

Для самостоятельной работы

**Решения задач размещены
на сайте zadachi24.ru**



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГОУ ВПО ТЮМЕНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ
ТЕРМОДИНАМИКИ

Техническая термодинамика и теплопередача

Методические указания

*по изучению дисциплины и выполнению
контрольной работы для студентов заочной формы
подготовки по направлению подготовки*

35.03.06 АГРОИНЖЕНЕРИЯ

профиль 2. Электрооборудование и электротехнология АПК

Тюмень 2014

Методическое пособие переработано с типовых и дополнено:
заданиями,
примерами решения задач и табличным материалом Снохиным А.С.,
Ивакина Е.А.

Пособие составлено в соответствии с программой по
специальностям 250403.

Печатаются по решению методической комиссии
Механико-технологического института
(протокол № 19 от 14.04.14 г.).

Ответственный за выпуск: Снохин А.С.

Подготовлено к печати, отпечатано в
Издательско-полиграфическом комплексе
Тюменской государственной сельскохозяйственной академии
Тираж 300 экз.

Литература:

1. Теплотехника: учебник для вузов под ред. В.Н. Лукашин, М.Г. Шатров - М.: Высшая школа -2011 г.
2. Теплоэнергетическая установка и системы сельского хозяйства учебник для вузов. под ред. Драгачева Б.Х. М.: Колос-Пресс 2002 г.
3. Основы теплотехники, топливо и смазочные материалы. М.: Колос, 2001 г.
4. Топливо и смазочные материалы-М.:Колос С, 2004 г.
/

Дополнительная литература:

1. Техническая термодинамика: Учеб пособие для вузов В.А. Куринов, Э.М. Карташов. М.Высшая школа 2000 – 261 с.
2. Теплотехника: учебник для вузов / Под.ред.А.Г. Баскаков; 2-е издание, переработанное – М.; энергоатомиздат, 1991 – 224 с.
3. Сборник задач по теплотехнике. Учеб. пособие для вузов. Г.П. Панкратов. М. Высшая Школа.1986 -247с.
4. Левин А.Б., теплотехнический справочник студента, М.: МГУП, 2004 – 96 с.
5. Теплотехника: учебник для вузов / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер: 2-е издание: М.: Высш.школа, 2000 – 671 с.
6. Теплоэнергетические установки и системы с/х /Амерханов Р.А., Бессараб А.С., Драганов Б.Х., - М: Колос – Пресс, 2002 – 250 с.

ВВЕДЕНИЕ

В общем энергетическом балансе сельского хозяйства большое место занимает тепловая энергия. На её долю приходится около 90% всей общей потребляемой сельским хозяйством энергии.

Создание животноводческих комплексов, теплично-парниковых хозяйств, капитальное строительство жилых, культурно-бытовых и производственных зданий увеличивает удельный вес тепловой энергии в общем энергетическом балансе. Поэтому развитие сельской теплофикации является одним из важнейших условий подъёма сельского хозяйства. В связи с этим вопросы теплоснабжения и рационального использования тепловой энергии должны находиться в центре внимания инженерной службы. При подготовке инженерных кадров для сельского хозяйства важное значение приобретает курс "Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве".

Проработка материала в соответствии с программой (рабочим планом курса) ведётся по основным рекомендованным учебникам. Для более глубокой проработки отдельных вопросов, а также в помощь при выполнении контрольного задания и при подготовке к лабораторному практикуму рекомендуется дополнительная литература.

При знакомстве с материалом курса необходимо уяснить сущность разбираемого вопроса и лишь затем переходить к изучению отдельных разделов. Необходимо отчётливо представлять себе главное содержание изучаемых явлений и процессов, при этом математическое описание явлений не должно заслонять их физической сущности.

Большое внимание надо уделять разбору теоретических основ теплотехники (теоретической термодинамики, теории теплопередачи, теории горения топлива).

Если при изучении курса у студентов возникают какие-либо вопросы, то они могут получить консультацию в письменной или устной форме.

СОДЕРЖАНИЕ

Литература.....	3
Введение.....	4
Методические указания по разделам курса.....	6
1. Теоретические основы теплотехники.....	6
2. Теплоэнергетические установки.....	11
3. Применение теплоты в сельском хозяйстве.....	14
Методические указания к выполнению задания для контрольной работы.....	20
Задания для контрольной работы.....	20
Примеры решения задач.....	22
Индивидуальные задания для контрольной работы	31
Приложения.....	36

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1. Параметры сухого насыщенного пара и воды на кривой насыщения (по давлениям)

P , МПа	t_n , °C	h' , кДж/кг	h'' , кДж/кг
0,0010	6,936	29,18	2513,4
0,0015	13,001	54,61	2524,7
0,0020	17,486	73,40	2533,1
0,0025	21,071	88,36	2539,5
0,0030	24,078	100,93	2545,3
0,0035	26,674	111,81	2549,9
0,0040	28,950	121,38	2553,7
0,0050	32,890	137,79	2560,9
0,010	45,820	191,84	2583,9
0,020	60,080	251,48	2609,2
0,025	64,990	272,03	2617,6
0,030	69,120	289,30	2624,6
0,040	75,870	317,62	2636,3
0,050	81,330	340,53	2645,2

Таблица 2. Физические характеристики воздуха

t , °C	$\nu \cdot 10^{-5}$, м ² /с	$\lambda \cdot 10^{-3}$, Вт/(м·К)
0	1.331	24.84
100	2.316	31.87
200	3.489	38.27
300	4.824	44.52
400	6.304	50.53
500	7.918	56.27
600	9.653	61.89
700	11.503	67.23
800	13.460	72.35
900	15.520	77.22
1000	17.680	81.99
1100	19.930	86.43
1300	22.270	90.83

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ЛЕКЦИЙ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕПЛОТЕХНИКА И ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОТЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»

№п/п	Наименование темы	Кол-во часов
Лекции		
1	Техническая термодинамика. Первый закон термодинамики и термические процессы	2
2	Второй закон термодинамики. Циклы тепловых машин	2
3	Основы теории теплопередачи. Теплопроводность, тепловое излучение. Конвективный теплообмен.	2
4	Теплопередача. Тепловой расчет теплообменных аппаратов. Применение теплоты в сельском хозяйстве. Вентиляция и отопление животноводческих помещений.	2
5	Применение теплоты на животноводческих фермах и комплексах. Обогрев сооружений защищенного грунта. Сушка продуктов сельскохозяйственного производства.	2
6	Применение холода в сельском хозяйстве. Теплотехнические основы хранения сельскохозяйственных продуктов	2
Лабораторные занятия		
1	Исследование политропного процесса.	2
2	Определение коэффициента теплопередачи (или коэффициента теплопроводности).	2
3	Испытание теплопроводных аппаратов.	2
4	Определение состава продуктов сгорания.	2
5	Испытание котельного агрегата.	2
6	Испытание отопительно-вентиляционного агрегата.	2
7	Испытание кондиционера.	2
№ п/п	Наименование темы	Кол-во часов самостоятельной работы
1	Теоретические основы теплотехники	40
2	Теплоэнергетические установки.	30
3	Применение теплоты в сельском хозяйстве	30
	Всего:	100 ч
4	Выполнение контрольной работы	10
	Итого:	110 ч

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО РАЗДЕЛАМ КУРСА

Введение. При изучении данного курса необходимо уяснить роль и значение теплоэнергетики в народном хозяйстве, развитие и современный уровень отечественной и мировой теплоэнергетической науки и техники; уделить внимание работам отечественных учёных и инженеров по разработке теоретических проблем теплотехники и созданию наиболее экономичных и перспективных типов и конструкций тепловых машин, агрегатов и аппаратов.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОТЕХНИКИ

1.1. Техническая термодинамика

Изучение законов взаимного превращения теплоты и работы и установление эффективных способов осуществления этого превращения - одна из важнейших задач курса «Техническая термодинамика».

В основу технической термодинамики положены первое и второе начала (законы) термодинамики. Приступая к их изучению, студент должен чётко представлять себе основные свойства и параметры состояния рабочих тел, используемых в тепловых машинах, и знать законы связи между этими параметрами для идеальных газов, т.е. их характеристические уравнения (уравнения состояния).

В тепловых расчётах, связанных с определением количества теплоты, большое значение имеет теплоёмкость рабочего тела. При изучении этого вопроса необходимо разобраться в различии между истинной и средней теплоёмкостями, обратив особое внимание на зависимость теплоёмкости газов от температуры, а также усвоить разницу между единицами измерения массовой, объёмной и молярной теплоёмкостей. При рассмотрении молярной теплоёмкости газов следует усвоить, что молярные теплоёмкости, если пренебречь их зависимостью от температуры, зависят от характера процесса и атомности газов; все двухатомные газы имеют свою одинаковую для этих газов молярную теплоёмкость в данном процессе; свою одинаковую для всех газов молярную теплоёмкость имеют и многоатомные газы. Например, в процессе при постоянном объёме молярные теплоёмкости двухатомных газов равны 20,9 кДж/(мольК), трёх и многоатомных газов - 29,2 кДж/(мольК).

