

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Забайкальский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Факультет энергетический

Кафедра энергетики

УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
для студентов заочной формы обучения¹
*(с полным сроком обучения)*²

по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»
наименование дисциплины (модуля)

для направления подготовки (специальности) 23.05.01 СДМ
код и наименование направления подготовки (специальности)

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) – 3 зачетных единиц.

Форма текущего контроля в семестре – контрольная работа.

Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП) – нет.

Форма промежуточного контроля в семестре – зачет.

¹ Если установочные материалы для студентов с полным сроком обучения не отличаются от установочных материалов для студентов с сокращенным сроком обучения, то установочные материалы разрабатываются единые.

² Указать для какого срока обучения разработаны установочные материалы.

Краткое содержание курса

Перечень изучаемых разделов, тем дисциплины (модуля).

Например:

Раздел 1.

Введение. Основные определения в теплотехнике.

Раздел 2.

Первый закон термодинамики.

Раздел 3.

Второй закон термодинамики.

Раздел 4.

Теплообмен.

Раздел 5.

Теплообменные аппараты. ДВС.

Семестр 5

Форма текущего контроля

Контрольная работа

Задача 1. Смесь, состоящая из M_1 киломолей азота и M_2 киломолей кислорода с начальными параметрами $p_1 = 1$ МПа и $T_1 = 1000$ К расширяется до давления p_2 . Расширение может осуществляться по изотерме, адиабате и политропе с показателем n . Определить газовую постоянную смеси, ее массу и начальный объем, конечные параметры смеси, работу расширения и теплоту, участвующую в процессе.

Дать сводную таблицу результатов и анализ ее. Показать процессы в pV - и Ts -диаграммах. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 1.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	M_1 , кмоль	M_2 , кмоль	Предпоследняя цифра шифра	p_2 , МПа	n
0	0,1	0,9	0	0,43	1,2
1	0,2	0,8	1	0,40	1,3
2	0,3	0,7	2	0,35	1,5
3	0,4	0,6	3	0,33	1,6
4	0,5	0,5	4	0,31	1,7
5	0,6	0,4	5	0,47	1,1
6	0,7	0,3	6	0,54	0,5
7	0,8	0,2	7	0,57	0,8
8	0,9	0,1	8	0,62	0,7
9	0,5	0,5	9	0,66.	0,6

Указание. Показатель адиабаты, а следовательно, и теплоемкости C_p и C_v следует принять постоянными, не зависящими от температуры.

Задача 2. 1 кг водяного пара с начальным давлением p_1 и степенью сухости x_1 изотермически расширяется; при этом к нему подводится теплота q . Определить, пользуясь h_s - диаграммой, параметры конечного состояния пара, работу расширения, изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии. Решить также задачу, если расширение происходит изобарно. Изобразить процессы в p_v -, Ts - и h_s - диаграммах. Исходные данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 2.

Таблица 2

Последняя цифра шифра	p_1 , МПа	x_1	Предпоследняя цифра шифра	q , кДж/кг	Последняя цифра шифра	p_1 , МПа	x_1	Предпоследняя цифра шифра	q , кДж/кг
0	3	0,97	0	500	5	5,5	0,92	5	410
1	3,5	0,96	1	480	6	6	0,91	6	430
2	4	0,95	2	460	7	6,5	0,95	7	470
3	4,5	0,93	3	420	8	7	0,92	8	480
4	5	0,93	4	420	9	8	0,91	9	500

Задача 3. Определить потребную поверхность рекуперативного теплообменника, в котором вода нагревается горячими газами. Расчет произвести для прямоточной и противоточной схем. Привести график изменения температур для обеих схем движения. Значения температур газа t_1' , t_1'' , воды t_2' и t_2'' , расхода воды M и коэффициента теплопередачи K выбрать из табл. 3.

