


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Рег. № Б-20-ТТ

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе

П.Б. Акмаров
" 15 " 12 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Техническая термодинамика

Направление подготовки *«Теплоэнергетика и теплотехника»*

Профиль *«Энергообеспечение предприятий»*

Квалификация выпускника – *бакалавр*

Форма обучения – *очная, заочная*

Ижевск 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

<u>1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА»</u> ..	3
<u>2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП</u>	4
<u>3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ</u>	5
<u>4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (очная форма)</u>	7
<u>СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (заочная форма)</u>	24
<u>5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ</u>	40
<u>6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ</u>	41
<u>7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Техническая термодинамика»</u>	52
<u>8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Техническая термодинамика»</u>	545
<u>ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ</u>	56

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА»

Целью освоения дисциплины (модуля) «Техническая термодинамика» является - вооружение студентов знаниями фундаментальных законов, являющихся основой функционирования тепловых машин и аппаратов, представлениями о рабочих процессах, протекающих в тепловых машинах и их эффективности, о свойствах рабочих тел и теплоносителей.

Задачи дисциплины:

Овладение студентами основными понятиями технической термодинамики, терминологией, законами, основными процессами, протекающими в тепловых машинах, методами расчета процессов, методами расчета и экспериментального определения свойств рабочих тел и теплоносителей

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

Область профессиональной деятельности бакалавров

Область профессиональной деятельности бакалавров включает исследование, проектирование, конструирование и эксплуатацию технических средств по производству теплоты, ее применению, управлению ее потоками и преобразованию иных видов энергии в теплоту.

Объекты профессиональной деятельности выпускника

Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших программу бакалавриата, являются системы энергообеспечения промышленных и коммунальных предприятий, объекты малой энергетики, установки, системы и комплексы низкотемпературной и высокотемпературной теплотехнологии, паровые и водогрейные котлы различного назначения, реакторы и парогенераторы атомных электростанций, паровые и газовые турбины, газопоршневые двигатели (двигатели внутреннего и внешнего сгорания), энергоблоки, парогазовые и газотурбинные установки, установки по производству сжатых и сжиженных газов, установки систем кондиционирования воздуха, компрессорные, холодильные установки, тепловые насосы и химические реакторы, топливные элементы, электрохимические энергоустановки, установки водородной энергетики, вспомогательное теплотехнологическое и электрическое оборудование промышленных предприятий, тепло- и массообменное оборудование различного назначения, тепловые и электрические сети, теплотехнологическое и электрическое оборудование промышленных предприятий, установки кондиционирования теплоносителей и рабочих тел, технологические жидкости, газы и пары, расплавы, твердые и сыпучие тела, как теплоносители и рабочие тела энергетических и теплотехнологических установок, топливо и масла, нормативно-техническая документация и системы стандартизации, системы диагностики и автоматизированного управления технологическими процессами в теплоэнергетике и теплотехнике.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Техническая термодинамика» включена в цикл Б.1 Дисциплины, базовая часть.

Организация изучения дисциплины предусматривает чтение лекций, проведение практических и лабораторных занятий, самостоятельную работу студентов по темам дисциплины.

Для изучения дисциплины «Техническая термодинамика» необходимы следующие знания, умения и навыки:

Знание: дифференциального и интегрального исчисления, элементов теории функций и функционального анализа, дифференциальных уравнений, статистических методов обработки экспериментальных данных; законов сохранения, кинематики и динамики твердого тела, жидкостей и газов, электричество, природы химической связи; статистической физики и термодинамики: три начала термодинамики, термодинамические функции состояния, фазовые равновесия и превращения, кинетические явления; периодической системы и строения атомов элементов; химической связи, строения вещества в конденсированном состоянии; растворов, растворов электролитов; равновесия в растворах; окислительно-восстановительных реакций; гидролиза солей; скорости химических реакций; химии элементов групп периодической системы; классификации, строения и номенклатуры органических соединений; свойств основных классов органических соединений.

Умение: использовать математический аппарат, знание физических и химических свойств веществ при изучении термодинамических свойств веществ и расчете их процессов; использовать информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин.

Навыки: владение методами дифференцирования, интегрирования функций, основными аналитическими и численными методами решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем; основными методами теоретического и экспериментального исследования физических и химических явлений; методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий.

Содержательно-логические связи дисциплины отражены в таблице 2.1

2.1 Содержательно-логические связи дисциплины (модуля) Техническая термодинамика

Код дисциплины (модуля)	Содержательно-логические связи	
	коды и название учебных дисциплин (модулей), практик	
	на которые опирается содержание данной учебной дисциплины (модуля)	для которых содержание данной учебной дисциплины (модуля) выступает опорой
Б1.Б.20	Математика Спецглавы математики Физика Химия Экология	Тепломассообмен Гидрогазодинамика Тепловые двигатели и нагнетатели Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии Котельные установки и парогенераторы Технологические энергосистемы предприятия Безопасность жизнедеятельности Подготовка выпускной квалификационной работы

3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

3.1 Перечень общепрофессиональных (ОПК) компетенций

Но- мер/индекс компетен- ции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
		Знать	Уметь	Владеть
ОПК-2	способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	базовыми знаниями в области естественнонаучных дисциплин, методами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; способностью применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Согласно Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (бакалавриат), область профессиональной деятельности выпускника включает участие в монтажных, пусконаладочных работах, предварительных испытаниях, опытной эксплуатации и приемке (сдаче) в эксплуатацию энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования в целом, а также изделий, узлов, систем и деталей в отдельности.

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен быть готов решать следующие профессиональные задачи:

- расчет и проектирование деталей и узлов в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
- контроль соблюдения норм расхода топлива и всех видов энергии;
- организация метрологического обеспечения технологических процессов;
- участие в работах по освоению и доводке технологических процессов в ходе подготовки производства продукции;
- обслуживание технологического оборудования;

- участие в проверке технического состояния и остаточного ресурса оборудования, организации профилактических осмотров и текущего ремонта.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

Знать:

- закономерности основных термодинамических процессов с идеальным и реальным газами;
- законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты;
- особенности и методы расчета термодинамических процессов и циклов теплоэнергетических, теплонасосных и холодильных установок;
- методы оценки эффективности термодинамических процессов и циклов теплоэнергетических, теплонасосных и холодильных установок
- принципы оптимизации энерготехнологических систем.

Уметь:

- определять термодинамические параметры и теплофизические свойства различных веществ;
- пользоваться термодинамическими методами повышения эффективности использования подводящей энергии;
- вычислять показатели энергетической эффективности прямых и обратных термодинамических циклов;
- проводить термодинамический анализ циклов и процессов в теплосиловых машинах, тепловых насосах, холодильных машинах и высокотемпературных технологиях с целью оптимизации их рабочих характеристик.

Владеть:

- основами термодинамического анализа рабочих процессов в теплосиловых машинах, определения параметров их работы, тепловой эффективности;
- методами эффективного применения теплоты, энергосберегающими технологиями;
- современными методами расчета о термодинамических свойствах веществ, используемых в тепловых технологиях;
- основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешностей измерений.

4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (очная форма)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 час.

Се-местр	Ауди-тор-ных	Самост. работа	Лекций	Лабо-ратор-ных	Прак-тиче-ских	Промежуточная аттестация	Всего часов
3	52	92	24	14	14	зачет	144
4	72	117	22	18	32	27 - экзамен	216
	124	209	46	32	46		360

4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Семестр	Недели семестра	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)						Форма: -текущего контроля успеваемости, СРС (по неделям семестра); -промежуточной аттестации (по семестрам) КРС
				всего	лекция	практические	лаб. занятия	семинары	СРС	
1	3		Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы	36	6	4	4	-	22	
		1	Предмет технической термодинамики. Термодинамика и ее метод. Термодинамическая система. Термодинамический процесс.	7	1	1	-	-	5	
		1	Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа. Смеси идеальных газов.	8	1	1	-	-	6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		2	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Внешняя работа. Теплота.	9	2	2		-	5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач
		3	Энтальпия. Уравнение первого закона термодинамики через энтальпию. Теплоемкость газов	12	2		4		6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование.
2	3		Модуль 2. Круговые процессы. Второй	42	8	4	2	-	28	

			закон термодинамики.							
--	--	--	-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--

		4	Термодинамические циклы. Термический КПД. Формулировки второго закона термодинамики.	8	2			-	6	Экспресс-опрос на лекции.
		5	Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах.	7	1	1	-	-	5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		5	Круговые процессы (циклы). Прямой и обратный циклы Карно. Теорема Карно.	8	1	1	-	-	6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		6	Эксергия теплоты. Эксергия потока рабочего тела.	8	2		-	-	6	Экспресс-опрос на лекции
		7	Основные термодинамические процессы идеальных газов и их исследование	11	2	2	2	-	5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование.
3	3		Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики	14	2	-	-	-	12	
		8	Характеристические функции и термодинамические потенциалы.	7	1	-	-	-	6	Экспресс-опрос на лекции
		8	Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.	7	1	-	-	-	6	Экспресс-опрос на лекции.
4	3		Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов	30	4	4	4		18	
		9	Фазовые переходы. Устойчивость фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиса	8	1	1			6	Экспресс-опрос на лекции
		9	Термические и калорические свойства реальных газов. Уравнение состояния реальных газов	8	1	1			6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		10	Процесс парообразо-	14	2	2	4		6	Экспресс-опрос

			вания. Основные параметры водяного пара. Термодинамические процессы водяного пара.							на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование
5	3		Модуль 5. Влажный воздух	22	4	2	4		12	
		11	Характеристики влажного воздуха. Расчет параметров влажного воздуха.	10	2	2			6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		12	Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, смешение, сушка нагретым воздухом).	12	2		4		6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование.
			Промежуточная аттестация							Зачет
			Итого 3 семестр	144	24	14	14		92	
6	4		Модуль 6 Истечение газов и паров	41	6	6	4		25	
		1	Первый закон термодинамики для потока	7	1	1	-	-	5	Экспресс-опрос на лекции.
		1	Связь изменения скорости и параметров состояния в потоке. Скорость звука	7	1	1		-	5	Экспресс-опрос на лекции. Защита результатов лаб. работы.
		2	Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения.	8	1	2	-	-	5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		2	Истечение из суживающихся сопел и сопла Лаваля	10	1		4	-	5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
		3	Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томпсона.	9	2	2	-	-	5	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование
7	4		Модуль 7. Циклы компрессоров	27	4	4	4	-	15	
		4	Одноступенчатое сжатие	13	2	2	4	-	5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
		5	Многоступенчатое	6	1		-	-	5	Экспресс-опрос

			сжатие							на лекции.
		5	Оценка эффективности работы компрессоров	8	1	2			5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование
8	4		Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания	26	2	4	4		16	
		6	Методы термодинамического анализа циклов	11		2	4		5	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
		7	Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, постоянном давлении, со смешанным подводом теплоты	8	1	1		-	6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		7	Циклы газотурбинных установок со сгоранием топлива при постоянном давлении, при постоянном объеме	7	1	1		-	5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование
9	4		Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.	43	6	8	2	-	27	
		8	Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина без перегрева пара.	9	2	2	-	-	5	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
		9	Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.	10	2	2	-	-	6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		10	Регенеративный цикл паротурбинной установки. Бинарные установки.	8	1	2	-	-	5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		10	Теплофикационные паротурбинные установки	6	1	-		-	5	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
		11	Эксергетический анализ ПТУ	10		2	2	-	6	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование
10	4		Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов	34	2	6	4		22	
		12	Схема и цикл газовой (воздушной) холодильной установки	7		2			5	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		13	Схема и цикл парокompрессионной холодильной установки	11	1		4		6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита резуль-

										татов лаб. работы.
		13	Циклы пароэжекторных и адсорбционных холодильных машин	9	1	2	-		6	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
		14	Цикл теплового насоса	7		2			5	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
11	4		Модуль 11. Основы химической термодинамики	18	2	4			12	
		15	Основные законы химической термодинамики	7	1	2	-	-	4	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
		15	Термодинамические потенциалы	5	1				4	Экспресс-опрос на лекции. Защита РГР
		16	Химическое равновесие термодинамической системы	6		2	-	-	4	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
			Промежуточная аттестация	27						Экзамен
			Итого 4 семестр	216	22	32	18		117	
			Итого	360	46	46	32		209	

4.2 Матрица формируемых дисциплиной компетенций

Разделы и темы дисциплины	Кол-во часов	Компетенции (вместо цифр – шифр и номер компетенции из ФГОС ВПО)	
		1	общее количество компетенций
Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы	36		
Предмет технической термодинамики. Термодинамика и ее метод. Термодинамическая система. Термодинамический процесс.	7	ОПК-2	1
Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа Смеси идеальных газов	8	ОПК-2	1
Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Внешняя работа. Теплота.	11	ОПК-2	1
Энтальпия. Уравнение первого закона термодинамики через энтальпию. Теплоемкость газов	10	ОПК-2	1
Модуль 2 . Круговые процессы. Второй закон термодинамики.	42		
Термодинамические циклы. Термический КПД. Формулировки второго закона термодинамики	8	ОПК-2	1
Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах.	7	ОПК-2	1

Круговые процессы (циклы). Прямой и обратный циклы Карно. Теорема Карно	8	ОПК-2	1
Эксергия теплоты. Эксергия потока рабочего тела.	8	ОПК-2	1
Основные термодинамические процессы идеальных газов и их исследование	11	ОПК-2	1
Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики	14		
Характеристические функции и термодинамические потенциалы.	7	ОПК-2	1
Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Соотношения Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.	7	ОПК-2	1
Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов	30		
Фазовые переходы. Устойчивость фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса	8	ОПК-2	1
Термические и калорические свойства реальных газов. Уравнение состояния реальных газов	10	ОПК-2	1
Процесс парообразования. Основные параметры водяного пара. Термодинамические процессы водяного пара	12	ОПК-2	1
Модуль 5. Влажный воздух	22		
Характеристики влажного воздуха. Расчет параметров влажного воздуха.	12	ОПК-2	1
Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, смешение, сушка нагретым воздухом).	10	ОПК-2	1
Модуль 6. Истечение газов и паров	41		
Первый закон термодинамики для потока	7	ОПК-2	1
Связь изменения скорости и параметров состояния в потоке. Скорость звука	9	ОПК-2	1
Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения.	8	ОПК-2	1
Истечение из суживающихся сопел и сопла Лавала	8	ОПК-2	1
Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томпсона.	9	ОПК-2	1
Модуль 7. Циклы компрессоров	27		
Одноступенчатое сжатие	11	ОПК-2	1
Многоступенчатое сжатие	6	ОПК-2	1
Оценка эффективности работы компрессоров	10	ОПК-2	1
Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания	26		
Методы термодинамического анализа циклов	9	ОПК-2	1
Циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, при постоянном давлении, со смешанным подводом теплоты	9	ОПК-2	1
Циклы газотурбинных установок со сгоранием топлива при постоянном давлении, при постоянном объеме	7	ОПК-2	1
Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.	43		
Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина без	9	ОПК-2	1

перегрева пара.			
Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.	10	ОПК-2	1
Регенеративный цикл паротурбинной установки. Бинарные установки.	8	ОПК-2	1
Теплофикационные паротурбинные установки	6	ОПК-2	1
Эксергетический анализ ПТУ	10	ОПК-2	1
Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов	34		
Схема и цикл газовой (воздушной) холодильной установки	7	ОПК-2	1
Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки	9	ОПК-2	1
Циклы парожеторных и адсорбционных холодильных машин	9	ОПК-2	1
Цикл теплового насоса	9	ОПК-2	1
Модуль 11. Основы химической термодинамики	18		
Основные законы химической	7	ОПК-2	1
Термодинамические потенциалы	5	ОПК-2	1
Химическое равновесие термодинамической системы	6	ОПК-2	1

4.3 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№	Название раздела	Содержание раздела в дидактических единицах
Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы		
1	Предмет технической термодинамики. Термодинамика и ее метод. Термодинамическая система. Термодинамический процесс.	Предмет и метод термодинамики. Техническая термодинамика как теоретическая база специальных теплотехнических дисциплин. Термодинамическое равновесие. Неравновесные состояния и процессы. Термодинамическая система: основные определения и классификации. Термодинамический процесс. Обратимые и необратимые процессы.
2	Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа Смеси идеальных газов	Параметры состояния. Термодинамические параметры простой системы: температура, давление, объем. Уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная. Нормальные физические условия. Смеси идеальных газов. Способы задания состава смеси. Кажущаяся молекулярная масса смеси. Газовая постоянная смеси. Закон Дальтона для смеси. Парциальное давление.
3	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Внешняя работа. Теплоота. Теплота.	Виды энергии. Внутренняя энергия как функция состояния. Работа, связанная с изменением объема. Внешняя работа. Определение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния. PV - диаграмма. Частные случаи. Закон сохранения и превращения энергии. Первое начало термодинамики. Сущность закона. Различные формулировки закона. Аналитическое выражение закона для закрытых систем. Энтальпия.
4	Энтальпия. Уравнение первого закона термодинамики через энтальпию. Теплоемкость газов	Сумма внутренней энергии системы и произведения давления на объем. Уравнение Первого закона термодинамики через энтальпию. Теплоемкость системы. Массовая, объемная и молярная теплоемкость. Теплоемкость при постоянном объеме и давлении. Уравнение Майера.
Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.		
5	Термодинамические	Обратимые и необратимые процессы. Основные причины необ-

