

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Белгородский Валерий Савельевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 24.06.2024 17:09:18
Уникальный программный ключ:
8df276ee93e17c18e7bee9e7cad2d0ed9ab82479

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»

Институт Химических технологий и промышленной экологии
Энергоресурсоэффективных технологий, промышленной экологии и
Кафедра безопасности

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Техническая термодинамика**

Уровень образования	бакалавриат
Направление подготовки	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность (профиль)	Информационные системы и технологии в топливно-энергетическом комплексе
Срок освоения образовательной программы по очной форме обучения	4 года
Форма(-ы) обучения	очная

Рабочая программа учебной дисциплины «Техническая термодинамика» основной профессиональной образовательной программы высшего образования, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры, протокол № 9 от 15.03.2024 г.

Разработчик(и) рабочей программы учебной дисциплины:

1. Доцент И.С. Антаненкова
2. Преподаватель Е.Н. Гужавина

Заведующий кафедрой: О.И. Седяров

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Учебная дисциплина «Техническая термодинамика» изучается в четвертом, пятом семестрах.

Курсовая работа – не предусмотрен(а).

1.1. Форма промежуточной аттестации:

- четвертый семестр - экзамен;
- пятый семестр - экзамен.

1.2. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина Техническая термодинамика относится к обязательной части программы.

Основой для освоения дисциплины являются результаты обучения по предшествующим дисциплинам и практикам:

- Математика;
- Физика;
- Теплофизика.

Результаты обучения по учебной дисциплине используются при изучении следующих дисциплин и прохождения практик:

- Тепломассообмен;
- Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии;
- Котельные установки и парогенераторы;
- Источники и системы теплоснабжения предприятий;
- Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии;
- Основы трансформации теплоты;
- Теплонасосные системы теплоснабжения.

Результаты освоения учебной дисциплины в дальнейшем будут использованы при прохождении производственной практики и (или) выполнении выпускной квалификационной работы.

2. ЦЕЛИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Целями изучения дисциплины «Техническая термодинамика» являются:

- изучение основных законов термодинамики и термодинамических методов анализа применительно к техническому оборудованию и системам производства, передачи и трансформации теплоты в теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках;
- формирование навыков научно-теоретического подхода к решению задач профессиональной направленности и практического их использования в дальнейшей профессиональной деятельности;
- формирование у обучающихся компетенций, установленных образовательной программой в соответствии с ФГОС ВО по данной дисциплине.

Результатом обучения по учебной дисциплине является овладение обучающимися знаниями, умениями, навыками и опытом деятельности, характеризующими процесс формирования компетенции(й) и обеспечивающими достижение планируемых результатов освоения учебной дисциплины.

2.1. Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, соотнесённые с планируемыми результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач</p>	<p>ИД-ОПК-3.2 Применение теоретических основ физики при решении прикладных задач промышленной теплоэнергетики</p>	<p>– знает основные понятия и термины в области технической термодинамики, их физической смысл; – знает о термических и калорических свойствах веществ, методах получения информации о них; – знает основные законы и соотношения термодинамики, методы их применения для расчета и анализа термодинамических процессов; – демонстрирует знание и понимание основ экспериментального исследования и математического моделирования термодинамических процессов и циклов теплосиловых и холодильных (теплонасосных) установок; применяет основные понятия и термины в области технической термодинамики для описания физических процессов, происходящих в техническом оборудовании и системах производства, передачи и трансформации теплоты в теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках; – применяет знания о термических и калорических свойствах веществ для расчета и анализа термодинамических процессов в техническом оборудовании, умеет пользоваться справочными данными для их поиска;</p>
<p>ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</p>	<p>ИД-ОПК-4.2 Использование знания теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем ИД-ОПК-4.3 Применение основных законов термодинамики и термодинамических соотношений для расчетов термодинамических процессов, циклов и их показателей</p>	<p>– применяет знания о термических и калорических свойствах веществ для расчета и анализа термодинамических процессов в техническом оборудовании, умеет пользоваться справочными данными для их поиска;</p>

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ/МОДУЛЯ

Общая трудоёмкость учебной дисциплины по учебному плану составляет:

по очной форме обучения –	9	з.е.	288	час.
---------------------------	---	------	-----	------

3.1. Структура учебной дисциплины/модуля для обучающихся по видам занятий

Структура и объем дисциплины									
Объем дисциплины по семестрам	форма промежуточной аттестации	всего, час	Контактная аудиторная работа, час				Самостоятельная работа обучающегося, час		
			лекции, час	практические занятия, час	лабораторные занятия, час	практическая подготовка, час	курсовая работа	самостоятельная работа обучающегося, час	промежуточная аттестация, час
4 семестр	экзамен	160	18	34	18			66	24
5 семестр	экзамен	128	16	18	16			46	32
Всего:		288	34	52	34			112	56

3.2. Структура учебной дисциплины для обучающихся по разделам и темам дисциплины: (очная форма обучения)

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
Четвертый семестр							
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	Раздел I. Введение	x	x	x	x	10	Формы текущего контроля по разделу I: - защита лабораторных работ №1.1 и №1.2.
	Тема 1.1 Основные понятия термодинамики	1				x	
	Тема 1.2 Функции состояния и функции процесса	1				x	
	Практическое занятие № 1.1 Параметры состояния термодинамической системы		1			x	
	Лабораторная работа № 1.1 Измерение температуры			5			
	Лабораторная работа № 1.2 Измерение давления			5			
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	Раздел II. Первый закон термодинамики. Идеальный газ	x	x	x	x	14	Формы текущего контроля по разделу II: - контрольные работы №1 и №2; - выполнение разделов 1 и 2 курсовой работы.
	Тема 2.1 Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии.	1				x	
	Тема 2.2 Термодинамические свойства и процессы идеального газа.	1				x	
	Тема 2.3 Смеси идеальных газов.	1				x	
	Практическое занятие № 2.1 Первый закон термодинамики для неподвижной системы и потока вещества.		2			x	
	Практическое занятие № 2.2 Идеальный газ. Термодинамические свойства идеальных газов.		2			x	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
	Практическое занятие № 2.3 Термодинамические процессы идеального газа.		6			x	
	Практическое занятие № 2.4 Термодинамические свойства и процессы смесей идеальных газов.		4			x	
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	Раздел III. Второй закон термодинамики	x	x	x	x	14	
	Тема 3.1 Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики	1				x	Формы текущего контроля по разделу III: - контрольные работы №1 и №2; - выполнение разделов 2 и 3 курсовой работы.
	Тема 3.2 Термодинамический цикл. Цикл Карно.	1				x	
	Тема 3.3 Интеграл Клаузиуса. Энтропия. T,s-диаграмма	1				x	
	Тема 3.4 Эксергия.	1				x	
	Тема 3.5 Характеристические функции. Дифференциальные уравнения термодинамики	1				x	
	Практическое занятие № 3.1 Второй закон термодинамики. Энтропия		2			x	
	Практическое занятие № 3.2 Эксергия		4			x	
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4:	Раздел IV. Реальные газы. Водяной пар	x	x	x	x	10	
	Тема 4.1 Термодинамические свойства реальных газов.	1				x	Формы текущего контроля по разделу IV:

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	Тема 4.2 Вода и водяной пар. Расчет параметров состояния и термодинамических процессов.	1				x	- контрольная работа №3; - защита лабораторной работы №4.1.
	Тема 4.3 Уравнения состояния реальных газов	2				x	
	Практическое занятие № 4.1 Термодинамические свойства воды и водяного пара, таблицы свойств водяного пара.		2			x	
	Практическое занятие № 4.2 Термодинамические процессы с водяным паром.		10			x	
	Лабораторная работа № 4.1 Изохорное нагревание воды и водяного пара			4		x	
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	Раздел V. Третий закон термодинамики	x	x	x	x	5	
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	Тема 5.1 Общие условия термодинамического равновесия.	1				x	
	Тема 5.2 Гипотеза Планка. Третий закон термодинамики	1				x	
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	Раздел VI. Влажный воздух	x	x	x	x	7	Формы текущего контроля по разделу VI: - защита лабораторной работы №6.1.
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	Тема 6.1 Свойства влажного воздуха.	1	1			x	
	Тема 6.2 Процессы во влажном воздухе.	1				x	
	Лабораторная работа № 6.1 Определение изобарной теплоемкости и термодинамических свойств воздуха при атмосферном давлении			4		x	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
	Экзамен	х	х	х	х	66	экзамен по билетам
	ИТОГО за четвертый семестр	18	34	18	-	66	
	Пятый семестр						
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	Раздел VII. Течение газов и жидкостей	х	х	х	х	16	Формы текущего контроля по разделу VII: - контрольная работа №4; - защита лабораторной работы №7.1.
	Тема 7.1 Основные уравнения для расчета параметров истечения жидкостей и газов	2				х	
	Тема 7.2 Расчет параметров истечения через суживающиеся сопла и сопла Лаваля	2				х	
	Практическое занятие № 7.1 Истечение газов и водяного пара из суживающихся сопел		1			х	
	Практическое занятие № 7.2 Истечение газов и водяного пара из сопел Лаваля		1			х	
	Лабораторная работа № 7.1 Исследование процесса адиабатного истечения водяного пара (воздуха) через суживающееся сопло.			4		х	
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	Раздел VIII. Термодинамические циклы паротурбинных установок	х	х	х	х	28	
	Тема 8.1 Цикл Ренкина на перегретом паре	2				х	
	Тема 8.2 Способы увеличения термодинамической эффективности цикла Ренкина на перегретом паре	2				х	
	Тема 8.3 Теплофикационные циклы	2				х	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
	Практическое занятие №8.1 Расчет параметров и КПД обратимого цикла Ренкина. Учет потерь от необратимости процессов расширения и сжатия		2			х	
	Практическое занятие №8.2 Регенерация в циклах ПТУ		2			х	
	Практическое занятие №8.3 Теплофикационные циклы		2			х	
	Лабораторная работа №8.1 Влияние параметров рабочего тела цикла Ренкина на его удельную работу и КПД.			4		х	
	Лабораторная работа №8.2 Влияние параметров рабочего тела цикла паротурбинной установки с промежуточным перегревом пара на его удельную работу и КПД			4		х	
	Лабораторная работа №8.3 Влияние параметров рабочего тела на удельную работу и КПД цикла паротурбинной установки с регенерацией			4		х	
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	Раздел IX. Сжатие газов, газовые термодинамические циклы и циклы парогазовых установок	х	х	х	х	16	Формы текущего контроля по разделу IX: - контрольная работа №6.
	Тема 9.1 Сжатие газов	2				х	
	Тема 9.2 Циклы газотурбинных установок и двигателей внутреннего сгорания	1				х	
	Тема 9.3 Циклы парогазовых установок	1				х	

