

7.12.2022

Практическая работа №9

Тема: Определение параметров цикла одноступенчатой паровой холодильной машины с помощью таблиц и диаграмм. Расчет цикла.

Цель: Научиться применять на практике знания по построению цикла паровой холодильной машины в $i-lgp$ и $T-s$ -диаграммах и приобрести навыки по определению параметров узловых и промежуточных точек; расчету рабочих циклов одноступенчатых холодильных машин.

Методические пояснения и рекомендации

Исходными данными для построения и расчета теоретического цикла паровой компрессионной холодильной машины является вид хладагента и температурный режим работы холодильной машины, который определяется:

- температурой кипения хладагента в испарителе;
- температурой конденсации;
- температурой переохлаждения жидкого хладагента перед регулирующим вентилем;
- температурой пара, всасываемого в цилиндр компрессора.

Построение цикла в диаграммах

Необходимо определить параметры холодильного агента не только в узловых, но и в промежуточных точках, что позволит проконтролировать правильность определения нужных для расчета параметров.

Порядок построения цикла одноступенчатого сжатия в $s-T$ - и $i-lgp$ - диаграммах показан на рисунке 9.1.

Вначале на диаграмму наносят изотермы t_0 , t_k , $t_{п}$, $t_{вс}$, определяющие режим работы установки (рис.9.1а), и находят изобары p_0 и p_k , соответствующие температурам кипения t_0 и конденсации t_k в области перегретого пара и переохлажденной жидкости.

На пересечении линий $t_{вс}$ и p_0 находится точка 1, характеризующая состояние всасываемого компрессором пара. Через точку 1 проводят линию постоянной энтропии $s = \text{const}$ (адиабату) до пересечения с изобарой p_k в точке 2 (рис.9.1б). Эта точка характеризует состояние пара в конце сжатия, а линия 1-2 - процесс теоретического (адиабатического) сжатия в компрессоре.

Изобара p_k от точки 2 до точки 3' характеризует процесс, происходящий в конденсаторе: 2-2' - охлаждение пара до состояния насыщения, 2'-3' - конденсацию.

При том же давлении p_k происходит процесс переохлаждения жидкого холодильного агента (линия 3'-3 на рис.9.1 в). Точка 3 определяет состояние переохлажденной жидкости, подводимой к регулирующему вентилю и находится на пересечении изобары p_k и изотермы t_n . В s - T диаграмме точка 3 находится на пограничной кривой при температуре t_n , т.к. изобара в области переохлажденной жидкости расположена очень близко к линии жидкости и на диаграммах не наносится.

Процесс дросселирования 3-4 (рис.9.1г) характеризуется снижением давления и температуры холодильного агента при неизменной энтальпии. Состоянию влажного пара после регулирующего вентиля соответствует точка 4, которая находится на пересечении линии энтальпии, проходящей через точку 3, с линией давления p_0 (температура t_0).

Процесс кипения 4-1' происходит при постоянном давлении p_0 и температуре t_0 в испарителе (рис.9.1д).

Линия 1'-1 при давлении p_0 характеризует процесс перегрева пара до температуры $t_{вс}$ в испарителе, трубопроводе и теплообменнике.

Определение параметров

В работе нужно определить все параметры: температуру t , давление p , удельный объем v , энтальпию i , энтропию s . Для точек эти параметры можно определять по таблицам насыщенных паров для состояний насыщения (приложения К,Л) и по диаграммам i - $\lg p$ для R12 и R717).

По таблицам определяют параметры таких точек:

1' - для сухого насыщенного пара при температуре кипения t_0 ;

2',3' - соответственно для сухого насыщенного пара и жидкости по температуре конденсации t_k ;

3 - для жидкости по температуре переохлаждения t_n (кроме давления, которое в процессе переохлаждения не изменяется и равно давлению конденсации p_k).