Таблица 3

Последняя цифра шифра	t_1' , °С	t_1'' , °С	t_2' , °С	t_2'' , °С	Предпоследняя цифра шифра	M , кг/с	K , Вт/(м ² ·К)
0	300	150	10	80	0	1,4	30
1	325	175	15	80	1	1,3	32
2	350	200	20	100	2	1,2	34
3	375	225	25	ПО	3	1,1	36
4	400	250	30	120	4	1,0	38
5	425	275	25	130	5	0,9	40
6	450	300	20	140	6	0,8	42
7	475	325	15	130	7	0,7	44
8	500	350	10	120	8	0,6	46
9	525	375	20	ПО	9	0,5	48

Задача 4. Определить часовой расход пара D (килограммов в час) и удельный расход пара d (килограммов на киловатт-час) на конденсационную паровую турбину,

работающую без регенерации теплоты, по заданной электрической мощности турбогенератора $N_{эл}$, давлению p_1 и температуре t_1 перегретого пара перед турбиной и относительному внутреннему КПД турбины η_{oi} . Давление пара в конденсаторе принять $p_2 = 4$ кПа. Механический КПД турбины η_m и КПД электрогенератора η_g принять $\eta_m = \eta_g = 0,99$. Определить также степень сухости пара в конце теоретического и действительного процессов расширения (изобразив процессы в h_s - диаграмме) и абсолютный электрический КПД турбогенератора. Мощностью привода питательного насоса пренебречь. Исходные данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 4.

Таблица 4

Последняя цифра шифра	$N_{эл}$, МВт	η_{oi}	Предпоследняя цифра шифра	p_1 , МПа	t_1 , °С
0	100	0,76	0	8,5	500
1	120	0,77	1	9,5	510
2	140	0,79	2	9,2	515
3	160	0,81	3	12	540
4	180	0,83	4	12	520
5	200	0,85	5	13	540
6	170	0,84	6	13	520
7	130	0,82	7	14	540
8	150	0,80	8	8,6	480
9	190	0,86	9	9,0	500

Изобразить схему паросиловой установки и дать ее краткое описание. Объяснить, как влияют начальные и конечные параметры пара на КПД цикла Ренкина, а также на степень сухости пара в конце расширения (x_2). Указать, каковы минимально допустимые значения x_2 и почему?

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Мольные теплоемкости газов по данным молекулярно-кинетической теории, кДж/(моль·К)

Газы	μC_V	μC_p
Одноатомные	12,5	20,8
Двухатомные	20,8	29,1
Трех- и многоатомные	29,1	37,4

2. Средние изобарные мольные теплоемкости некоторых газов кДж/(кмоль·К)

t , °С	Воздух	Кислород O ₂	Азот N ₂	Водород H ₂	Водяной пар H ₂ O	Окись углерода CO	Углекислый газ CO ₂
0	29,073	29,274	29,115	28,617	33,499	29,123	35,860

100	29,153	29,538	29,144	29,935	33,741	29,178	38,112
200	29,299	29,931	29,228	29,073	34,188	29,303	40,059
300	29,521	30,400	29,383	29,123	34,575	29,517	41,755
400	29,789	30,878	29,601	29,186	35,090	29,789	43,250
500	30,095	31,334	29,864	29,249	35,630	30,099	44,573
600	30,405	31,761	30,149	29,316	36,195	30,426	45,758
700	30,723	32,150	30,451	29,408	36,789	30,752	46,813
800	31,028	32,502	30,748	29,517	37,392	31,070	47,763
900	31,321	32,825	31,037	29,647	38,008	31,376	48,617
1000	31,598	33,118	31,313	29,789	38,619	31,665	49,392
1200	32,109	33,633	31,828	30,107	39,825	32,192	50,740
1400	32,565	34,076	32,293	30,467	40,976	32,653	51,858
1600	32,967	34,474	32,699	30,832	42,056	33,051	52,800
1800	33,319	34,834	33,055	31,192	43,070	33,402	53,604
2000	33,641	35,169	33,373	31,548	43,995	33,708	54,290
2200	33,296	35,483	33,658	31,891	44,853	33,980	54,881
2400	34,185	35,785	33,909	32,222	45,645	34,223	55,391

3. Физические параметры сухого воздуха при давлении 101,3 кПа

t, °C	$10^2 \cdot \lambda$, Вт/(м·К)	$10^6 \cdot \nu$, м ² /с	Pr
0	2,44	13,28	0,707
100	3,21	23,13	0,688
200	3,94	34,85	0,680
300	4,60	48,33	0,674
400	5,21	63,09	0,678
500	5,75	79,38	0,687
600	6,23	96,89	0,699
700	6,71	115,4	0,706
800	7,19	134,8	0,713
900	7,64	155,1	0,717
1000	8,08	177,1	0,719

Курсовая работа (курсовой проект) – нагрузкой не предусмотрено.

