, их физический смысл. Изображение полного процесса расширения в T-S диаграмме.
12. Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов. Классификация сопловых аппаратов по режиму течения. Типы профилей. Анализ движения газа в сопловом аппарате. Дозвуковое и сверхзвуковое течения.
13. Определение угла выхода потока соплового аппарата, формула Бэра. Сопоставление потерь в дозвуковых и сверхзвуковых аппаратах.
14. Безлопаточные направляющие аппараты. Достоинства и недостатки по сравнению с лопаточными. Принципы профилирования (определение угла выхода потока).
15. Рабочие колеса турбин. Степень реактивности. Сопоставление радиальных и осевых ступеней турбин. Радиально-осевые турбины. Особенности профилирования. Осевые турбины. Колесо Кертиса. Изменение параметров ступени по высоте лопатки.
  
16. Сопоставление характеристик активных и реактивных турбин. К.п.д. ступеней в зависимости от характеристики турбин. Безразмерные и приведенные характеристики. Регулирование паровых турбин. Регуляторы скорости. Парораспределительные устройства.
17. Компрессоры. Классификация по принципу действия. Компрессоры объемного типа. Компрессоры кинетического типа. Преимущества и недостатки отдельных типов машин в сравнении с лопастными машинами.
18. Схемы машин объемного типа и турбокомпрессоров. Основные понятия. Типы компрессоров. Коэффициенты полезного действия компрессоров. Охлаждение. Термодинамика компрессорного процесса.
19. Ступенчатое сжатие в компрессоре. Количество ступеней. Промежуточное давление. Характеристики лопастных компрессоров. Пересчет характеристик.
20. Особенности регулирования лопастных компрессоров. Центробежные компрессоры. Степень центробежного компрессора. Мощность центробежного компрессора
21. Приближенный расчет ступени компрессора. Конструкции центробежных компрессоров.
22. Степень осевого компрессора. Конструктивные формы осевых компрессоров.
23. Метод расчета основных размеров ступени. Поршневые компрессоры. Индикаторная диаграмма сжатия и расширения газа в поршневом компрессоре.
24. Мощность и КПД компрессора. Мертвое пространство. Подача. Многоступенчатое сжатие. Мощность многоступенчатого компрессора. Конструктивные типы компрессоров.
25. Действительная индикаторная диаграмма. Подача и давление поршневого компрессора, работающего на трубопровод. Регулирование подачи. Конструкции компрессоров. Компрессоры со свободно движущимися поршнями.
26. Компрессорные установки. Испытание компрессора. Энергетический баланс компрессора. Экономичность работы компрессора. Расчет основных размеров ступеней компрессора.
27. Способ действия. Подача. Мощность и КПД. Регулирование подачи роторных компрессоров. Конструкции роторных компрессоров.
28. Свойства турбокомпрессоров. Уравнение Эйлера для турбокомпрессора. Коэффициент закрутки. Степень реактивности турбокомпрессора.
29. Статический и динамический напоры машины. Диффузоры турбокомпрессоров. Их виды и сопоставление характеристик. Рабочие колеса турбокомпрессоров. Основные типы и параметры.