Параметры остальных точек цикла определяются по диаграммам:

1- на пересечении линий $t_{вс}$ и p_0 ;

2- линий $s = \text{const}$ и p_k

3- линий p_k и t_n

4- линий $i_3 = \text{const}$ и t_0

Найденные параметры сводятся в таблицу по такой форме:

Точки	Параметры				
	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{Па}$	$v, \text{м}^3/\text{кг}$	$i, \text{кДж/кг}$	$s, \text{кДж/кг} \cdot \text{К}$
$1'$					
1					
2					
$2'$					
$3'$					
3					
4					

Расчет цикла

Пользуясь данными таблицы расчет цикла ведем в следующей последовательности:

1. Удельная массовая холодопроизводительность холодильного агента:

$$q_0 = i_{1'} - i_4 \text{ кДж/кг (для R717);}$$

$$q_0 = i_1 - i_4 \text{ кДж/кг (для R12).}$$

2. Работа, затраченная на адиабатное сжатие 1 кг пара холодильного агента (кДж/кг):

$$l = i_1 - i_4.$$

3. Теплота, отведенная от 1 кг холодильного агента в конденсаторе:

$$q_k = i_2 - i_3 \text{ кДж/кг (для R717);}$$

$$q_k = i_2 - i_{3'} \text{ кДж/кг (для R12).}$$

4. Холодильный коэффициент:

$$\varepsilon = q_0/l$$

После выполнения необходимых построений, определение параметров точек и расчета холодильного цикла необходимо составить отчет, в котором должны быть приведены таблицы с параметрами узловых и промежуточных точек, расчет циклов, изображение рабочего цикла в i - lgp диаграмме.