Форма промежуточного контроля

Зачет

Перечень примерных вопросов для подготовки к зачету.

1. ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

1-1 Теплота и работа как формы передачи энергии

1-2 Основные параметры состояния

1-3 Уравнения состояния

- 1-4 Термодинамический процесс
- 1-5 Равновесные и неравновесные процессы
- 1-6 Обратимые и необратимые процессы
- 1-7 Газовые смеси. Способы задания газовых смесей
- 1-8 Первый закон термодинамики
- 1-9 Внутренняя энергия. Энтальпия. Энтропия
- 1-10 Массовая, объемная и мольная теплоемкость
- 1-11 Второй закон термодинамики
- 1-12 Термодинамические циклы тепловых машин
- 1-13 Термодинамический КПД. Цикл Карно.
- 1-14 Термодинамическая шкала температур
- 1-15 Политропные процессы
- 1-16 Процессы в координатах PV и TS
- 1-17 Изохорный термодинамический процесс
- 1-18 Изобарный термодинамический процесс
- 1-19 Изометрический термодинамический процесс
- 1-20 Адиабатный термодинамический процесс
- 1-21 Термодинамические процессы в реальных газах и парах
- 1-22 Теплота фазовых переходов. Тройная и критическая точки
- 1-23 Процессы парообразования в PV и TS диаграммах
- 1-24 Водяной пар. PV , TS , hS диаграммы водяного пара
- 1-25 Влажный воздух. Влажосодержание
- 1-26 Абсолютная и относительная влажность. Температура точки росы
- 1-27 Истечение и дросселирование газов и паров
- 1-28 Понятие об эффекте Джоуля-Томсона
- 1-29 Условное изображение дросселирования в hS диаграммах
- 1-30 Поршневой компрессор. Принцип действия
- 1-31 Термодинамическое обоснование многоступенчатого сжатия
- 1-32 Изображение в PV и TS диаграммах термодинамических процессов, протекающих в компрессорах
- 1-33 Цикл двигателей внутреннего сгорания
- 1-34 Циклы газотурбинных установок
- 1-35 Принципиальная схема паросиловой установки
- 1-36 Цикл Ренина. КПД цикла Ренкина
- 1-37 Понятие о циклах атомных силовых установок

1-38 Теплофикационный цикл

2. ТЕОРИЯ ТЕПЛООБМЕНА

- 2-1 Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности
- 2-2 Механизм передачи теплоты в металлах, диэлектриках, жидкостях и газах
- 2-3 Теплопроводность многослойной плоской стенки
- 2-4 Теплопроводность цилиндрической стенки
- 2-5 Критический диаметр тепловой изоляции
- 2-6 Нестационарный процесс теплопроводности
- 2-7 Физическая сущность конвективного теплообмена
- 2-8 Закон Ньютона-Рихмана
- 2-9 Основные положения теории пограничного слоя
- 2-10 Условия подобия физических явлений
- 2-11 Определяющие критерии
- 2-12 Теплоотдача при вынужденном течении жидкости
- 2-13 Теплоотдача при ламинарном и турбулентном течении жидкости в трубах
- 2-14 Теплоотдача при поперечном омывании трубы
- 2-15 Теплоотдача при свободном движении жидкости
- 2-16 Естественная конвекция у вертикальной поверхности
- 2-17 Теплообмен при конденсации
- 2-18 Теплообмен при кипении. Кризисы кипения
- 2-19 Основные законы лучистого теплообмена
- 2-20 Излучения газов. Лучистый теплообмен в топках и камерах сгорания
- 2-21 Теплопередача в теплообменниках
- 2-22 Уравнения для теплового потока и средней разности температур при прямотоке и противотоке
- 2-23 Методы интенсификации теплообмена
- 2-24 Расчет теплообменных аппаратов