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций	Наименование разделов, тем; форма(ы) промежуточной аттестации	Виды учебной работы				Самостоятельная работа, час	Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости; формы промежуточного контроля успеваемости
		Контактная работа					
		Лекции, час	Практические занятия, час	Лабораторные работы, час	Практическая подготовка, час		
	Практическое занятие №9.1 Сжатие газов		2			х	
	Практическое занятие №9.2 Расчет циклов газотурбинных установок и двигателей внутреннего сгорания		3			х	
ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	Раздел X. Обратные термодинамические циклы	х	х	х	х	7	Формы текущего контроля по разделу X: - контрольная работа №6.
	Тема 10.1 Циклы воздушных холодильных установок	1				х	
	Тема 10.2 Циклы парокомпрессионных холодильных и теплонасосных установок	1				х	
	Практическое занятие №9.1 Расчет циклов воздушных холодильных установок		2			х	
	Практическое занятие №9.2 Расчет циклов трансформаторов		3			х	
	Экзамен	х	х	х	х	46	экзамен по билетам
	ИТОГО за пятый семестр	16	18	16		46	
	ИТОГО за весь период	34	52	34		112	

3.3. Краткое содержание учебной дисциплины

№ пп	Наименование раздела и темы дисциплины	Содержание раздела (темы)
Раздел I	Введение	
Тема 1.1	Основные понятия термодинамики	Техническая термодинамика как теоретическая основа теплоэнергетики. Основные понятия термодинамики. Термодинамическая система и окружающая среда.
Тема 1.2	Функции состояния и функции процесса	Функции состояния и функции процесса. Уравнение состояния. Равновесные и неравновесные состояния и процессы.
Раздел II	Первый закон термодинамики. Идеальный газ	
Тема 2.1	Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии	Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Теплота и работа - формы передачи энергии. Работа расширения и техническая работа. Внутренняя энергия и энтальпия. Аналитическое выражение первого закона. Уравнение первого закона термодинамики для неравновесных процессов. Уравнение первого закона термодинамики для стационарного одномерного потока.
Тема 2.2	Термодинамические свойства и процессы идеального газа.	Термодинамические свойства и процессы идеального газа. Уравнение состояния Клапейрона - Менделеева. Калорические свойства идеального газа. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости газов. Зависимость теплоемкости идеального газа от температуры. Внутренняя энергия и энтальпия идеального газа. Таблицы термодинамических свойств идеальных газов. Основные процессы идеальных газов. Политропные процессы и их анализ.
Тема 2.3	Смеси идеальных газов.	Смеси идеальных газов. Способы задания состава смеси. Расчет термодинамических свойств идеальных газов по свойствам компонентов.
Раздел III	Второй закон термодинамики	
Тема 3.1	Обратимые и необратимые процессы. Второй закон термодинамики	Обратимые и необратимые процессы. Основные причины необратимости процессов. Формулировки второго закона термодинамики и связь между ними.
Тема 3.2	Термодинамический цикл. Цикл Карно.	Термодинамические циклы. Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя. Цикл Карно и его характеристики эффективности.
Тема 3.3	Интеграл Клаузиуса. Энтропия. T,s-диаграмма	Доказательство существования энтропии. Расчет изменения энтропии идеального газа с помощью таблиц. T,s-диаграмма и ее свойства. Термодинамические циклы в T,s-диаграмме. Возрастание энтропии изолированной системы. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Статистический смысл второго закона термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность состояния. Энтропийный метод термодинамического анализа.
Тема 3.4	Эксергия	Понятие эксергии. Эксергия неподвижного тела, потока вещества и теплоты. Потери эксергии. Формула Гюй - Стодола. Эксергетический КПД.
Тема 3.5	Характеристические функции. Дифференциальные	Характеристические функции. Химический потенциал. Основные дифференциальные уравнения термодинамики.

	уравнения термодинамики	
Раздел IV	Реальные газы. Водяной пар	
Тема 4.1	Термодинамические свойства реальных газов.	Термодинамические свойства реальных газов. p, V -диаграмма. Фазовое равновесие. Фазовая p, T -диаграмма. Правило фаз Гиббса. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фактор сжимаемости и z, p - диаграмма.
Тема 4.2	Вода и водяной пар. Расчет параметров состояния и термодинамических процессов.	Вода и водяной пар. Удельный объем, энтальпия и энтропия воды, влажного, сухого насыщенного и перегретого пара. Сверхкритическая область состояния пара. T, s - и h, s - диаграммы водяного пара. Расчет процессов для водяного пара.
Тема 4.3	Уравнения состояния реальных газов	Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Вириальное уравнение состояния для умеренно сжатых газов. Подобие термодинамических свойств веществ.
Раздел V	Третий закон термодинамики	
Тема 5.1	Общие условия термодинамического равновесия	Общие условия термодинамического равновесия.
Тема 5.2	Гипотеза Планка. Третий закон термодинамики	Формулировки и аналитическое выражение третьего закона термодинамики. Гипотеза Планка. Абсолютная энтропия. Следствия третьего закона термодинамики.
Раздел VI	Влажный воздух	
Тема 6.1	Свойства влажного воздуха.	Свойства влажного воздуха, точка росы, влагосодержание, влажность абсолютная и относительная, энтальпия, h, d -диаграмма влажного воздуха.
Тема 6.2	Процессы во влажном воздухе.	Процессы во влажном воздухе.
Раздел VII	Течение газов и жидкостей	
Тема 7.1	Основные уравнения для расчета параметров истечения жидкостей и газов	Уравнение I закона термодинамики для обратимого адиабатного потока несжимаемой жидкости (уравнение Бернулли). Уравнение неразрывности потока. Параметры полного адиабатического торможения потока. Уравнение механической энергии.
Тема 7.2	Расчет параметров истечения через суживающиеся сопла и сопла Лавалья	Скорость истечения из суживающегося сопла. Максимальный расход и критическая скорость. Зависимость скорости и расхода газа через сопло от отношения конечного и начального давлений. Сопло Лавалья. Истечение с учетом необратимости. Коэффициенты скорости и расхода. Профиль сопла. Закон обращения воздействий.
Раздел VIII	Термодинамические циклы паротурбинных установок	
Тема 8.1	Цикл Ренкина на перегретом паре	Принципиальная схема паротурбиной установки. Цикл в p, v - и T, s - диаграммах. Термический КПД цикла. Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД цикла. Необратимое расширение пара в турбине и сжатие воды в насосе.
Тема 8.2	Способы увеличения термодинамической эффективности цикла Ренкина на перегретом паре	Цикл и схема паротурбинной установки с промежуточным перегревом пара. Цикл в T, s - и h, s - диаграммах. КПД цикла. Регенеративный подогрев питательной воды. Схема регенеративного подогрева с отбором пара. Термический

		КПД, зависимость его от числа подогревателей и температуры питательной воды.
Тема 8.3	Теплофикационные циклы	Теплофикационные циклы паротурбинных установок. Критерии оценки эффективности циклов, схемы с противодавлением и с отбором пара из турбины.
Раздел IX	Сжатие газов, газовые термодинамические циклы и циклы парогазовых установок	
Тема 9.1	Сжатие газов	Работа охлаждаемого одноступенчатого компрессора. Отводимая теплота. Компрессор с вредным объемом. Многоступенчатый компрессор. Оптимальное распределение давления по ступеням. Необратимое адиабатное сжатие в компрессоре.
Тема 9.2	Циклы газотурбинных установок и двигателей внутреннего сгорания	Принципиальная схема и цикл газотурбинной установки (ГТУ) с подводом теплоты при постоянном давлении. Термический КПД идеального цикла ГТУ. Действительный цикл и его КПД. Влияние необратимости процессов сжатия и расширения на КПД цикла ГТУ. Регенерация, многоступенчатое сжатие и ступенчатый подвод тепла в газотурбинной установке. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном объеме, постоянном давлении и со смешанным подводом теплоты. Изображение циклов ДВС в p, V - и T, s - диаграммах, основные характеристики и КПД циклов. Сравнение термических КПД этих циклов. Индикаторные диаграмма, давление и мощность.
Тема 9.3	Циклы парогазовых установок	Комбинированные циклы. Термодинамические циклы парогазовых установок (ПГУ), типы ПГУ, схема ПГУ с котлом-утилизатором и цикл в T, s - диаграмме. Степень бинарности цикла. КПД бинарного цикла.
Раздел X	Обратные термодинамические циклы	
Тема 10.1	Циклы воздушных холодильных установок	Обратный цикл Карно. Холодильный и отопительный коэффициенты. Схема и цикл воздушной холодильной установки, холодильный коэффициент и холодопроизводительность.
Тема 10.2	Расчет циклов термотрансформаторов	Схема и цикл парокompрессионной холодильной установки. холодильный коэффициент и мощность привода, хладагенты холодильных установок. Схема парокompрессионного теплового насоса, цикл в T, s - диаграмме, отопительный коэффициент и мощность привода.