Следует запомнить разницу между теплоёмкостями в процессах при постоянном объёме и при постоянном давлении, так как эти теплоёмкости наиболее часто встречаются в теплотехнических расчётах.

Необходимо обратить внимание на то, что в отличие от теплоёмкости твёрдых и жидких тел теплоёмкость газов всецело зависит от вида термодинамического процесса и может изменяться от $-\infty$ до $+\infty$, при этом важно усвоить понятие об отрицательной теплоёмкости (меньше нуля) газов.

Задача 5

Вариант задания	δ , мм	δ_n , мм	α_1 $Bm/(m^2 \cdot K)$	α_2 $Bm/(m^2 \cdot K)$	t_1 $^{\circ}C$	t_2 $^{\circ}C$
1	1	10	186	4419	1200	220
2	2	5	174	3489	1100	200
3	1	4	163	2907	1000	180
4	1	3	151	2326	900	160
5	1	2	140	1744	800	140
6	2	10	70	1163	850	150
7	1	9	81	2326	950	160
8	2	6	93	3489	1050	170
9	1	7	105	4652	1150	180
10	2	6	116	5815	1250	190
11	1	7	58	1163	900	225
12	2	6	47	1140	800	200
13	1	5	35	1116	700	175
14	2	4	24	1093	600	150
15	1	3	12	1070	500	125
16	2	8	64	2560	575	110
17	1	7	58	2442	675	120
18	2	6	52	3326	775	130
19	1	5	47	2210	875	140
20	2	4	41	2093	975	150
21	1	2	47	3489	1000	100
22	2	3	58	4652	900	125
23	1	5	70	4071	1050	135
24	2	6	52	5234	950	150
25	0.5	7	64	2326	800	200
26	1	5	76	2442	850	210
27	2	8	49	3605	975	175
28	0.5	5	17	1163	400	100
29	1	8	24	1454	500	120
30	1.5	4	29	1745	600	140

Задача 4

Вариант задания	d, мм	t _с , °C	t _в , °C
1	17	100	15
2	21.3	150	20
3	26.8	200	25
4	33.5	250	30
5	42	300	15
6	48	350	20
7	60	400	25
8	75.5	450	30
9	57	100	15
10	76	150	20
11	89	200	25
12	108	250	30
13	133	300	10
14	159	350	15
15	17	400	20
16	21.3	330	25
17	26.8	300	30
18	33.5	200	10
19	42.3	150	15
20	48	100	20
21	60	150	25
22	75.5	200	30
23	57	250	10
24	76	300	15
25	89	350	20
26	108	400	25
27	133	100	30
28	159	200	10
29	200	400	30
30	150	300	25

Первый закон термодинамики является частным случаем закона сохранения и превращения энергии и имеет большое прикладное значение при решении вопросов анализа тепловых процессов, при составлении их энергетических балансов, то есть соотношения между теплотой, механической работой и изменением внутренней энергии газа в термодинамическом процессе.

Необходимо разобраться в физической сущности понятий: внутренняя энергия рабочего тела, теплота и работа газа в термодинамическом процессе и иметь чёткое представление о теплоте и работе, как о двух формах передачи энергии, выделив их общее и различное.

На основе первого закона термодинамики и газовых законов техническая термодинамика рассматривает сначала основные частные случаи: изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы, а затем обобщающий политропный процесс.

Изучению политропного процесса следует уделить особое внимание. Важно уяснить связь между показателем политропы и характером изменения состояния газа. Это удобно сделать путём графического анализа политропного процесса в системах координат P-V и T-S, так как в этом случае можно наглядно проследить характер процесса при изменении показателя политропы в пределах от $-\infty$ до $+\infty$.

Второй закон термодинамики устанавливает условия работы тепловых двигателей и направление самопроизвольного протекания процесса передачи теплоты от горячего тела к холодному. Поэтому особое значение приобретают понятия о циклах, показателях их эффективности, а также об обратимых и необратимых процессах. Необходимо уяснить, что любой самопроизвольный процесс является необратимым.

При изучении работы теплового двигателя (прямого цикла Карно) следует обратить внимание на определение второго закона термодинамики, согласно которому для возможности превращения теплоты в работу необходимо наличие двух источников теплоты: горячего и холодного, а также на невозможность полного превращения теплоты в работу в непрерывно действующей тепловой машине, прямым следствием из которого является понятие о термическом к.п.д. цикла.

При изучении обратного цикла Карно, лежащего в основе работы холодильных машин и тепловых насосов, следует использовать положение второго начала термодинамики о невозможности передачи теплоты от менее нагретого тела к более нагретому без совершения механической работы.

В тесной связи со вторым законом термодинамики находится понятие энтропии. Следует разобраться в математической и физической сторонах её и рассмотреть тепловую диаграмму T-S, имея в виду, что с помощью этой диаграммы решаются сложные задачи по расчёту тепловых машин и аппаратов. Необходимо усвоить, что изменение энтропии при любом процессе будет пропорционально теплоёмкости газа.

Затем следует рассмотреть циклы, по которым работают компрессоры, поршневые газовые двигатели (двигатели внутреннего сгорания) и газовые турбины, провести аналитический и графический (в системах координат P-V, T-S) анализы этих циклов.

Обратите внимание на то, что при одинаковых степенях сжатия цикл с подводом теплоты в процессе постоянного объёма является наиболее экономичным по сравнению с циклом, в котором теплота подводится при постоянном давлении и циклом с изохорно-изобарным подводом теплоты. Следует понять, что экономичность этих двигателей всецело зависит от их степени сжатия.

Значительное место в технической термодинамике отводится изучению свойств паров (главным образом водяного пара).

Пары могут менять своё состояние, превращаться в жидкость. При этом законы, которым они подчиняются, в области, близкой к снижению, очень сильно отклоняются от законов идеального газа. Это исключает возможность применения законов идеальных газов для паров.

Аналитическое определение параметров состояния паров затруднено тем, что зависимость между этими параметрами (уравнения состояния) получается очень сложной. Поэтому параметры состояния определяются по таблицам или диаграммам. Особенно большое значение имеет h-s-диаграмма для водяного пара, которая в практике используется очень широко. Каждый студент должен уметь пользоваться этой диаграммой, то есть уметь определять параметры состояния рабочего тела и строить в h-s- диаграмме основные термодинамические процессы (изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный).

Изучение термодинамических циклов паросиловых установок следует начинать с цикла Карно, уяснив себе причины неприменимости его в реальных паросиловых установках. Затем необходимо рассмотреть основной цикл паросиловой установки - цикл Ренкина, после чего переходить к изучению более сложных циклов: цикла с промежуточным перегревом, теплофикационного, регенеративного и парогазового циклов, уделяя при этом вопросам их экономичности.

Рассмотрите циклы газотурбинных установок с подводом тепла при постоянном давлении и при постоянном объёме и сравните их экономическую эффективность.

В заключение следует рассмотреть цикл холодильных установок, которые используются в промышленности и сельском хозяйстве.

При изучении раздела «Техническая термодинамика» студенту необходимо не только понять основные расчётные соотношения и их выводы, но и уметь самостоятельно делать эти выводы, а также строить в системах координат p-V, T-s, h-s основные термодинамические процессы и циклы с соответствующими анализами.

Задача 3

Вариант задания	Параметры пара 1 вар.			Параметры пара 2 вар.		
	P_1 , кгс/см ²	t_1 , °C	P_2 , кгс/см ²	P_1 , кгс/см ²	t_1 , °C	P_2 , кгс/см ²
1	24,7	350	0,098	24,7	450	0,090
2	98	327	0.039	98	427	0.039
3	98	327	0.039	98	527	0.039
4	98	327	0.039	98	627	0.039
5	98	327	0.039	98	727	0.039
6	19.6	400	0.039	24.9	400	0.039
7	19.6	400	0.039	58.7	400	0.039
8	19.6	400	0.039	98.0	400	0.039
9	29.4	400	0.98	29.4	400	0.098
10	29.4	400	0.98	29.4	400	0.078
11	29.4	400	0.98	29.4	400	0.059
12	29.4	400	0.98	29.4	400	0.039
13	29.4	400	0.98	29.4	400	0.019
14	24.7	350	0.098	39.2	350	0.098
15	35	450	0.04	35	600	0.04
16	35	450	0.04	200	450	0.04
17	35	450	0.04	200	600	0.04
18	35	450	0.04	90	450	0.04
19	35	450	0.04	90	650	0.04
20	35	450	0.04	300	650	0.04
21	24.7	350	0.098	240	565	0.098
22	35	435	0.04	90	435	0.04
23	90	535	0.04	130	565	0.04
24	130	565	0.04	200	565	0.04
25	29	400	0.04	90	600	0.04
26	125	450	0.98	130	650	0.098
27	90	480	0.98	130	727	0.098
28	130	565	0.98	240	600	0.098
29	240	580	0.98	300	727	0.098
30	200	650	0.98	240	750	0.098