Оформление письменной работы согласно МИ от 2018 года

http://zabgu.ru/files/html_document/pdf_files/fixed/Normativny%27e_dokumenty%27_i_obrazcy%27_zayavlenij/Obshhie_trebovaniya_k_postroeniyu_i_oformleniyu_uchebnoj_tekstovoj_dokumentacii.pdf

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

Печатные издания

1. Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен: учебное пособие для вузов / Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. – 3-е изд., стереотип. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 550 с., ил.
2. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Я. Техническая термодинамика. 5-е изд. перераб. – М.: Энергоатомиздат. 2007 – 416 с.
3. Мирошников С.Ф. Теплотехника : метод.указ. / С.Ф. Мирошников, С.А. Требунских, А.С. Стрельников. - Чита : ЧитГУ, 2005.
4. Луканин В.Н. Теплотехника : учебник / В.Н.Луканин, М.Г.Шатров, Камфер Г.М.идр. ;под ред. В.Н. Луканина. - 5-е изд., стер. - М. : Высш.шк., 2006. - 671с. : ил.
5. Середкин Александр Алексеевич. Теплотехника : учеб.пособие / Середкин Александр Александрович, Иванов Сергей Анатольевич. - Чита : ЧитГУ, 2007. - 141с.

Издания из ЭБС

1. Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен: учебное пособие для вузов / Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. – 3-е изд., стереотип. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 550 с., ил.
2. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейдлин А.Я. Техническая термодинамика. 5-е изд. перераб. – М.: Энергоатомиздат. 2007 – 416 с.
3. Мирошников С.Ф. Теплотехника : метод.указ. / С.Ф.Мирошников, С.А.Требунских, А.С. Стрельников. - Чита : ЧитГУ, 2005.
4. Луканин В.Н. Теплотехника : учебник / В.Н.Луканин, М.Г.Шатров, Камфер Г.М.идр. ;под ред. В.Н. Луканина. - 5-е изд., стер. - М. : Высш.шк., 2006. - 671с. : ил.
5. Середкин Александр Алексеевич. Теплотехника : учеб.пособие / Середкин Александр Алексеевич, Иванов Сергей Анатольевич. - Чита : ЧитГУ, 2007. - 141с.

Дополнительная литература

Печатные издания

1. Середкин Александр Алексеевич. Теплотехника : учеб.пособие / Середкин Александр Алексеевич, Иванов Сергей Анатольевич. - Чита : ЧитГУ, 2007. - 141с.
2. Баскаков А.П. Теплотехника: Учеб. для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1991 Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике. – М.: Машиностроение. 1973 – 344 с.
3. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высш.шк. 1980 –470 с.
4. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник – М.: Энергоатомиздат. 1984 – 80 с.

Издания из ЭБС

1. Середкин Александр Алексеевич. Теплотехника : учеб. пособие / Середкин Александр Алексеевич, Иванов Сергей Анатольевич. - Чита : ЧитГУ, 2007. - 141с.
2. Баскаков А.П. Теплотехника: Учеб. для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1991 Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике. – М.:Машиностроение. 1973 – 344 с.
3. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высш.шк. 1980 –470 с.
4. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник – М.: Энергоатомиздат. 1984 – 80 с.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

Единое окно доступа к образовательным ресурсам для подготовки к коллоквиумам, к защите лабораторных работ, при выполнении контрольных домашних работ.(<http://window.edu.ru/portals/>) -
www.alterenergy.info/books-on-alternative-energy -
bibliofond.ru/view.aspx?id=551021

*Указываются базы данных, информационно-справочные и поисковые системы необходимые для проведения конкретных видов занятий по дисциплине.

Преподаватель Середкин А.А.

Заведующий кафедрой Батухтин А.Г.

подпись