3.4. Организация самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – обязательная часть образовательного процесса, направленная на развитие готовности к профессиональному и личностному самообразованию, на проектирование дальнейшего образовательного маршрута и профессиональной карьеры.

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине организована как совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине выполняется на учебных занятиях под руководством преподавателя и по его заданию. Аудиторная самостоятельная работа обучающихся входит в общий объем времени, отведенного учебным планом на аудиторную работу, и регламентируется расписанием учебных занятий.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – планируемая учебная, научно-исследовательская, практическая работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, расписанием учебных занятий не регламентируется.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся включает в себя:

- подготовку к лекциям, практическим и лабораторным занятиям, экзаменам;
- изучение учебных пособий;
- изучение разделов/тем, не выносимых на лекции и практические занятия самостоятельно;
- изучение теоретического и практического материала по рекомендованным источникам;
- подготовка к выполнению лабораторных работ и отчетов по ним;
- выполнение расчетного задания;
- подготовка к коллоквиуму, контрольной работе и т.п.;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к промежуточной аттестации в течение семестра, и пр.

Самостоятельная работа обучающихся с участием преподавателя в форме иной контактной работы предусматривает групповую и (или) индивидуальную работу с обучающимися и включает в себя:

- проведение индивидуальных и групповых консультаций по выполнению разделов курсовой работы;
- проведение консультаций перед экзаменом.

3.5. Применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий

При реализации программы учебной дисциплины/учебного модуля электронное обучение и дистанционные образовательные технологии не применяются.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ, СИСТЕМА И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ

4.1. Соотнесение планируемых результатов обучения с уровнями сформированности компетенции(й).

Уровни сформированности компетенции(-й)	Итоговое количество баллов в 100-балльной системе по результатам текущей и промежуточной аттестации	Оценка в пятибалльной системе по результатам текущей и промежуточной аттестации	Показатели уровня сформированности		
			универсальной(-ых) компетенции(-й)	общепрофессиональной(-ых) компетенций	профессиональной(-ых) компетенции(-й)
				ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3	
высокий	85 – 100	отлично/ зачтено (отлично)/ зачтено		<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – исчерпывающе и логически стройно излагает учебный материал, умеет связывать теорию с практикой, справляется с решением заданий, правильно обосновывает принятые решения; – знает основные понятия и термины в области термодинамики, демонстрирует понимание их физического смысла; – знает о термических и калорических свойствах веществ, методах получения информации о них; – умеет применять основные понятия и термины в области термодинамики для описания физических процессов, происходящих в энергетическом оборудовании; – применяет знания о термических и калорических свойствах веществ для расчета и анализа термодинамических процессов в энергетическом оборудовании, умеет пользоваться справочными данными для их поиска; – показывает творческие способности в 	

				<p>понимании, изложении и практическом использовании законов термодинамики;</p> <ul style="list-style-type: none">– знает типовые термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках, показатели их эффективности; методы проведения расчётов процессов переноса теплоты, эффективности теплотехнологических установок; современные методы и средства идентификации тепловых процессов и разработки их рабочих моделей; основы экспериментального исследования и математического моделирования термодинамических процессов и циклов теплосиловых установок;– умеет применять основные понятия и термины в области технической термодинамики для описания физических процессов, происходящих в техническом оборудовании и системах производства, передачи и трансформации теплоты в теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках;– умеет вычислять показатели энергетической эффективности термодинамических процессов, прямых и обратных термодинамических циклов; определять рабочие параметры технического оборудования, анализировать влияние их изменения на показатели эффективности теплотехнических установок и систем;– умеет в полном объёме с высокой степенью точности воспроизводить и объяснять пройденный учебный материал, уверенно объяснять теоретические положения, возможности и направления их практического применения;– свободно ориентируется в учебной и	
--	--	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

				профессиональной литературе; – дает развернутые, исчерпывающие, профессионально грамотные ответы на вопросы, в том числе, дополнительные.	
повышенный	65 – 84	хорошо/ зачтено (хорошо)/ зачтено		Обучающийся: – структурировано излагает учебный материал, умеет связывать теорию с практикой, с незначительными погрешностями справляется с решением заданий, в целом правильно обосновывает принятые решения; – знает основные понятия и термины в области термодинамики, демонстрирует понимание их физического смысла; – знает о термических и калорических свойствах веществ, методах получения информации о них; – с незначительными неточностями применяет основные понятия и термины в области термодинамики для описания физических процессов, происходящих в техническом оборудовании; – с негрубыми ошибками применяет знания о термических и калорических свойствах веществ для расчета и анализа термодинамических процессов в энергетическом оборудовании, умеет пользоваться справочными данными для их поиска; – знает основные термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках, показатели их эффективности; – умеет применять основные понятия и термины в области технической термодинамики для описания физических процессов, происходящих в техническом оборудовании и системах производства, передачи и трансформации	

				<p>теплоты в теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках;</p> <ul style="list-style-type: none"> – умеет идентифицировать процессы и разрабатывать их физические и математические модели; вычислять показатели энергетической эффективности термодинамических процессов, прямых и обратных термодинамических циклов; определять параметры работы технического оборудования, анализировать влияние их изменения на показатели эффективности теплотехнических установок и систем; – воспроизводить и объяснять пройденный учебный материал, демонстрируя достаточный содержательный характер, однако допуская неточности и негрубые ошибки при решении практических задач, объяснении физической природы происходящих процессов. 	
базовый	41 – 64	удовлетворительно/ зачтено (удовлетворительно)/ зачтено	–	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует теоретические знания основного учебного материала дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшего освоения ОПОП; – знает основные понятия и термины в области термодинамики, однако затрудняется с их применением для описания физических процессов, происходящих в техническом оборудовании; – знает о термических и калорических свойствах веществ, методах получения информации о них; – знает основные термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплосиловых, холодильных и теплонасосных установках, показатели их эффективности; – умеет идентифицировать процессы и разрабатывать их математические модели; вычислять показатели энергетической прямых 	

				термодинамических циклов; определять параметры работы технического оборудования; – в основном излагает теоретический материал, решает практические задания, но демонстрирует поверхностные знания, допуская существенные ошибки.	
низкий	0 – 40	неудовлетворительно/ не зачтено	Обучающийся: <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует фрагментарные знания теоретического и практического материала, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации; – испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами; – не может применить законы термодинамики для описания физических процессов, происходящих в техническом оборудовании и системах производства, передачи и трансформации теплоты в теплосиловых и холодильных установках; – не владеет методами решения задач технической термодинамики, методами расчета и анализа эффективности термогидродинамических процессов в теплотехническом оборудовании; – выполняет задания только по образцу и под руководством преподавателя; – ответ отражает отсутствие знаний на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы. 		

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

При проведении контроля самостоятельной работы обучающихся, текущего контроля и промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Техническая термодинамика» проверяется уровень сформированности у обучающихся компетенций и запланированных результатов обучения по дисциплине, указанных в разделе 2 настоящей программы.

5.1. Формы текущего контроля успеваемости, примеры типовых заданий:

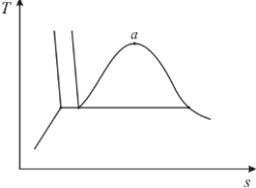
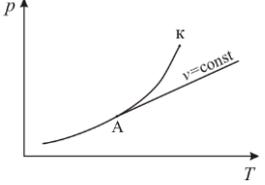
№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
1	Защита ЛР №1.1	1. Размерность температуры в абсолютной шкале:	ОПК-3:

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
	«Измерение температуры»	<ul style="list-style-type: none"> - градус Цельсия; - Кельвин; - градус Фаренгейта; - градус Реомюра. <p>2. Как называется спай термопары, соприкасаемый с измеряемой средой?</p> <ul style="list-style-type: none"> - горячий спай; - холодный спай; - свободный спай; - датчик. <p>3. Действие этих термометров основано на изменении объема жидкости или линейных размеров твердых тел при изменении температуры:</p> <ul style="list-style-type: none"> - термометры расширения; - термометры сопротивления; - термопары; - манометрические термометры; <p>4. Действие этих термометров основано на изменении термоэлектродвижущей силы в зависимости от температуры:</p> <ul style="list-style-type: none"> - термометры расширения; - термометры сопротивления; - термопары; - манометрические термометры. <p>5. Действие этого термометра основано на изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников при изменении его температуры:</p> <ul style="list-style-type: none"> - термометры расширения; - термометры сопротивления; - термопары; - манометрические термометры. 	ИД-ОПК-3.2; ОПК-4; ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3
2	Защита ЛР №1.1 «Измерение давления»	<p>1. Выберите верное выражение для расчета избыточного давления, если Ризб – избыточное давление; Рабс – абсолютное давление; Ратм – атмосферное давление; Рвак - давление, измеренное вакуумметром.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ризб = Рабс – Ратм - Ризб = Рвак + Ратм - Ризб = Рабс + Ратм 	ОПК-3; ИД-ОПК-3.2; ОПК-4; ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
		<p>- $P_{изб} = P_{атм} - P_{абс}$.</p> <p>2. Выберите верное выражение для расчета вакуумметрического давления, если $P_{изб}$ – избыточное давление; $P_{абс}$ – абсолютное давление; $P_{атм}$ – атмосферное давление; $P_{вак}$ – давление, измеренное вакуумметром.</p> <p>- $P_{вак} = P_{атм} - P_{абс}$ - $P_{вак} = P_{изб} + P_{атм}$ - $P_{вак} = P_{изб} + P_{абс}$ - $P_{вак} = P_{абс} - P_{атм}$</p> <p>3. Как изменятся показания манометра, если барометрическое давление уменьшилось на 4 кПа при неизменном абсолютном измеряемом давлении?</p> <p>- Возрастет на 4 кПа - Уменьшится на 4 кПа - Возрастет на 8 кПа - Не изменится.</p> <p>4. Как изменятся показания вакуумметра, если барометрическое давление возросло на 5 кПа при неизменном абсолютном измеряемом давлении?</p> <p>- Возрастет на 5 кПа - Уменьшится на 5 кПа - Возрастет на 10 кПа - Не изменится</p> <p>5. Грузопоршневым манометром МП-600 измерено давление 100 кгс/см². Каково предельное значение абсолютной допускаемой погрешности измерения, если класс точности прибора 0,05?</p> <p>- ±0,3 кгс/см²; - ±0,05 кгс/см²; - ±0,03 кгс/см²; - ±0,005 кгс/см².</p>	
3	Контрольная работа №1 «Идеальный газ»	<p>1. В баллоне объемом 50 л находится сжатый O_2 при $P_1 = 80$ бар и $t_1 = 40$ °С. Кратковременно открыв вентиль, производят выпуск части газа при адиабатном понижении давления в баллоне до $P_2 = 0,6P_1$. Затем закрытый баллон отогревается до температуры $t_3 = t_1$. Определить параметры t_2 и P_3, изменение массы за счет выпуска газа, а также количество подведенной к газу теплоты Q. Изобразить совокупность процессов в P-v и T-S диаграммах.</p> <p>2. Баллон с H_2 выносится из помещения с температурой $t_1 = 5$ °С в машинный зал, где температура $t_2 = 25$ °С. Через некоторое время газ направляют в сопло, где он адиабатно</p>	ОПК-3; ИД-ОПК-3.2; ОПК-4; ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
		<p>расширяется до давления $P_3=0,5P_2$. Определить параметры P_2 и t_3, суммарное количество подведенной теплоты. Известно, что объем баллона $V=40 \text{ дм}^3$, а начальное давление $P_1 = 12 \text{ МПа}$. Изобразить совокупность процессов в P-v и T-S диаграммах.</p> <p>3. Баллон с O_2 выносится из помещения с температурой $t_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ в машинный зал, где температура $t_2 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Через некоторое время газ направляют в сопло, где он адиабатно расширяется до давления $P_3=0,5P_2$. Определить параметры P_2 и t_3, суммарное количество подведенной теплоты. Известно, что объем баллона $V=80 \text{ дм}^3$, а начальное давление $P_1 = 1000 \text{ кПа}$. Изобразить совокупность процессов в P-v и T-S диаграммах.</p> <p>4. В баллоне объемом 4000 см^3 находится сжатый CO_2 при $P_1 = 6 \text{ атм}$ и $t_1= 50 \text{ }^\circ\text{F}$. Кратковременно открывая вентиль, производят выпуск части газа при адиабатном понижении давления в баллоне до $P_2=0,9P_1$. Затем закрытый баллон отогревается до температуры $t_3= t_1$. Определить параметры t_2 и P_3, изменение массы за счет выпуска газа, а также количество подведенной к газу теплоты Q. Изобразить совокупность процессов в P-v и T-S диаграммах.</p> <p>5. Сжатый газ CO_2, поступающий из газопровода при $P_1=9 \text{ бар}$ и $t_1=40 \text{ }^\circ\text{C}$ в количестве $V_0 = 270 \text{ м}^3_{\text{н}}/\text{ч}$ нагревается в проточном теплообменнике до t_2 за счет подвода теплоты $q=500 \text{ кДж/кг}$, а затем расширяется адиабатно в турбине до атмосферного давления $P_3 = 1 \text{ бар}$. Определить мощность газовой турбины, конечную температуру газа, а также суммарное изменение энтальпии и энтропии. Изобразить совокупность процессов в P-v и T-S диаграммах.</p>	
4	Контрольная работа №2 «Смеси идеальных газов»	<p>1. Смесь состоит из 0,2 кг кислорода и 0,5 кг CO, парциальное давление кислорода составляет 0,2 МПа. Определить объем, полные энтальпию, энтропию, изобарную теплоемкость смеси при температуре 40°C. Сравнить полученное значение изобарной теплоемкости с рассчитанным по МКТТ.</p> <p>2. В смеси 0,5 кг кислорода и 0,3 кг N_2. Парциальное давление кислорода составляет 0,3 МПа. Определить объем, удельные энтальпию, энтропию, изобарную теплоемкость смеси при температуре 60°C. Сравнить полученное значение изобарной теплоемкости с рассчитанным по МКТТ.</p> <p>3. В смеси воздуха и CO_2 при температуре 100°C парциальное давление воздуха равно 0,2 МПа, Определить удельные энтальпию, энтропию, изобарную теплоемкость смеси, если полное давление смеси составляет 0,5 МПа. Сравнить полученное значение изобарной теплоемкости с рассчитанным по МКТТ.</p> <p>4. Определить объем одного киломоля смеси CO и кислорода, в которой массовая доля кислорода равна 0,3, а его парциальное давление 0,2 МПа. Температура смеси 150°C. Определить также удельные энтропию, изохорную теплоемкость смеси. Сравнить полученное значение изохорной</p>	ОПК-3; ИД-ОПК-3.2; ОПК-4; ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
		<p>теплоемкости с рассчитанным по МКТТ.</p> <p>5. Смесь состоит из 0,2 кг кислорода и 0,3 кг N₂. Определить давление смеси, если парциальное давление кислорода составляет 0,3 МПа, а также полные изобарную теплоемкость, энтропию смеси. Температура смеси 80 °С. Сравнить полученное значение изобарной теплоемкости с рассчитанным по МКТТ.</p>	
5	Контрольная работа №3 «Вода и водяной пар»	<ol style="list-style-type: none"> 1. Заданы параметры: $p = 110$ бар, $t = 300$ °С. Определить состояние и найти v, h, s. Представить точку в PV, PT, HS, TS - диаграммах. 2. $p = 200$ бар, $s = 4,35$ кДж/кг·К. Найти удельный объем. Представить точку в PV, PT, HS, TS - диаграммах. 3. Начальное состояние пара: $p_1 = 5$ бар; $x = 0,9$. Пар расширяется изотермически до давления 0,5 бар. Найти t, q, l, Δu. Представить процесс в PV, HS, TS - диаграммах. 4. Заданы параметры: $p = 40$ бар, $t = 300$ °С. Определить состояние и найти v, h, s, u. Представить точку в PV, PT, HS, TS - диаграммах. 5. $t = 250$ °С, $v = 0,007$ м³/кг. Найти энтальпию. Представить точку в PV, PT, HS, TS - диаграммах. 	<p>ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3</p>
6	Защита ЛР № 4.1 «Изохорное нагревание воды и водяного пара»	<ol style="list-style-type: none"> 1. Состояние водяного пара (или воды) задано параметрами $p = 20$ МПа; $v = 0,0018$ м³/кг. Определить это состояние, используя таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. <ul style="list-style-type: none"> - жидкость; - кипящая жидкость; - влажный пар; - сухой насыщенный пар; - перегретый пар 2. Состояние водяного пара (или воды) задано параметрами $p = 14,5$ МПа; $v = 0,0109$ м³/кг. Определить это состояние, используя таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. <ul style="list-style-type: none"> - жидкость; - кипящая жидкость; - влажный пар; - сухой насыщенный пар; - перегретый пар 3. По какой формуле рассчитывается теплота изохорного процесса 1-2? <ul style="list-style-type: none"> - $q = h_2 - h_1$; - $q = h_2 - h_1 - v \times (p_2 - p_1)$; - $q = h_2 - h_1 - p \times (v_2 - v_1)$; 	<p>ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3</p>

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
		<p>- $q = u_2 - u_1 + p_1 \times v_1$; - $q = T_1 \times (s_2 - s_1)$; - $q = T_2 \times (s_2 - s_1)$.</p> <p>4. На фазовой T,S-диаграмме указана точка а. Используя таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара, определите энтропию S_a.</p>  <p>- $S_a = 0$ кДж/(кг*К); - $S_a = 0,1059$ кДж/(кг*К); - $S_a = 1,3026$ кДж/(кг*К); - $S_a = 4,412$ кДж/(кг*К); - $S_a = 7,3588$ кДж/(кг*К); - $S_a = 9,1555$ кДж/(кг*К);</p> <p>5. Точка А находится на изохоре $v = 0,0381$ м³/кг. Определить температуру и энтальпию в точке А, пользуясь таблицами термодинамических свойств воды и водяного пара.</p>  <p>- $t_A = 77^\circ\text{C}$; $h_A = 322,36$ кДж/кг - $t_A = 77^\circ\text{C}$; $h_A = 2638,0$ кДж/кг - $t_A = 151^\circ\text{C}$; $h_A = 636,6$ кДж/кг - $t_A = 151^\circ\text{C}$; $h_A = 2747,1$ кДж/кг - $t_A = 266^\circ\text{C}$; $h_A = 1164,8$ кДж/кг - $t_A = 266^\circ\text{C}$; $h_A = 2792,8$ кДж/кг</p>	
7	Защита ЛР №6.1 «Определение изобарной»	<p>1. Существуют ли условия, когда при расчете теплоемкости воздуха необходимо учитывать зависимость теплоемкости от давления? (B – барометрическое давление)</p> <p>- Нет;</p>	ОПК-3; ИД-ОПК-3.2; ОПК-4:

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
	теплоемкости и термодинамических свойств воздуха при атмосферном давлении»	<p>- Да. Когда $p \ll B$;</p> <p>- Да. Когда $p \gg B$;</p> <p>- Только при высокой температуре;</p> <p>- Только при низкой температуре и $p \ll B$.</p> <p>2. Существуют ли условия, когда при расчете внутренней энергии воздуха необходимо учитывать ее зависимость от давления? (B – барометрическое давление)</p> <p>- Нет;</p> <p>- Да. Когда $p \ll B$;</p> <p>- Да. Когда $p \gg B$;</p> <p>- Только при высокой температуре;</p> <p>- Только при низкой температуре и $p \ll B$.</p> <p>3. От каких параметров зависят изохорная теплоемкость c_v и внутренняя энергия u идеального газа?</p> <p>- $c_v = f(T)$, $u = f(T)$,</p> <p>- $c_v = f(T)$, $u = f(T, p)$,</p> <p>- $c_v = f(T, p)$, $u = f(T)$,</p> <p>- $c_v = f(T, p)$, $u = f(T, p)$,</p> <p>- $c_v = \text{const}$, $u = \text{const}$.</p> <p>4. Используя молекулярно-кинетическую теорию теплоемкости, рассчитать удельную изохорную теплоемкость окиси азота NO ($\mu = 30$ кг/кмоль).</p> <p>- 0,416 кДж/(кг·К)</p> <p>- 0,693 кДж/(кг·К)</p> <p>- 0,831 кДж/(кг·К)</p> <p>- 0,970 кДж/(кг·К)</p> <p>- 1,109 кДж/(кг·К)</p> <p>5. По какой из формул следует определять удельную изобарную теплоемкость смеси идеальных газов?</p> <p>($c_{p,i}$, $c_{v,i}$ – удельные изобарная и изохорная теплоемкости i-го компонента смеси; $R_{см}$ – удельная газовая постоянная смеси; ω_i, x_i – массовая и мольная доли i-го компонента смеси; Σ – суммирование по всем компонентам смеси).</p> <p>- $c_{p,см} = \Sigma c_{p,i}$</p>	ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
		<ul style="list-style-type: none"> - $c_{p,cm} = \sum (c_{p,i} \cdot x_i)$ - $c_{p,cm} = \sum c_{p,i} / \sum \omega_i$ - $c_{p,cm} = \sum c_{p,i} / \sum x_i$ - $c_{p,cm} = \sum (c_{v,i} \cdot \omega_i) + R_{cm}$ 	
8	Контрольная работа №4 «Истечение из сопел»	<p>1. Водяной пар при давлении $P_1=2\text{МПа}$ и температуре $t_1=350^\circ\text{C}$ поступает к суживающим соплам с начальной скоростью $W_1=160\text{м/с}$. Давление за соплами $P_{cp}=0.2\text{ МПа}$. Определить скорость истечения и расход пара. Если площадь выходного сечения сопел $f_2=250\text{мм}^2$. Изобразить процесс в диаграммах h,S и T,S.</p> <p>2. CO_2 пар при давлении $P_1=5\text{МПа}$ и температуре $t_1=480^\circ\text{C}$ поступает к с начальной скоростью $W_1=170\text{м/с}$ к соплам Лавала. Давление за соплами $P_{cp}=2\text{МПа}$. Определить размеры выходного сечения и длину сопла, если расход пара $m=1,8\text{кг/с}$. Изобразить процесс в диаграммах h,S и T,S.</p> <p>3. Водяной пар при давлении $P_1=10\text{ МПа}$ и температуре $t_1=560^\circ\text{C}$ поступает к суживающим соплам с начальной скоростью $W_1=170\text{м/с}$. Давление за соплами $P_{cp}=2\text{МПа}$. Определить скорость истечения и площадь выходного сечения сопла, если расход пара $m=1,3\text{кг/с}$. Изобразить процесс в диаграммах h,S и T,S.</p> <p>4. Воздух при давлении $P_0=1,6\text{МПа}$ и температуре $t_0=340^\circ\text{C}$ поступает к суживающим соплам. Давление за соплами $P_{cp}=0,5\text{МПа}$. Определить скорость истечения и расход газа, если площадь минимального сечения сопел $f_2=210\text{мм}^2$, а скоростной коэффициент сопла $\varphi =0,96$. Изобразить процесс в диаграммах h,S и T,S.</p> <p>5. Водяной пар при давлении $P_0=3\text{МПа}$ и температуре $t_0=420^\circ\text{C}$ поступает к суживающим соплам. Давление за соплами $P_{cp}=1\text{МПа}$. Определить скорость истечения и расход пара, если площадь выходного сечения сопел $f_2=200\text{мм}^2$. Изобразить процесс в диаграммах h,S и T,S.</p>	ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3
9	Контрольная работа №5 «Расчет циклов паротурбинных установок»	<p>1. ПТУ работает на водяном паре, параметры которого перед турбиной $P_1=170\text{бар}$, $t_1=570^\circ\text{C}$. После расширения до 270°C пар направляется на вторичный перегрев до 530°C, а затем возвращается в турбину и расширяется до $P_2=0,03\text{бар}$. Определить термический КПД и теоретическую мощность ПТУ, если часовой расход пара равен 600т/час. Определить изменение степени сухости и теоретической мощности за счет применения промперегрева пара. Представить схему установки и TS-диаграмму цикла.</p> <p>2. Определить изменение термического КПД и часового расхода пара ПТУ мощностью 300МВт после применения регенеративного подогревателя поверхностного типа, температура подогрева воды в котором на $9,9^\circ\text{C}$ ниже температуры насыщения при P_{01}. Параметры водяного пара перед турбиной $P_1=100\text{бар}$ и $t_1=570^\circ\text{C}$, давление в регенеративном отборе $P_{01} =10\text{бар}$, давление в конденсаторе $P_2=0,05\text{бар}$. Представить схему установки и TS-диаграмму цикла.</p>	ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
		<p>3. Определить изменение конечной влажности пара, термического КПД и теоретической мощности паротурбинного цикла АЭС с ВВЭР за счет применения одноступенчатого сепаратора влаги с максимально-возможной долей сепарации. Давление водяного пара перед турбиной $P_1=6,5$ МПа, разделительное давление в сепараторе $P_c =0,6$ МПа, давление в конденсаторе $P_2 =6$кПа, а часовой расход пара равен 300т/час. Представить схему установки и TS-диаграмму цикла.</p> <p>4. Определить изменение термического КПД и мощности ПТУ после применения регенеративного подогревателя поверхностного типа (со сбросом конденсата греющего пара в конденсатор ПТУ), температура подогрева воды в котором на $5,36^{\circ}\text{C}$ ниже температуры насыщения при P_{01}. Параметры водяного пара перед турбиной $P_1=12$МПа и $t_1=570^{\circ}\text{C}$, давление в регенеративном отборе $P_{01} =0,9$МПа, давление в конденсаторе $P_2 =0,05$бар, а часовой расход пара равен 300т/час. Представить схему установки и TS-диаграмму цикла.</p> <p>5. Определить изменение термического КПД и конечной влажности пара ПТУ после применения вторичного перегрева пара. Параметры водяного пара перед турбиной $P_1=130$бар и $t_1=570^{\circ}\text{C}$, давление в конденсаторе $P_2 =0,05$бар. Вторичный перегрев осуществляется при давлении 25 бар до температуры 540°C. Часовой расход пара равен 300т/час.</p> <p>Каковы будут мощность ПТУ и расход условного топлива (теплотворная способность топлива $Q^p_n =30000$кДж/кг)? Представить схему установки и TS-диаграмму цикла.</p>	
10	<p>Защита ЛР №8.1 «Влияние параметров рабочего тела цикла Ренкина на его удельную работу и КПД»;</p> <p>Защита ЛР №8.2 «Влияние параметров рабочего тела цикла паротурбинной установки с промежуточным перегревом пара на его удельную работу и КПД»;</p>	<p>1. Из каких процессов состоит цикл Ренкина?</p> <ul style="list-style-type: none"> - изотерма, адиабата, изотерма, изохора - изохора, адиабата, изобара, адиабата - адиабата, изобара, адиабата, изобара - адиабата, изотерма, политропа, изохора - изотерма, адиабата, изотерма, адиабата <p>2. Укажите последовательно агрегаты, через которые проходит рабочее тело паротурбинной установки:</p> <ul style="list-style-type: none"> - турбина – насос – дроссель – насос - турбина – компрессор – насос – котельная установка - турбина – конденсатор – насос – котельная установка - турбина – парогенератор – конденсатор – насос - турбина – компрессор – дроссель – котельная установка <p>3. По какой формуле следует рассчитывать термический КПД цикла Ренкина? Состояния 1 и 2 – до и после турбины, 2' и 3 – до и после насоса.</p> <p>- $\eta_t = ((h_1 - h_2) / (h_1 - h_2))$</p>	<p>ОПК-3; ИД-ОПК-3.2; ОПК-4; ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3</p>