30. Теоретическая и действительная характеристики турбокомпрессора. Причины их различия. Работа турбокомпрессора на сеть. Явление помпажа. Меры против помпажа.
31. Регулирование турбокомпрессоров. Группы сетевых потребителей. Способы регулирования. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
32. Регулирование турбокомпрессоров при переменном числе оборотов. Характеристики регулирования для 1 и 2 групп потребителей.
33. Регулирование турбокомпрессоров поворотными лопатками и поворотными лопатками диффузора.
34. Параллельная и последовательная работа турбокомпрессоров. Схемы автоматического регулирования работы турбокомпрессоров. Противопомпажное устройство. Перерасчет характеристик турбокомпрессора
35. Классификация насосов. Принцип действия динамических и объемных насосов. Основы теории подобия насосов. Основные параметры насосов.
36. Центробежные насосы. Конструктивная схема. Формы рабочих колес. Коэффициент быстроходности. К.п.д. и мощность центробежных насосов. Формула Руднева и ее применение. Уравнение Эйлера.
37. Схемы одноступенчатых центробежных насосов. Теоретический напор насоса. Полезный напор. Потери энергии в насосе.
38. Способы регулирования насосов их преимущества и недостатки. Допустимая высота всасывания. Явление кавитации. Кавитационная характеристика, Кавитационный запас
39. Критическая высота всасывания центробежных насосов. Два случая установки центробежного насоса.
40. Осевые и радиальные силы в центробежных насосах. Теоретические характеристики. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие.
41. Общие критерии подобия потоков центробежных насосов. Коэффициент быстроходности центробежных насосов. Формулы пропорциональности центробежных насосов. Пересчет характеристик при изменении частоты вращения машины и вязкости среды.
42. Безразмерные и универсальные характеристики центробежных насосов. Испытания насосов. Регулирование подачи центробежных насосов.
43. Поля рабочих параметров при различных способах регулирования центробежных насосов. Сводные графики. Параллельное и последовательное соединения центробежных насосов. Неустойчивость работы. Помпаж.
44. Центробежные вентиляторы. Основные понятия. Применение центробежных вентиляторов. Конструктивная схема центробежных вентиляторов.
45. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые вентиляторы и дымососы. Давление, создаваемое вентилятором.
46. Явление самотяги. Косвенная эжекторная тяга. Схема работы центробежных вентиляторов. Производительность и к.п.д. центробежных вентиляторов. Принципы выбора вентилятора. Давление, развиваемое вентилятором. Влияние самотяги. Коэффициент полного давления.
47. Подача, мощность, КПД вентилятора. Выбор вентилятора по заданным параметрам. Характеристики. Регулирование центробежных вентиляторов. Конструктивное выполнение центробежных вентиляторов общего назначения.
48. Вентиляторные установки. Влияние механических примесей в газе на работу вентилятора. Осевые вентиляторы. Принципиальная схема с элементами машины и ее анализ. Схемы осевых вентиляторов, их сравнение. Неподвижные элементы осевых вентиляторов.
49. Основы теории вентиляторов. Решетка профилей. Основные уравнения. Напор, потери энергии, КПД. Многоступенчатые осевые насосы и вентиляторы. Особенности условий работы длинных лопастей
50. Расчет осевых насосов и вентиляторов. Характеристики. Регулирование подачи. Регулирование вентиляторов. Виды регулирующих устройств и их сравнение

## Образец экзаменационного билета по дисциплине

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ КАФЕДРА "ТЕПЛОТЕХНИКА И ГИДРАВЛИКА"	
Дисциплина	<b><u>Тепловые двигатели и нагнетатели</u></b> Семестр - 6
Группа	<b><u>ЭОП-21</u></b>
<b>БИЛЕТ № 1</b>	
1.	Сравнение циклов газотурбинных установок и циклов паротурбинных установок.
2.	Сопловые аппараты турбин. Основные геометрические и угловые параметры сопловых аппаратов.
3.	Метод расчета основных размеров ступени. Поршневые компрессоры.
Зав. кафедрой «Теплотехника и гидравлика»	
Р.А-В. Турлуев	

### 7.3 Текущий контроль

#### Вопросы к практическим занятиям

1. Критическая высота всасывания центробежных насосов. Два случая установки центробежного насоса.
2. Осевые и радиальные силы в центробежных насосах. Теоретические характеристики. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие.
3. Общие критерии подобия потоков центробежных насосов. Коэффициент быстроходности центробежных насосов. Формулы пропорциональности центробежных насосов.
4. Пересчет характеристик при изменении частоты вращения машины и вязкости среды.
5. Безразмерные и универсальные характеристики центробежных насосов. Испытания насосов. Регулирование подачи центробежных насосов.
6. Поля рабочих параметров при различных способах регулирования центробежных насосов. Сводные графики.
7. Параллельное и последовательное соединения центробежных насосов. Неустойчивость работы. Помпаж.
8. Центробежные вентиляторы. Основные понятия. Применение центробежных вентиляторов. Конструктивная схема центробежных вентиляторов.
9. Основные типы вентиляторов, применяемых в теплоэнергетике – дутьевые вентиляторы и дымососы. Давление, создаваемое вентилятором.
10. Явление самотяги. Косвенная эжекторная тяга. Схема работы центробежных вентиляторов.
11. Производительность и к.п.д. центробежных вентиляторов. Принципы выбора вентилятора.
12. Давление, развиваемое вентилятором. Влияние самотяги. Коэффициент полного давления.
13. Подача, мощность, КПД вентилятора. Выбор вентилятора по заданным параметрам.
14. Характеристики. Регулирование центробежных вентиляторов. Конструктивное выполнение центробежных вентиляторов общего назначения.