Вариант задания	Задача 2				
	P_1 , кгс/см ²	t_1 , °C	ϵ	ρ	λ
1	0,8	87	7	1	3,2
2	0,9	45	13	2,2	1
3	0,85	57	15	1,4	1,6
4	1	30	6	1	3,1
5	0,95	20	12	1,4	1
6	1	47	14	1,5	1,4
7	1	15	16	1,4	1,6
8	0,8	0	13	1,3	1,6
9	1	20	12	1,3	1,7
10	0,9	30	14	2	1
11	0,8	20	13	1	1,5
12	1	27	5	1	3,2
13	0,95	25	12	1,4	1
14	0,8	7	12	1,3	1,7
15	1	45	13	2,02	1
16	0,85	50	14	1,4	1,5
17	0,9	45	15	1,5	1,3
18	1	27	11	1,4	1,6
19	0,85	87	6	1	3,1
20	0,95	23	12	1,3	1
21	1	17	13	1,3	1,5
22	0,95	45	12	2,1	1
23	0,9	20	13	2,2	1
24	0,85	37	15	1,3	1,5
25	0,8	17	7	1	3,2
26	1	57	7	1	3,2
27	0,95	45	13	2,2	1
28	0,9	37	14	2,2	1
29	0,85	67	15	2,2	1
30	1	7	7	1	3,2

1.2. Теория тепло - и массообмена

Процесс передачи теплоты очень сложный, поэтому при изучении его разделяют на простые явления: теплопроводность, конвективный теплообмен и тепловое излучение.

Изучение процесса теплопроводности надо начать с усвоения основных понятий: стационарного и нестационарного температурных полей, температурного градиента и теплового потока.

Основной закон теплопроводности - закон Фурье - устанавливает зависимость между величиной теплового потока и градиентом температуры. Коэффициент теплопроводности тел характеризует способность вещества проводить теплоту; надо уметь правильно находить его величину для различных тел.

Работая над разделом «Теплопроводность», студент должен научиться определять количество теплоты, проходящей через однослойную и многослойную плоскую и цилиндрическую стенки при стационарных процессах теплопроводности, усвоить законы изменения температуры внутри таких тел.

В сельском хозяйстве находят широкое применение различные теплообменные аппараты с внутренними источниками тепла, например, электрические водоподогреватели. Поэтому необходимо обратить особое внимание на расчёт процессов теплопроводности тел с внутренними источниками теплоты.

Ознакомьтесь с методами расчёта процессов теплопроводности тел при нестационарном тепловом режиме.

Конвективный теплообмен тесно связан с физическими свойствами теплоносителя и характером его движения. Поэтому изучать конвективный теплообмен нужно после знакомства с основами теории гидроаэродинамики. В результате этого должно сложиться ясное представление о двух видах движения жидкостей и газов - свободном и вынужденном, и о режимах вынужденного движения: ламинарном и турбулентном, а так же о природе пограничного слоя (гидродинамического и теплового).

Необходимо хорошо разобраться в теории подобия и на основе этого уяснить сущность гидродинамического и теплового подобия.

Интенсивность конвективного теплообмена зависит от самых различных факторов, поэтому конвективный теплообмен изучается в основном экспериментальным путём. Величины коэффициента теплоотдачи конвекцией определяются на основе функциональной связи между тепловыми и гидродинамическими числами подобия. Обратите внимание на числа подобия, входящие в расчётные формулы, и на метод их нахождения по определяющим геометрическим размерам и температурам, при которых физические константы берутся из таблиц. Уясните, как влияют на характер экспериментальных зависимостей режим движения теплоносителя (ламинарный или турбулентный) и род движения (свободный или вынужденный).

Необходимо научиться вычислять число подобия Рейнольдса и по его величине определять режим движения теплоносителя.

Следует запомнить основные числа подобия, применяемые при расчёте конвективного теплообмена (числа Nu, Re, Pr, Gr), чётко разобравшись в их физической сущности, а также запомнить структуру основных критериальных уравнений теплообмена.

Запоминать конкретные эмпирические уравнения не нужно, однако необходимо на основе анализа этих уравнений уметь объяснить механизм теплообмена в различных условиях и давать им сравнительную оценку.

Особое внимание необходимо обратить на пути интенсификации конвективного теплообмена (влияние скорости движения теплоносителя, диаметра труб, формы пучка и т.д.). При изменении агрегатного состояния следует рассмотреть переход от пузырькового режима кипения к плёночному и уяснить физическую природу снижения коэффициента теплоотдачи при появлении на стенке паровой плёнки. В данном случае нужно ясно представить себе опасности, связанные с превышением критической тепловой нагрузки.

Изучая вопрос теплопередачи при конденсации пара, особое внимание следует обратить на влияние плёнки конденсата и на меры, способствующие её удалению.

Приступая к изучению процессов теплового излучения, прежде всего необходимо понять, что тепловое излучение всегда сопровождается двойным превращением энергии: тепловая энергия излучающего тела переходит в лучистую, а лучистая энергия, поглощённая другим телом, переходит в тепловую.

Изучите классификацию тел по их поглощательной, отражательной и излучательной способностям, а затем разберитесь в основных законах теплового излучения абсолютно чёрного тела и серых тел, рассмотрите основные случаи лучистого теплообмена между телами.

Ознакомьтесь с вопросами поглощения и излучения газов, так как теплообмен в топках и газоходах котельных агрегатов в значительной степени определяется излучением газов.

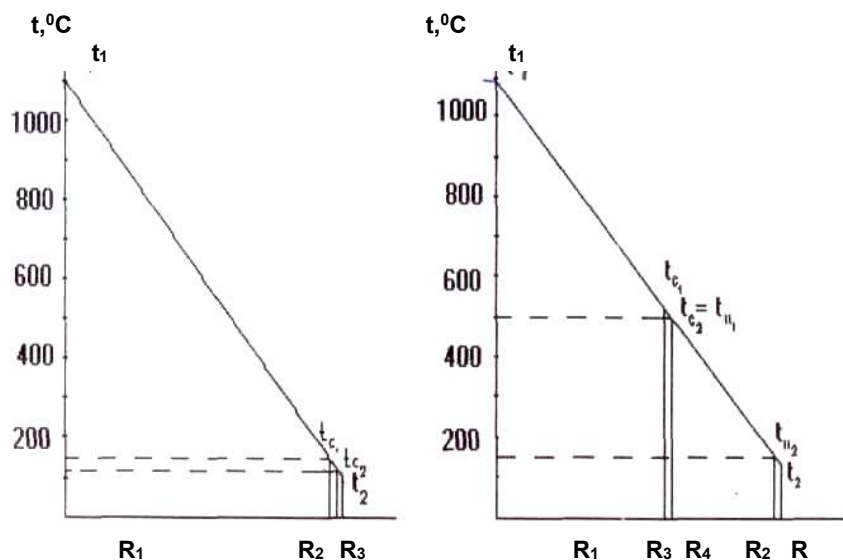
Разделение теплообмена на три вида переноса теплоты (теплопроводность, конвективный теплообмен и тепловое излучение) является условным и проведено по методическим соображениям. В действительности же теплообмен во всякого рода аппаратах и устройствах обычно происходит одновременно всеми тремя видами переноса теплоты.

Теплопередачу нужно рассматривать как сложный процесс теплообмена, уяснив при этом назначение и классификацию теплообменных аппаратов по принципу действия (рекуперативный, регенеративный и смесительные).

Цель теплового расчёта при проектировании новых теплообменных аппаратов заключается в определении величины площади поверхности нагрева. Для работающих аппаратов, когда площадь поверхности известна,

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задача 1						
Вариант задания	Род газа	$t_1, ^\circ\text{C}$	$P_1, \text{кгс/см}^2$	$m, \text{кг}$	$P_2, \text{кгс/см}^2$	$V_2, \text{м}^3/\text{кг}$
1	воздух	4	20	1	20	0,21
2		0	1	1	8	0,14
3		15	1	1	1,6	0,83
4		150	25	1	60	0,024
5		250	50	1	70	0,025
6		0	1	1	16	0,039
7		172	1	1	4	0,33
8		617	45	1	11	0,25
9		45	0,9	1	32,6	0,08
10		1627	32,6	1	2,7	1
11		57	0,85	1	37,6	0,08
12		1907	60,2	1	2,2	1,1
13		27	0,95	1	4	0,33
14		20	1	1	3	0,4
15		409	5,1	1	1	1,25
16		30	1	1	12,3	0,15
17		2102	47,1	1	3,8	0,9
18		20	0,95	1	30,8	0,07
19		1857	30,8	1	3,8	0,9
20		47	1	1	40	0,07
21		2507	81,4	1	3,56	0,9
22		17	6	1	3	0,9
23		20	6	1	1,1	3,3
24		0	0,8	1	29	0,077
25		1313	46,4	1	1,43	1,2
26		17	1	1	2,8	0,83
27		30	3	1	97,2	0,025
28		1577	164	1	1	1,25
29		24	1	1	3	0,39
30		1327	6	1	1,1	3,65



Эпюры температур

целью расчёта является установление оптимального теплового режима работы аппарата, определение конечных температур теплоносителей и коэффициента теплопередачи.