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
	Защита ЛР №8.3 Влияние параметров рабочего тела на удельную работу и КПД цикла паротурбинной установки с регенерацией	<ul style="list-style-type: none"> - $\eta_t = ((h_1 - h_2)/(h_3 - h_2'))$ - $\eta_t = ((h_1 - h_2) + (h_3 - h_2'))/(h_1 - h_3)$ - $\eta_t = ((h_1 - h_2) - (h_3 - h_2'))/(h_1 - h_3)$ - $\eta_t = ((h_3 - h_2') - (h_1 - h_2))/(h_2 - h_2')$ 4. По какой формуле следует рассчитывать подведенную теплоту в цикле Ренкина? Состояния 1 и 2 – до и после турбины, 2' и 3 – до и после насоса. <ul style="list-style-type: none"> - $q_1 = h_1 - h_2$ - $q_1 = h_2 - h_2'$ - $q_1 = h_3 - h_2'$ - $q_1 = h_1 - h_3$ - $q_1 = h_1 - h_2'$ - $q_1 = h_2' - h_3$ 5. Какие параметры рабочего тела достаточно знать, чтобы определить термический КПД цикла Ренкина на насыщенном паре? Состояния 1 и 2 – до и после турбины, 2' и 3 – до и после насоса. <ul style="list-style-type: none"> - p_1, p_2 - p_1, T_1, p_2 - T_1, T_2, T_3 - p_1, T_1, p_2, T_2 - p_1, T_1, p_2, p_3, T_3 	
11	Расчетное задание «Циклы ПТУ»	Вариант 1 Рассчитать термический и внутренний КПД, удельный расход пара и условного топлива для турбоустановки с промежуточным перегревом пара и двумя регенеративными подогревателями: 1-й - поверхностного, 2-й - смешивающего типов. Определить также среднеинтегральную температуру подвода теплоты в цикле. Задано: Начальные параметры водяного пара: $P_1=15\text{МПа}$, $t_1=520^\circ\text{C}$, Давление пара в конденсаторе: $P_2=5\text{кПа}$. Параметры пара после промежуточного перегрева: $P_{п}=9\text{МПа}$, $t_{п}=500^\circ\text{C}$. Температура питательной воды: $t_{пв}=180^\circ\text{C}$. Давление пара во втором регенеративном подогревателе выбирается из условия $\Delta t_1=\Delta t_2$ Недогрев жидкости до температуры конденсации греющего пара в первом регенеративном подогревателе равен $\Delta t_1=5^\circ\text{C}$, во втором- $\Delta t_2=0^\circ\text{C}$. Внутренние относительные КПД отсеков турбины и насосов: $\eta_{oi}^{чвд}=0,95$; $\eta_{oi}^{чнд}=0,92$; $\eta_{oi}^н=0,88$; КПД других	ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
		<p>элементов установки $\eta_k=0,92$; $\eta_m=0,95$; $\eta_{пп}=0,96$ $\eta_3=0,95$. Представить схему ПТУ и цикл в T-s диаграмме в масштабе.</p> <p>Вариант 2 Рассчитать термический и внутренний КПД, удельный расход пара и условного топлива для турбоустановки с промежуточным перегревом пара и двумя регенеративными подогревателями: 1-й – смешивающего; 2-й - поверхностного типов. Определить также среднеинтегральную температуру подвода теплоты в цикле. Задано: Начальные параметры водяного пара: $P_1=22$МПа, $t_1=540^{\circ}\text{C}$, Давление пара в конденсаторе: $P_2=4$кПа. Параметры пара после промежуточного перегрева: $P_{п}=9$МПа, $t_{п}=540^{\circ}\text{C}$. Температура питательной воды: $t_{пв}=190^{\circ}\text{C}$. Давление пара во втором регенеративном подогревателе выбирается из условия $\Delta t_1=mt_2$. Недогрев жидкости до температуры конденсации греющего пара в первом регенеративном подогревателе равен $\Delta t_1=0^{\circ}\text{C}$, во втором- $\Delta t_2=6^{\circ}\text{C}$. Внутренние относительные КПД отсеков турбины и насосов: $\eta_{oi}^{чвд}=0,95$; $\eta_{oi}^{чнд}=0,92$; $\eta_{oi}^н=0,88$; КПД других элементов установки $\eta_k=0,92$; $\eta_m=0,95$; $\eta_{пп}=0,96$ $\eta_3=0,95$. Представить схему ПТУ и цикл в T-s диаграмме в масштабе.</p> <p>Вариант 3 Рассчитать термический и внутренний КПД, удельный расход пара и условного топлива для турбоустановки с промежуточным перегревом пара и двумя регенеративными подогревателями: 1-й - поверхностного, 2-й - поверхностного типов. Определить также среднеинтегральную температуру подвода теплоты в цикле. Задано: Начальные параметры водяного пара: $P_1=10$МПа, $t_1=480^{\circ}\text{C}$, Давление пара в конденсаторе: $P_2=4$кПа. Параметры пара после промежуточного перегрева: $P_{п}=4$МПа, $t_{п}=450^{\circ}\text{C}$. Температура питательной воды: $t_{пв}=180^{\circ}\text{C}$. Давление пара во втором регенеративном подогревателе выбирается из условия $\Delta S_1=\Delta S_2$. Недогрев жидкости до температуры конденсации греющего пара в первом регенеративном подогревателе равен $\Delta t_1=4^{\circ}\text{C}$, во втором- $\Delta t_2=5^{\circ}\text{C}$. Внутренние относительные КПД отсеков турбины и насосов: $\eta_{oi}^{чвд}=0,95$; $\eta_{oi}^{чнд}=0,92$; $\eta_{oi}^н=0,88$; КПД других элементов установки $\eta_k=0,92$; $\eta_m=0,95$; $\eta_{пп}=0,96$ $\eta_3=0,95$. Представить схему ПТУ и цикл в T-s диаграмме в масштабе.</p> <p>Вариант 4 Рассчитать термический и внутренний КПД, удельный расход пара и условного топлива для</p>	

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
		<p>турбоустановки с промежуточным перегревом пара и двумя регенеративными подогревателями: 1-й - смешивающего, 2-й - смешивающего типов. Определить также среднеинтегральную температуру подвода теплоты в цикле.</p> <p>Задано:</p> <p>Начальные параметры водяного пара: $P_1=14\text{МПа}$, $t_1=490^\circ\text{C}$, Давление пара в конденсаторе: $P_2=5\text{кПа}$. Параметры пара после промежуточного перегрева: $P_{п}=8\text{МПа}$, $t_{п}=490^\circ\text{C}$. Температура питательной воды: $t_{пв}=170^\circ\text{C}$. Давление пара во втором регенеративном подогревателе выбирается из условия $\Delta S_1=\Delta S_2$ Недогрев жидкости до температуры конденсации греющего пара в первом регенеративном подогревателе равен $\Delta t_1=0^\circ\text{C}$, во втором- $\Delta t_2=0^\circ\text{C}$. Внутренние относительные КПД отсеков турбины и насосов: $\eta_{oi}^{чвд}=0,95$; $\eta_{oi}^{чнд}=0,92$; $\eta_{oi}^н=0,88$; КПД других элементов установки $\eta_k=0,92$; $\eta_m=0,95$; $\eta_{пп}=0,96$ $\eta_3=0,92$. Представить схему ПТУ и цикл в Т-s диаграмме в масштабе.</p> <p>Вариант 5</p> <p>Рассчитать термический и внутренний КПД, удельный расход пара и условного топлива для турбоустановки с промежуточным перегревом пара и двумя регенеративными подогревателями: 1-й - поверхностного, 2-й - поверхностного типов. Определить также среднеинтегральную температуру подвода теплоты в цикле.</p> <p>Задано:</p> <p>Начальные параметры водяного пара: $P_1=22\text{МПа}$, $t_1=540^\circ\text{C}$, Давление пара в конденсаторе: $P_2=6\text{кПа}$. Параметры пара после промежуточного перегрева: $P_{п}=9\text{МПа}$, $t_{п}=500^\circ\text{C}$. Температура питательной воды: $t_{пв}=200^\circ\text{C}$. Давление пара во втором регенеративном подогревателе выбирается из условия $\Delta t_1=\Delta t_2$ Недогрев жидкости до температуры конденсации греющего пара в первом регенеративном подогревателе равен $\Delta t_1=3^\circ\text{C}$, во втором- $\Delta t_2=6^\circ\text{C}$. Внутренние относительные КПД отсеков турбины и насосов: $\eta_{oi}^{чвд}=0,95$; $\eta_{oi}^{чнд}=0,92$; $\eta_{oi}^н=0,88$; КПД других элементов установки $\eta_k=0,92$; $\eta_m=0,95$; $\eta_{пп}=0,96$ $\eta_3=0,95$. Представить схему ПТУ и цикл в Т-s диаграмме в масштабе.</p>	
12	Контрольная работа №6 «Циклы ДВС, ГТУ, ВХУ, ПКХУ и ТНУ»	1. Многоступенчатый поршневой компрессор сжимает воздух от начального давления $P_1=0,099\text{МПа}$ до давления $P_2=9,8\text{МПа}$. Определить мощность электродвигателя, число ступеней в компрессоре, если расчетная степень повышения давления в каждом цилиндре не более 6. Показатель политропного сжатия $n=1,2$. Определить также часовой расход охлаждающей воды в межступенчатых охладителях при повышении ее температуры на 20°C . Начальная температура воздуха 16°C . Производительность компрессора 1800 т/час .	ОПК-3: ИД-ОПК-3.2; ОПК-4: ИД-ОПК-4.2; ИД-ОПК-4.3

№ пп	Формы текущего контроля	Примеры типовых заданий	Формируемые компетенции
		<p>Представить схему установки и процессы сжатия в TS и PV диаграммах.</p> <p>2. Определить изменение холодильного коэффициента и холодопроизводительности машины на хладоне R12 при установке перед дроссельным устройством регенеративного теплообменника, который обеспечивает перегрев сухого насыщенного пара на всасе в компрессор на 10 °С. Температура хладагента в холодильной камере -30 °С. Давление конденсации фреона 0,8 МПа. Мощность электропривода 30 кВт. КПД компрессора 0,7.</p> <p>Изобразить цикл в координатах Ts и представить принципиальную схему установки.</p> <p>3. Рассчитать цикл двигателя внутреннего сгорания с изохорным подводом теплоты (цикл Отто), если начальные параметры рабочего тела $P_1=0,1$ МПа, $t_1=20$ °С, степень сжатия $\varepsilon = 6,5$, а количество отведенной теплоты $q_2=320$ кДж/кг. Определить параметры в характерных точках цикла, количество подведенной теплоты, работу и термический КПД цикла, а также термический КПД цикла Карно в том же интервале температур. Изобразить цикл в координатах Pv и Ts. Рабочее тело воздух.</p> <p>4. Энергетическая установка в зимнее время года работает по бинарному циклу, состоящему из цикла паротурбинной установки (ПТУ) и низкотемпературной аммиачной подстройки. Начальные параметры пара: $P_1=4,0$ МПа, $t_1=440$ °С; давление в конденсаторе $P_2=0,004$ МПа. Сухой насыщенный пар аммиака получается в конденсаторе ПТУ при температуре $t_s= 24$ °С, расширяется в аммиачной турбине и направляется в конденсатор, где полностью конденсируется при $t_s=-16$ °С, отдавая тепло наружному воздуху. Образовавшийся конденсат насосом подается в испаритель-конденсатор, тем самым, замыкая цикл.</p> <p>Определить термический КПД бинарного цикла. Изобразить цикл в координатах Ts и представить принципиальную схему установки. Процессы расширения в турбинах считать изоэнтальпными.</p> <p>5. Определить изменение мощности одноступенчатого компрессора при уменьшении расхода воды, охлаждающей цилиндр. Температура сжатого воздуха на выходе из компрессора возрастает от 80 °С до 120 °С. Начальное давление $P_1=0,098$ МПа; конечное $P_2=0,6$ МПа. Производительность компрессора 320 м³/час. Начальная температура воздуха 18°С. Определить показатель политропы в каждом процессе, а также изменение расхода воды при одинаковом повышении температуры при охлаждении цилиндра, равном 14°С.</p> <p>Представить схему установки и процессы сжатия в TS и PV диаграммах.</p>	