	циклы. Термический КПД. Формулировки второго закона термодинамики	ратимости процессов. Термодинамические циклы: прямые и обратные, обратимые и необратимые. Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя. Термодинамические процессы и циклы в T - s -диаграмме. Циклические процессы преобразование теплоты в работу. Второе начало термодинамики. Основные формулировки закона. Аналитическое выражение закона. Вечный двигатель первого и второго рода. Аналитическое выражение второго закона термодинамики для необратимых процессов. Второе начало термодинамики для неравновесных систем. Философское и статистическое толкования второго закона термодинамики.
6	Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах.	Доказательство существования энтропии. Возрастание энтропии при необратимых процессах. Изменение энтропии в неравновесных процессах. Необратимая адиабата. Теплообмен с конечной разностью температур. Возрастание энтропии изолированной системы. Статистический смысл второго закона термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность состояния. Энтропийный метод расчета потерь энергии необратимых процессов.
7	Круговые процессы (циклы). Прямой и обратный циклы Карно. Теорема Карно.	Прямой цикл Карно и его КПД. Обратный цикл Карно и его холодильный коэффициент. Теорема Карно. Максимальная работа цикла. Среднеинтегральная температура подвода (отвода) теплоты и эквивалентный цикл Карно.
8	Эксергия теплоты. Эксергия потока рабочего тела.	Понятие эксергии. Уравнение Гюи-Стодолы. Эксергический анализ. Эксергия как мера работоспособности системы. Эксергия массы вещества в объеме, потока тепла и потока вещества. Потеря эксергии при необратимых процессах. Эксергетический КПД.
9	Основные термодинамические процессы идеальных газов и их исследование	Термодинамические процессы изменения состояния идеальных газов. Общие вопросы исследования процессов изменения состояния идеального газа: изохорного, изобарного, изотермического, адиабатного. Политропные процессы. Основные термодинамические процессы как частный случай политропного процесса. Определение показателя политропы и теплоемкости политропного процесса. Определение теплоты и работы процесса. Изображение процессов в p - v - и T - s -диаграммах.
Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики		
10	Характеристические функции и термодинамические потенциалы.	Термодинамические потенциалы и их смысл. Внутренняя энергия. Энтальпия. Свободная энергия. Термодинамический потенциал Гиббса. Собственные координаты термодинамических потенциалов. Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца
11	Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.	Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Связь между термическими и калорическими величинами в переменных v , T и p , T . Энергии Гиббса и Гельмгольца и их свойства. Зависимость теплоемкостей c_p и c_v от объема и давления. Уравнения Максвелла.
Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов		
12	Фазовые переходы. Устойчивость фаз. Уравнение Клапейро-	Реальные газы. Качественные особенности реальных газов. Фазовые переходы. Теплота фазового перехода. Условие равновесия фаз. Плавление. Парообразование. Сублимация. Тройная

	на-Клаузиуса	точка. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.
13	Термические и калорические свойства реальных газов. Уравнение состояния реальных газов	Термодинамические свойства реальных веществ, p - v - и T - s -диаграммы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Критические параметры. Изотермы реального газа. Опыт Эндрюса
14	Процесс парообразования. Основные параметры водяного пара. Термодинамические процессы водяного пара.	Пары. Характерные состояния воды и водяного пара. Получение пара. Характерные состояния воды и водяного пара. TS -диаграмма состояний воды и водяного пара. Термодинамические свойства воды и водяного пара. HS - диаграмма состояний воды и водяного пара. Термодинамические свойства жидкостей. Термодинамические свойства паров. Теплота парообразования. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы с водяным паром. Определение параметров состояния и процессов с помощью термодинамических таблиц и TS -диаграммы.
Модуль 5. Влажный воздух		
15	Характеристики влажного воздуха. Расчет параметров влажного воздуха.	Основные определения. Абсолютная и относительная влажность. Температура точки росы. Влагосодержание. Газовая постоянная и плотность влажного воздуха. H - d -диаграмма влажного воздуха.
16	Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, смешение, сушка воздухом).	Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, испарение, увлажнение) и др. Определение параметров процессов с помощью H - d -диаграмма. Смешение потоков воздуха. Параметры смеси. Сушка нагретым воздухом. Изменение параметров воздуха при сушке.
Модуль 6. Истечение газов и паров		
17	Первый закон термодинамики для потока	Истечение и дросселирование газов и паров. Уравнение первого закона термодинамики для потока и его анализ. Уравнение неразрывности. Уравнение импульсов. Работа проталкивания. Располагаемая работа при истечении газа.
18	Связь изменения скорости и параметров состояния в потоке. Скорость звука	Адиабатное истечение газа. Истечение капельной жидкости. Скорость адиабатного истечения. Максимальная и критическая скорости потока. Условия перехода потока из дозвукового течения в сверхзвуковое. Сопла и диффузоры. Массовый расход газа при истечении.
19	Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения.	Параметры полного адиабатного торможения потока. Соотношение между статической температурой и температурой торможения, статическим давлением и давлением торможения. Критическое отношение давлений
20	Истечение из суживающихся сопел и сопла Лавалья	Сопло и диффузор. Скорость истечения газа из суживающегося сопла. Максимальный расход и критическая скорость. Критическое отношение давлений и температур. Зависимость скорости и расхода от отношения начального к конечному давлению. Комбинированное сопло Лавалья. Адиабатное течение с трением. Коэффициенты скорости и потери энергии.
21	Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томпсона.	Сущность процесса дросселирования. Дросселирование идеального газа. Изображение процесса дросселирования в h - s -диаграмме. Потеря эксергии потока при дросселировании. Дифференциальный и интегральный температурный эффект адиабатного дросселирования реальных газов. Температура инверсии. Кривая инверсии.

Модуль 7. Циклы компрессоров		
22	Одноступенчатое сжатие	Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Классификация компрессоров и принцип действия. Полная работа, затраченная на привод компрессора. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие. Определение эффективной мощности, затрачиваемой на привод компрессора и отводимой при охлаждении теплоты.
23	Многоступенчатое сжатие	Многоступенчатый компрессор. Оптимальное распределение давлений по ступеням. Изображение в p - v - и T - s -диаграммах процессов в компрессорах для многоступенчатого сжатия.
24	Оценка эффективности работы компрессоров	Необратимое сжатие. Понятия эксергетического, внутреннего относительного, изотермического КПД компрессора. Расчет потерь энергии и эксергетический КПД компрессора.
Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания		
25	Методы термодинамического анализа циклов	Теоретический и действительный циклы двигателей. Параметры характерных точек цикла. Подведенная и отведенная теплота в цикле. Работа цикла. Термический КПД обратимого цикла. Методы анализа циклов. Обратимые и необратимые циклы. Относительный внутренний КПД цикла. Термодинамические и эксергетические КПД циклов двигателей внутреннего сгорания. Сравнительный анализ термодинамических циклов.
26	Циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, при постоянном давлении, со смешанным подводом теплоты	Циклы двигателей внутреннего сгорания. Циклы с подводом тепла при постоянном давлении, при постоянном объеме, со смешанным подводом тепла. Сравнение циклов по термическому КПД. Зависимость термического КПД от средних температур подвода и отвода тепла. Изображение циклов в PV и TS диаграммах.
27	Циклы газотурбинных установок со сгоранием топлива при постоянном давлении, при постоянном объеме	Циклы газотурбинных двигателей и установок. Схема и цикл газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном давлении, при постоянном объеме. Действительный цикл газотурбинной установки и система КПД для оценки потерь в ней. Методы повышения КПД: применение регенерации тепла, многоступенчатого сжатия воздуха в компрессоре и ступенчатого расширения продуктов сгорания в турбине. Замкнутые циклы газотурбинных установок.
Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.		
28	Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина без перегрева пара.	Циклы паротурбинных установок. Принципиальная схема и теоретический цикл ПТУ, цикл Карно, цикл Ренкина. Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД. Система КПД для оценки потерь в паротурбинной установке.
29	Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.	Промежуточный перегрев пара и причины его применения. Принципиальная схема паросиловой установки. Схема ПТУ с промежуточным перегревом. Изображение цикла в PV , TS и HS диаграммах. Термический КПД обратимого цикла. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина.
30	Регенеративный цикл паротурбинной установки. Комбинированные циклы	Регенеративные циклы. Схема и цикл ПТУ в T - s -диаграмме с регенеративным подогревом питательной воды. Термический КПД регенеративного цикла. Действительный цикл ПТУ. Комбинированные циклы. Преимущества и недостатки водяного пара как рабочего тела. Бинарный цикл и его КПД. Парогазовый цикл и его КПД.

31	Теплофикационные паротурбинные установки	Схемы и циклы теплофикационных паротурбинных установок. Использование теплоты отработанного пара в системах отопления. Отбор пара на технологические нужды. Одноконтурные и двухконтурные системы.
32	Эксергетический анализ ПТУ	Уравнение теплового и эксергетического балансов, основные элементы балансов. Эксергетический анализ циклов паросиловых установок. Термодинамический анализ циклов. Пути повышения экономичности паросиловых установок.
Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов		
33	Схема и цикл газовой (воздушной) холодильной установки	Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент. Требования, предъявляемые к рабочим телам холодильных установок. Схема и теоретический цикл газовой холодильной установки. Цикл Лоренца. Холодопроизводительность, работа и мощность воздушной холодильной машины. Способы увеличения холодопроизводительности.
34	Схема и цикл парокompрессионной холодильной установки	Принципиальная схема и цикл парокompрессионной холодильной установки. Рабочие тела. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Способы увеличения холодопроизводительности. Принципиальные схемы и изображение циклов в $p-v$, и $T-s$ -диаграммах. Работа и мощность парокompрессионной холодильной машины.
35	Циклы парожеторных и адсорбционных холодильных машин	Парожеторная холодильная установка. Абсорбционная холодильная установка. Принципиальные схемы и изображение циклов в $p-v$, и $T-s$ -диаграммах.
36	Цикл теплового насоса	Принципиальная схема теплового насоса. Понятие о коэффициенте теплоиспользования. Коэффициент использования энергии. Область применения тепловых насосов. Техническая и экономическая эффективность насосов. Использование вторичных энергоресурсов.
Модуль 11. Основы химической термодинамики		
37	Основные законы химической термодинамики	Первый закон термодинамики в термохимии. Тепловой эффект реакции. Эндотермические и экзотермические реакции. Закон Гесса и его следствия. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа. Стандартный тепловой эффект.
38	Термодинамические потенциалы	Второй закон термодинамики в термохимии. Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики. Изохорно-изотермический потенциал (энергия Гельмгольца), изобарно-изотермический потенциал (энергия Гиббса). Уравнение Гиббса-Гельмгольца.
39	Химическое равновесие термохимической системы	Закон действующих масс и константы равновесия химических процессов. Степень диссоциации. Термодинамические свойства диссоциирующих газов. Константа равновесия и максимальная работа реакции. Зависимость константы равновесия от давления и температуры. Тепловая теорема Нернста.

4.4 Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1	Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы		4
	3	Определение теплоемкости воздуха	4
	Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.		2
	7	Определение показателя адиабаты для воздуха.	2
2	Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов		4
	14	Изучение зависимости температуры парообразования от давления воды.	4
3	Модуль 5. Влажный воздух		4
	15	Определение параметров влажного воздуха	4
	Итого 3 семестр		14
4	Модуль 6 Истечение газов и паров		4
	20	Расчет сопла Лавалья	4
	Модуль 7. Циклы компрессоров		4
	22	Испытание поршневого компрессора	4
	Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания		4
	26	Графоаналитический метод определения показателя политропы для циклов ДВС.	4
	Модуль 9. Циклы паротурбинных установок		2
	32	Эксергетический анализ ПТУ	2
	Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов		4
	34	Испытание автономного кондиционера	4
	Итого 4 семестр		18

4.5 Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1	Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы		4
	2	Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа. Смеси идеальных газов	2
	3,4	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Внешняя работа. Теплота. Энтальпия. Теплоемкость газов	2
2	Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.		4
	6,8	Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах. Прямой и обратный циклы Карно.	2
	9	Основные термодинамические процессы идеальных газов	2
4	Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов		4
	13	Процесс парообразования. Основные параметры водяного пара.	2

	14	Термодинамические процессы водяного пара	2
5	Модуль 5. Влажный воздух		2
	15	Характеристики влажного воздуха. Расчет параметров влажного воздуха. Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, смешение, сушка воздухом).	2
	Итого 3 семестр		14
	Модуль 6. Истечение газов и паров		6
	19	Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения.	2
	20	Истечение из суживающихся сопел и сопла Лаваля	2
	21	Дросселирование газов и паров	2
	Модуль 7. Циклы компрессоров		4
	23	Расчет компрессоров. Построение диаграмм.	2
	24	Оценка эффективности работы компрессоров	2
	Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания		4
	26	Циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, при постоянном давлении, со смешанным подводом теплоты	2
	27	Циклы газотурбинных установок со сгоранием топлива при постоянном давлении, при постоянном объеме	2
	Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.		8
	28	Расчет цикла Карно. Цикл Ренкина без перегрева пара	2
	29	Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.	2
	30	Регенеративный цикл паротурбинной установки. Комбинированные циклы	2
	31	Эксергетический анализ ПТУ	2
	Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов		6
	33	Схема и цикл газовой (воздушной) холодильной установки	2
	34	Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки	2
	36	Расчет теплового насоса	2
	Модуль 11. Основы химической термодинамики		4
	37	Основные законы химической термодинамики	2
	38	Процессы горения. Тепловой эффект.	2
	Итого 4 семестр		32

4.6 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Всего часов	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
	Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы			
1	Предмет технической термодинамики. Термодинамика и ее метод. Термодинамическая система. Термодинамический процесс.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	

2	Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа. Смеси идеальных газов	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
3	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Внешняя работа. Теплота.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции
4	Энтальпия. Уравнение первого закона термодинамики через энтальпию. Теплоемкость газов	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям, к лабораторным работам	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование.
Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.				
5	Термодинамические циклы. Термический КПД. Формулировки второго закона термодинамики	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции
6	Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
7	Круговые процессы (циклы). Прямой и обратный циклы Карно. Теорема Карно.	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
8	Эксергия теплоты. Эксергия потока рабочего тела.	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции
9	Основные термодинамические процессы идеальных газов и их исследование	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим занятиям, к лабораторным работам	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование.
Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики				
10	Характеристические функции и термодинамические потенциалы.	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции
11	Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции
Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов				
12	Фазовые переходы. Устойчивость фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции
13	Термические и калорические свойства реальных газов. Уравнение состояния реальных газов	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции

14	Процесс парообразования. Основные параметры водяного пара. Термодинамические процессы водяного пара	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, к практическим и лабораторным занятиям Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование
Модуль 5. Влажный воздух				
15	Характеристики влажного воздуха. Расчет параметров влажного воздуха.	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
16	Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, смешение, сушка воздухом).	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование.
Итого 3 семестр		92		
Модуль 6. Истечение газов и паров				
17	Первый закон термодинамики для потока	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции.
18	Связь изменения скорости и параметров состояния в потоке. Скорость звука	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции.
19	Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
20	Истечение из суживающихся сопел и сопла Лаваля	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
21	Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томпсона.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование
Модуль 7. Циклы компрессоров				
22	Одноступенчатое сжатие	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
23	Многоступенчатое сжатие	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции.
24	Оценка эффективности работы компрессоров	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование

Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания				
25	Методы термодинамического анализа циклов	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
26	Циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, при постоянном давлении, со смешанным подводом теплоты	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
27	Циклы газотурбинных установок со сгоранием топлива при постоянном давлении, при постоянном объеме	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование
Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.				
28	Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина без перегрева пара.	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
29	Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
30	Регенеративный цикл паротурбинной установки. Комбинированные циклы	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
31	Теплофикационные паротурбинные установки	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
32	Эксергетический анализ ПТУ	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование
Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов				
33	Схема и цикл газовой (воздушной) холодильной установки	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
34	Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
35	Циклы пароэжекторных и адсорбционных холодильных машин	6	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
36	Цикл теплового насоса	5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
Модуль 11. Основы химической термодинамики				
37	Основные законы химической термодинамики	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
38	Термодинамические потенци-	4	Работа с учебной литера-	Экспресс-опрос на

	алы		турой, подготовка к лекции	лекции. Защита РГР.
39	Химическое равновесие термодинамической системы	4	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
	Промежуточная аттестация			Экзамен
	Итого 4 семестр	117		

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (заочная форма)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 час.