Необходимо ясно представлять различие в схемах прямоточного и противоточного рекуперативных теплообменников, разбираться в вычислениях среднего температурного напора в каждой из схем и уметь давать сравнительную характеристику той или другой схеме, усвоить понятие о среднелогарифмической и среднеарифметической разностях температур теплоносителей.

Во многих теплообменных аппаратах происходят процессы, сопровождающиеся переносом массы. Примерами процессов могут служить такие, как сушка, испарение, абсорбция газов и др. Если теплообмен характеризуется выравниванием температур, то массообмен проявляется в выравнивании концентраций вещества. Рассмотрите уравнение закона Фика -закона молекулярной диффузии, обратите внимание на его аналогию с законом Фурье. Разберите понятие плотности потока массы, коэффициента молекулярной диффузии.

Массообмен между газообразной и жидкой фазами называют конвективной массоотдачей. Необходимо усвоить аналогию дифференциальных уравнений, описывающих тепло- и массообмен, а также чисел подобия.

2. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

2.1. Теплогенерирующие установки

2.1.1. Котельные установки

Приступая к изучению данного раздела, студент должен уяснить, что современный котельный агрегат - это сложное устройство, состоящее из большого количества элементов различного назначения. Разобраться в этом вопросе надо по схемам котельных установок и их описаниям, приведённым в учебниках. Затем следует ознакомиться с основными характеристиками котельных агрегатов, с направлением развития котельной техники.

Изучение топок следует начинать с принципиальных схем топочных устройств, после чего приступить к изучению их конструктивных особенностей.

В настоящее время ручные топки уступили место механизированным слоевым топкам, поэтому основное внимание необходимо сконцентрировать на разборе конструкции последних. Вопросы пылепри-готовления и камерного сжигания необходимо изучать комплексно. Здесь надо иметь в виду широкое распространение в отечественной энергетике каменных топок с мельницами, на изучение которых следует обратить особое внимание.

Когда принцип работы и конструктивная сторона топок усвоены, необходимо перейти к сравнительному анализу их типов и конструкций, уяснить области применения каждого типа по роду топлива и производительности котельного агрегата. В заключение необходимо сравнить технические и экономические показатели работы топок.

Наиболее экономичными видами топлива являются природный газ и мазут. Поэтому следует ознакомиться с устройством горелок для газа и форсунок для мазута, с их классификацией и принципом действия, а также с особенностями камерных топок для сжигания газа и мазута.

При работе над темой «Котлоагрегаты» необходимо уяснить сущность процесса парообразования в котле. При разборе вопроса об энергетических типов котлов основной упор должен быть сделан на разбор вертикально - водотрубных котлов, выпускаемых в настоящее время. На тепловых электрических станциях чаще всего устанавливают котлы большой паропроизводительности с естественной циркуляцией и прямоточные.

При изучении конструкции котлов и их работы следует обратить особое внимание на котлы, применяемые в сельском хозяйстве, а именно: на котлы-парообразователи типа КМ, КВ, Д-721 производительностью 100-800 кг пара в час, а также на котлы типа ДКВР паропроизводительностью от 2,5 до 20 т/ч, которые в настоящее время успешно применяются. В сельском хозяйстве находят применение также и чугунные секционные водогрейные котлы типа «Универсал», «Энергия», «Тула» и др.

При изучении теплового расчёта котельного агрегата особое внимание надо обратить на методику составления его теплового баланса и расчёта теплообмена в топке. Следует запомнить, что общий коэффициент теплоотдачи и коэффициента теплоотдачи лучеиспусканием. Необходимо знать, какая разница между определением коэффициента теплопередачи для испарительной части котлоагрегата, пароперегревателя, водяного экономайзера и воздухоподогревателя и чем эта разница обусловлена. Разбирая вопросы теплообмена в топке и газоходах котельного агрегата, следует проанализировать пути интенсификации передачи тепла, а также причины, ограничивающие рост коэффициента теплопередачи в различных поверхностях нагрева.

Запоминать эмпирические расчётные формулы студенту не обязательно.

2.1.2. Теплогенераторы

Теплогенераторы широко используются в сельском хозяйстве для отопления и вентиляции животноводческих, птицеводческих, производственных помещений. Ознакомьтесь с устройством теплогенераторов, их типами и краткими характеристиками. Обратите внимание на устройство топливной системы, тягодутьевые устройства, горелки для сжигания газообразного и жидкого топлива, систему автоматики управления, технику безопасности при эксплуатации теплогенераторов.

Наряду с теплогенераторами находят применение и газовые водонагреватели, и газовые отопительные приборы. Рассмотрите типы этих приборов, их назначение и область применения, устройство и работу.

12

4) Определим температуры стенки со стороны газов и воды

$$q_2 = q = a_2 (t_{c_2} - t_2), \quad \text{отсюда } t_{c_2} = t_2 + \frac{q}{a_2},$$

$$t_{c_1} = 1100 - \frac{96670}{104,67} = 176,43^0 \quad t_{c_2} = 150 + \frac{96670}{4652} = 170,78^0$$

При наличии накипи

1) Термическое сопротивление накипи

$$R_4 = \frac{\delta_n}{\lambda_n}; \quad R_4 = \frac{0,005}{1} = 0,005 (\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт})$$

2) коэффициент теплоотдачи

$$K = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}; \quad K = 66,62 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ К})$$

3) Удельный тепловой поток

$$q = K(t_1 - t_2); \quad q = 63289 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

4) Температура стенки

$$t_{c_c} = t_1 - \frac{q}{a_1}; \quad t_{c_1} = 1100 - \frac{63289}{104,67} = 485,35^0$$

$$q_2 = q = \frac{\lambda_c}{\delta_c} (t_{c_1} - t_{c_2}); \quad \text{отсюда } t_{c_2} = t_{c_1} - \frac{q \cdot \delta_{c_1}}{\lambda_c};$$

$$t_{c_2} = 494,25^0$$

5) Температура накипи со стороны воды

$$t_{n_1} = t_{c_2}; \quad t_{n_2} = t_2 + q \cdot R_2$$

$$t_{n_2} = 150^0 + 63289 \cdot 0,00021 = 177,8^0 \text{ C}$$

$$Gr = \frac{0.003 \cdot 9.8 \cdot 1 \cdot 80}{1.92^2 \cdot 10^{-10}} = 0.6387 \cdot 10^{10}$$

4) Определим критерий Нуссельта Nu для теплоотдачи горизонтальной трубы при свободном движении двухатомного газа

$$Nu = 0.47 \cdot Gr^{0.25}; \quad Nu = 0.47 \cdot (0.6387 \cdot 10^{10})^{0.25} = 132.87$$

5) Определим коэффициент теплоотдачи a

$$Nu = \frac{a \cdot d}{\lambda}, \text{ отсюда } a = \frac{Nu \cdot \lambda}{d}$$

$$a = \frac{29.06 \cdot 10^{-3} \cdot 132.87}{0.057} = 67.64 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

6) Определяем потерю тепла трубой по уравнению Ньютона - Рихмана

$$Q = a \cdot F \cdot (t_c - t_b), \quad \text{где } F - \text{площадь поверхности трубы } F = \pi dL,$$

$$F = 3.14 \cdot 0.057 \cdot 1 = 0.179 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$Q = 67.64 \cdot 0.179 \cdot (100 - 20) = 958.5 \text{ (Дж)}$$

Задача 5.

Тепло дымовых газов передаётся через стенку котла кипящей воде. Температура газов $t_1 = 1100^\circ$, воды $t_2 = 150^\circ$, толщина стенки $\delta_c = 1 \text{ мм}$, Толщина накипи $\delta_n = 5 \text{ мм}$. Коэффициенты теплоотдачи от газов к стенке $a_1 = 104,67 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ и от стенки к воде $a_2 = 4652 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$, стенка плоская. Коэффициенты теплопроводности стали $\lambda_c = 58 \text{ Вт/(мК)}$, накипи $\lambda_n = 1 \text{ Вт/(мК)}$.