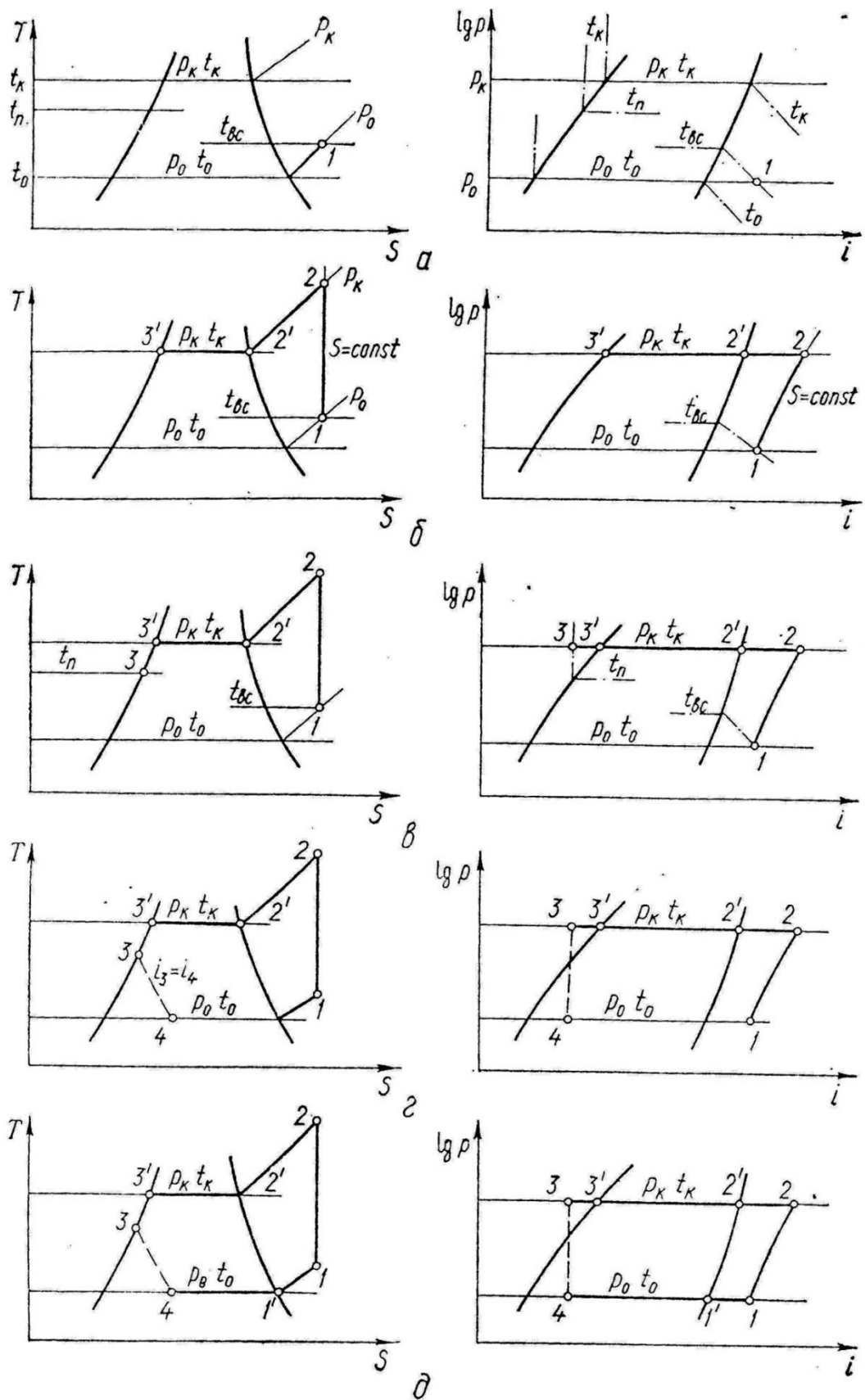


Рисунок 9.1- Построение действительного цикла в T - s , i - $\lg p$ -диаграммах

Исходные данные (задание):

1. Данные для расчетов (по вариантам) взять из таблицы 9.1
2. Вариант принять соответственно порядковому номеру в списке группы по классному журналу. Для первой задачи принять холодильный агент R717 (аммиак), для второй задачи – R12.

Задачи 9.1 и 9.2

Вписать цикл одноступенчатой холодильной машины в i -lgr диаграмму и определить параметры холодильного агента в узловых точках на основаниях следующих данных: $t_0 = \dots$ °C, $t_k = \dots$ °C, $t_n = \dots$ °C, $t_{bc} = \dots$ °C.

Найденные параметры следует занести в таблицу, а затем провести расчет цикла

Таблица 9.1 - Данные к задачам 9.1 – 9.2

№	Хол.агент	t_0 , °C	t_k , °C	t_n , °C	t_{bc} , °C	Хол.агент	№
1	R717	-20	+35	+30	-5	R12	1
2	R717	-10	+30	+25	0	R12	2
3	R717	-25	+25	+20	-20	R12	3
4	R717	-15	+30	+25	-10	R12	4
5	R717	-5	+35	+30	0	R12	5
6	R717	+5	+40	+30	+ 15	R12	6
7	R717	-12	+28	+20	0	R12	7
8	R717	-18	+30	+20	-10	R12	8
9	R717	+5	+35	+25	+ 10	R12	9
10	R717	-22	+25	+20	-10	R12	10
11	R717	-20	+25	+20	-5	R12	11
12	R717	-25	+25	+20	-5	R12	12
13	R717	-8	+28	+20	-5	R12	13
14	R717	-10	+30	+25	+5	R12	14
15	R717	-28	+30	+25	-15	R12	15
16	R717	-15	+30	+25	-10	R12	16
17	R717	-20	+35	+30	-10	R12	17
18	R717	-5	+30	+25	+5	R12	18
19	R717	-10	+30	+25	0	R12	19
20	R717	-24	+25	+20	-12	R12	20

Приложение К

Таблица параметров насыщенных паров аммиака (параметры даны с округлением)