Курс	Ауди-торных	Самост. работа	Лекций	Лабораторных	Практических	Промежуточная аттестация	Всего часов
2	34	214	10	12	12	4- зачет	252
3	6	93	0	0	6	9- экзамен	108
	40	307	10	12	18	13	360

4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Курс	Недели семестра	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)						Форма: -текущего контроля успеваемости, СРС (по неделям семестра); - промежуточной аттестации (по семестрам) КРС
				всего	лекция	практические занятия	лаб. занятия	семинары	СРС	
1	2		Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы	35,5	2	1,5	2	-	30	
	2		Термодинамика и ее метод. Термодинамическая система. Термодинамический процесс.	6,5	0,5		-	-	6	
	2		Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа. Смеси идеальных газов.	9	0,5	0,5	-	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	2		Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Внешняя работа. Теплота.	9	0,5	0,5		-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач
	2		Энтальпия. Уравнение первого закона термодинамики через энтальпию. Теплоемкость газов	11	0,5	0,5	2		8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование.
2	2		Модуль 2. Круго-	42,5	2	2,5		-	38	

			вые процессы. Второй закон термодинамики.							
	2		Термодинамические циклы. Термический КПД. Формулировки второго закона термодинамики	8,5	0,5			-	8	Экспресс-опрос на лекции.
	2		Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах.	9	0,5	0,5		-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	2		Круговые процессы (циклы). Прямой и обратный циклы Карно. Теорема Карно.	7,5	0,5	1		-	6	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	2		Эксергия теплоты. Эксергия потока рабочего тела.	8				-	8	Экспресс-опрос на лекции
	2		Основные термодинамические процессы идеальных газов и их исследование	9,5	0,5	1		-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
3	2		Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики	16				-	16	
	2		Характеристические функции и термодинамические потенциалы.	8				-	8	Экспресс-опрос на лекции
	2		Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Соотношения. Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.	8				-	8	Экспресс-опрос на лекции.
4	2		Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов	28	1	1	2		24	
	2		Фазовые переходы. Устойчивость фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса	8					8	Экспресс-опрос на лекции
	2		Термические и калорические свойства реальных газов. Уравнение состояния реальных газов	8,5	0,5				8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	2		Процесс парообразо-	11,5	0,5	1	2		8	Экспресс-опрос

			вания. Основные параметры водяного пара. Термодинамические процессы водяного пара.							на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование
5	2		Модуль 5. Влажный воздух	20	1	1	2		16	
	2		Характеристики влажного воздуха. Расчет параметров влажного воздуха.	9	0,5	0,5			8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	2		Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, смешение, сушка нагретым воздухом).	11	0,5	0,5	2		8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование.
6	2		Модуль 6 Истечение газов и паров	47	1	3	2		41	
	2		Первый закон термодинамики для потока	10,5	0,5	1	-	-	9	Экспресс-опрос на лекции.
	2		Связь изменения скорости и параметров состояния в потоке. Скорость звука	8,5		0,5		-	8	Экспресс-опрос на лекции.
	2		Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения.	8,5		0,5	-	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	2		Истечение из суживающихся сопел и сопла Лаваля	10,5		0,5	2	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
	2		Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томпсона.	9	0,5	0,5	-	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование
7	2		Модуль 7. Циклы компрессоров	29	1	1	2	-	25	
	2		Одноступенчатое сжатие	11	0,5	0,5	2	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
	2		Многоступенчатое сжатие	8			-	-	8	Экспресс-опрос на лекции.
	2		Оценка эффективно-	10	0,5	0,5		-	9	Экспресс-опрос

			сти работы компрессоров							на лекции. Решение задач. Тестирование
8	2		Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания	30	2	2	2	-	24	
	2		Методы термодинамического анализа циклов	8				-	8	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
	2		Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, постоянном давлении, со смешанным подводом теплоты	12	1	1	2	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
	2		Циклы газотурбинных установок со сгоранием топлива при постоянном давлении, при постоянном объеме	10	1	1		-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование
			Промежуточная аттестация	4						зачет
			Итого 2 курс	252	10	12	12		214	
9	3		Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.	43		3		-	40	
	3		Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина без перегрева пара.	9		1	-	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
	3		Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.	9		1	-	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	3		Регенеративный цикл паротурбинной установки. Бинарные установки.	9		1	-	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	3		Теплофикационные паротурбинные установки	8		-	-	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
	3		Эксергетический анализ ПТУ	8		-	-	-	8	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование
10	3		Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов	35	0	3			32	
	3		Схема и цикл газовой (воздушной) хо-	8		-			8	Экспресс-опрос на лекции. Ре-

		лодильной установки							шение задач.
	3	Схема и цикл парокompрессионной холодильной установки	10		1			9	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	3	Циклы пароэжекторных и адсорбционных холодильных машин	8		1	-		7	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
	3	Цикл теплового насоса	9		1			8	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
11	3	Модуль 11. Основы химической термодинамики	21					21	
	3	Основные законы химической термодинамики	7			-	-	7	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
	3	Термодинамические потенциалы	7					7	Экспресс-опрос на лекции. Защита РГР
	3	Химическое равновесие термодинамической системы	7			-	-	7	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
		Промежуточная аттестация	9						Экзамен
		Итого 3 курс	108		6			93	
		Итого	360	10	18	12		307	

4.2 Матрица формируемых дисциплиной компетенций

Разделы и темы дисциплины	Кол-во часов	Компетенции (вместо цифр – шифр и номер компетенции из ФГОС ВПО)	
		1	общее количество компетенций
Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы	37,5		
Предмет технической термодинамики. Термодинамика и ее метод. Термодинамическая система. Термодинамический процесс.	8,5	ОПК-2	1
Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа Смесей идеальных газов	9	ОПК-2	1
Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Внешняя работа. Теплота.	9	ОПК-2	1
Энтальпия. Уравнение первого закона термодинамики через энтальпию. Теплоемкость газов	11	ОПК-2	1

Модуль 2 . Круговые процессы. Второй закон термодинамики.	43,5		
Термодинамические циклы. Термический КПД. Формулировки второго закона термодинамики	8,5	ОПК-2	1
Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах.	9	ОПК-2	1
Круговые процессы (циклы). Прямой и обратный циклы Карно. Теорема Карно	9	ОПК-2	1
Эксергия теплоты. Эксергия потока рабочего тела.	8	ОПК-2	1
Основные термодинамические процессы идеальных газов и их исследование	9	ОПК-2	1
Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики	16		
Характеристические функции и термодинамические потенциалы.	8	ОПК-2	1
Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.	8	ОПК-2	1
Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов	27,5		
Фазовые переходы. Устойчивость фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса	8	ОПК-2	1
Термические и калорические свойства реальных газов. Уравнение состояния реальных газов	8,5	ОПК-2	1
Процесс парообразования. Основные параметры водяного пара. Термодинамические процессы водяного пара	11	ОПК-2	1
Модуль 5. Влажный воздух	19,5		
Характеристики влажного воздуха. Расчет параметров влажного воздуха.	9	ОПК-2	1
Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, смешение, сушка нагретым воздухом).	10,5	ОПК-2	1
Модуль 6. Истечение газов и паров	47		
Первый закон термодинамики для потока	10,5	ОПК-2	1
Связь изменения скорости и параметров состояния в потоке. Скорость звука	8,5	ОПК-2	1
Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения.	8,5	ОПК-2	1
Истечение из суживающихся сопел и сопла Лаваля	10,5	ОПК-2	1
Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томпсона.	9	ОПК-2	1
Модуль 7. Циклы компрессоров	29		
Одноступенчатое сжатие	11	ОПК-2	1
Многоступенчатое сжатие	8	ОПК-2	1
Оценка эффективности работы компрессоров	10	ОПК-2	1
Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания	29		
Методы термодинамического анализа циклов	8	ОПК-2	1
Циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, при постоянном давлении, со смешанным	11,5	ОПК-2	1

подводом теплоты			
Циклы газотурбинных установок со сгоранием топлива при постоянном давлении, при постоянном объеме	9,5	ОПК-2	1
Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.	48		
Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина без перегрева пара.	10,5	ОПК-2	1
Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.	10,5	ОПК-2	1
Регенеративный цикл паротурбинной установки. Бинарные установки.	9,5	ОПК-2	1
Теплофикационные паротурбинные установки	8	ОПК-2	1
Эксергетический анализ ПТУ	9,5	ОПК-2	1
Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов	39		
Схема и цикл газовой (воздушной) холодильной установки	9	ОПК-2	1
Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки	10,5	ОПК-2	1
Циклы пароэжекторных и адсорбционных холодильных машин	9,5	ОПК-2	1
Цикл теплового насоса	10	ОПК-2	1
Модуль 11. Основы химической термодинамики	24		
Основные законы химической	8	ОПК-2	1
Термодинамические потенциалы	8	ОПК-2	1
Химическое равновесие термохимической системы	8	ОПК-2	1

4.3 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№	Название раздела	Содержание раздела в дидактических единицах
Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы		
1	Предмет технической термодинамики. Термодинамика и ее метод. Термодинамическая система. Термодинамический процесс.	Предмет и метод термодинамики. Техническая термодинамика как теоретическая база специальных теплотехнических дисциплин. Термодинамическое равновесие. Неравновесные состояния и процессы. Термодинамическая система: основные определения и классификации. Термодинамический процесс. Обратимые и необратимые процессы.
2	Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа Смеси идеальных газов	Параметры состояния. Термодинамические параметры простой системы: температура, давление, объем. Уравнение состояния идеального газа. Универсальная газовая постоянная. Нормальные физические условия. Смеси идеальных газов. Способы задания состава смеси. Кажущаяся молекулярная масса смеси. Газовая постоянная смеси. Закон Дальтона для смеси. Парциальное давление.
3	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Внешняя работа. Теплота.	Виды энергии. Внутренняя энергия как функция состояния. Работа, связанная с изменением объема. Внешняя работа. Определение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния. PV - диаграмма. Частные случаи. Закон сохранения и превращения энергии. Первое начало термодинамики. Сущность закона. Различные формулировки закона. Аналитическое выражение закона для закрытых систем. Энтальпия.

4	Энтальпия. Уравнение первого закона термодинамики через энтальпию. Теплоемкость газов	Сумма внутренней энергии системы и произведения давления на объем. Уравнение Первого закона термодинамики через энтальпию. Теплоёмкость системы. Массовая, объемная и молярная теплоемкость. Теплоемкость при постоянном объеме и давлении. Уравнение Майера.
Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.		
5	Термодинамические циклы. Термический КПД. Формулировки второго закона термодинамики	Обратимые и необратимые процессы. Основные причины необратимости процессов. Термодинамические циклы: прямые и обратные, обратимые и необратимые. Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя. Термодинамические процессы и циклы в T - s -диаграмме. Второе начало термодинамики. Основные формулировки закона. Аналитическое выражение закона. Вечный двигатель первого и второго рода. Аналитическое выражение второго закона термодинамики для необратимых процессов. Второе начало термодинамики для неравновесных систем. Философское и статистическое толкования второго закона термодинамики.
6	Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах.	Доказательство существования энтропии. Возрастание энтропии при необратимых процессах. Изменение энтропии в неравновесных процессах. Необратимая адиабата. Теплообмен с конечной разностью температур. Возрастание энтропии изолированной системы. Статистический смысл второго закона термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность состояния. Энтропийный метод расчета потерь энергии необратимых процессов.
7	Круговые процессы (циклы). Прямой и обратный циклы Карно. Теорема Карно.	Прямой цикл Карно и его КПД. Обратный цикл Карно и его холодильный коэффициент. Теорема Карно. Максимальная работа цикла. Среднеинтегральная температура подвода (отвода) теплоты и эквивалентный цикл Карно.
8	Эксергия теплоты. Эксергия потока рабочего тела.	Понятие эксергии. Уравнение Гюи-Стодолы. Эксергический анализ. Эксергия как мера работоспособности системы. Эксергия массы вещества в объеме, потока тепла и потока вещества. Потеря эксергии при необратимых процессах. Эксергетический КПД.
9	Основные термодинамические процессы идеальных газов и их исследование	Термодинамические процессы изменения состояния идеальных газов. Общие вопросы исследования процессов изменения состояния идеального газа: изохорного, изобарного, изотермического, адиабатного. Политропные процессы. Основные термодинамические процессы как частный случай политропного процесса. Определение показателя политропы и теплоемкости политропного процесса. Определение теплоты и работы процесса. Изображение процессов в p - v - и T - s -диаграммах.
Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики		
10	Характеристические функции и термодинамические потенциалы.	Термодинамические потенциалы и их смысл. Внутренняя энергия. Энтальпия. Свободная энергия. Термодинамический потенциал Гиббса. Собственные координаты термодинамических потенциалов. Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца
11	Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Соотношения Соотношения Максвелла. Уравнения	Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Связь между термическими и калорическими величинами в переменных v , T и p , T . Энергии Гиббса и Гельмгольца и их свойства. Зависимость теплоемкостей c_p и c_v от объема и давления. Уравнения Максвелла.

	Гиббса-Гельмгольца.	
Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов		
12	Фазовые переходы. Устойчивость фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса	Реальные газы. Качественные особенности реальных газов. Фазовые переходы. Теплота фазового перехода. Условие равновесия фаз. Плавление. Парообразование. Сублимация. Тройная точка. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.
13	Термические и калорические свойства реальных газов. Уравнение состояния реальных газов	Термодинамические свойства реальных веществ, p - v - и T - s -диаграммы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Критические параметры. Изотермы реального газа. Опыт Эндрюса
14	Процесс парообразования. Основные параметры водяного пара. Термодинамические процессы водяного пара.	Пары. Характерные состояния воды и водяного пара. Получение пара. Характерные состояния воды и водяного пара. TS -диаграмма состояний воды и водяного пара. Термодинамические свойства воды и водяного пара. HS -диаграмма состояний воды и водяного пара. Термодинамические свойства жидкостей. Термодинамические свойства паров. Теплота парообразования. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы с водяным паром. Определение параметров состояния и процессов с помощью термодинамических таблиц и TS -диаграммы.
Модуль 5. Влажный воздух		
15	Характеристики влажного воздуха. Расчет параметров влажного воздуха.	Основные определения. Абсолютная и относительная влажность. Температура точки росы. Влагосодержание. Газовая постоянная и плотность влажного воздуха. H - d -диаграмма влажного воздуха.
16	Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, смешение, сушка воздухом).	Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, испарение, увлажнение) и др. Определение параметров процессов с помощью H - d -диаграмма. Смешение потоков воздуха. Параметры смеси. Сушка нагретым воздухом. Изменение параметров воздуха при сушке.
Модуль 6. Истечение газов и паров		
17	Первый закон термодинамики для потока	Истечение и дросселирование газов и паров. Уравнение первого закона термодинамики для потока и его анализ. Уравнение неразрывности. Уравнение импульсов. Работа проталкивания. Располагаемая работа при истечении газа.
18	Связь изменения скорости и параметров состояния в потоке. Скорость звука	Адиабатное истечение газа. Истечение капельной жидкости. Скорость адиабатного истечения. Максимальная и критическая скорости потока. Условия перехода потока из дозвукового течения в сверхзвуковое. Сопла и диффузоры. Массовый расход газа при истечении.
19	Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения.	Параметры полного адиабатного торможения потока. Соотношение между статической температурой и температурой торможения, статическим давлением и давлением торможения. Критическое отношение давлений
20	Истечение из суживающихся сопел и сопла Лавалья	Сопло и диффузор. Скорость истечения газа из суживающегося сопла. Максимальный расход и критическая скорость. Критическое отношение давлений и температур. Зависимость скорости и расхода от отношения начального к конечному давлению. Комбинированное сопло Лавалья. Адиабатное течение с трением. Коэффициенты скорости и потери энергии.
21	Дросселирование газов	Сущность процесса дросселирования. Дросселирование идеаль-