Решение: 1). Определим термические сопротивления

$$\text{от газов к стенке } R_1 = 1/a_1 = 0,0096 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$$

$$\text{от стенки к кипящей воде } R_2 = 1/a_2 = 0,00021 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$$

$$\text{стальной стенки } R_3 = \delta_c / \lambda_c = 0,00002 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$$

2) Определим коэффициент теплопередачи

$$K = \frac{1}{R_1 + R_2 + R_3}; \quad K = 101.759 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

3) Удельный тепловой поток через стенку

$$q = K(t_1 - t_2),$$

$$q = 101,758 (1100 - 150) = 96670 \text{ (Вт/м}^2\text{)} = 96,67 \text{ кВт/м}^2$$

2.1. Тепловые двигатели и компрессоры

2.1.1. Компрессорные машины

Компрессорные машины предназначены для перемещения сжимаемых и несжимаемых жидкостей и повышения их давления до требуемого; для этого жидкостям сообщается дополнительная энергия от постороннего источника.

Ознакомьтесь с классификацией компрессорных машин по виду используемой в них жидкости (несжимаемой и сжимаемой) и по условиям сообщения сжимаемым жидкостям (газам) дополнительной энергии.

Поршневые компрессоры представляют собой машины, предназначенные для сжатия газов и передаче их потребителям. Изучите устройство и принцип работы поршневого компрессора, его действительную индикаторную диаграмму, определение КПД компрессора, работы, расходуемой на сжатие газа; при этом надо уметь вычислять подачу компрессора и потребную мощность для его привода.

В тех случаях, когда требуется получение высокого давления газа, применяют многоступенчатое сжатие с промежуточным охлаждением газа после каждой ступени компрессора.

Ознакомьтесь с условиями эксплуатации и правилами техники безопасности на компрессорных станциях.

Изучите также принцип работы многоступенчатых центробежных и осевых машин: турбовоздуходувки и турбокомпрессоры.

2.2.2. Двигатели внутреннего сгорания

Этот раздел изучается студентами-механиками на IV курсе как самостоятельная дисциплина, поэтому студенту необходимо ознакомиться кратко с основными определениями и классификацией ДВС.

2.2.3. Паровые и газовые турбины

Паровая турбина - основной двигатель стационарной энергетики. Чтобы разобраться в сущности рабочего процесса этой тепловой машины, надо начать с изучения ступени турбины, преобразования энергии пара в каналах сопловых и рабочих лопаток, изменениями параметров пара в активной и реактивной ступенях. Нужно изучить происхождение отдельных потерь энергии в ступени, систему относительных и абсолютных КПД, зависимость КПД на окружности колеса от отношения окружной скорости к скорости истечения пара из сопел; эту важную зависимость (график её для различных ступеней) надо хорошо усвоить, так как она определяет многоступенчатую конструкцию современных турбин.

При рассмотрении конструкции нужно обратить внимание на теплофикационные турбины; ознакомиться кратко с системами регулирования, конденсационными устройствами паровых турбин.

Газовые турбины и газотурбинные установки. Принцип работы ГТУ и термодинамические показатели их идеальных циклов рассматривались в разделе "Термодинамика". Ознакомьтесь с конструкциями основных узлов современных ГТУ, обратите внимание на отличие газовых турбин от паровых, уясните их достоинства и недостатки. Рассмотрите принципиальные схемы одновалных и многовалных газотурбинных установок. Разберите уравнение теплового баланса газотурбинного двигателя.

2.3. Тепловые установки

При изучении этого раздела следует прежде всего уяснить роль тепловых электростанций и развитием энергетики страны.

Доля электроэнергии, вырабатываемой тепловыми электростанциями, в общем энергетическом балансе нашей страны составляет более 80%. Тепловые электростанции разделяют на две группы: паротурбинные конденсационные электростанции (КЭС), вырабатывающие только электрическую энергию, и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), которые осуществляют комбинированную выработку электроэнергии и теплоты.

Изучите тепловые схемы, объединяющие все элементы электростанций, при этом нужно обратить внимание на системы регенеративного подогрева питательной воды, а также на вспомогательные системы - водоподготовки, водоснабжения, топливоподачи, золоудаления и золоулавливания.

Ознакомьтесь с методом составления теплового баланса, определением КПД и коэффициента использования теплоты топлива на тепловых электростанциях.

Студенту необходимо также ознакомиться с принципиальными схемами и технико-экономическими показателями дизельных и газотурбинных электростанций, станций, которые преобразуют энергию расщепления ядер атомов тяжёлых элементов в теплоту и электрическую энергию. Ознакомьтесь со станциями с магнитогидродинамическими (МГД) генераторами, на которых электроэнергия получается путём прямого превращения в неё теплоты без применения движущихся механических деталей и узлов.

3. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОТЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Современное сельское хозяйство является крупным потребителем тепловой энергии: теплота используется как для ведения технологических процессов, таких, как сушка различных сельскохозяйственных продуктов и прежде всего зерна, тепловая обработка кормов, пастеризация молока и др., так и для отопления и вентиляции различных животноводческих,

Решение:

1) По диаграмме **h-s (i-s)** найдём удельную энтальпию начального состояния пара (в пересечении линий **p** и **t**)

$$p_1 = 25 \text{ кг/см}^2 = 2,45 \cdot 10^6 \text{ Па} = 2,45 \text{ МПа}, t_1 = 400^\circ \text{С}, h_1 = 3240 \text{ кДж/кг}$$

2) Из начальной точки на диаграмме опустим вертикаль (адиабату) до $p_2 = 0,0096 \text{ МПа}$
Удельная энтальпия конечного состояния $h_2 = 2220 \text{ кДж/кг}$

3) По таблице 1 приложения найдём удельную энтальпию воды на линии насыщения по давлению $p_2 = 0,0096 \text{ МПа}$ $h'_2 = 190 \text{ кДж/кг}$

4) Определим термический КПД цикла

$$\eta_1 = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h'_2}; \quad \eta_1 = \frac{3240 - 2220}{3240 - 190} = 0.33$$

5) Удельный расход пара

$$d = \frac{3600}{h_1 - h_2}; \quad d = \frac{3600}{3240 - 2220} = 3.53 \text{ кг/(кВт} \cdot \text{ч)}$$

Аналогично ведутся расчёты по данным 2 варианта.

Задача 4.

Дано: Горизонтальная цилиндрическая труба, наружный диаметр её¹
 $d = 57 \text{ мм}$, $t_c = 100^\circ \text{С}$. Определить потери тепла трубой за 1 час с 1 м длины.

Решение:

1) Определим среднюю температуру пограничного слоя

$$t_c = \frac{t_c + t_b}{2}; \quad t_c = \frac{100 + 20}{2} = 60^\circ$$

Возьмём из таблицы 2 приложения физические константы воздуха при t коэффициент теплопроводности

$$\lambda_b = 29,06 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/мК}$$

коэффициент кинематической вязкости

$$\vartheta = 1,92 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$$

3) Определим критерий Грасгофа **Gr**

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot \ell \cdot \Delta t}{\vartheta^2}; \quad \Delta t = t_c - t_b; \quad \Delta t = 80^\circ$$

$$\beta = \frac{1}{t_{cp} + 273}; \quad \beta = \frac{1}{60 + 273} = 0,003 (\text{К}^{-1})$$

$$l = 286,487 \text{ (кДж/кг)}$$

Термический коэффициент цикла можно найти по уравнению

$$\eta_1 = 1 - \frac{q_3}{q} \text{ или } \eta_1 = 1 - \frac{\lambda \cdot \rho^k - 1}{\varepsilon^{k-1} [(\lambda - 1) + K\lambda \cdot (\rho - 1)]}$$

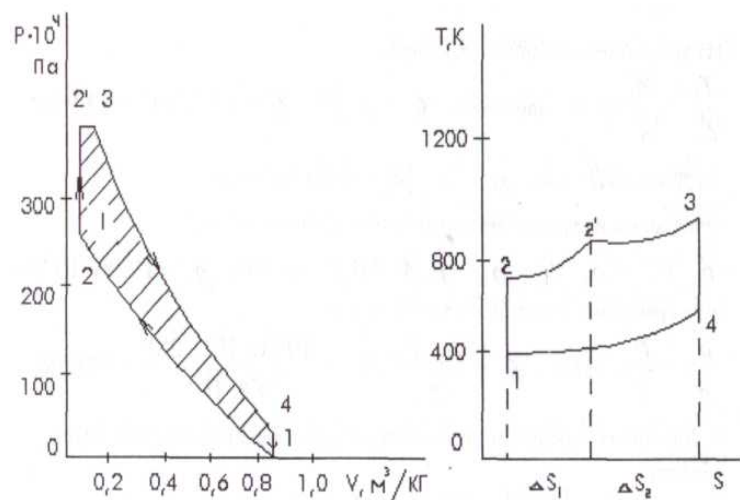
$$\text{В данном примере } \eta_1 = 1 - \frac{193.745}{485.076} = 0.60$$

Изменение энтропии цикла складывается из изменений энтропии в отдельных процессах цикла

$$\Delta S = 0 + C_v \cdot \ln \frac{T_3}{T_2} + C_p \cdot \ln \frac{T_4}{T_3} + 0 + C_v \cdot \ln \frac{T_1}{T_5};$$

$$\Delta S = 712.3 \cdot \ln 1.5 + 1005.6 \cdot \ln 1.2 + 712.3 \cdot \ln 0.5 = 0$$

Построим этот цикл в **p-V** и **T-s** диаграммах



Задача 3.