5.2. Критерии, шкалы оценивания текущего контроля успеваемости:

Наименование оценочного средства (контрольно-оценочного мероприятия)	Критерии оценивания	Шкалы оценивания		
		100-балльная система	Пятибалльная система	
Расчетное задание	Работа выполнена полностью. Нет ошибок в расчетах. Возможно наличие одной неточности или описки, не являющиеся следствием незнания или непонимания учебного материала. Обучающийся показал полный объем знаний, умений в освоении пройденных тем и применение их на практике.	16-20 баллов	5	
	Работа выполнена полностью, но обоснований шагов решения недостаточно. Допущена одна ошибка или два-три недочета.	11-15 баллов	4	
	Допущены более одной ошибки или более двух-трех недочетов.	5-10 баллов	3	
	Работа выполнена не полностью. Допущены грубые ошибки.	1-4 баллов	2	
	Работа не выполнена.	0 баллов		
Тест для защиты ЛР	За выполнение каждого тестового задания испытуемому выставляются баллы. Тип используемой шкалы оценивания - номинальная. Номинальная шкала предполагает, что за правильный ответ к каждому заданию выставляется один балл, за не правильный — ноль. В соответствии с номинальной шкалой, оценивается всё задание в целом, а не какая-либо из его частей.	5 баллов	5	90-100%
		4 балла	4	75% - 89%
		3 балла	3	41% - 74%
		0 – 2 балла	2	40% и менее 40%
Решение задач	Обучающийся демонстрирует грамотное решение всех задач, использование	8 – 10 баллов	5	

Наименование оценочного средства (контрольно-оценочного мероприятия)	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
		100-балльная система	Пятибалльная система
(заданий) контрольной работы	правильных методов решения при незначительных вычислительных погрешностях (арифметических ошибках);		
	Продемонстрировано использование правильных методов при решении задач при наличии существенных ошибок в 1-2 из них;	5 – 7 баллов	4
	Обучающийся использует верные методы решения, но правильные ответы в большинстве случаев (в том числе из-за арифметических ошибок) отсутствуют;	3 – 4 балла	3
	Обучающимся использованы неверные методы решения, отсутствуют верные ответы.	0 – 2 балла	2

5.3. Промежуточная аттестация:

Форма промежуточной аттестации	Типовые контрольные задания и иные материалы для проведения промежуточной аттестации:
Экзамен: в устной форме по билетам	4 семестр Билет 1 1. Формулировки и аналитические выражения Первого закона термодинамики. Понятия внутренней энергии и энтальпии, их свойства. 2. Понятие среднеинтегральной температуры подвода (отвода) теплоты. Следствие теоремы Карно (вторая теорема Карно). 3. Параметры перегретого водяного пара перед турбиной $p_1 = 12$ МПа, $t_1 = 490$ °С, а на выходе $p_2 = 6$ кПа. КПД турбины $\eta_{0i}^T = 0,85$. Расход пара 85 т/ч. Рассчитать мощность турбины и ее эксергетический КПД. Изобразить процесс расширения на p,v -, T,s - и h,s - диаграммах.

Билет 2

1. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости идеальных газов (применение для одноатомного и многоатомного газа).
2. Уравнение Ван-дер Ваальса. Физический смысл поправок в его составе. Возможные решения уравнения. Устойчивые и неустойчивые состояния вещества.
3. Параметры воды на входе в парогенератор $p_1 = 8$ бар, $t_1 = 40$ °С, на выходе – сухой насыщенный пар. Расход пара – 70 т/ч. Определить температуру пара и тепловую мощность парогенератора. Изобразить процесс генерации пара на диаграммах p,v -, p,T -, T,s - и h,s -.

Билет 3

1. Первый закон термодинамики. Принцип эквивалентности теплоты и работы. Опыт Джоуля.
2. Потери эксергии в необратимых процессах. Формула Гюи-Стодола. Эксергетический коэффициент полезного действия. Примеры вычисления эксергетического КПД.
3. Определить работу расширения влажного пара в изотермическом процессе от параметров $p_1 = 10$ МПа, $x_1 = 0,85$ массой 2,5 кг при подводимой в процессе теплоте в 3 МДж. Изобразить процесс на диаграммах p,v -, p,T -, T,s - и h,s -. В каждой точке провести изобару и изотерму.

Билет 4

1. Уравнение Первого закона термодинамики для потока вещества (вывод, основные допущения, понятие входящих в уравнение величин).
2. Адиабатное дросселирование. Представление процесса дросселирования водяного пара в h,s -диаграмме. Коэффициент Джоуля-Томсона.
3. Воздух сжимается в цилиндре с охлаждением его стенок водой от состояния $t_1 = 15$ °С и $p_1 = 0,1$ МПа до $t_2 = 90$ °С и $p_2 = 1,5$ МПа. При этом охлаждающая вода нагревается на $\Delta t_g = 18$ °С. Расход газа при нормальных условиях $540 \frac{M_n^3}{ч}$. Определить количество отведенной теплоты и расход охлаждающей воды, мощность сжатия одного цилиндра. Изобразить процесс в p,v - и T,s - диаграммах.

Билет 5

1. Круговые процессы или циклы. Прямой обратимый цикл Карно. Обратный обратимый цикл Карно. Характеристики эффективности организации циклов.
2. Обобщающее значение политропного процесса. Процессы в p,v - диаграмме. Изменение теплоемкости газа в зависимости от заданного показателя политропы процесса. Техническая работа в политропном процессе.
3. Водяной пар охлаждается изобарно при давлении 200 бар от $t_1 = 500$ °С до состояния с $x_2 = 0,8$. Найти отводимую теплоту, работу изменения объема в процессе, а также изменение энергии Гиббса в процессе. Представить процесс в p,v -, p,T -, h,s -, T,s - диаграммах.

5 семестр

Билет 1

1. Принципиальная схема и цикл газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном давлении. Термический КПД идеального цикла ГТУ.
2. ПТУ АЭС. Выбор типа и параметров теплосиловых установок АЭС. Особые условия выбора цикла ПТУ.
3. Водяной пар при давлении $p_1 = 6$ МПа и температуре $t_1 = 480$ °С поступает к суживающим соплам с начальной скоростью $w_1 = 180$ м/с. Давление за соплами $p_{cp} = 2$ МПа. Определить скорость истечения и площадь выходного сечения сопла, если расход пара $m = 1,5$ кг/с. Изобразить процесс в диаграммах h,s и T,s .

Билет 2

1. Принципиальная схема паротурбинной установки на перегретом паре. Цикл ПТУ на перегретом паре (цикл Ренкина) в p,v и T,s диаграммах. Основные характеристики цикла ПТУ (КПД, мощность, удельные расходы пара, топлива и теплоты).
2. Многоступенчатый компрессор, назначение. Оптимальное распределение давления по ступеням в многоступенчатом компрессоре. Определение условия минимально затрачиваемой работы компрессора.
3. Воздух при давлении $p_0 = 2,6$ МПа и температуре $t_0 = 430$ °С поступает к соплам Лавалья. Давление за соплами $p_{cp} = 0,5$ МПа. Определить выходную скорость истечения и расход газа, если площадь минимального сечения сопел $f_{min} = 120$ мм². Изобразить процесс в диаграммах h,s и T,s .

Билет 3

1. Цикл ДВС со сгоранием при постоянном объеме (цикл Отто). Основные характеристики цикла (степень сжатия, КПД цикла, степень повышения давления, работа цикла).
2. Влияние p,T - параметров теоретического цикла на КПД и мощность ПТУ. Среднеинтегральные температуры подвода и отвода теплоты в цикле ПТУ.
3. Диоксид углерода при давлении $p_0 = 6$ МПа и температуре $t_0 = 480$ °С поступает к суживающим соплам, давление за которыми $p_{cp} = 2$ МПа. Определить скорость истечения газа и площадь выходного сечения сопла, если расход газа $m = 1,5$ кг/с, а скоростной коэффициент сопла $\varphi = 0,95$. Изобразить процесс в диаграмме T,s .

Билет 4

1. Виды компрессоров. Процессы сжатия в компрессоре. Расчет работы и отводимой теплоты одноступенчатого компрессора. Мощность компрессора.
2. Теплофикация. Цикл ПТУ ТЭЦ. Основные характеристики теплофикационного цикла с отборами пара (теплота, переданная потребителю; коэффициент выработки электроэнергии на тепловом потреблении; отопительный коэффициент; коэффициент использования теплоты сгорания топлива).
3. Водяной пар при давлении $p_0 = 4$ МПа и температуре $t_0 = 450$ °С поступает к соплам Лавалья. Давление за соплами $p_{cp} = 0,5$ МПа. Определить скорость истечения пара на выходе и расход пара, если площадь минимального сечения сопел равна $f_{min} = 140$ мм². Изобразить процесс в диаграммах h,s и T,s .