	и паров. Эффект Джоуля-Томпсона.	ного газа. Изображение процесса дросселирования в $h-s$ -диаграмме. Потеря эксергии потока при дросселировании. Дифференциальный и интегральный температурный эффект адиабатного дросселирования реальных газов. Температура инверсии. Кривая инверсии.
Модуль 7. Циклы компрессоров		
22	Одноступенчатое сжатие	Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Классификация компрессоров и принцип действия. Полная работа, затраченная на привод компрессора. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие. Определение эффективной мощности, затрачиваемой на привод компрессора и отводимой при охлаждении теплоты.
23	Многоступенчатое сжатие	Многоступенчатый компрессор. Оптимальное распределение давлений по ступеням. Изображение в $p-v$ - и $T-s$ -диаграммах процессов в компрессорах для многоступенчатого сжатия.
24	Оценка эффективности работы компрессоров	Необратимое сжатие. Понятия эксергетического, внутреннего относительного, изотермического КПД компрессора. Расчет потерь энергии и эксергетический КПД компрессора.
Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания		
25	Методы термодинамического анализа циклов	Теоретический и действительный циклы двигателей. Параметры характерных точек цикла. Подведенная и отведенная теплота в цикле. Работа цикла. Термический КПД обратимого цикла. Методы анализа циклов. Обратимые и необратимые циклы. Относительный внутренний КПД цикла. Термодинамические и эксергетические КПД циклов двигателей внутреннего сгорания. Сравнительный анализ термодинамических циклов.
26	Циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, при постоянном давлении, со смешанным подводом теплоты	Циклы двигателей внутреннего сгорания. Циклы с подводом тепла при постоянном давлении, при постоянном объеме, со смешанным подводом тепла. Сравнение циклов по термическому КПД. Зависимость термического КПД от средних температур подвода и отвода тепла. Изображение циклов в PV и TS диаграммах.
27	Циклы газотурбинных установок со сгоранием топлива при постоянном давлении, при постоянном объеме	Циклы газотурбинных двигателей и установок. Схема и цикл газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном давлении, при постоянном объеме. Действительный цикл газотурбинной установки и система КПД для оценки потерь в ней. Методы повышения КПД: применение регенерации тепла, многоступенчатого сжатия воздуха в компрессоре и ступенчатого расширения продуктов сгорания в турбине. Замкнутые циклы газотурбинных установок.
Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.		
28	Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина без перегрева пара.	Циклы паротурбинных установок. Принципиальная схема и теоретический цикл ПТУ, цикл Карно, цикл Ренкина. Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД. Система КПД для оценки потерь в паротурбинной установке.
29	Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.	Промежуточный перегрев пара и причины его применения. Принципиальная схема паросиловой установки. Схема ПТУ с промежуточным перегревом. Изображение цикла в PV , TS и HS диаграммах. Термический КПД обратимого цикла. Влияние начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина.
30	Регенеративный цикл	Регенеративные циклы. Схема и цикл ПТУ в $T-s$ -диаграмме с

	паротурбинной установки. Комбинированные циклы	регенеративным подогревом питательной воды. Термический КПД регенеративного цикла. Действительный цикл ПТУ. Комбинированные циклы. Преимущества и недостатки водяного пара как рабочего тела. Бинарный цикл и его КПД. Парогазовый цикл и его КПД.
31	Теплофикационные паротурбинные установки	Схемы и циклы теплофикационных паротурбинных установок. Использование теплоты отработанного пара в системах отопления. Отбор пара на технологические нужды. Одноконтурные и двухконтурные системы.
32	Эксергетический анализ ПТУ	Уравнение теплового и эксергетического балансов, основные элементы балансов. Эксергетический анализ циклов паросиловых установок. Термодинамический анализ циклов. Пути повышения экономичности паросиловых установок.
Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов		
33	Схема и цикл газовой (воздушной) холодильной установки	Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент. Требования, предъявляемые к рабочим телам холодильных установок. Схема и теоретический цикл газовой холодильной установки. Цикл Лоренца. Холодопроизводительность, работа и мощность воздушной холодильной машины. Способы увеличения холодопроизводительности.
34	Схема и цикл парокompрессионной холодильной установки	Принципиальная схема и цикл парокompрессионной холодильной установки. Рабочие тела. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Способы увеличения холодопроизводительности. Принципиальные схемы и изображение циклов в $p-v$, и $T-s$ -диаграммах. Работа и мощность парокompрессионной холодильной машины.
35	Циклы пароэжекторных и адсорбционных холодильных машин	Пароэжекторная холодильная установка. Абсорбционная холодильная установка. Принципиальные схемы и изображение циклов в $p-v$, и $T-s$ -диаграммах.
36	Цикл теплового насоса	Принципиальная схема теплового насоса. Понятие о коэффициенте теплоиспользования. Коэффициент использования энергии. Область применения тепловых насосов. Техническая и экономическая эффективность насосов. Использование вторичных энергоресурсов.
Модуль 11. Основы химической термодинамики		
37	Основные законы химической термодинамики	Первый закон термодинамики в термохимии. Тепловой эффект реакции. Эндотермические и экзотермические реакции. Закон Гесса и его следствия. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа. Стандартный тепловой эффект.
38	Термодинамические потенциалы	Второй закон термодинамики в термохимии. Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики. Изохорно-изотермический потенциал (энергия Гельмгольца), изобарно-изотермический потенциал (энергия Гиббса). Уравнение Гиббса-Гельмгольца.
39	Химическое равновесие термохимической системы	Закон действующих масс и константы равновесия химических процессов. Степень диссоциации. Термодинамические свойства диссоциирующих газов. Константа равновесия и максимальная работа реакции. Зависимость константы равновесия от давления и температуры. Тепловая теорема Нернста.

4.4 Лабораторный практикум

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час.)
1	Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы		2
	4	Определение теплоемкости воздуха	2
2	Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов		2
	14	Изучение зависимости температуры парообразования от давления воды.	2
3	Модуль 5. Влажный воздух		2
	15	Определение параметров влажного воздуха	2
4	Модуль 6. Истечение газов и паров		2
	20	Расчет сопла Лавала	2
	Модуль 7. Циклы компрессоров		2
	22	Испытание поршневого компрессора	2
	Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания		2
	26	Графоаналитический метод определения показателя политропы для циклов ДВС.	2
	Итого		12

4.5 Практические занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1	Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы		1,5
	2	Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа. Смеси идеальных газов	0,5
	3,4	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Внешняя работа. Теплота. Энтальпия. Теплоемкость газов.	1
2	Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.		1,5
	6,8	Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах. Прямой и обратный циклы Карно.	1
	9	Основные термодинамические процессы идеальных газов	0,5
4	Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов		4
	13	Процесс парообразования. Основные параметры водяного пара.	0,5
5	Модуль 5. Влажный воздух		0,5
	15	Характеристики влажного воздуха. Расчет параметров влажного воздуха. Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, смешение, сушка воздухом).	0,5
	Модуль 6. Истечение газов и паров		3
	17	Первый закон термодинамики	1
	18,19	Связь скорости и параметров состояния при течении газов. Соотношение между статическими параметрами и	1

		параметрами торможения.	
20		Истечение из суживающихся сопел и сопла Лаваля	0,5
21		Дросселирование газов и паров	0,5
Модуль 7. Циклы компрессоров			1
23		Расчет компрессоров. Построение диаграмм.	0,5
24		Оценка эффективности работы компрессоров	0,5
Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания			2
26		Циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, при постоянном давлении, со смешанным подводом теплоты	1
27		Циклы газотурбинных установок со сгоранием топлива при постоянном давлении, при постоянном объеме	1
Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.			4
28		Расчет цикла Карно. Цикл Ренкина без перегрева пара	1
29		Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.	1
30		Регенеративный цикл паротурбинной установки. Комбинированные циклы	1
31		Эксергетический анализ ПТУ	1
Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов			4
33		Схема и цикл газовой (воздушной) холодильной установки	1
34		Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки	1
35		Расчет циклов парожеторных и адсорбционных холодильных машин	1
36		Расчет теплового насоса	1
Итого			18

4.6 Содержание самостоятельной работы и формы ее контроля

№ п/п	Раздел дисциплины (модуля), темы раздела	Всего часов	Содержание самостоятельной работы	Форма контроля
1	Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы			
1	Предмет технической термодинамики. Термодинамика и ее метод. Термодинамическая система. Термодинамический процесс.		Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	
2	Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа. Смеси идеальных газов	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
3	Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и работа изменения объема. Внешняя работа. Теплота.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции
4	Энтальпия. Уравнение первого закона термодинамики через энтальпию. Теплоемкость газов	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям, к лабораторным ра-	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. ра-

			ботам	боты. Тестирование.
Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.				
5	Термодинамические циклы. Термический КПД. Формулировки второго закона термодинамики	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции
6	Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
7	Круговые процессы (циклы). Прямой и обратный циклы Карно. Теорема Карно.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
8	Эксергия теплоты. Эксергия потока рабочего тела.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции
9	Основные термодинамические процессы идеальных газов и их исследование	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование.
Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики				
10	Характеристические функции и термодинамические потенциалы.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции
11	Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Соотношения Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции
Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов				
12	Фазовые переходы. Устойчивость фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиса	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции
13	Термические и калорические свойства реальных газов. Уравнение состояния реальных газов	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции
14	Процесс парообразования. Основные параметры водяного пара. Термодинамические процессы водяного пара	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, к практическим и лабораторным занятиям Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование
Модуль 5. Влажный воздух				
15	Характеристики влажного воздуха. Расчет параметров влажного воздуха.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
16	Термодинамические процес-	8	Работа с учебной литера-	Экспресс-опрос на

	сы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, смешение, сушка воздухом).		турой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям	лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы. Тестирование.
Модуль 6. Истечение газов и паров				
17	Первый закон термодинамики для потока	9	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции.
18	Связь изменения скорости и параметров состояния в потоке. Скорость звука	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции.	Экспресс-опрос на лекции.
19	Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
20	Истечение из суживающихся сопел и сопла Лаваля	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
21	Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томпсона.	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование
Модуль 7. Циклы компрессоров				
22	Одноступенчатое сжатие	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
23	Многоступенчатое сжатие	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции.
24	Оценка эффективности работы компрессоров	9	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование
Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания				
25	Методы термодинамического анализа циклов	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
26	Циклы ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме, при постоянном давлении, со смешанным подводом теплоты	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
27	Циклы газотурбинных установок со сгоранием топлива при постоянном давлении, при постоянном объеме	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Тестирование
Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.				
28	Цикл Карно для водяного пара. Цикл Ренкина без пере-	9,5	Работа с учебной литературой, подготовка к лек-	Экспресс-опрос на лекции. Проверка

	грева пара.		ции, выполнение РГР.	РГР.
29	Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.	9	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
30	Регенеративный цикл паротурбинной установки. Комбинированные циклы	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
31	Теплофикационные паротурбинные установки	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
32	Эксергетический анализ ПТУ	8,5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование
Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов				
33	Схема и цикл газовой (воздушной) холодильной установки	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции и практическим занятиям	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
34	Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки	9,5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим и лабораторным занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач. Защита результатов лаб. работы.
35	Циклы парожеткорных и адсорбционных холодильных машин	8,5	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, выполнение РГР.	Экспресс-опрос на лекции. Проверка РГР.
36	Цикл теплового насоса	9	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
Модуль 11. Основы химической термодинамики				
37	Основные законы химической термодинамики	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции, практическим занятиям.	Экспресс-опрос на лекции. Решение задач.
38	Термодинамические потенциалы	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Защита РГР.
39	Химическое равновесие термохимической системы	8	Работа с учебной литературой, подготовка к лекции	Экспресс-опрос на лекции. Тестирование.
	Итого	307		

5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины в рамках реализации ООП по направлению подготовки бакалавров 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (уровень бакалавриата) профиль «Энергообеспечение предприятий» используются следующие технологии: информационные технологии, проблемное обучение, контекстное обучение, обучение на основе опыта, междисциплинарное обучение.

При наличии лиц с ограниченными возможностями здоровья преподаватель организует работу в соответствии с Положением об инклюзивном образовании ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА.

Изучение дисциплины подразумевает использование информационных технологий:

- поиск информации в глобальной сети Интернет;
- работа в электронно-библиотечных системах;
- работа в ЭИОС вуза (портал);
- компьютерное тестирование;
- программное обеспечение КОМПАС;
- мультимедийные лекции.

Занятия содержат определения, структурные и принципиальные схемы теплотехнических установок и процессов, объектов, демонстрационные работы на действующих объектах.

5 Образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые образовательные технологии	Количество часов
3,4	Л	Лекции, с постановкой проблем и анализом их решения на примере действующих Программ	4
	ЛР	Лабораторные работы с условиями	4
	ПР	Решение ситуационных задач	10
			18

Занятия проводятся с использованием мультимедийного оборудования на лекциях, компьютерных программ MICROSOFT OFFICE, справочно-информационных систем для самостоятельной работы. Презентации содержат определения, математические зависимости, диаграммы ТДП, ТДЦ схемы тепловых установок, холодильных установок и т.д.

При выполнении расчетных заданий используется учебная литература, приведенная ниже.

Самостоятельная работа включает подготовку к тестам, выполнение расчетных заданий и подготовку к их защите, подготовка к зачету и экзамену.

6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ¹

6.1 Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

Контроль знаний студентов по дисциплине «Техническая термодинамика» проводится в устной и письменной форме, предусматривает текущий, промежуточный и итоговый контроль (зачет, экзамен).

Методы контроля:

- тестовая форма контроля;
- устная форма контроля – опрос и общение с аудиторией по поставленной задаче в устной форме;
- решение определенных заданий (задач) по теме практического материала в конце практического занятия, в целях эффективности усвояемости материала на практике.
- использование ролевых игр (соревнований) по группам, внутри групп;
- поощрение индивидуальных заданий, в которых студент проработал самостоятельно большое количество дополнительных источников литературы.

Текущий контроль предусматривает устную форму опроса студентов и письменный экспресс-опрос по окончанию изучения каждой темы.

Промежуточная аттестация – зачет, экзамен.

6 Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

№ п/п	№ семестра	Виды контроля и аттестации (ВК, ТАт, ПрАт)	Компетенции	Наименование раздела учебной дисциплины (модуля)	Оценочные средства Форма контроля
1.	3	ВК, ТАт	ОПК-2	Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы.	Устный или тестовый контроль
2.	3	ТАт	. ОПК-2	Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.	Устный или тестовый контроль
3.	3	ТАт	ОПК-2	Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики	Устный или тестовый контроль
4.	3	ТАт	ОПК-2	Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов	Устный или тестовый контроль
5.	3	ТАт	ОПК-2	Модуль 5. Влажный воздух	Устный или тестовый контроль
	3	ПрАт	ОПК-2		Зачет
6	4	ТАт	ОПК-2	Модуль 6. Истечение газов и паров	Устный или тестовый контроль
7	4	ТАт	ОПК-2	Модуль 7. Циклы компрессоров	Устный или тестовый контроль
8	4	ТАт	ОПК-2	Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания	Устный или тестовый контроль
9	4	ТАт	ОПК-2	Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.	Устный или тестовый контроль
10	4	ТАт	ОПК-2	Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов	Устный или тестовый контроль
11	4	ТАт	ОПК-2	Модуль 11. Основы химиче-	Устный или те-

¹ Фонд оценочных средств по дисциплине приведен в приложении

				ской термодинамики	стовый контроль
4	ПрАт	ОПК-2			Экзамен

Методика текущего контроля и промежуточной аттестации

Освоение основной образовательной программы сопровождается текущим контролем успеваемости и промежуточной аттестацией обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обучающихся является элементом внутривузовской системы контроля качества подготовки специалистов и способствует активизации познавательной деятельности обучающихся в межсессионный период как во время контактной работы обучающихся с преподавателем, так и во время самостоятельной работы. Текущий контроль осуществляется преподавателем, ведущим дисциплину, и может проводиться в следующих формах: индивидуальный и (или) групповой опрос (устный или письменный) на занятиях; защита реферата; презентация проектов, др. заданий, выполненных индивидуально или группой обучающихся; анализ деловых ситуаций (анализ вариантов решения проблемы, обоснования выбора оптимального варианта решения, др.); тестирование (письменное или компьютерное); контроль самостоятельной работы студентов (в письменной или устной форме).

По итогам текущего контроля преподаватель отмечает обучающихся, проявивших особые успехи, а также обучающихся, не выполнивших запланированные виды работ.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Знания, умения, навыки и уровень сформированных компетенций обучающихся оцениваются на зачете по шкале «зачтено», «незачтено».

Отметка **«зачтено»** выставляется обучающемуся, если он исчерпывающе и логически стройно его излагает; продемонстрировал уверенное владение материалом; справляется с вопросами и другими видами применения знаний; не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов; обосновывает принятое решение; владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«незачтено»** выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки при изложении индивидуального задания.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Для контроля результатов освоения обучающимися учебного материала по программе конкретной дисциплины, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач, оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированных компетенций обучающихся предусматривается экзамен.

Экзамен может быть проведен в устной форме, в форме письменной работы или тестирования. Экзамены оцениваются по четырех бальной системе: **«отлично»**, **«хорошо»**, **«удовлетворительно»**, **«неудовлетворительно»**.

Отметка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если он усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов, обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Отметка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно

правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Отметка «*неудовлетворительно*» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

Примеры оценочных средств*:

а) для входного контроля (ВК):

1. Как осуществляется дифференцирование сложных функций?
2. Что такое частная производная, полная производная функции?
3. Что такое вторая смешанная производная функции?
4. Как определяются удельные характеристики?
5. Что такое энергия?
6. Пути передачи энергии.
7. Что такое идеальный газ?
8. Что такое молекулярная масса?
9. Какие параметры характеризуют состояние системы?
10. Что такое давление?
11. Как определяется абсолютное давление системы?
12. Какие линии называются изотермами, изобарами, изохорами?
13. Что такое внутренняя энергия системы?
14. Как определяется внутренняя энергия в молекулярно-кинетической теории?
15. Как определить работу, совершенную системой?
16. Как связаны между собой температура, давление и объем?
17. Что такое универсальная газовая постоянная?
18. Закон Авогадро.
19. Что такое теплота плавления, теплота парообразования?
20. Как определить количество теплоты, необходимое для нагрева тела массой m ?
21. Какие реакции называются экзотермическими?
22. Какие реакции называются эндотермическими?