Дано: Цикл паросиловой установки Ренкина с параметрами пара

1 вариант: $p_2 = 25 \text{ кг/см}^2$, $t_1 = 400^\circ \text{C}$, $p_2 = 0,098 \text{ кг/см}^2$

2 вариант: $p_2 = 25 \text{ кг/см}^2$, $t_1 = 500^\circ \text{C}$, $p_2 = 0,098 \text{ кг/см}^2$

производственных и культурно-бытовых помещений. При изучении этого раздела необходимо обратить внимание на специфику теплотребления в сельском хозяйстве, современные теплоэнергетические установки и способы повышения их экономичности, на источники тепловой энергии в сельском хозяйстве.

3.1. Основы теплофизики сельскохозяйственных производственных сооружений

При изучении раздела «Основы теории теплопередачи» вы уже ознакомились с основными видами передачи теплоты: теплопроводностью, тепловым излучением, конвективной теплоотдачей и теплопередачей. Эти же явления теплообмена, также, как и процессы влаги и воздухообмена, изучаются и при рассмотрении вопросов теплоснабжения сельскохозяйственных производственных сооружений.

Ознакомьтесь с процессом теплообмена в помещении, с методами расчёта количества теплоты, необходимой для поддержания оптимальной (расчётной) температуры в помещении; здесь важно учесть, что теплоотдача животными является активной частью теплового баланса в животноводческом помещении.

Уясните, что происходит взаимный теплообмен между животными и поверхностями ограждений помещений, каково тепловосприятие пола в животноводческих помещениях, как передаётся тепло в толще ограждений. Важно усвоить понятие о стационарной и нестационарной передаче теплоты через массивные, немассивные, прозрачные и непрозрачные ограждения. Разберитесь в понятии о воздухопроницаемости материалов и конструкций и о тепловом режиме сельскохозяйственных сооружений; уясните методы расчётов фильтрации воздуха через массивы ограждения, щели и окна, воздухообмена многопролётных сооружений, примером которых служат блочные теплицы.

3.2. Общие сведения о системах отопления, вентиляции и кондиционирования

Отопление и вентиляция. Ознакомьтесь с классификацией и назначением систем отопления и вентиляции, выбором расчётных температур внутреннего и наружного воздуха, методом расчёта тепловых потерь помещения. Теплотери помещения могут быть определены и по укрупнённым показателям, то есть по удельным тепловым характеристикам зданий. Необходимо ознакомиться с источниками тепловыделений, их расчётом и графиками (суточными и годовыми) расхода теплоты на отопление и вентиляцию.

Расчёт воздухообмена в помещении ведётся по различным видам вредных выделений; по избыткам теплоты, влаги, вредных газов, пыли,

поэтому важно знать предельно допустимые концентрации вредных выделений в воздухе различных помещений.

Ознакомьтесь с типами и характеристиками нагревательных приборов для систем отопления, тепловым расчётом их площади нагрева, с методикой расчета нагревательных приборов, в том числе и пароводяных калориферов.

Кондиционирование воздуха. При изучении этой темы нужно ознакомиться с основными процессами и системами кондиционирования, разобрать схемы летнего и зимнего кондиционирования, конструкции кондиционеров. Важно научиться пользоваться диаграммой H-d (энтальпия - влагосодержание воздуха) и уметь изображать в ней процессы кондиционирования воздуха.

3.3. Теплоснабжение производственных, жилых и общественных зданий

Ознакомьтесь с центральными системами: водяного отопления с естественной и насосной циркуляцией и парового отопления низкого и высокого давления, уясните преимущества и недостатки этих двух видов систем отопления. Рассмотрите вопросы о вентиляции и воздушном отоплении зданий.

Следует ознакомиться с системами и принципиальными схемами горячего водоснабжения, расчётом расхода теплоты на горячее водоснабжение, с суточными графиками тепловой нагрузки и интегральными графиками потребления теплоты; уясните основы расчёта систем горячего водоснабжения.

3.4. Применение теплоты на животноводческих фермах и комплексах

Высокие требования предъявляются к микроклимату животноводческих и птицеводческих помещений, так как от него в значительной степени зависит продуктивность животных. Поэтому важно уметь рассчитывать воздухообмен по предельно допустимым концентрациям углекислоты, аммиака и водяных паров в помещении.

Ознакомьтесь со схемами отопительно-вентиляционных систем и основами расчёта систем отопления и вентиляции, с основами автоматического регулирования микроклимата животноводческих помещений.

Уясните, из каких статей складывается расход теплоты на животноводческих и птицеводческих фермах и комплексах, какие схемы теплоснабжения могут быть использованы.

Процесс кормоприготовления включает в себя запаривание сочных кормов, гидролиз грубых и осолаживание концентрированных кормов. Ознакомьтесь с режимами процессов кормоприготовления и используемым оборудованием.

Тепловая обработка молока на фермах - важное условие успешного длительного хранения и транспортирования молока. Ознакомьтесь с режимами

$$T_2 = \frac{p_2 \cdot V_2}{R}; \quad T_2 = \frac{251,9 \cdot 10^4 \cdot 0,084}{286,55} = 738 \text{ (K)}$$

в) Для точки 3 дано $V_3 = V_2$, $\lambda = 1,5$

Определим параметры точки 2'

$$\lambda = \frac{p_3}{p_2}; \text{ отсюда } p_3 = \lambda \cdot p_2; \quad p_3 = 1,5 \cdot 251,9 \cdot 10^4 = 377,8 \cdot 10^4 \text{ (Па)}$$

Из уравнения изохорного процесса

$$\frac{T_3}{T_2} = \frac{p_3}{p_2} = \lambda; \text{ отсюда } T_3 = \lambda \cdot T_2; \quad T_3 = 1,5 \cdot 738 = 1107 \text{ (K)}$$

г) Для точки 4 дано: $p_4 = p_3$, $\rho = 1,2$

Определим остальные параметры точки

$$\rho = \frac{V_4}{V_3}, \text{ отсюда } V_4 = \rho \cdot V_3, \quad V_4 = 1,2 \cdot 0,084 = 0,101 \text{ (м}^3 \text{ / кг)}$$

Из уравнения изобарного процесса

$$\frac{T_4}{T_3} = \frac{V_4}{V_3} = \rho, \text{ определим } T_4 = \rho \cdot T_3, \quad T_4 = 1,2 \cdot 1107 = 1328 \text{ (K)}$$

д) Для точки 5 дано: $V_5 = V_1$, $V_5 = 0,84 \text{ м}^3 \text{ / кг}$

Определим из уравнения адиабатного процесса 3-4 p_4

$$p_5 \cdot V_5^K = p_4 \cdot V_4^K, \quad p_5 = p_4 \left(\frac{V_4}{V_5} \right)^K, \quad K = 1,41, \quad p_5 = 19,06 \cdot 10^4 \text{ Па}$$

и из уравнения изохорного процесса 4-1

$$\frac{p_5}{p_1} = \frac{T_5}{T_1}; \text{ найдем } T_5 = \frac{p_5 \cdot T_1}{p_1}; \quad T_5 = \frac{19,06 \cdot 10^4 \cdot 288}{9,8 \cdot 10^4} = 560 \text{ (K)}$$

2. Для цикла определим подведённую q_1 и отведённую q_2 удельную теплоту

$$q = q_1 + q_2 = C_V(T_3 - T_2) + C_P(T_4 - T_3)$$

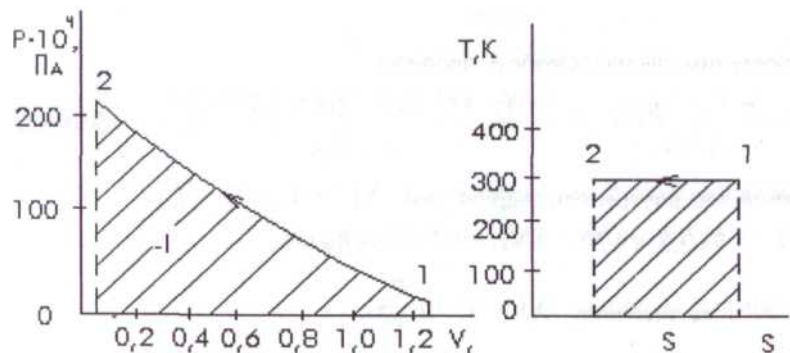
$$q = 712,3(1107 - 738) + 1005,6(1328 - 1107) = 485,176 \text{ (кДж/кг)}$$

$$q_3 = C_V(T_5 - T_1), \quad q_3 = 712,3(1107 - 288) = 193,745 \text{ (кДж/кг)}$$

Удельную работу цикла можно найти как сумму удельных работ, совершённых в отдельных процессах цикла

$$\ell = \frac{R(T_2 - T_1)}{1 - K} + 0 + p_2(V_4 - V_3) + \frac{R(T_5 - T_4)}{1 - K} + 0$$

для изотермического процесса



Задача 2.