7.4. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания.

Таблица 7

Планируемые результаты освоения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения				Наименование оценочного средства
	менее 41 баллов (неудовлетворительно)	41-60 баллов (удовлетворительно)	61-80 баллов (хорошо)	81-100 баллов (отлично)	
<b>ОПК-3</b> Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.					
<b>Знать:</b> – типовые методики термодинамических и гидродинамических расчетов при проектировании и эксплуатации нагнетателей и тепловых двигателей, стандартные средства и системы автоматизации выполнения технических расчетов; – основы проведения экспериментов на различного типа нагнетателях и тепловых двигателях по заданной методике и анализу результатов с привлечением соответствующего математического	Фрагментарные знания	Неполные знания	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания	Сформированные систематические знания	Вопросы к рубежным аттестациям, тесты, вопросы к практическим занятиям, РГР.
<b>Уметь:</b> – проводить расчеты применительно	Частичные умения	Неполные умения	Умения полные, допускаются небольшие ошибки	Сформированные Умения	

<p>к нагнетателям и тепловым двигателям по типовым методикам с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации с применением стандартных средств и систем автоматизации выполнения гидравлических расчетов;</p> <p>– проводить эксперименты на тепловых двигателях и нагнетателях по заданной методике и анализировать результаты с привлечением соответствующего математического аппарата.</p>					
<p><b>Владеть:</b></p> <p>– методиками проведения термодинамических и гидравлических расчетов нагнетателей и тепловых двигателей с использованием нормативной документации и современных методов поиска и обработки информации и применением средств и систем автоматизации выполнения; методиками проведения экспериментов на нагнетателях и тепловых двигателях различного типа.</p>	<p>Частичное владение навыками</p>	<p>Несистематическое применение навыков</p>	<p>В систематическом применении навыков допускаются пробелы знаний</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков</p>	

## 8. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся созданы фонды оценочных средств, адаптированные для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе. Форма проведения текущей аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.). При тестировании для слабовидящих студентов используются фонды оценочных средств с укрупненным шрифтом. На экзамен приглашается сопровождающий, который обеспечивает техническое сопровождение студенту. При необходимости студенту-инвалиду предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене (или зачете). Обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья и обучающиеся инвалиды обеспечиваются печатными и электронными образовательными ресурсами (программы, учебные пособия для самостоятельной работы и т.д.) в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по зрению:**

- **для слепых:** задания для выполнения на семинарах и практических занятиях оформляются рельефно-точечным шрифтом Брайля или в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением для слепых, либо зачитываются ассистентом; письменные задания выполняются на бумаге рельефно-точечным шрифтом Брайля или на компьютере со специализированным программным обеспечением для слепых либо надиктовываются ассистенту; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется комплект письменных принадлежностей и бумага для письма рельефно-точечным шрифтом Брайля, компьютер со специализированным программным обеспечением для слепых;

- **для слабовидящих:** обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс; обучающимся для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств; задания для выполнения заданий оформляются увеличенным шрифтом;

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья **по слуху:**

- **для глухих и слабослышащих:** обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости обучающимся предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования; предоставляются услуги

сурдопереводчика;

- для слепоглухих допускается присутствие ассистента, оказывающего услуги тифлосурдопереводчика (помимо требований, выполняемых соответственно для слепых и глухих);

3) для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих лекции и семинары, проводимые в устной форме, проводятся в письменной форме;

4) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, **имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:**

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей: письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту; выполнение заданий (тестов, контрольных работ), проводимые в письменной форме, проводятся в устной форме путем опроса, беседы с обучающимся.