б) для текущей успеваемости (ТАт):

Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы

1. Приведите определение термодинамической системы.
2. Что такое рабочее тело?
3. Какое число независимых параметров определяет состояние рабочего тела? Почему?
4. Какие процессы называют равновесными и какие неравновесными?
5. Какая разница между термодинамическим процессом и круговым (циклом)?
6. Какие системы называются открытыми и закрытыми?
7. Как связаны между собой параметры системы?
8. Приведите определение парциального давления.
9. При каких условиях реальный газ можно назвать идеальным?
10. Назовите 3 способа задания газовой смеси.
11. Какая система называется адиабатной?
12. Какая система называется изолированной?
13. Какие процессы называют обратимыми и необратимыми?
14. Что такое внутренняя энергия рабочего тела?
15. Что такое теплота и работа процесса?

16. В чем сущность первого закона термодинамики?
17. Что такое энтальпия?
18. Что такое теплоемкость? Какие существуют теплоемкости?
19. В чем разница между средней и истинной теплоемкостями?
20. Как вычислить теплоемкость смеси идеальных газов при массовом задании смеси? При объемном (мольном) задании?

Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.

1. Что такое термодинамический цикл?
2. В чем состоят термическая и механическая необратимости процессов?
3. Что такое прямой и обратный циклы Карно?
4. Что называется термическим КПД и холодильным коэффициентом произвольного цикла? Чему они равны для цикла Карно?
5. Почему обратный цикл Карно является самым эффективным среди других циклов, осуществляемых в заданном интервале температур?
6. В чем сущность второго закона термодинамики?
7. Приведите аналитическое выражение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов.
8. Как изменяется энтропия изолированной системы при протекании в ней обратимых и необратимых процессов?
9. Что такое эксергия?
10. Чем определяется уменьшение работоспособности изолированной системы?
11. Можно ли утверждать, что потеря эксергии определяет уменьшение работоспособности термодинамической системы?
12. Могут ли эти КПД быть равными единице и при каких условиях?
13. Что называют внешней и внутренней необратимостью?
14. Основная задача расчета любого термодинамического процесса.
15. Изобразите в P - v - и T - s -диаграммах изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный процессы идеального газа.
16. Охарактеризуйте каждый из этих процессов. Чему равен показатель политропы и теплоемкость в каждом из этих процессов?
17. Как определяют теплоту политропного процессов идеального газа?
18. Дайте определение энтальпии, энтропии.
19. Как определяют теплоту изохорного, изобарного, изотермического процесса идеального газа?
20. Дайте формулировки второго закона термодинамики.

Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики

1. Что такое характеристическая функция?
2. Что такое термодинамический потенциал?
3. Свойства энергии Геймгольца.
4. Свойства энергии Гиббса.
5. Уравнение Гиббса-Геймгольца
6. Уравнения Максвелла.
7. Как определить температуру с помощью характеристических функций.

Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов

1. Изобразите процесс парообразования в p - v -, T - s - и h - s -диаграммах.
2. В чем состоит цель расчета термодинамических процессов воды и водяного пара?
3. Изобразите в p - v -, T - s - и h - s -диаграммах основные термодинамические процессы водяного пара.

4. Как определяют теплоту и работу для основных термодинамических процессов водяного пара?
5. Какой процесс называют кипением?
6. Дайте определение сухого насыщенного пара.
7. Дайте определение перегретого пара.
8. Какое явление называется парообразованием?
9. Какую точку называют критической?
10. Какую точку называют тройной?
11. В каких состояниях может находиться вода и водяной пар?
12. Что называют теплотой парообразования?
13. Можно ли в изохорном процессе недогретую до температуры кипения воду перевести в мокрый пар?
14. В каких процессах с водой и водяным паром давление и температура не изменяются?
15. Как изменяется давление в изотермическом процессе перехода сухого насыщенного пара в перегретый?

Модуль 5. Влажный воздух

1. Приведите определение влажного воздуха.
2. Что такое абсолютная, относительная влажность, влагосодержание?
3. В каких пределах может изменяться влагосодержание?
4. Что такое точка росы?
5. Как изображают основные процессы влажного воздуха в $h-d$ -диаграмме?
6. Какой пар называется насыщенным?
7. Какими способами ненасыщенный воздух можно перевести в состояние насыщения?
8. Что такое психрометр?
9. Приведите уравнение состояния идеального газа.
10. Опишите процесс нагрева воздуха.
11. Опишите процесс охлаждения воздуха.
12. Опишите процесс сушки материалов.
13. Опишите процесс смешения потоков влажного воздуха.
14. Дайте определение энтальпии.
15. Пояснить процесс испарения.

Модуль 6. Истечение газов и паров

Какие допущения лежат в основе вывода уравнения первого закона термодинамики для потока?

1. Объясните физический смысл каждого члена уравнения первого закона термодинамики для потока.
2. На что расходуется работа расширения газа в потоке?
3. Что такое сопло и диффузор?
4. Какая связь между изменением профиля канала и изменением скорости адиабатного течения рабочего тела?
5. Как вычислить действительную скорость истечения газа на выходе из сопла?
6. Какой процесс называется дросселированием?
7. Где используется процесс дросселирования?
8. Как изменяется температура реального газа при дросселировании?
9. Каково назначение сопел и диффузоров?
10. Можно ли процесс дросселирования считать предельным случаем необратимого адиабатного истечения рабочего тела из сопла?
11. От каких параметров зависит скорость звука?
12. Что является условием неразрывности одномерного стационарного потока?
13. Что такое сопла Лавалю?

14. Назовите основные принципы выбора формы сопла.

Модуль 7. Циклы компрессоров

1. Назначение компрессоров.
2. Принцип действия поршневого компрессора и изображение работы компрессора в p - v -диаграмме.
3. Какой процесс сжатия наиболее выгодный?
4. Можно ли получить газ высокого давления в одноступенчатом компрессоре?
5. Как определяется работа, затрачиваемая на привод компрессора?
6. Чем вызвано применение нескольких ступеней сжатия в многоступенчатом компрессоре?
7. Как определяется эффективная мощность, затрачиваемая на привод компрессора?
8. Как определяется внутренний относительный КПД компрессора?
9. Расчет отводимой теплоты при охлаждении компрессора.
10. Какие группы компрессоров вы знаете?
11. Дайте определение эксергетического КПД.
12. Как рассчитывается изотермический КПД?
13. Как рассчитывается адиабатный КПД?
14. Дайте определение теплоты.
15. Что называют производительностью компрессора?

Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания

1. Назовите три основных вида циклов поршневых двигателей внутреннего сгорания.
2. Изобразите цикл ДВС с подводом теплоты при v -const в P - v - и T - s -диаграммах.
3. Как вычислить количество теплоты, отводимой от рабочего тела, и термический КПД цикла с подводом теплоты при v -const?
4. Какие характеристики влияют на значение КПД цикла с подводом теплоты при v -const?
5. Изобразите цикл ДВС с подводом теплоты при p -const в P - v - и T - s -диаграммах.
6. Как вычисляется подведенная и отведенная теплота, термический КПД такого цикла?
7. Изобразите цикл ДВС со смешанным подводом теплоты в P - v и T - s -диаграммах. Как определяется подведенная и отведенная теплота и термический КПД такого цикла?
8. Дать сравнительную характеристику КПД циклов ДВС поршневого типа.
9. Какие преимущества имеют газотурбинные установки по сравнению с двигателями внутреннего сгорания поршневого типа?
10. Приведите принципиальную схему и цикл ГТУ в P - v - и T - s -диаграммах с подводом теплоты при p -const.
11. Приведите принципиальную схему и цикл ГТУ в P - v - и T - s -диаграммах с подводом теплоты при v -const.
12. Приведите принципиальную схему и цикл ГТУ с регенерацией в P - v - и T - s -диаграммах.
13. Как вычислить термический КПД обратимого цикла, внутренний КПД действительного цикла газотурбинной установки?
14. Что называется эффективным КПД газотурбинной установки и как он определяется?
15. Назовите методы повышения термического КПД в газотурбинных установках.

Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.

1. Приведите принципиальную схему паротурбинной установки без перегрева.
2. В чем отличие цикла Ренкина без перегрева от цикла Карно?
3. Изобразить в P - v - и T - s -диаграммах цикл Карно.
4. Как определить термический КПД цикла Карно?
5. Изобразить в P - v - и T - s -диаграммах цикл Ренкина с одним перегревом.
6. Как определить термический КПД цикла Ренкина с перегревом?

7. Для чего осуществляется вторичный перегрев пара в ПТУ?
8. Изобразить в T-s-диаграмме цикл Ренкина с двумя перегревами.
9. Как и почему изменяется КПД цикла Ренкина при увеличении начальных параметров водяного пара?
10. Каково влияние давления в конденсаторе на величину КПД цикла Ренкина?
11. Охарактеризовать регенеративный цикл ПТУ.
12. Что такое комбинированный цикл? С какой целью применяются такие циклы?
13. В чем заключается термодинамический анализ цикла ПТУ?
14. В чем заключается эксергетический анализ цикла ПТУ?
15. За счет чего можно повысить коэффициент использования энергии на ТЭС?

Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов

1. Классификация холодильных установок.
2. Что называется холодильным коэффициентом?
3. Приведите принципиальную схему воздушной холодильной установки и опишите ее работу.
4. Изобразите идеальный цикл воздушной холодильной установки и опишите процессы, осуществляемые в ней.
5. Приведите принципиальную схему работы паровой компрессионной холодильной установки и опишите ее работу.
6. Чем отличается работа теплового насоса от работы холодильных установок?
7. Почему в газовых холодильных установках не применяется дроссельный клапан вместо громоздкого детандера?
8. Почему термодинамическая эффективность циклов парокомпрессионных установок выше?
9. В каких установках больше расходы ХА и почему?
10. Как можно увеличить холодопроизводительность парокомпрессионных холодильных машин и т. д.?
11. Какие устройства называются теплотрансформаторами?
12. Изобразить в P-v- и T-s-диаграммах цикл Карно.
13. Какие процессы называются обратимыми и необратимыми?
14. Как рассчитывается коэффициент отопления?
15. Какая теплота называется удельной холодопроизводительностью?

Модуль 11. Основы химической термодинамики

1. Что такое тепловой эффект химической реакции.
2. Какие реакции называются эндотермическими и экзотермическими?
3. Тепловой эффект реакции при постоянном объеме.
4. Тепловой эффект реакции при постоянном давлении.
5. Закон Гесса.
6. Что такое температурный коэффициент теплового эффекта?
7. Зависимость теплового эффекта от температуры.
8. Закон Кирхгофа.
9. Что такое химический потенциал?
10. Пояснить физический смысл химического потенциала.
11. Второй закон термодинамики в термохимии
12. Что такое изохорно-изотермический изобарно-изотермический потенциалы?
13. Показать уравнение Гиббса-Гельмгольца.
14. Дать определение степени диссоциации.
15. Тепловая теорема Нернста.

Комплект тестированных заданий представлен в базе ИжГСХА, выполнен в программе Testoffice - 220 тестовых заданий и <http://moodle.izhgsha.ru> – 190 тестовых задания.

в) для промежуточной аттестации (ПрАт):

1. Какими термодинамическими параметрами характеризуется состояние рабочего тела. Укажите связь между этими параметрами.
2. Что такое работа и теплота термодинамического процесса?
3. Сформулируйте первый закон термодинамики. Объясните физическую сущность величин, входящих в уравнение первого закона термодинамики.
4. Дайте определение теплоемкости. Какие виды теплоемкостей существуют?
5. Выведите уравнение Майера.
6. Что такое энтальпия? Выразите первый закон термодинамики через энтальпию.
7. Приведите формулировки второго закона термодинамики. По каким причинам невозможно построение вечного двигателя?
8. Что понимают под энтропией? Физический смысл энтропии.
9. Поясните принцип возрастания энтропии. Что такое «энтропийный капкан»?
10. Что такое термодинамический потенциал, характеристическая функция?
11. Изобразите термодинамический цикл тепловой машины. Что понимают под коэффициентом полезного действия, холодильным коэффициентом?
12. Сформулируйте теорему Карно. Изобразите термодинамические диаграммы прямого и обратного цикла Карно.
13. Что такое эксергия? Как определяется эксергия потока вещества? Как определяется эксергия теплоты?
14. Изобразите циклы ДВС с изохорным, изобарным и со смешанным подводом теплоты. Какими параметрами характеризуются эти циклы?
15. Что такое теплота фазовых переходов? Уравнение Клапейрона-Клаузиса.
16. Изобразите процесс парообразования на $p-v$ диаграмме. Поясните характерные зоны, изображенные на диаграмме.
17. Как определяются параметры пара в различных состояниях (кипящая жидкость, влажный насыщенный пар, сухой насыщенный пар, перегретый пар)?
18. Показать термодинамические диаграммы водяного пара, термодинамические процессы. Как определяются параметры (теплота, работа, внутренняя энергия) процессов?
19. Как определяются параметры влажного воздуха с помощью $i-d$ -диаграммы?
20. Покажите процессы нагрева, охлаждения, осушения и увлажнения влажного воздуха в $i-d$ -диаграмме.

Вопросы к зачету

1. Основные понятия технической термодинамики. Термодинамическая система. Термодинамическое состояние. Термодинамический процесс.
2. Параметры состояния. Уравнение состояния.
3. Работа расширения, техническая работа, внутренняя энергия и теплота термодинамического процесса.
4. Теплоемкость. Виды теплоемкости. Связь между массовой, мольной и объемной; изобарной и изохорной, истинной и средней теплоемкостями.
5. Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Кажущаяся молярная масса. Газовая постоянная смеси.
6. Первый закон термодинамики. Формулировка и математическое выражение. Физическая сущность величин, входящих в уравнение 1-го начала термодинамики.
7. Уравнение Майера. Физический смысл газовой постоянной.
8. Энтропия. Физический смысл. Принцип возрастания энтропии. Формулы для вычислений.
9. Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Математическое выражение.
10. Прямой цикл Карно. КПД цикла. Его изображение в pV и TS - координатах.
11. Обратный цикл Карно. Его изображение в pV и TS - координатах. Коэффициент преобразования энергии и холодильный коэффициент.
12. Энтальпия. Физический смысл и математическое выражение для вычисления энтальпии. Формулировка 1-го закона термодинамики через энтальпию.
13. Эксергетический метод термодинамического анализа. Эксергия рабочего тела. Эксергия теплоты.
14. Характеристические функции и их свойства. Определение параметров состояния.
15. Термодинамические потенциалы. Энергия Гельмгольца. Энергия Гиббса. Уравнение Гиббса-Геймгольца.
16. Дифференциальные уравнения состояния термодинамических систем. Уравнения Максвелла.
17. Задачи и методика исследования термодинамических процессов идеального газа.
18. Частные случаи политропных процессов ($p=\text{const}$, $v=\text{const}$, $T=\text{const}$, $s=\text{const}$).
19. Анализ политропного процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в pV и TS - координатах.
20. Политропная теплоемкость, показатель политропы связь между ними. Определение показателя политропы по параметрам в двух точках ТДП.
21. Анализ изотермического процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в pV и TS - координатах.
22. Анализ изобарного процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в pV и TS - координатах.
23. Анализ изохорного процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в pV и TS - координатах.
24. Анализ адиабатного процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в pV и TS - координатах.
25. Реальные газы. Условия фазового равновесия. Теплота фазовых переходов.
26. Термодинамические диаграммы реальных газов. Уравнение Клапейрона Клаузиуса.
27. Особенности поведения реальных газов. Уравнения состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
28. Процесс парообразования. Степень сухости пара. Параметры кипящей воды, влажного насыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара.
29. Процесс парообразования в диаграммах $p-V$, $T-S$, $I-S$ для воды и водяного пара.
30. Теплота парообразования. Первый закон термодинамики для парообразования. Расчет термодинамических процессов для водяного пара.
31. Влажный воздух. Термодинамические характеристики. Диаграмма состояния влажного воздуха. Определение параметров влажного воздуха с помощью диаграммы.

32. Процессы изменения состояния влажного воздуха в $i-d$ диаграмме
33. Процессы изменения состояния влажного воздуха в $i-d$ диаграмме. Процесс смешения. Процессы кондиционирования.