Температура t , °C	Давление абсолютное p , МПа	Удельный объем		Удельная энтальпия		Удельная энтропия	
		жидкости v' , л/кг	пара v' , м³/кг	жидкости i' , кДж/кг	пара i'' , кДж /кг	жидкости s' , кДж /(кг·К)	пара s'' , кДж /(кг·К)
50	2,03	1,78	0,064	659	1712	4,99	8,25
40	1,93	1,77	0,067	650	1712	4,96	8,27
48	1,83	1,76	0,071	639	1712	4,92	8,29
46	1,74	1,75	0,075	629	1712	4,89	8,31
44	1,64	1,74	0,079	618	1711	4,86	8,29
42	1,56	1,73	0,083	609	1711	4,83	8,35
30	1,51	1,72	0,086	604	1711	4,82	8,36
39	1,47	1,72	0,088	599	1710	4,80	8,37
38	1,43	1,71	0,091	593	1710	4,79	8,38
36	1,39	1,7 1	0,09 3	58 8	170 9	4,7 7	8,3 9
35	1,35	1,7 0	0,09 6	58 3	170 9	4,7 5	8,4 0
34	1,31	1,7 0	0,09 9	57 9	170 8	4,7 4	8,4 1
33	1,27	1,6 9	0, 01	57 4	170 8	4,7 2	8,4 2
32	1,24	1,6 9	0,10 4	56 9	170 7	4,7 1	8,4 3
31	1,21	1,6 8	0,10 8	56 4	170 7	4,6 9	8,4 5
30	1,17	1,98	0, 111	560	1706	4,68	8,46
29	1,13	1,68	0,114	555	1706	4,66	8,47
28	1,10	1,67	0,117	551	1705	4,64	8,48
27	1,07	1,67	0, 121	546	1705	4,63	8,49
26	1,03	1,66	0,125	541	1704	4,61	8,50
25	1,00	1,66	0,128	536	1704	4,60	8,51
24	0,97	1,65	0,142	531	1703	4,58	8,52
23	0,94	1,65	0,136	526	1702	4,56	8,53
22	0,91	1,65	0,141	522	1702	4,55	8,55
21	0,88	1,64	0,145	517	1701	4,53	8,56
20	0,85	1,64	0,149	512	1700	4,52	8,57
18	0,80	1,63	0,159	502	1699	4,48	8,59
16	0,75	1,62	0, 169	492	1697	4,45	8,61
14	0,71	1,62	0,181	483	1696	4,42	8,64
12	0,66	1,61	0,193	474	1694	4,39	8,66
10	0,62	1,60	0 206	465	1692	4,35	8,69
8	0,57	1,59	0,220	455	1689	4,32	8,71
6	0,54	1,59	0,235	446	1687	4,28	8,74
4	0,50	1,58	0,252	437	1685	4,25	8,76
2	0,46	1,57	0,270	428	1683	4,22	8,79

0	0,43	1,57	0,290	419	1682	4,19	8,81
-2	0,40	1,56	0,310	409	1680	4,15	8,84
-4	0,37	1,55	0,334	400	1678	4,12	8,87
-6	0,34	1,55	0,360	392	1675	4,09	8,89
-8	0,31	1,54	0,388	382	1673	4,05	8,92
-10	0,29	1,53	0,419	372	1671	4,02	8,95
-11	0,28	1,53	0,435	367	1669	4,00	8,96
-12	0,27	1,53	0,452	363	1668	3,98	8,98
-13	0,26	1,52	0,470	358	1667	3,96	8,99
-14	0,25	1,52	0,490	354	1666	3,95	9,01
-15	0,24	1,52	0,510	350	1664	3,93	9,02
-16	0,23	1,52	0,530	345	1663	3,91	9,04
-17	0,22	1,51	0,550	340	1662	3,89	9,05
-18	0,21	1,51	0,570	336	1660	3,88	9,07
-19	0,20	1,51	0,600	331	1658	3,86	9,08
-20	0,19	1,50	0,620	327	1657	3,84	9,10.
-22	0,17	1,50	0,680	318	1654	3,81	9,13
-24	0,16	1,49	0,740	308	1651	3,77	9,16
-26	0,14	1,49	0,810	300	1648	3,73	9,19
-28	0,13	1,48	0,8130	290	1645	3,70	9,22
-30	0,12	1,48	0,960	282	1642	3,66	9,26
-32	0,11	1,47	1,060	273	1640	3,62	9,29
-34	0,098	1,46	1,160	264	1636	3,59	9,33
-36	0,088	1,46	1,280	255	1633	3,55	9,36
-38	0,080	1,45	1,410	246	1630	3,51	9,40
-40	0,072	1,45	1,550	237	1626	3,47	9,44
-42	0,065	1,44	1,720	228	1623	3,43	9,47
-44	0,058	1,44	1,900	219	1620	3,40	9,51
-46	0,052	1,43	2,110	210	1617	3,36	9,55
-48	0,046	1,43	2,350	202	1613	3,32	9,59