Дано: Цикл ДВС с изохорно-изобарным подводом теплоты. Параметры рабочего тела в начале сжатия: $p_1 = 1 \text{ кг/см}^2$ и $t_1 = 15^\circ$, $\epsilon = 10$, $\rho = 1,2$, $\lambda = 1,5$. Рабочее тело - воздух, $m = 1 \text{ кг}$. Определить: $l, q_1, q_2, \eta, \Delta S$.

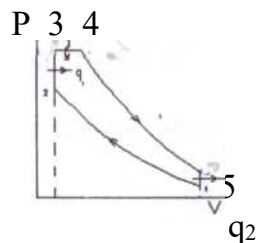
Решение: Изобразим смешанный цикл ДВС в p - V - диаграмме.

1). Определение параметров точек цикла

а). Для точки 1 дано $t_1 = 15^\circ$, $T_1 = 288 \text{ К}$, $p_1 = 1 \text{ кг/см}^2 = 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$.

Определим из уравнения состояния $p_1 \cdot V_1 = R \cdot T_1$ объём V_1

$$V_1 = \frac{286,55 \cdot 288}{9,8 \cdot 10^4} = 0,84 (\text{м}^3 / \text{кг})$$



б). Процесс сжатия 1-2 адиабатический, степень сжатия $\epsilon = 10$,

$$\text{Определим } V_2 \cdot \epsilon = \frac{V_1}{V_2}; V_2 = \frac{V_1}{\epsilon} = 0,084 (\text{м}^3 / \text{кг})$$

Из уравнения адиабатного процесса найдём p_2

$$p_1 = V_1^K = p_2 \cdot V_2^K, p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^K = p_1 \cdot \epsilon^K = 251,9 \cdot 10^4 (\text{Па})$$

Из уравнения состояния рабочего тела

пастеризации, схемами и установками для пастеризации и охлаждения молока.

Горячая вода на фермах и комплексах используется для приготовления поила, для мытья посуды, молокопроводов, доильных установок и т.д. Разберитесь в методике определения среднесуточного расхода горячей воды на фермах.

Необходимо усвоить основы теплового расчёта кормозапарных агрегатов, водонагревателей, пастеризаторов и охладителей молока, уметь пользоваться при этом расчётным аппаратом теплопередачи.

Ознакомьтесь с использованием вторичных энергоресурсов для отопления и вентиляции животноводческих ферм и комплексов.

3.5. Обогрев сооружений защищенного грунта

При изучении вопроса теплоснабжения теплично-парникового хозяйства надо ознакомиться с основными конструкциями теплиц и парников, режимами их работы, со способами поддержания в них нормальных климатических условий, с суточными графиками потребления тепла.

Источниками теплоснабжения теплиц и парников могут быть как собственные котельные, так и тепловые отходы промышленных предприятий и теплоТЭЦ, а также термальные воды. Необходимо ознакомиться со схемами использования отходов тепла для обогрева теплиц и парников.

Студент должен уметь составить тепловой баланс культивационного сооружения, освоить методы расчёта вентиляции и отопления сооружения защищенного грунта.

3.6. Сушка продуктов сельскохозяйственного производства

Процессам сушки зерна и других продуктов отводится значительное место в сельскохозяйственном производстве. Удаление влаги из материала путём её испарения - сложный термический процесс; составными частями учения о процессах сушки являются теория тепло- и массообмена, показатель политропы n , теплоёмкость процесса, работа, изменение, механизм и кинетика сушки.

Ознакомьтесь с классификациями сушильных установок по способу подвода тепла, принципу действия, конструктивному оформлению и другим особенностям.

Основное распространение получили конвективные сушильные установки, в которых сушка материала осуществляется за счёт тепла, полученного им при соприкосновении с сушильным агентом (горячим воздухом или топочными газами).

В основу теплового расчёта сушилки положены уравнения материального и теплового баланса, по которым определяется количество влаги, удаляемой в процессе сушки, расход воздуха для сушки и необходимое количество тепла.

Необходимо пользоваться диаграммой **H-d** - влажного воздуха и применять её при расчётах основных процессов сушки.

Большое значение имеет правильный выбор параметров процесса сушки: температуры и скорости движения теплоносителя, времени сушки, допустимого удаления влаги; например, при сушке семян температура теплоносителя определяется термостойкостью семян, то есть допустимой температурой их нагрева. Ознакомьтесь с тепловыми режимами сушки семенных культур, зерна, фруктов и овощей, сена и других сельскохозяйственных продуктов.

3.7. Применение холода в сельском хозяйстве

Современное сельское хозяйство является не только потребителем тепловой энергии, но и холода. В качестве источников холода используется естественный и искусственный лёд, артезианская вода, холодильные машины.

Рассмотрите способы охлаждения, а также заготовки, хранения и использования естественного и искусственного льда. При изучении холодильных машин необходимо вспомнить определение второго закона термодинамики, согласно которому тепло от менее горячего тела невозможно передать более горячему телу без затраты механической работы. Это положение является основой термодинамического цикла холодильной установки.

Изучение принципа машинного охлаждения необходимо начать с рассмотрения обратного цикла Карно, а затем показать отличие от него действительного цикла компрессионных холодильных установок, то есть приступить к рассмотрению принципа работы компрессионных, а затем абсорбционных холодильных установок. Нужно уметь определять холода производительность холодильных установок, уяснить требования, предъявляемые к холодильным агентам.

При выборе холодильного оборудования потребуются знание существующих типов холодильных установок, используемых в сельском хозяйстве.

При изучении принципа работы тепловых насосов необходимо рассмотреть режимы нагревания и охлаждения теплоносителя, используемого для обеспечения оптимального микроклимата в помещениях в летний и зимний периоды года, а также способы перевода теплового насоса с одного режима на другой

3.8. Теплотехнические основы хранения сельскохозяйственных продуктов

Вопрос качественного хранения сельскохозяйственных продуктов на месте их производства особенно остро стоит в настоящее время. Поэтому исключительно важное значение приобрели в последние годы вопросы

$$\text{отсюда } c = 712,3 \cdot \frac{1,41 - 1,14}{1 - 1,14} = -1373,7 \text{ Дж/(кг К)} = -1,37 \text{ кДж/(кг К)}$$

Определим удельную работу процесса ℓ

$$\ell = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{1 - n}; \ell = \frac{0,04 \cdot 343 \cdot 10^4 - 6,86 \cdot 1,253 \cdot 10^4}{1 - 1,14} = -366 \text{ кДж / кг}$$

$$\text{Изменение внутренней энергии газа } \Delta U = C_v (T_2 - T_1), \\ \Delta U = 712,3 \cdot (479 - 300) = 127,5 \text{ (кДж/кг)}$$

$$\text{Изменение энтропии } \Delta S = C \cdot \ln \frac{T_2}{T_1},$$

$$\Delta S = -1373,7 \cdot \ln \frac{479}{300} = -642,78 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} = -0,643 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

2. Определение этих же параметров для изотермического процесса

$$\text{Дано: } V_1 = 6,86 \cdot 10^4 \text{ Па}, T_1 = 300\text{К}, V_1 = 1,253 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

$$V_2 = 0,04 \text{ м}^3 / \text{кг}, T_2 = T_1 = 300\text{К}$$

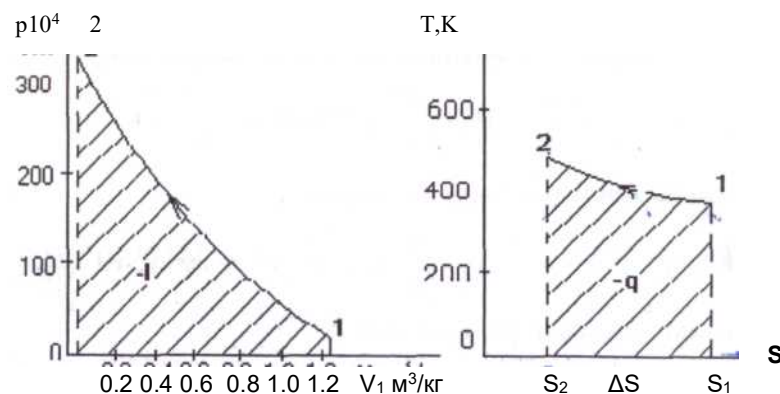
Определим p_2 из уравнения изотермического процесса $p_2 V_2 = p_1 V_1$

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2}; p_2 = \frac{6,86 \cdot 10^4 \cdot 1,253}{0,04} = 214,89 \cdot 10^4 \text{ (Па)}$$

$$n = 1, c = \infty, \Delta V = 0 \text{ для этого процесса}$$

$$\Delta S = R \cdot \ln \frac{V_2}{V_1}; \Delta S = 286,55 \cdot \ln \frac{0,04}{1,253} = -986,99 \text{ (Дж / кгК)}$$

Построим графики процессов в **p-V** и **T-s** диаграммах



ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1.