Вопросы к экзамену

1. Термодинамика потока. Основные определения. Уравнения неразрывности.
2. Термодинамика потока. Основные определения. Уравнение импульсов.
3. Уравнение первого закона термодинамики для потока.
4. Уравнение энергии потока. Работа проталкивания и располагаемая работа.
5. Скорость звука, максимальная и критическая скорости потока.
6. Условия перехода потока из дозвукового течения в сверхзвуковое. Сопло и диффузор.
7. Статические параметры и параметры торможения. Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения
8. Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения. Критическое отношение давлений.
9. Истечение из сопел. Истечение из суживающихся сопел.
10. Истечение из сопел. Истечение из сопла Лаваля.
11. Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля- Томпсона. Температура инверсии. Кривая инверсии.
12. Циклы компрессоров. Цикл одноступенчатого компрессора.
13. Циклы компрессоров. Цикл многоступенчатого компрессора.
14. Цикл Д.В.С. с подводом теплоты при $V=\text{const}$.
15. Цикл Д.В.С. с подводом теплоты при $P=\text{const}$.
16. Цикл Д.В.С. с комбинированным подводом теплоты.
17. Циклы газотурбинных установок. Цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты
18. Циклы газотурбинных установок. Цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты.
19. Регенеративные циклы ГТУ.
20. Циклы паросиловых установок. Цикл Карно.
21. Цикл Ренкина. КПД цикла. Схема паросиловой установки.
22. Цикл паросиловой установки со вторичным перегревом пара.
23. Циклы паротурбинных установок. Регенеративный цикл.
24. Эксергетический анализ цикла ПТУ.
25. Циклы холодильных установок. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность. Цикл воздушной холодильной установки.
26. Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки.
27. Пароэжекторные и абсорбционные холодильные машины.
28. Основы химической термодинамики. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса.
29. Тепловой эффект химической реакции при $p=\text{const}$ и $V=\text{const}$. Закон Кирхгофа.
30. Химический потенциал. Физический смысл химического потенциала.

Рекомендуемый перечень вопросов для вынесения на междисциплинарный итоговый государственный экзамен:

1. Первый закон термодинамики. Формулировка и математические выражения.
2. Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Математическое выражение.
3. Прямой цикл Карно. КПД цикла. Его изображение в PV и TS - координатах.
4. Частные случаи политропных процессов ($p=\text{const}$, $v=\text{const}$, $T=\text{const}$, $s=\text{const}$).
5. Термодинамические процессы реальных газов. Уравнение Клапейрона - Клаузиса.
6. Процесс парообразования. Степень сухости пара. Параметры кипящей воды, влажного насыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара.

7. Влажный воздух. Определение параметров влажного воздуха с помощью диаграммы. Процессы изменения состояния влажного воздуха в i-d диаграмме
8. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Работа проталкивания и располагаемая работа.
9. Истечение из сопел. Истечение из суживающихся сопел. Истечение из сопла Лаваля.
10. Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томпсона.
11. Циклы компрессоров.
12. Циклы Д.В.С.
13. Циклы газотурбинных установок.
14. Цикл Ренкина для ПТУ.
15. Циклы холодильных установок.

6.2 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

1. Рабочая программа дисциплины «Техническая термодинамика».
2. Артамонова Л.П. Техническая термодинамика. Учебно-методическое пособие к выполнению РГР. Изд.2, переработанное - Ижевск, РИО ФГБОУ ВО ИжГСХА, 2016 – 51с.
3. Лекомцев П.Л., Артамонова Л. П., Дресвянникова Е.В. Теплотехника. Учебно-методическое пособие к лабораторным работам. Изд.2, переработанное -Ижевск, РИО ФГОУ ВПО ИжГСХА, 2016 -100с.
4. Артамонова Л.П. Техническая термодинамика. Онлайн-курс.
<http://moodle.izhgsha.ru/course/view.php?id=135>

**7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
«Техническая термодинамика»**

7.1 Основная литература

п/п	Наименование	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экзemplяров	
				в библиотеке	на кафедре
1	Скаков С.В. Техническая термодинамика: курс лекций.-Липецк: ЛГТУ, 2014- 113с.	все	3,4	ЭБС Руконт http://rukont.ru/edf/336123	
2	Ануфриенко О. С. Техническая термодинамика и теплообмен [Электронный ресурс]: учебное пособие, - Орск: Изд-во Орского гуманитарно-технологического института, 2011. – 266 с.	все	3,4	ЭБС Руконт http://rucont.ru/efd/233740	
3	Шадрина Е. М., Кувшинова А. С. Техническая термодинамика и теплотехника. Термодинамические процессы идеальных газов [Электронный ресурс]: учебное пособие, - Иваново: , 2011. – 84 с.	все	3,4	ЭБС Руконт http://rucont.ru/efd/142163	
4	Амирханов Д.Г. Основы технической термодинамики.-Казань: КГТУ, 2006-192с.	все	3,4	ЭБС Руконт http://rukont.ru/edf/229710	

7.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экзemplяров	
				в библиотеке	на кафедре
1	Кудинов В. А., Карташов Э. М. Техническая термодинамика: учеб. пособие для вузов, - Издание Изд. 4-е, стер - М.: Высш. шк., 2005. - 256 с.	все	3,4	98	-
2	Артамонова Л.П. Техническая термодинамика. Учебно-методическое пособие к выполнению РГР. Изд.2, переработанное- Ижевск, РИО ФГБОУ ВО ИЖГСХА, 2016 – 51с.	все	3,4	http://portal.izhgsha.ru	

7.3 Перечень интернет-ресурсов

1. Сайт Министерство энергетики Российской Федерации <http://minenergo.gov.ru/>
2. Сайт газеты «Энергетика и промышленность России» <http://www.eprussia.ru/>
3. Интернет портал ФГБОУ ВО «Ижевская ГСХА» <http://portal.izhgsha.ru>

7.4 Методические указания по освоению дисциплины

Перед изучением дисциплины студенту необходимо ознакомиться с рабочей программой дисциплины, размещенной на портале и просмотреть основную литературу, приведенную в рабочей программе в разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины». Книги, размещенные в электронно-библиотечных системах доступны из любой точки, где имеется выход в «Интернет», включая домашние компьютеры и устройства, позволяющие работать в сети «Интернет». Если выявили проблемы доступа к указанной литературе, обратитесь к преподавателю (либо на занятиях, либо через портал академии).

Для изучения дисциплины необходимо иметь чистую тетрадь для выполнения заданий. Перед началом занятий надо бегло повторить материал из курсов дисциплин «Математика», «Физика», «Химия».

Для эффективного освоения дисциплины рекомендуется посещать все виды занятий в соответствии с расписанием и выполнять все домашние задания в установленные преподавателем сроки. В случае пропуска занятий по уважительным причинам, необходимо подойти к преподавателю и получить индивидуальное задание по пропущенной теме.

Полученные знания и умения в процессе освоения дисциплины студенту рекомендуется применять для решения своих задач, не обязательно связанных с программой дисциплины.

Владение компетенциями дисциплины в полной мере будет подтверждаться Вашим умением решать конкретные задачи по разработке и проектированию электротехнологических установок и процессов, а также выявлять существующие проблемы.

Полученные при изучении дисциплины знания, умения и навыки рекомендуется использовать при выполнении выпускной квалификационной работы, а также на производственной практике.

7.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Изучение дисциплины подразумевает использование информационных технологий:

- Поиск информации в глобальной сети Интернет
- Работа в электронно-библиотечных системах
- Работа в ЭИОС вуза (работа с порталом и онлайн-курсами в системе moodle.izhgsha.ru)
- Мультимедийные лекции
- Работа в компьютерном классе
- Компьютерное тестирование

При изучении учебного материала используется комплект лицензионного программного обеспечения следующего состава:

1. Операционная система: Microsoft Windows 10 Professional. Подписка на 3 года. Договор № 9-БД/19 от 07.02.2019. Последняя доступная версия программы. Astra Linux Common Edition. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.
2. Базовый пакет программ Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint). Microsoft Office Standard 2016. Бессрочная лицензия. Договор №79-ГК/16 от 11.05.2016. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №0313100010014000038-0010456-01 от 11.08.2014. Microsoft Office Standard 2013. Бессрочная лицензия. Договор №26 от 19.12.2013. Microsoft Office Professional Plus 2010. Бессрочная лицензия. Договор №106-ГК от 21.11.2011. Р7-Офис. Договор №173-ГК/19 от 12.11.2019 г.
3. Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «Консультант плюс». Соглашение № ИКП2016/ЛСВ 003 от 11.01.2016 для использования в учебных целях бессрочное. Обновляется регулярно. Лицензия на все компьютеры, используемые в учебном процессе.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к следующим современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам:

Информационно-справочная система (справочно-правовая система) «Консультант-Плюс».

«1С:Предприятие 8 через Интернет для учебных заведений» (<https://edu.1cfresh.com/>) со следующими приложениями: 1С: Бухгалтерия 8, 1С: Управление торговлей 8, 1С:ERP Управление предприятием 2, 1С: Управление нашей фирмой, 1С: Зарплата и управление персоналом. Облачный сервис.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА»

<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: переносной компьютер, проектор, доска, экран.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (практических занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: компьютеры с необходимым программным обеспечением, выходом в «Интернет» и корпоративную сеть.</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (лабораторных занятий). Аудитория, укомплектованная специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: переносной ноутбук, лабораторное оборудование: стенд "Установка для испытания поршневого компрессора"; стенд "Установка для исследования параметров воздуха"; стенд "Установка для определения теплоемкости воздуха"; стенд "Изучение процесса конвективной сушки".</p>
<p>Помещение для самостоятельной работы. Помещение оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.</p>
<p>Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования</p>

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации студентов
по итогам освоения дисциплины

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Направление подготовки *«Теплоэнергетика и теплотехника»*

Профиль подготовки *«Энергообеспечение предприятий»*

Квалификация выпускника – *бакалавр*

Форма обучения – *очная, заочная*

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Цель промежуточной аттестации - проверка степени усвоения студентами учебного материала за время изучения дисциплины, уровня сформированности компетенций после завершения изучения дисциплины.

Студенту необходимо представить отчеты по выполненным лабораторным работам и расчетно-графическим работам.

Аттестация проходит в форме зачета и экзамена. При полностью выполненных заданиях и ответах на вопросы студент может получить максимальную оценку «отлично».

Задачи промежуточной аттестации:

1. определение уровня усвоения учебной дисциплины;
2. определение уровня сформированности элементов профессиональных компетенций.

ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

№ п/п	Наименование раздела учебной дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства для проверки знаний (1-й этап)	Оценочные средства для проверки умений (2-й этап)	Оценочные средства для проверки владений (навыков) (3-й этап)
1.	Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы	ОПК-2	п. 3.1.1	п. 3.2.1	п. 3.3.1
2.	Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.	ОПК-2	п. 3.1.2	п. 3.2.2	п. 3.3.2
3.	Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики	ОПК-2	п. 3.1.3	п. 3.2.3	п. 3.3.3
4	Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов	ОПК-2	п. 3.1.4	п. 3.2.4	п. 3.3.4
5	Модуль 5. Влажный воздух	ОПК-2	п. 3.1.5	п. 3.2.5	п. 3.3.5
6	Модуль 6 Истечение газов и паров	ОПК-2	п. 3.1.6	п. 3.2.6	п. 3.3.6
7	Модуль 7. Циклы компрессоров	ОПК-2	п. 3.1.7	п. 3.2.7	п. 3.3.7
8	Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания	ОПК-2	п. 3.1.8	п. 3.2.8	п. 3.3.8
9	Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.	ОПК-2	п. 3.1.9	п. 3.2.9	п. 3.3.9
10	Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов	ОПК-2	п. 3.1.10	п. 3.2.10	п. 3.3.10
11	Модуль 11. Основы химической термодинамики	ОПК-2	п. 3.1.11	п. 3.2.11	п. 3.3.11

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Перечень профессиональных компетенций и этапы их формирования

Но- мер/индекс компетен- ции	Содержание компе- тенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
		Знать(1 этап)	Уметь (2 этап)	Владеть (3 этап)
ОПК-2	способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	базовыми знаниями в области естественнонаучных дисциплин, методами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; способностью применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Бакалавр должен быть готов к выполнению задач по следующим видам деятельности:

- участие в монтажных, пусконаладочных работах, предварительных испытаниях, опытной эксплуатации и приемке (сдаче) в эксплуатацию энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования;
- участие в работах по освоению и доводке технологических процессов в ходе подготовки производства продукции;
- участие в проверке технического состояния и остаточного ресурса оборудования, организации профилактических осмотров и текущего ремонта;
- расчет и проектирование деталей и узлов в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования;
- контроль соблюдения норм расхода топлива и всех видов энергии;
- организация метрологического обеспечения технологических процессов;
- обслуживание технологического оборудования.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть основными требованиями, характеризующими профессиональную деятельность бакалавров.

Знать:

- закономерности основных термодинамических процессов с идеальным и реальным газами;

- законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты;
- особенности и методы расчета термодинамических процессов и циклов теплоэнергетических, теплонасосных и холодильных установок;
- методы оценки эффективности термодинамических процессов и циклов теплоэнергетических, теплонасосных и холодильных установок
- принципы оптимизации энерготехнологических систем.

Уметь:

- определять термодинамические параметры и теплофизические свойства различных веществ;
- пользоваться термодинамическими методами повышения эффективности использования подводимой энергии;
- вычислять показатели энергетической эффективности прямых и обратных термодинамических циклов;
- проводить термодинамический анализ циклов и процессов в теплосиловых машинах, тепловых насосах, холодильных машинах и высокотемпературных технологиях с целью оптимизации их рабочих характеристик.

Владеть:

- основами термодинамического анализа рабочих процессов в теплосиловых машинах, определения параметров их работы, тепловой эффективности;
- методами эффективного применения теплоты, энергосберегающими технологиями;
- современными методами расчета о термодинамических свойствах веществ, используемых в тепловых технологиях;
- основными методами измерений, обработки результатов и оценки погрешностей измерений.

2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

Сформированность каждой компетенции в рамках освоения дисциплины оценивается по шкале:

- *удовлетворительно*, является обязательным для всех обучающихся по завершении освоения дисциплины;
- *хорошо*, характеризуется превышением минимальных характеристик сформированности компетенции по завершении освоения дисциплины;
- *отлично*, характеризуется максимально возможной выраженностью компетенции и является важным качественным ориентиром для самосовершенствования.

Для оценки сформированности компетенций в рамках дисциплины в целом, преподавателем оценивается содержательная сторона и качество материалов, приведенных в ответах студента на экзаменационные вопросы, решение задач, а также результаты участия в научной работе, олимпиадах и конкурсах.

Показателями уровня освоенности компетенций на всех этапах их формирования являются:

1-й этап (уровень знаний):

- Умение отвечать на основные вопросы и тесты на уровне понимания сути – удовлетворительно (3).
- Умение грамотно рассуждать по теме задаваемых вопросов – хорошо (4)
- Умение формулировать проблемы по сути задаваемых вопросов – отлично (5)

2-й этап (уровень умений):

- Умение решать простые задачи с незначительными ошибками - удовлетворительно (3).
- Умение решать задачи средней сложности – хорошо (4).

- Умение решать задачи повышенной сложности, самому ставить задачи – отлично (5).

3-й этап (уровень владения навыками):

- Умение формулировать и решать задачи из разных разделов с незначительными ошибками - удовлетворительно (3).
- Умение находить проблемы, решать задачи повышенной сложности – хорошо (4).
- Умение самому ставить задачи, находить недостатки и ошибки в решениях – отлично (5).

Критерии оценивания уровня освоенности компетенций на всех этапах их формирования при проведении экзамена определяются по четырехбалльной системе: «*отлично*», «*хорошо*», «*удовлетворительно*», «*неудовлетворительно*».

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

3.1 Типовые задания для оценки знаний, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (1-й этап)

3.1.1 Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы

1. Термодинамическое равновесие. Неравновесные состояния и процессы. Термодинамическая система. Термодинамический процесс. Обратимые и необратимые процессы.
2. Параметры состояния термодинамической системы. Основное уравнение состояния идеального газа.
3. Смеси идеальных газов. Способы задания состава смеси. Закон Дальтона для смеси.
4. Виды энергии. Первое начало термодинамики.
5. Теплоёмкость системы. Массовая, объёмная и молярная теплоёмкость. Теплоёмкость при постоянном объёме и давлении. Уравнение Майера.

3.1.2 Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.

1. Термодинамические циклы: прямые и обратные, обратимые и необратимые. Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя
2. Второе начало термодинамики. Основные формулировки закона. Вечный двигатель первого и второго рода. Энтропия.
3. Прямой цикл Карно и его КПД. Обратный цикл Карно и его холодильный коэффициент. Теорема Карно.
4. Эксергия как мера работоспособности системы. Уравнение Гюи-Стодолы. Эксергический анализ. Эксергетический КПД.
5. Термодинамические процессы изменения состояния идеальных газов.

3.1.3 Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики

1. Термодинамические потенциалы и их смысл.
2. Соотношения Максвелла. Уравнения Гиббса-Гельмгольца
3. Основные дифференциальные уравнения термодинамики. Связь между термическими и calorическими величинами.
4. Энергии Гиббса и Гельмгольца и их свойства. Уравнения Максвелла.
5. Физический смысл изохорно-изотермического потенциала.