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 9.1 Литература

1.	Тепловые двигатели и нагнетатели [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.А. Наумов [и др.]— Электрон. текстовые данные.— Наумов С.А., Хаустова Е.В., Садчиков А.В., Соколов В.Ю., Фирсова Е.В., Цвяк А.В.Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015.— 109 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/61415.html">http://www.iprbookshop.ru/61415.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
2.	Басукинский С.М. Центробежные нагнетатели [Электронный ресурс]: задания для проверки знаний по разделу «Насосы»/ Басукинский С.М., Басукинский Б.М.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 20 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/22947.html">http://www.iprbookshop.ru/22947.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
3.	Построение диаграммы режимов теплофикационной турбины с одним регулируемым отбором [Электронный ресурс]: методические указания к курсовой работе по дисциплине «Тепловые двигатели»/ — Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014.— 17 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/55132.html">http://www.iprbookshop.ru/55132.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
4.	Дерюшев Л.Г. Воздуходувные установки и станции [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Дерюшев Л.Г.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 163 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/39649.html">http://www.iprbookshop.ru/39649.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
5.	Лубков В.И. Основы эксплуатации тепломеханического оборудования ТЭС [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Лубков В.И., Новичков С.В.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019.— 285 с.— Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/82563.html">http://www.iprbookshop.ru/82563.html</a> .— ЭБС «IPRbooks»
6.	Костин В.И. Энергоэффективная работа насосов и вентиляторов в системах теплоснабжения и вентиляции [Электронный ресурс]: монография/ Костин В.И.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный

### в) Интернет-ресурсы

Интернет ресурс - [www.gstou.ru](http://www.gstou.ru), электронные библиотечные системы (ЭБС): «IPRbooks», «Консультант студента», «Ibooks», «Лань».

### г) программное и коммуникационное обеспечение

Средства обеспечения освоения дисциплины

Расчетные компьютерные программы: MATHCAD, EXCEL.

1. Электронный конспект лекций и электронно-обучающий комплекс по дисциплине «Тепловые двигатели и нагнетатели»
2. Тесты для компьютерного тестирования студентов

### 9.2 Методические указания по освоению дисциплины (Приложение)

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории, снабженной мультимедийными средствами для представления презентаций лекций и показа учебных фильмов.

Класс с персональными компьютерами для проведения практических занятий и виртуальных лабораторных работ.

Учебные аудитории кафедры "Теплотехника и гидравлика" в ГУК ГГНТУ – № 4-20, №4-45, №4-47 и №4-49, снабженные мультимедийными средствами для представления презентаций и показа учебных фильмов

### 11. Дополнения и изменения в рабочей программе на учебный год

Дополнения и изменения в рабочие программы вносятся ежегодно перед началом нового учебного года по форме. Изменения должны оформляться документально и вносятся во все учетные экземпляры.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС и с учетом рекомендаций по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

### Тепловые двигатели и нагнетатели (наличие оборудования и ТСО)

1	Лабораторный комплекс "Теплопередача при конвекции и обдуве" ТПК-010-9ЛР-01 (9 лабораторных работ)
2	Учебно-лабораторный комплекс «Теплообменники» (4 лабораторных работы)
3	Виртуальный программный лабораторный комплекс "Теплотехника" (6 лабораторных работ)
4	Виртуальный учебный комплекс «Тепловые электростанции» Комплекс предназначен для исследования процессов настройки и наладки систем тепловой электростанции, а также контроля и мониторинга состояния элементов систем во время их работы и демонстрации влияния изменения параметров элементов. Программа содержит графическую информацию, изображения мониторов, панели управления и сообщения аварийной сигнализации