Билет 5

1. Цикл ДВС со сгоранием при постоянном давлении (цикл Дизеля). Основные характеристики цикла (степень

	<p>сжатия, степень предварительного расширения, КПД цикла, работа цикла).</p> <p>2. Схема и цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара. Определение оптимального давления промперегрева. Действительный цикл ПТУ с промежуточным перегревом пара.</p> <p>3. Воздух при давлении $p_0 = 4$ МПа и температуре $t_0 = 410$ °С поступает к соплам. Давление за соплами $p_{ср} = 1$ МПа. Выберите сопло, рассчитайте выходную скорость истечения, а также размеры сопла, если расход газа $m = 1,1$ кг/с, а скоростной коэффициент сопла $\varphi = 0,95$. Изобразить процесс в диаграммах h,s и T,s.</p>
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.4. Критерии, шкалы оценивания промежуточной аттестации учебной дисциплины:

Форма промежуточной аттестации	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
		100-балльная система	Пятибалльная система
<p>Наименование оценочного средства</p> <p>Экзамен: в устной форме по билетам 1-й вопрос: 0 – 9 баллов 2-й вопрос: 0 – 9 баллов практическое задание: 0 – 12 баллов</p>	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – демонстрирует знания отличающиеся глубиной и содержательностью, дает полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные; – свободно владеет научными понятиями, ведет диалог и вступает в научную дискуссию; – способен к интеграции знаний по определенной теме, структурированию ответа, к анализу положений существующих теорий, научных школ, направлений по вопросу билета; – логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете; – свободно выполняет практические задания повышенной сложности, предусмотренные программой, демонстрирует системную работу с основной и дополнительной литературой. <p>Ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется глубиной, полнотой, уверенностью суждений, иллюстрируется примерами, в том числе из собственной практики.</p>	24 -30 баллов	5
	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – показывает достаточное знание учебного материала, но допускает несущественные фактические ошибки, которые способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу; – недостаточно раскрыта проблема по одному из вопросов билета; 	12 – 23 баллов	4

Форма промежуточной аттестации	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
Наименование оценочного средства		100-балльная система	Пятибалльная система
	<ul style="list-style-type: none"> – недостаточно логично построено изложение вопроса; – успешно выполняет предусмотренные в программе практические задания средней сложности, активно работает с основной литературой, – демонстрирует, в целом, системный подход к решению практических задач, к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. <p>В ответе раскрыто, в основном, содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы.</p>		
	<p>Обучающийся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – показывает знания фрагментарного характера, которые отличаются поверхностностью и малой содержательностью, допускает фактические грубые ошибки; – не может обосновать закономерности и принципы, объяснить факты, нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала, представления о межпредметных связях слабые; – справляется с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой, допускает погрешности и ошибки при теоретических ответах и в ходе практической работы. <p>Содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные и дополнительные вопросы билета, ответ носит репродуктивный характер. Неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи или не справляется с ними самостоятельно.</p>	6 – 11 баллов	3
	<p>Обучающийся, обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий. На большую часть дополнительных вопросов по содержанию экзамена</p>	0 – 5 баллов	2

Форма промежуточной аттестации	Критерии оценивания	Шкалы оценивания	
Наименование оценочного средства		100-балльная система	Пятибалльная система
	затрудняется дать ответ или не дает верных ответов.		

5.5. Система оценивания результатов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.

Форма контроля	100-балльная система	Пятибалльная система
Текущий контроль:		
- защита лабораторной работы	0 - 5 баллов	2 – 5
- расчетное задание	0 - 20 баллов	2 – 5
- контрольная работа	0 - 10 баллов	2 – 5
Промежуточная аттестация (традиционная форма)	0 - 65 баллов	отлично хорошо
Итого за семестр	0 - 100 баллов	удовлетворительно неудовлетворительно зачтено не зачтено

Полученный совокупный результат конвертируется в пятибалльную систему оценок в соответствии с таблицей:

100-балльная система	пятибалльная система	
	зачет с оценкой/экзамен	зачет
85 – 100 баллов	отлично зачтено (отлично)	зачтено
65 – 84 баллов	хорошо зачтено (хорошо)	
41 – 64 баллов	удовлетворительно зачтено (удовлетворительно)	
0 – 40 баллов	неудовлетворительно	не зачтено

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Реализация программы предусматривает использование в процессе обучения следующих образовательных технологий:

- проведение интерактивных лекций;
- использование на лекционных занятиях наглядных пособий;
- самостоятельная работа в системе компьютерного тестирования.

7. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Практическая подготовка в рамках учебной дисциплины реализуется при проведении практических занятий, лабораторных работ и иных аналогичных видов учебной деятельности, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

8. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуального обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения,

проведение дополнительных индивидуальных консультаций по изучаемым теоретическим вопросам и практическим занятиям, оказание помощи при подготовке к промежуточной аттестации.

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса лицам с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения.

Учебные и контрольно-измерительные материалы представляются в формах, доступных для изучения студентами с особыми образовательными потребностями с учетом нозологических групп инвалидов:

Для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.

Для студентов с инвалидностью или с ограниченными возможностями здоровья форма проведения текущей и промежуточной аттестации устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.).

Промежуточная аттестация по дисциплине может проводиться в несколько этапов в форме рубежного контроля по завершению изучения отдельных тем дисциплины. При необходимости студенту предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене.

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся создаются, при необходимости, фонды оценочных средств, адаптированные для 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.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Характеристика материально-технического обеспечения дисциплины (модуля) составляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение дисциплины при обучении с использованием традиционных технологий обучения.

Наименование учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортзалов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.	Оснащенность учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортивных залов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.
115419, г. Москва, ул. Донская, д. 39, стр. 4	
аудитории для проведения занятий лекционного типа	комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – ноутбук; – проектор, – экран
аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, по практической подготовке, групповых и индивидуальных консультаций	комплект учебной мебели, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории: – ноутбук; – проектор,

Наименование учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортзалов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.	Оснащенность учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортивных залов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.
	– экран
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся
Аудитория для самостоятельной работы студента, а. 6315	– компьютерная техника; подключение к сети «Интернет»
119071, г. Москва, ул. М. Калужская, д. 1, стр. 3	
Читальный зал библиотеки	– компьютерная техника; подключение к сети «Интернет»

Технологическое обеспечение реализации программы осуществляется с использованием элементов электронной информационно-образовательной среды университета.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Автор(ы)	Наименование издания	Вид издания (учебник, УП, МП и др.)	Издательство	Год издания	Адрес сайта ЭБС или электронного ресурса (заполняется для изданий в электронном виде)	Количество экземпляров в библиотеке Университета
10.1 Основная литература, в том числе электронные издания							
1	Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е	Техническая термодинамика	Учебник	М.: Энергия	1968 1974		39
10.2 Дополнительная литература, в том числе электронные издания							
1	Ривкин С.Л.	Термодинамические свойства воды и водяного пара : справочник / С. Л. Ривкин, А. А. Александров . - 2-е изд., перераб. и доп.	Справочник	М. : Энергоатомиздат	1984		в библиотеке – 45 шт.
2	Ривкин С.Л.	Термодинамические свойства газов	Справочник	4-е изд. – М: Энергоатомиздат	1987		в библиотеке – 15 шт.
3	Шарпар Н.М., Марков В.В.	Паровые турбины	УП	М.: МГУДТ	2016	http://znanium.com/bookread2.php?book=792237	на кафедре – 8 шт.
4	Соколовский Р.И., Шарпар Н.М.	Техническая термодинамика	УП	М.: МГУДТ	2016	http://znanium.com/bookread2.php?book=792235	на кафедре – 8 шт.
10.3 Методические материалы (указания, рекомендации по освоению дисциплины авторов РГУ им. А. Н. Косыгина)							
	Соколовский Р.И., Соколовская Т.С.	Расчет круговых процессов	МУ	М. : ГОУВПО "МГТУ имени А. Н. Косыгина"	2010	http://znanium.com/bookread2.php?book=466491	на кафедре – 2 шт.
	Соколовский Р.И., Шарпар Н.М., Соколовская Т.С.	Технико-экономический расчет компрессора	МУ	М. : ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина»	2011	http://znanium.com/bookread2.php?book=466479	на кафедре – 1 шт.
	Шарпар Н.М., Марков В.В.	Тепловой расчет паровой турбины	УМП	М.:МГУДТ	2016	http://znanium.com/bookread2.php?book=961362	на кафедре – 5 шт.
	Шарпар Н.М., Соколовский Р.И.	Энергетическая эффективность угольно-топливного цикла	УМП	М.:РГУ им. А.Н. Косыгина	2017	http://znanium.com/bookread2.php?book=961363	на кафедре – 5 шт.

11. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

11.1. Ресурсы электронной библиотеки, информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

Информация об используемых ресурсах составляется в соответствии с Приложением 3 к ОПОП ВО.

№ пп	Электронные учебные издания, электронные образовательные ресурсы
1.	ЭБС «Лань» http://www.e.lanbook.com/
2.	«Znanium.com» научно-издательского центра «Инфра-М» http://znanium.com/
3.	Электронные издания «РГУ им. А.Н. Косыгина» на платформе ЭБС «Znanium.com» http://znanium.com/

11.2. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения с реквизитами подтверждающих документов составляется в соответствии с Приложением № 2 к ОПОП ВО.

№п/п	Программное обеспечение	Реквизиты подтверждающего документа/ Свободно распространяемое
1.	Windows 10 Pro, MS Office 2019	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
2.	PrototypingSketchUp: 3D modeling for everyone	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019
3.	V-Ray для 3Ds Max	контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019

**ЛИСТ УЧЕТА ОБНОВЛЕНИЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЫ/МОДУЛЯ**

В рабочую программу учебной дисциплины/модуля внесены изменения/обновления и утверждены на заседании кафедры:

№ пп	год обновления РПД	характер изменений/обновлений с указанием раздела	номер протокола и дата заседания кафедры