3.1.4 Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов

1. Реальные газы. Качественные особенности реальных газов. Фазовые переходы. Теплота фазового перехода. Клапейрона – Клаузиуса.
2. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса. Критические параметры.
3. Пары. Характерные состояния воды и водяного пара. Получение пара.

4. TS- диаграмма состояний воды и водяного пара. HS- диаграмма состояний воды и водяного пара.

5. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Термодинамические свойства жидкостей. Термодинамические свойства паров. Теплота парообразования.

3.1.5 Модуль 5. Влажный воздух

1. Абсолютная и относительная влажность. Температура точки росы. Влагосодержание. Газовая постоянная и плотность влажного воздуха.

2. *H-d*-диаграмма влажного воздуха.

3. Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение, нагрев, испарение, увлажнение) и др.

4. Смешение потоков воздуха. Параметры смеси.

5. Сушка нагретым воздухом. Изменение параметров воздуха при сушке.

3.1.6 Модуль 6. Истечение газов и паров

1. Уравнение первого закона термодинамики для потока.

2. Адиабатное истечение газа. Истечение капельной жидкости. Условия перехода потока из дозвукового течения в сверхзвуковое.

3. Соотношение между статической температурой и температурой торможения, статическим давлением и давлением торможения. Критическое отношение давлений

4. Адиабатное течение с трением. Коэффициенты скорости и потери энергии.

5. Дросселирование идеального газа. Температура инверсии. Кривая инверсии.

3.1.7 Модуль 7. Циклы компрессоров

1. Классификация компрессоров и принцип действия. Полная работа, затраченная на привод компрессора.

2. Изотермическое, адиабатное и политропное сжатие.

3. Многоступенчатый компрессор. Оптимальное распределение давлений по ступеням.

4. Эксергетический, внутренний относительный, изотермический КПД компрессора.

3.1.8 Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания

1. Теоретический и действительный циклы двигателей. Методы анализа циклов. Обратимые и необратимые циклы.

2. Относительный внутренний КПД цикла. Термодинамические и эксергетические КПД циклов двигателей внутреннего сгорания.

3. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Циклы с подводом тепла при постоянном давлении, при постоянном объеме, со смешанным подводом тепла.

4. Циклы газотурбинных двигателей и установок. Схема и цикл газотурбинной установки с подводом тепла при постоянном давлении, при постоянном объеме.

5. Действительный цикл газотурбинной установки и система КПД для оценки потерь в ней. Закрытые циклы газотурбинных установок.

3.1.9 Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.

1. Циклы паротурбинных установок. Принципиальная схема и теоретический цикл ПТУ, цикл Карно, цикл Ренкина .

2. Промежуточный перегрев пара и причины его применения. Принципиальная схема паросиловой установки. Схема ПТУ с промежуточным перегревом.

3. Регенеративные циклы. Термический КПД регенеративного цикла. Действительный цикл ПТУ.

4. Комбинированные циклы. Преимущества и недостатки водяного пара как рабочего тела. Бинарный цикл и его КПД. Парогазовый цикл и его КПД.

5. Уравнение теплового и эксергетического балансов, основные элементы балансов.

3.1.10 Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов

1. Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент. Требования, предъявляемые к рабочим телам холодильных установок.

2. Схема и теоретический цикл газовой холодильной установки. Цикл Лоренца.

3. Принципиальная схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки. Рабочие тела. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность.

4. Пароэжекторная холодильная установка. Абсорбционная холодильная установка. Принципиальные схемы и изображение циклов в $p-v$, и $T-s$ -диаграммах.
5. Принципиальная схема теплового насоса. Понятие о коэффициенте теплоиспользования. Коэффициент использования энергии.

3.1.11 Модуль 11. Основы химической термодинамики

1. Первый закон термодинамики в термохимии. Тепловой эффект реакции.
2. Закон Гесса и его следствия. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.
3. Закон Кирхгофа. Стандартный тепловой эффект.
4. Изохорно-изотермический потенциал (энергия Гельмгольца), изобарно-изотермический потенциал (энергия Гиббса). Уравнение Гиббса-Гельмгольца.

3.2 Типовые задания для оценки умений, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (2-й этап)

3.2.1 Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы

1. Применение уравнения состояния идеального газа для расчета параметров состояния.
2. Определение кажущейся молекулярной массы смеси, газовой постоянной смеси.
3. Определение работы и теплоты через термодинамические параметры состояния.
4. Применение уравнения Майера для расчета теплоемкостей в различных процессах.
5. Анализ термодинамических процессов и циклов в PV - диаграмме.

3.2.2 Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.

1. Анализ термодинамических процессов и циклов в $T-s$ -диаграмме.
2. Расчет термического коэффициента полезного действия
3. Использование энтропийный метод расчета потерь энергии необратимых процессов.
4. Анализ идеального цикла тепловой установки, расчет максимального КПД.
5. Эксергический анализ тепловых установок.
6. Определение показателя политропы и теплоемкости политропного процесса. Определение теплоты и работы процесса.

3.2.3 Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики

1. Использование термодинамических потенциалов для расчета параметров состояния.
2. Расчет теплоемкости с помощью соотношений Максвелла.
3. Связь между термическими и калорическими величинами в переменных v , T и p , T .
4. Решение основных дифференциальных уравнений термодинамики.
5. Применение фазовых pT - и $p-v$ - диаграмм.

3.2.4 Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов

1. Применение уравнения Клапейрона – Клаузиуса для расчета процессов фазового перехода.
2. Применение уравнения Ван-дер-Ваальса для расчета параметров состояния реальных газов..
3. Определение параметров состояния и процессов с помощью термодинамических таблиц и HS -диаграммы.
4. Расчет термодинамических свойств паров, определение теплоты парообразования.
5. Анализ термодинамических процессов водяного пара. Изображение ТДП в PV -, TS -, HS - диаграммах.

3.2.5 Модуль 5. Влажный воздух

1. Определение параметров процессов с помощью $H-d$ -диаграмма.
2. Расчет статики процесса сушки влажных материалов воздухом.
3. Расчет процессов смешивания потоков воздуха.
4. Анализ термодинамических процессов влажного воздуха. Изображение ТДП в id - диаграмме.

3.2.6 Модуль 6. Истечение газов и паров

1. Расчет процессов истечения и дросселирования газов и паров.
2. Расчет максимальной и критической скорости потока, массового расхода газа при истечении.
3. Расчет комбинированного сопла Лавалья.
4. Использование соотношений между статическими параметрами и параметрами торможения для расчета процесса истечения из суживающих сопел.

5. Определение потерь эксергии потока при дросселировании.

3.2.7 Модуль 7. Циклы компрессоров

1. Термодинамический анализ процессов в компрессорах
2. Определение эффективной мощности, затрачиваемой на привод компрессора и отводимой при охлаждении теплоты.
3. Определение оптимального распределения давлений по ступеням.
4. Изображение в p - v - и T - s -диаграммах процессов в компрессорах для многоступенчатого сжатия.
5. Расчет потерь энергии и эксергетический КПД компрессора.

3.2.8 Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания

1. Расчет термодинамических и эксергетических КПД циклов двигателей внутреннего сгорания.
2. Сравнительный анализ термодинамических циклов.
3. Изображение циклов в PV и TS диаграммах.
4. Методы повышения КПД циклов газотурбинных установок.
5. Определение параметров в характерных точках циклов, теплоты, работы цикла.

3.2.9 Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.

1. Изображение циклов в PV , TS и HS диаграммах.
2. Эксергетический анализ циклов паросиловых установок. Термодинамический анализ циклов.
3. Определение параметров в характерных точках цикла с помощью термодинамических таблиц и HS - диаграммы.
4. Расчет бинарных циклов.
5. Определение влияния начальных и конечных параметров на термический КПД цикла Ренкина.

3.2.10 Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов

1. Расчет циклов воздушных холодильных машин.
2. Расчет циклов пароконденсационных холодильных машин.
3. Изображение циклов в p - v , и T - s -диаграммах.
4. Использование термодинамических таблиц для расчета холодильных машин.

3.2.11 Модуль 11. Основы химической термодинамики

1. Расчет тепловых эффектов химических реакций.
2. Определение высшей и низшей теплоты сгорания топлива.
3. Применение закона Гесса для расчета реакций образования продуктов реакции и реакций распада

3.3 Типовые задания для оценки навыков, приобретаемых в ходе изучения дисциплины (3-й этап)

3.3.1 Модуль 1. Техническая термодинамика и ее законы

1. Баллон с гелием при давлении $P_1=6,5 \cdot 10^6$ Па и температуре $t_1=-3$ °С имеет массу $m_1=21$ кг, а при давлении $P_2=2 \cdot 10^6$ Па и той же температуре массу $m_2=20$ кг. Какую массу гелия содержит баллон при давлении $P=1,5 \cdot 10^7$ Па и температуре $t=27$ °С?
2. В цилиндре под поршнем площади $S=100$ см² находится $m=28$ г азота при температуре $T_1=273$ К. Цилиндр нагревается до температуры $T_2=373$ К. На какую высоту Δh поднимется поршень массы $M=100$ кг? Атмосферное давление $P_0=10^5$ Па.
3. Воздух (приблизительно считая, что он является смесью только азота и кислорода) имеет следующий объемный состав: $\tau_{N_2} = 79,0\%$ $\tau_{O_2} = 21,0\%$. Определить весовые доли азота и кислорода в воздухе; вычислить газовую постоянную и кажущийся молекулярный вес воздуха.

3.3.2 Модуль 2. Круговые процессы. Второй закон термодинамики.

1. Найти приращение энтропии 3 кг воздуха; а) при нагревании его по изобаре от 0 до 400⁰С; б) при нагревании его изохоре от 0 до 880⁰С; в) при изотермическом расширении с увеличением объема в 16 раз. Теплоемкость считать постоянной.

2. В процессе политропного расширения воздуха температура его уменьшилась от $t_1=25^{\circ}\text{C}$ до $t_2=-37^{\circ}\text{C}$. Начальное давление воздуха $p_1=0,4$ МПа, количество его $M=2$ кг. Определить изменение энтропии в этом процессе, если известно, что количество подведенной теплоты составляет 89,2 кДж.

3. 1 кг воздуха совершает цикл Карно между температурами $t_1=327^{\circ}\text{C}$ и $t_2=27^{\circ}\text{C}$; наивысшее давление при этом составляет 2 МПа, а наинизшее – 0,12 МПа. Определить параметры состояния воздуха в характерных точках, работу, термический КПД цикла и количество подведенной и отведенной теплоты.

3.3.3 Модуль 3. Дифференциальные уравнения термодинамики

1. Доказать, что для идеального газа

$$\left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_p = -S - R \quad \text{и} \quad \left(\frac{\partial F}{\partial p}\right)_T = -V$$

2. Определить работу, теплоту, изменение энтальпии, изменение внутренней энергии, изменение энтропии, изменение изохорно-изотермического потенциала, изменение изохорного потенциала при изотермическом расширении 1 моля идеального газа от $p_1 = 0,1$ МПа до $p_2=0,05$ МПа при температуре 1000 К.

3. Определить максимальную работу 1 м³ воздуха при давлении $p=10$ МПа и температуре $T_1=300$ К, давление внешней среды $p_0=0,1$ МПа и температура $T=300$ К.

3.3.4 Модуль 4. Основные термодинамические процессы реальных газов

1. Водяной пар с начальным давлением $p_1=5$ МПа и начальной температурой $t_1=350^{\circ}\text{C}$ расширяется адиабатно до давления $p_2=0,01$ МПа. Определить параметры пара в начальном и конечном состоянии, количество отведенной теплоты от пара, изменение внутренней энергии и работу расширения. Изобразить тепловой процесс в is-диаграмме.

2. Перегретый водяной пар с начальным давлением $P_1= 0,1$ МПа и начальной температурой $t_1=230^{\circ}\text{C}$ сжимается изотермически до степени сухости $x_2=0,85$. Определить параметры пара в начальном и конечном состояниях, количество отведенной теплоты от пара, изменение внутренней энергии и работу сжатия. Изобразить процесс в is-диаграмме.

3. Влажный пар с начальным давлением $p_1= 6$ МПа и степенью сухости $x=0,9$ расширяется изотермически до давления $p_2=0,5$ МПа. Определить параметры пара в начальном и конечном состояниях, изменение внутренней энергии, количество переданной теплоты пару и работу расширения. Изобразить тепловой процесс в is-диаграмме.

3.3.5 Модуль 5. Влажный воздух

1. Воздух, имеющий параметры: $\varphi =40\%$, $t= 22^{\circ}\text{C}$ и расход 1000 кг/час нагревается в поверхностном теплообменнике до $t=38^{\circ}\text{C}$. Определить энтальпию и относительную влажность воздуха после нагрева и полный расход теплоты. Изобразить процесс в id – диаграмме влажного воздуха.

2. Воздух с параметрами: $\varphi= 40\%$, $t= 22^{\circ}\text{C}$ охлаждается в поверхностном теплообменнике до $t = 5^{\circ}\text{C}$. Определить количество отведенной теплоты и отведенной влаги, если расход воздуха составляет 1000 кг/час. Изобразить процесс в id – диаграмме влажного воздуха.

3. 1 кг воздуха потока А с параметрами: $\varphi= 50\%$, $d= 5$ г/кг смешивается с 4 кг воздуха потока В с параметрами: $i= 48$ кДж/кг, $t =20^{\circ}\text{C}$. Определить параметры смешанного воздуха. Изобразить процесс в id- диаграмме

3.3.6 Модуль 6. Истечение газов и паров

1. Воздух из резервуара с постоянным давлением $P_1 =1$ МПа и температурой $t_1 = 15^{\circ}\text{C}$ вытекает в атмосферу через трубку с внутренним диаметром 10 мм. Найти скорость истечения воздуха и его секундный массовый расход. Атмосферное давление принять равным 0,1 МПа. Процесс расширения считать адиабатным.

2. В резервуаре, заполненном кислородом, поддерживается давление $P_1=5$ МПа. Газ вытекает через суживающее сопло в среду с давлением 4 МПа. Начальная температура кислорода 100°C . Определить скорость истечения и расход газа, если площадь выходного сечения $f=20$ мм². Процесс расширения считать адиабатным.

3. В резервуаре, заполненном азотом, поддерживается давление $P_1=2$ МПа. Газ вытекает через

суживающее сопло в атмосферу с давлением 0,1 МПа. Начальная температура азота 80°C . Определить скорость истечения и расход газа, если площадь выходного сечения $f=10\text{ мм}^2$. Процесс расширения считать адиабатным.

3.3.7 Модуль 7. Циклы компрессоров

1. Определить экономию в работе, полученную за счет перехода от одноступенчатого к двухступенчатому адиабатическому сжатию воздуха в поршневом компрессоре без вредного объема. Начальное давление $p_1=0,98\cdot 10^5\text{ н/м}^2$, температура $t_1=17^{\circ}\text{C}$. Конечное давление $p_2=9,8\cdot 10^5\text{ н/м}^2$.

2. В результате уменьшения расхода воды, охлаждающей цилиндр компрессора, температура сжатого воздуха на выходе из компрессора возрастает от 100 до 150°C . Начальная температура воздуха остается постоянной и равной 17°C . Давление сжатого воздуха $p_2=4,5\text{ кг/см}^2$, начальное давление $p_1=1\text{ кг/см}^2$. Как изменится затрачиваемая мощность?

3. Поршневой компрессор должен подавать в течение часа 100 м^3 воздуха при давлении 5 бар и температуре 20°C и 20 м^3 при давлении 75 бар и той же температуре. Определить число ступеней компрессора, его мощность, расход воды в холодильниках при ее нагреве на 13° ; показатель политропы принять $\pi=1,28$; начальное состояние воздуха: давление 1 бар, температура $t=15^{\circ}\text{C}$.

3.3.8 Модуль 8. Циклы двигателей внутреннего сгорания

1. Для цикла с подводом тепла в процессе $p=\text{const}$ определить полезную работу и термический к. п. д., если $p_1=1\text{ кг/см}^2$; $t_1=60^{\circ}\text{C}$; $\varepsilon=14$; $k=1,4$; $\rho=1,67$. Рабочее тело обладает свойствами воздуха.

2. Рассчитать полезную работу, совершенную за цикл с подводом тепла в процессе $v=\text{const}$, если известно, что расход топлива составляет 44 г на 1 кг воздуха, $\varepsilon=6$, теплота сгорания топлива $Q_{\text{H}}^{\text{P}}=29\,260\cdot 10^3\text{ дж/кг}$, $k=1,37$.

3. Цикл ГТУ с подводом теплоты при $p=\text{const}$ характеризуется температурами $t_a=37^{\circ}\text{C}$ и $t_z=950^{\circ}\text{C}$; степень сжатия $\pi=5$, а начальное давление равно 1 ат. Сжатие воздуха производится осевым компрессором по адиабате. Определить работу компрессора, полную и полезную работу (работу цикла) турбины и термический к. п. д.