Дано: Цикл, отнесённый к 1 кг воздуха. Параметры начального состояния $p_1 = 0,7 \text{ кгс/см}^2$, $t_1 = 27^\circ$ конечного состояния $V_2 = 0,04 \text{ м}^3/\text{кг}$, $p_2 = 3 \text{ кгс/см}^2$ газовая постоянная воздуха $R = 286,55 \text{ Дж/(кг К)}$
теплоёмкости процессов $C_v = 712,3 \text{ Дж/кгК}$
 $C_p = 1005,6 \text{ Дж/кгК}$

Решение:

1. Определение параметров T_2 , n , s , ℓ , ΔU , ΔS для политропного процесса

1). Для состояния 1 дано: $p_1 = 0,7 \text{ кгс/см}^2 = 6,86 \cdot 10^4 \text{ Па}$

в системе СИ, $t_1 = 27^\circ$,

$T_1 = 300 \text{ К}$, $R = 286,55 \text{ Дж/(кг К)}$

Определим V_1 из уравнения состояния идеального газа

$$p_1 \cdot V_1 = R \cdot T_1, \text{ откуда } V_1 = \frac{R \cdot T_1}{p_1}, \quad V_1 = \frac{286,55 \cdot 300}{6,86 \cdot 10^4} = 1,253 \text{ (м}^3\text{)}$$

2). Для состояния 2 дано: $p_2 = 3 \text{ кгс/см}^2 = 343 \cdot 10^4 \text{ Па}$, $V_2 = 0,04 \text{ м}^3/\text{кг}$

$$\text{Определим } T_2 = \frac{p_2 \cdot V_2}{R}; \quad T_2 = \frac{343 \cdot 10^4 \cdot 0,04}{286,55} = 478 \text{ (К)}$$

Из уравнения политропного процесса $p_1 \cdot V_1^n = p_2 \cdot V_2^n$ определим n

$$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^n, \quad n \cdot \lg \frac{V_2}{V_1} = \lg \frac{p_1}{p_2}, \quad n = \frac{\lg \frac{p_1}{p_2}}{\lg \frac{V_2}{V_1}},$$

$$n = \frac{\lg \frac{6,86 \cdot 10^4}{343 \cdot 10^4}}{\lg \frac{0,04}{1,253}} = 1,14$$

$$\text{Теплоёмкость процесса } C = C_v \frac{K - n}{1 - n}, \text{ где } C_v = 712,3 \text{ Дж/(кгК)}$$

создания и совершенствования хранилищ для сочной сельскохозяйственной продукции.

Ознакомьтесь с «нормами технологического проектирования зданий, сооружений для хранения картофеля, овощей и фруктов», а также с классификацией современных хранилищ для различной сельскохозяйственной продукции, оптимальными параметрами микроклимата в них и со способами их поддержания. В результате рассмотрения теплового баланса хранилищ для картофеля и овощей выясните его структуру для различных периодов хранения - в период закладки продукции, в период охлаждения, в зимний и весенне-летний периоды. Нужно уметь подсчитывать расход воздуха для поддержания оптимального микроклимата в каждый период. Необходимо изучить тепловые схемы и компоновки теплосилового оборудования, освоить расчёты по определению расходов воздуха, теплоты и холода.

3.9. Системы теплоснабжения и тепловые сети в сельском хозяйстве

Изучите классификацию тепловых потребителей и требования, предъявляемые ими к системам теплоснабжения, рассмотрите суточные и годовые графики нагрузки теплоснабжения как сезонных, так и круглогодичных.

Классификацию систем теплоснабжения нужно провести по мощности, виду источника теплоты и виду теплоносителя. Рассмотрите классификацию тепловых сетей, их оборудование, схему и компоновку тепловых вводов, принцип действия элеваторов. Особое внимание нужно уделить водяным системам теплоснабжения, имеющим преимущественное распространение в сельском хозяйстве.

Изучите методику гидравлического и теплового расчёта сетей, обратив внимание на системы уравнений для подсчёта линейных и местных падений давлений в трубопроводах и падении в них температуры теплоносителя.

Необходимо разобраться в методике определения расчётной тепловой мощности котельной, годового расхода топлива, стоимости единицы теплоты - основного технико-экономического показателя работы котельной, в выборе котельного оборудования.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЯ

Контрольное задание должно выполняться студентом после изучения всего курса.

Студенту выдаётся индивидуальное задание, согласно которому он должен решить пять задач.

При выполнении контрольного задания необходимо соблюдать следующие требования:

- а) обязательно записать условие задачи;
- б) решение сопровождать кратким пояснительным текстом, в котором должно быть указано, какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу (из условия задачи, из справочника и т.д.);
- в) вычисления давать в развёрнутом виде;
- г) обязательно проставлять размерности всех заданных и расчётных величин в международной системе СИ;
- д) графический материал должен быть выполнен чётко в масштабе на миллиметровой бумаге.

После решения должен быть произведён краткий анализ полученных результатов и сделаны соответствующие выводы.

В конце работы дать перечень использованной литературы, указать дату окончания работы и подписать её.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задача 1. Газ массой m имеет начальные параметры - давление p_1 и температуру t_1 . После политропного изменения состояния газа объём его стал V_2 давление p_2 . Определить конечную температуру T_2 газа, показатель политропы n , теплоёмкость процесса, работу, изменение внутренней энергии и энтропии. Определить эти же величины, если изменение состояния газа происходит по изотерме до того же значения конечного объёма V_2 . Сделать выводы по полученным расчётным данным. Показать процессы в **p-V** и **T-s** - диаграммах.

Контрольный вопрос. Каковы общая формулировка и математическое определение первого закона термодинамики? Дайте определение и объясните физическую сущность величин, входящих в уравнение первого закона термодинамики.

Задача 2. Определить параметры рабочего тела в характерных точках идеального цикла поршневого двигателя с изохорно - изобарным подводом теплоты (смешанный цикл), если известны давление p_1 и температура t_1 рабочего тела в начале сжатия. Степень сжатия ε , степень предварительного расширения ρ , степень повышения давления заданы λ .

Определить работу, получаемую от цикла, подведённую и отведённую теплоту, термический КПД цикла и изменение энтропии отдельных

процессов цикла. За рабочее тело принять воздух, считая его теплоёмкость в расчётных интервалах температур постоянной. Построить на "миллиметровке" в масштабе этот цикл в координатах P-V и T-S. Дать к полученным графикам соответствующие пояснения.

Контрольный вопрос. Приведите основные формулировки второго закона термодинамики.

Задача 3. Показать сравнительным расчётом целесообразность применения пара высоких начальных параметров и низкого конечного давления на примере паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина, определив располагаемый теплоперепад, термический КПД цикла и удельный расход пара для двух различных значений начальных и конечных параметров пара.

Указать конечное значение степени сухости. Изобразить схему простейшей паросиловой установки и дать краткое описание её работы. Представить цикл Ренкина в диаграммах P-V и T-S. Задачу решать с помощью H-s диаграммы.

Представить графическое решение задачи в H-s диаграмме.

Задача 4. Определить потери тепла за 1 час с 1 м длины горизонтально расположенной цилиндрической трубы, охлаждаемой свободным потоком воздуха, если известны наружный диаметр d трубы, температура стенки трубы t_c температура воздуха t_b в помещении.

Контрольный вопрос. Какими основными безразмерными числами (критериями) подобия определяется конвективная теплопередача и каков физический смысл этих чисел подобия?

Задача 5. Плоская стальная стенка толщиной δ_s омывается с одной стороны горячими газами с температурой t_1 , с другой стороны водой с температурой t_2 . Определить коэффициент теплопередачи K от газов к воде, удельный тепловой поток q и температуры обеих поверхностей стенки, если известны коэффициенты теплопередачи от газа к стенке α_1 и от стенки к воде α_2 ; коэффициент теплопроводности стали $\lambda_s=58$ Вт/(мК). Определить также все указанные выше величины, если стенка со стороны воды покрыта слоем накипи толщиной δ_n ; коэффициент теплопроводности накипи $\lambda_n=1$ Вт/(мК). Для указанных вариантов построить эпюры температур от t_1 до t_2 . Объяснить в чём заключается вред отложения накипи стальных поверхностях нагрева.

Контрольный вопрос. В чём различие между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи, и какова связь между ними.