	аналогичные реальным. В состав входит: 1. Персональный компьютер, монитор, клавиатура, мышь. 2. Предустановленное специализированное программное обеспечение
5	<b>Комплект плакатов</b> 560x800 мм, Изображение нанесено на пластиковую основу толщиной 4 мм и размером 560x800 мм. Изображение обладает водостойкими свойствами. Каждый плакат имеет элементы крепления к стене.
5.1	Тепловые электрические станции (16 шт.)
5.2	«Тепломассообмен» (16 шт.)
5.3	Турбины и оборудование тепловых станций (16 шт.)
6	<b>Электронные плакаты</b> Демонстрационные комплексы на базе мультимедиа-проектора (комплект электронных плакатов на CD, мультимедиа-проектор BENQ, ноутбук, экран 1,5x1,5 м):
а.	Тепломассообмен (122 шт.)
б.	Турбины тепловых станций (21 шт.)
	<b>Презентации:</b>
1	Теплопередача
2	Тепловые и атомные электростанции
3	Виды, состав и назначение турбин тепловых станций
4	Паровые и газовые турбины и их особенности.
5	Компрессоры. Классификация по принципу действия.
6	Центробежные компрессоры.
7	Осевые и роторные компрессора. Конструкции компрессоров
8	Компрессоры со свободно движущимися поршнями. Компрессорные установки.
9	Основные параметры насосов Центробежные насосы.
10	Характеристики центробежных насосов.
11	Центробежные вентиляторы.
	<b>Видеофильмы:</b>
	- Принцип работы котла;
	- Паровой котел;
	- Паровые турбины;
	- Пламя горелки;
	- Короткое замыкание;
	- Теплообменники;
	- Розжиг котла;
	- Градирни;
	- Принцип работы насоса
	- Принцип работы центробежного насоса;
	- Многоступенчатый насос;
	- Насос ЦНС-1.
	- Хабаровская ТЭЦ;
	- Рязанская ГРЭС
	- Эксплуатация энергоблоков;
	- Принцип работы дымососа;
	- Движение жидкости в рабочем колесе;

## **Методические указания по освоению дисциплины «Тепловые двигатели и нагнетатели»**

### **1. Методические указания для обучающихся по планированию и организации времени, необходимого для освоения дисциплины.**

Изучение рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой дисциплины, ее структурой и содержанием разделов (модулей), фондом оценочных средств, ознакомиться с учебно-методическим и информационным обеспечением дисциплины.

Дисциплина «Тепловые двигатели и нагнетатели» состоит из 16 связанных между собой тем, обеспечивающих последовательное изучение материала.

Обучение по дисциплине «Тепловые двигатели и нагнетатели» осуществляется в следующих формах:

1. Аудиторные занятия (лекции, практические/семинарские занятия).
2. Самостоятельная работа студента (подготовка к лекциям, практическим/практическим занятиям, тестам/рефератам/докладам/эссе, и иным формам письменных работ, выполнение анализа кейсов, индивидуальная консультация с преподавателем).
3. Интерактивные формы проведения занятий (коллоквиум, лекция-дискуссия, групповое решение кейса и др. формы).

Учебный материал структурирован и изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Каждому практическому/ семинарскому занятию и самостоятельному изучению материала предшествует лекция по данной теме. Обучающиеся самостоятельно проводят предварительную подготовку к занятию, принимают активное и творческое участие в обсуждении теоретических вопросов, разборе проблемных ситуаций и поисков путей их решения. Многие проблемы, изучаемые в курсе, носят дискуссионный характер, что предполагает интерактивный характер проведения занятий на конкретных примерах.

Описание последовательности действий обучающегося:

При изучении курса следует внимательно слушать и конспектировать материал, излагаемый на аудиторных занятиях. Для его понимания и качественного усвоения рекомендуется следующая последовательность действий:

1. После окончания учебных занятий для закрепления материала просмотреть и обдумать текст лекции, прослушанной сегодня, разобрать рассмотренные примеры (10 – 15 минут).
2. При подготовке к лекции следующего дня повторить текст предыдущей лекции, подумать о том, какая может быть следующая тема (10 - 15 минут).
3. В течение недели выбрать время для работы с литературой в библиотеке (по 1 часу).
4. При подготовке к практическому/ семинарскому занятию повторить основные понятия по теме, изучить примеры. Решая конкретную ситуацию, - предварительно понять, какой теоретический материал нужно использовать. Наметить план решения, попробовать на его основе решить 1 - 2 практические ситуации (лаб. работы).