3.3.9 Модуль 9. Циклы паротурбинных установок.

1. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина при следующих параметрах пара: перед турбиной $p_1=90\text{ кг/см}^2$ и $t_1=535^{\circ}\text{C}$; давление в конденсаторе $p_2=0,04\text{ кг/см}^2$. Определить внешнюю работу турбины и питательного насоса, а также термический к. п. д. цикла с учетом и без учета работы насоса и относительную разность этих к. п. д.

2. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина с начальными параметрами $p_1=100\text{ кг/см}^2$ и $t=530^{\circ}\text{C}$. Давление в конденсаторе $p_2=0,04\text{ кг/см}^2$. Определить термический к. п. д. установки и сравнить его с термическим к. п. д. цикла Карно в том же интервале температур.

3. При одинаковой начальной температуре $t_1=500^{\circ}\text{C}$ построить кривую зависимости η_t цикла паротурбинной установки от величины начального давления p_1 приняв его равным 50, 100, 150 и 200 кг/см^2 . Давление в конденсаторе одинаково и равно $p_2=0,04\text{ кг/см}^2$. Учесть работу питательного насоса. Представить циклы в Ts-диаграмме.

3.3.10 Модуль 10. Циклы холодильных машин и тепловых насосов

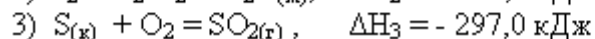
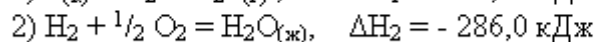
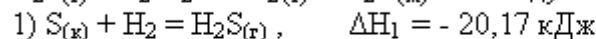
1. Воздушная холодильная машина должна обеспечить температуру в охлаждаемом помещении $t_{\text{охл}}=-5^{\circ}\text{C}$ при температуре окружающей среды $t_0=20^{\circ}\text{C}$. Холодопроизводительность машины $200\,000\text{ ккал/ч}$. Давление воздуха на выходе из компрессора $p_2=5\text{ кг/см}^2$; в холодильной камере $p_1=1\text{ кг/см}^2$. Определить мощность двигателя для привода машины, расход воздуха, холодильный коэффициент и количество тепла, передаваемое окружающей среде. Подсчитать холодильный коэффициент машины, работающей по циклу Карно в том же интервале температур. Представить цикл в Ts-диаграмме.

2. Компрессор аммиачной холодильной установки имеет теоретическую мощность 40 кет . Из компрессора сухой насыщенный пар аммиака при температуре $t_2=25^{\circ}\text{C}$ направляется в конденсатор, после которого жидкость в дроссельном вентиле расширяется. Температура испарения аммиака в охлаждаемой среде $t_1=-10^{\circ}\text{C}$. Определить холодопроизводительность установки.

3. Для отопления зданий может быть использована холодильная установка, в которой нижним источником тепла служит окружающая среда. Этот принцип положен в основу работы теплового насоса. В результате его работы тепло передается источнику тепла с более высокой температурой, чем окружающая среда. Сколько можно получить тепла в час для отопления здания при помощи теплового насоса, если температура окружающей среды $t_0 = -5^\circ\text{C}$, температура нагревательных устройств $t_H = 25^\circ\text{C}$? Мощность двигателя компрессора $N = 15$ кВт. Принять, что установка работает по циклу, изображенному на рис. 15-1. Холодильный агент — аммиак.

3.3.11 Модуль 11. Основы химической термодинамики

1. Рассчитайте тепловой эффект реакции горения сероводорода



2. С помощью термохимического уравнения

$\text{H}_2\text{S}_{(г)} + \frac{3}{2} \text{O}_2 = \text{SO}_2_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(ж)} + 562,8$ кДж определите объем сгоревшего сероводорода, если известно, что в результате реакции выделилось 281,4 кДж теплоты.

3. Рассчитайте ΔH°_{298} химической реакции $\text{Na}_2\text{O}_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(ж)} \rightarrow 2\text{NaOH}_{(г)}$

Контрольная работа

Учебным планом дисциплины «Техническая термодинамика» предусмотрено выполнение двух контрольных работ (заочная форма обучения):

Контрольная работа № 1 включает 6 практических заданий по темам

- Параметры состояния. Уравнение состояния идеального газа,
- Первый закон термодинамики,
- Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах,
- Прямой и обратный циклы Карно,
- Процесс парообразования. Основные параметры водяного пара. Термодинамические процессы водяного пара,
- Термодинамические процессы с влажным воздухом.

Контрольная работа №2 включает 2 задания:

1. Расчет газового цикла

Задан газовый цикл в p - v - координатах. Требуется:

1. Определить параметры p , v , T для основных точек цикла
2. По полученным параметрам построить цикл в масштабе в p - v - и T - s - диаграммах.
3. Найти изменения внутренней энергии, энтальпии, энтропии в каждом процессе.
4. Определить теплоту и работу в каждом процессе
5. Найти работу цикла и полезную теплоту.
6. Определить термический к.п.д. цикла.

2. Расчет цикла паросиловой установки

Задан цикл Ренкина: давление перегретого пара при входе в турбину p_1 температура его t_1 , давление в конденсаторе p_2 . Изобразить цикл в p - v , T - s и i (h)- s - координатах.

Задача решается с помощью термодинамической таблицы и i (h)- s - диаграммы водяного пара.

1. Определить параметры (p, v, T, h, s) в характерных точках цикла Ренкина
2. Определить количество подведенной и отведенной теплоты
3. Определить термический КПД
4. Определить работу при адиабатном расширении пара в турбине.

Порядок выполнения контрольной работы приведен в учебном издании Артамонова Л.П. Техническая термодинамика. Учебно-методическое пособие к выполнению РГР. Изд.2, переработанное - Ижевск, РИО ФГБОУ ВО ИжГСХА, 2016 – 51с.

Вопросы для подготовки к зачету

Основные понятия технической термодинамики. Термодинамическая система. Термодинамическое состояние. Термодинамический процесс.

Параметры состояния. Уравнение состояния.

Работа расширения, техническая работа, внутренняя энергия и теплота термодинамического процесса.

Теплоемкость. Виды теплоемкости. Связь между массовой, мольной и объемной; изобарной и изохорной, истинной и средней теплоемкостями.

Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Кажущаяся молярная масса. Газовая постоянная смеси.

Первый закон термодинамики. Формулировка и математическое выражение. Физическая сущность величин, входящих в уравнение 1-го начала термодинамики.

Уравнение Майера. Физический смысл газовой постоянной.

Энтропия. Физический смысл. Принцип возрастания энтропии. Формулы для вычислений.

Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Математическое выражение.

Прямой цикл Карно. КПД цикла. Его изображение в pV и TS - координатах.

Обратный цикл Карно. Его изображение в pV и TS - координатах. Коэффициент преобразования энергии и холодильный коэффициент.

Энтальпия. Физический смысл и математическое выражение для вычисления энтальпии. Формулировка 1-го закона термодинамики через энтальпию.

Эксергетический метод термодинамического анализа. Эксергия рабочего тела. Эксергия теплоты.

Характеристические функции и их свойства. Определение параметров состояния.

Термодинамические потенциалы. Энергия Гельмгольца. Энергия Гиббса. Уравнение Гиббса-Геймгольца.

Дифференциальные уравнения состояния термодинамических систем. Уравнения Максвелла.

Задачи и методика исследования термодинамических процессов идеального газа.

Частные случаи политропных процессов ($p=\text{const}$, $v=\text{const}$, $T=\text{const}$, $s=\text{const}$).

Анализ политропного процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в pV и TS - координатах.

Политропная теплоемкость, показатель политропы связь между ними. Определение показателя политропы по параметрам в двух точках ТДП.

Анализ изотермического процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в pV и TS - координатах.

Анализ изобарного процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в pV и TS - координатах.

Анализ изохорного процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в pV и TS - координатах.

Анализ адиабатного процесса: уравнение процесса, соотношение параметров, определение теплоты, работы процесса, графики в pV и TS - координатах.

Реальные газы. Условия фазового равновесия. Теплота фазовых переходов.

Термодинамические диаграммы реальных газов. Уравнение Клапейрона_Клаузиса.

Особенности поведения реальных газов. Уравнения состояния реальных газов. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

Процесс парообразования. Степень сухости пара. Параметры кипящей воды, влажного насыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара.

Процесс парообразования в диаграммах p - V , T - S , I - S для воды и водяного пара.

Теплота парообразования. Первый закон термодинамики для парообразования. Расчет термодинамических процессов для водяного пара.

Влажный воздух. Термодинамические характеристики. Диаграмма состояния влажного воздуха. Определение параметров влажного воздуха с помощью диаграммы.

Процессы изменения состояния влажного воздуха в i - d диаграмме

Процессы изменения состояния влажного воздуха в *i-d* диаграмме. Процесс смешения. Процессы кондиционирования.

Вопросы для подготовки к экзамену

Термодинамика потока. Основные определения. Уравнения неразрывности.
 Термодинамика потока. Основные определения. Уравнение импульсов.
 Уравнение первого закона термодинамики для потока.
 Уравнение энергии потока. Работа проталкивания и располагаемая работа.
 Скорость звука, максимальная и критическая скорости потока.
 Условия перехода потока из дозвукового течения в сверхзвуковое. Сопло и диффузор.
 Статические параметры и параметры торможения. Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения
 Соотношение между статическими параметрами и параметрами торможения. Критическое отношение давлений.
 Истечение из сопел. Истечение из суживающихся сопел.
 Истечение из сопел. Истечение из сопла Лаваля.
 Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томпсона. Температура инверсии. Кривая инверсии.
 Циклы компрессоров. Цикл одноступенчатого компрессора.
 Циклы компрессоров. Цикл многоступенчатого компрессора.
 Цикл Д.В.С. с подводом теплоты при $V=const$.
 Цикл Д.В.С. с подводом теплоты при $P=const$.
 Цикл Д.В.С. с комбинированным подводом теплоты.
 Циклы газотурбинных установок. Цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты
 Циклы газотурбинных установок. Цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты.
 Регенеративные циклы ГТУ.
 Циклы паросиловых установок. Цикл Карно.
 Цикл Ренкина. КПД цикла. Схема паросиловой установки.
 Цикл паросиловой установки со вторичным перегревом пара.
 Циклы паротурбинных установок. Регенеративный цикл.
 Эксергетический анализ цикла ПТУ.
 Циклы холодильных установок. Холодильный коэффициент и холодопроизводительность.
 Цикл воздушной холодильной установки.
 Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки.
 Пароэжекторные и абсорбционные холодильные машины.
 Основы химической термодинамики. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса.
 Тепловой эффект химической реакции при $p=const$ и $V=const$. Закон Кирхгофа.
 Химический потенциал. Физический смысл химического потенциала.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Результаты обучения (этапы формирования компетенций)	Компетенции	Содержание оценочных заданий для выявления сформированности компетенций у студентов по завершении освоения дисциплины (уровень освоения)		
		Удовлетворительно (3)	Хорошо (4)	Отлично (5)
Знания, приобретаемые в	ОПК-2	Обучающийся	Обучающийся	Обучающийся

<p>ходе освоения дисциплины (1-й этап): Знать основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>		<p>имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки</p>	<p>твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос</p>	<p>глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает</p>
<p>Умения, приобретаемые в ходе освоения дисциплины (2-й этап): Уметь демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	ОПК-2	<p>Содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, при ответе на поставленный вопрос Обучающийся допускает неточности, недостаточно правильные формулировки методов расчета.</p>	<p>Содержание курса освоено полностью, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Обучающийся твердо знает методы расчета.</p>	<p>Обучающийся глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает. Выполнены все предусмотренные программой обучения задания.</p>
<p>Навыки, приобретаемые в ходе освоения дисциплины (3-й этап): Владеть базовыми знаниями в области естественнонаучных дисциплин, методами выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; способностью применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	ОПК-2	<p>Содержание дисциплины освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, задания выполнены, но в них имеются ошибки, при решении задач и при ответе на поставленный вопрос Обучающийся допускает неточности.</p>	<p>Содержание дисциплины освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, Обучающийся твердо знает методы расчета и определения режимных характеристик..</p>	<p>Обучающийся глубоко и прочно усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает. Сформированы практические компетенции. Умеет тесно увязывать теорию с практикой.</p>

Освоение основной образовательной программы сопровождается текущим контролем успеваемости и промежуточной аттестацией обучающихся.

Текущий контроль успеваемости обучающихся является элементом внутривузовской системы контроля качества подготовки специалистов и способствует активизации познавательной деятельности обучающихся в межсессионный период как во время контактной работы обучающихся с преподавателем, так и во время самостоятельной работы. Текущий контроль осу-

ществляется преподавателем, ведущим дисциплину, и может проводиться в следующих формах: индивидуальный и (или) групповой опрос (устный или письменный) на занятиях; защита реферата; презентация проектов, др. заданий, выполненных индивидуально или группой обучающихся; анализ деловых ситуаций (анализ вариантов решения проблемы, обоснования выбора оптимального варианта решения, др.); тестирование (письменное или компьютерное); контроль самостоятельной работы студентов (в письменной или устной форме).

По итогам текущего контроля преподаватель отмечает обучающихся, проявивших особые успехи, а также обучающихся, не выполнивших запланированные виды работ.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Знания, умения, навыки и уровень сформированных компетенций обучающихся оцениваются на зачете по шкале «зачтено», «незачтено».

Отметка **«зачтено»** выставляется обучающемуся, если он исчерпывающе и логически стройно его излагает; продемонстрировал уверенное владение материалом; справляется с вопросами и другими видами применения знаний; не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов; обосновывает принятое решение; владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«незачтено»** выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки при изложении индивидуального задания.

Промежуточная аттестация призвана оценить компетенции, сформированные у обучающихся в процессе обучения и обеспечить контроль качества освоения программы. Для контроля результатов освоения обучающимися учебного материала по программе конкретной дисциплины, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач, оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированных компетенций обучающихся предусматривается экзамен.

Экзамен может быть проведен в устной форме, в форме письменной работы или тестирования. Экзамены оцениваются по четырех-балльной системе: **«отлично»**, **«хорошо»**, **«удовлетворительно»**, **«неудовлетворительно»**.

Отметка **«отлично»** выставляется обучающемуся, если он усвоил материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с вопросами и другими видами применения знаний, не затрудняется с ответом при видоизменении вопросов, обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Отметка **«хорошо»** выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Отметка **«удовлетворительно»** выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

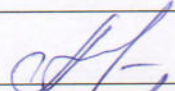


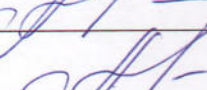


Отметка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, который не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

Примеры экзаменационных билетов

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА		
Кафедра энергетики и электротехнологии		
2017/2018 учебный год		
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №		1
по дисциплине «Техническая термодинамика»		
<p>1. Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Кажущаяся молярная масса. Газовая постоянная смеси.</p> <p>2. Цикл Д.В.С. с подводом теплоты при $V=\text{const}$.</p> <p>3. Воздух, имеющий параметры: $\phi = 40\%$, $t = 22^{\circ}\text{C}$ и расход 1000 кг/час нагревается в поверхностном теплообменнике до $t = 38^{\circ}\text{C}$. Определить энтальпию и относительную влажность воздуха после нагрева и полный расход теплоты. Изобразить процесс в id – диаграмме влажного воздуха.</p>		
Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «1» июня 2017 г. протокол № 12		
Зав. каф.		Ниязов А.М.

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА		
Кафедра энергетики и электротехнологии		
2016/2017 учебный год		
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №		2
по дисциплине «Техническая термодинамика»		
<p>1. Характеристические функции и их свойства. Определение параметров состояния.</p> <p>2. Цикл Ренкина. КПД цикла. Схема паросиловой установки.</p> <p>3. Воздух из резервуара с постоянным давлением $P_1 = 1$ МПа и температурой $t_1 = 15^{\circ}\text{C}$ вытекает в атмосферу через трубку с внутренним диаметром 10 мм. Найти скорость истечения воздуха и его секундный массовый расход. Атмосферное давление принять равным 0,1 МПа. Процесс расширения считать адиабатным.</p>		
Билет рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «1» июня 2017 г. протокол № 12		
Зав. каф.		Ниязов А.М.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ²

Номер изменения	Номер измененного листа	Дата внесения изменения и номер протокола	Подпись ответственного за внесение изменений
1	21; 53-55	№ 2 от 14.09.2016г.	
2	7, 11; 13; 19; 20; 24; 28; 30; 36; 52-55	№ 2 от 22.09.2017г.	
3	52-55	№ 13 от 23.09.2018г.	
4	7; 11; 18; 52-55	№ 9 от 26.06.2019г.	
5	18; 19; 24; 43; 52-55	№ 11 от 26.06.2020г.	
6	52-55	№ 15 от 20.11.2020г.	
7	52-55	№ 1 от 31.08.21	