Приложение Л

Таблица насыщенных паров хладона-12 (по данным ВНИИХ)

Температура t , °C	Давление абсолютное p , МПа	Удельный объем		Удельная энтальпия		Удельная энтропия	
		жидкости v' , л/кг	пара v'' , м³/кг	жидкости i' , кДж/кг	пара i'' , кДж/кг	жидкости s' , кДж/(кг·К)	пара s'' , кДж/(кг·К)
-48	0,043	0,65	0,348	356	530	3,82	4,60
-46	0,048	0,65	0,317	358	531	3,83	4,59
-44	0,053	0,65	0,299	360	532	3,84	4,59
-42	0,058	0,66	0,264	362	533	3,85	4,59
-40	0,064	0,66	0,242	363	534	3,86	4,59
-38	0,071	0,66	0,222	365	535	3,86	4,58
-36	0,077	0,66	0,204	367	535	3,87	4,58
-34	0,085	0,67	0,188	369	536	3,88	4,58
-32	0,092	0,67	0,173	370	537	3,29	4,58
-30	0,101	0,67	0,160	372	538	2,89	4,58
-28	0,110	0,67	0,147	374	539	3,90	4,57
-26	0,119	0,67	0,137	375	510	3,91	4,57
-24	0,129	0,68	0,127	378	541	3,92	4,57
-22	0,140	0,68	0,117	380	542	3,92	4,57
-20	0,151	0,69	0,109	381	543	3,93	4,57
-18	0,163	0,69	0,102	383	544	3,94	4,57
-16	0,176	0,69	0,095	385	544	3,94	4,57
-14	0,190	0,69	0,088	387	546	3,95	4,56
-12	0,204	0,70	0,082	389	547	3,96	4,56
-10	0,220	0,70	0,077	391	548	3,97	4,56
-8	0,236	0,70	0,072	392	548	3,97	4,56
-6	0,253	0,71	0,067	394	549	3,98	4,56
-4	0,271	0,71	0,063	396	550	3,99	4,56
-2	0,289	0,71	0,059	398	551	3,99	4,56
0	0,309	0,72	0,056	400	552	4,00	4,56
2	0,33	0,72	0,052	402	553	4,01	4,56
4	0,35	0,72	0,049	404	554	4,01	4,56
6	0,37	0,73	0,046	406	555	4,02	4,55
8	0,40	0,73	0,044	408	556	4,03	4,55
10	0,42	0,73	0,041	410	556	4,03	4,55
12	0,45	0,74	0,039	411	557	4,04	4,55
14	0,48	0,74	0,037	413	558	4,05	4,55
16	0,51	0,75	0,035	415	559	4,05	4,55
18	0,54	0,75	0,033	417	560	4,06	4,55
20	0,57	0,75	0,031	419	561	4,07	4,55
22	0,60	0,76	0,029	421	562	4,07	4,55
24	0,63	0,76	0,028	423	562	4,08	4,55
26	0,67	0,77	0,026	425	563	4,09	4,55
28	0,70	0,77	0,025	427	564	4,09	4,55
30	0,74	0,77	0,024	429	565	4,10	4,55
32	0,78	0,78	0,023	431	565	4,11	4,55
34	0,82	0,78	0,021	433	566	4,11	4,55

36	0,87	0,79	0,020	435	567	4,12	4,55
38	0,91	0,79	0,019	437	568	4,13	4,55
40	0,96	0,80	0,018	439	568	4,13	4,55
42	1,00	0,80	0,018	441	569	4,13	4,54
44	1,06	0,81	0,017	443	570	4,14	4,54
46	1,11	0,81	0,016	445	571	4,15	4,54
48	1,16	0,82	0,015	447	571	4,16	4,54
50	1,21	0,83	0,014	449	572	4,16	4,54