### **2. Методические указания по работе обучающихся во время проведения лекций.**

Лекции дают обучающимся систематизированные знания по дисциплине, концентрируют их внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Лекции обычно излагаются в традиционном или в проблемном стиле. Для студентов в большинстве случаев в проблемном стиле. Проблемный стиль позволяет стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся и их интерес к дисциплине, формировать творческое мышление, прибегать к противопоставлениям и сравнениям, делать обобщения, активизировать внимание обучающихся путем постановки проблемных вопросов, поощрять дискуссию.

Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть того или иного явления, или процессов, выводы и практические рекомендации.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает преподаватель, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, необходимо использовать не только основную литературу, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал преподаватель. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Тематика лекций дается в рабочей программе дисциплины.

### **3. Методические указания обучающимся по подготовке к практическим/семинарским занятиям.**

На практических/семинарских занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике семинарских занятий.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

1. Ознакомление с планом практического/семинарского занятия, который отражает содержание предложенной темы;

2. Проработать конспект лекций;

3. Прочитать основную и дополнительную литературу.

В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов отношение к конкретной проблеме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса;

4. Ответить на вопросы плана практического/семинарского занятия;

5. Выполнить домашнее задание;

6. Проработать тестовые задания и задачи;

7. При затруднениях сформулировать вопросы к преподавателю.

Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы практикума, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания и иные задания, которые даются в фонде оценочных средств дисциплины.

### **3. Методические указания обучающимся по организации самостоятельной работы.**

Цель организации самостоятельной работы по дисциплине «Тепловые двигатели и нагнетатели» - это углубление и расширение знаний в области конструкций, расчетов тепловых двигателей и нагнетателей; формирование навыка и интереса к самостоятельной познавательной деятельности.

Самостоятельная работа обучающихся является важнейшим видом освоения содержания дисциплины, подготовки к практическим занятиям и к контрольной работе. Сюда же относятся и самостоятельное углубленное изучение тем дисциплины. Самостоятельная работа представляет собой постоянно действующую систему, основу образовательного процесса и носит исследовательский характер, что послужит в будущем основанием для написания выпускной квалификационной работы, практического применения полученных знаний.

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению, с учетом потребностей и возможностей личности.

Правильная организация самостоятельных учебных занятий, их систематичность, целесообразное планирование рабочего времени позволяет студентам развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивать высокий уровень успеваемости в период обучения, получить навыки повышения профессионального уровня.

Подготовка к практическому занятию включает, кроме проработки конспекта и презентации лекции, поиск литературы (по рекомендованным спискам и самостоятельно), подготовку заготовок для выступлений по вопросам, выносимым для обсуждения по конкретной теме. Такие заготовки могут включать цитаты, факты, сопоставление различных позиций, собственные мысли. Если проблема заинтересовала обучающегося, он может подготовить реферат и выступить с ним на практическом занятии. Практическое занятие - это, прежде всего, дискуссия, обсуждение конкретной ситуации, то есть предполагает умение внимательно слушать членов малой группы и модератора, а также стараться высказать свое мнение, высказывать собственные идеи и предложения, уточнять и задавать вопросы коллегам по обсуждению.

При подготовке к контрольной работе обучающийся должен повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, используя конспект лекций и литературу, рекомендованную преподавателем. При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий - на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.

- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

#### Виды СРС и критерии оценок

(по балльно-рейтинговой системе ГГНТУ, СРС оценивается в 15 баллов)

1. Реферат
2. Доклад
3. Эссе
4. Участие в мероприятиях

Темы для самостоятельной работы прописаны в рабочей программе дисциплины. Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

**Составитель:**

Доцент кафедры  
«Теплотехника и гидравлика»

 / Р.А-В Турлуев /

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. выпускающей каф.  
«Теплотехника и гидравлика»

 / Р.А-В. Турлуев /

Директор ДУМР

 / М.А. Магомаева /