

РАСЧЕТ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛА

1. Общие сведения

При переработке и хранении пищевых продуктов, а также в различных технологических процессах необходимо поддерживать температуру на более низком уровне, чем температура окружающей среды.

Холодильные установки предназначены для понижения температуры тел ниже температуры окружающей среды и ее поддержания на требуемом уровне.

Принцип действия холодильных установок и тепловых насосов основан на совершении рабочим телом обратного термодинамического кругового процесса. В результате этого теплота отводится от охлаждаемого тела и передается окружающей среде, имеющей более высокую температуру.

Количество теплоты, отводимой от охлаждаемого тела за единицу времени (за час), называется *холодильной мощностью холодильной установки*. Холодильная мощность, отнесенная к 1 кг холодильного агента (рабочего тела), называется *удельной холодильной мощностью холодильного агента*. Для характеристики эффективности обратного цикла вводят понятие холодильного коэффициента ϵ_x .

Наибольшее распространение нашли компрессионные установки, в которых энергия, необходимая для выработки искусственного холода, затрачивается в виде механической энергии на привод компрессора и абсорбционные установки, в которых для повышения давления рабочего тела используется термохимическая компрессия.

Принципиальная схема установки изображена на рисунке 1.

Для расчета параметров холодильного цикла удобно пользоваться i - $\lg(P)$ -диаграммой состояния хладагента (рис. 2). По оси абсцисс отложены удельные энтальпии i , а по оси ординат логарифмическая шкала давлений $\lg(P)$ в барах. В приложении приведена полная диаграмма состояния фреона R22.

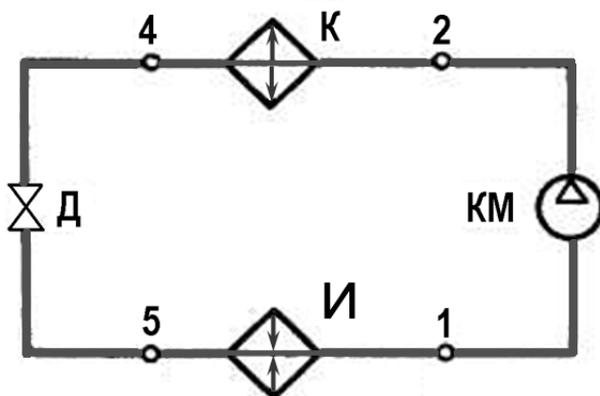


Рис. 1. Схема компрессионной паровой холодильной установки:
 КМ — компрессор; И — испаритель; Д — дроссельный клапан;
 К — конденсатор

Для примера построения и исследования холодильного цикла на рис. 2 приведен фрагмент i - $\lg(P)$ -диаграммы состояния фреона R22 [7]. Результаты исследования сведены в табл. 1.

Допустим нам известны температура кипения хладагента $t_{кип} = t_1 = +5 \text{ }^\circ\text{C}$ и температура конденсации паров фреона $t_{кон} = t_4 = +40 \text{ }^\circ\text{C}$.

По таблице состояния насыщенного пара фреона R22 (приложение 1) для пара при температуре $t_{кип} = t_1$ определяем давление $P_{кип} = P_1$, и при температуре $t_{кон}$ — давление $P_{кон} = P_4$. Аналогично из приложения 1 определяем удельные объемы v_1 и v_4 (см. табл. 2).

На диаграмме проводим горизонтальные линии, соответствующие постоянным давлениям $P_{кип}$ и $P_{кон}$. На пересечении линии $P_{кип}$ и правой пограничной кривой $x = 1$ будет находиться

точка 1. На пересечении правой пограничной кривой $x = 1$ и линии $P_{КОН}$ будет находиться точка 4. На пересечении линии $P_{КОН}$ и левой пограничной кривой $x = 0$ будет находиться точка 5.

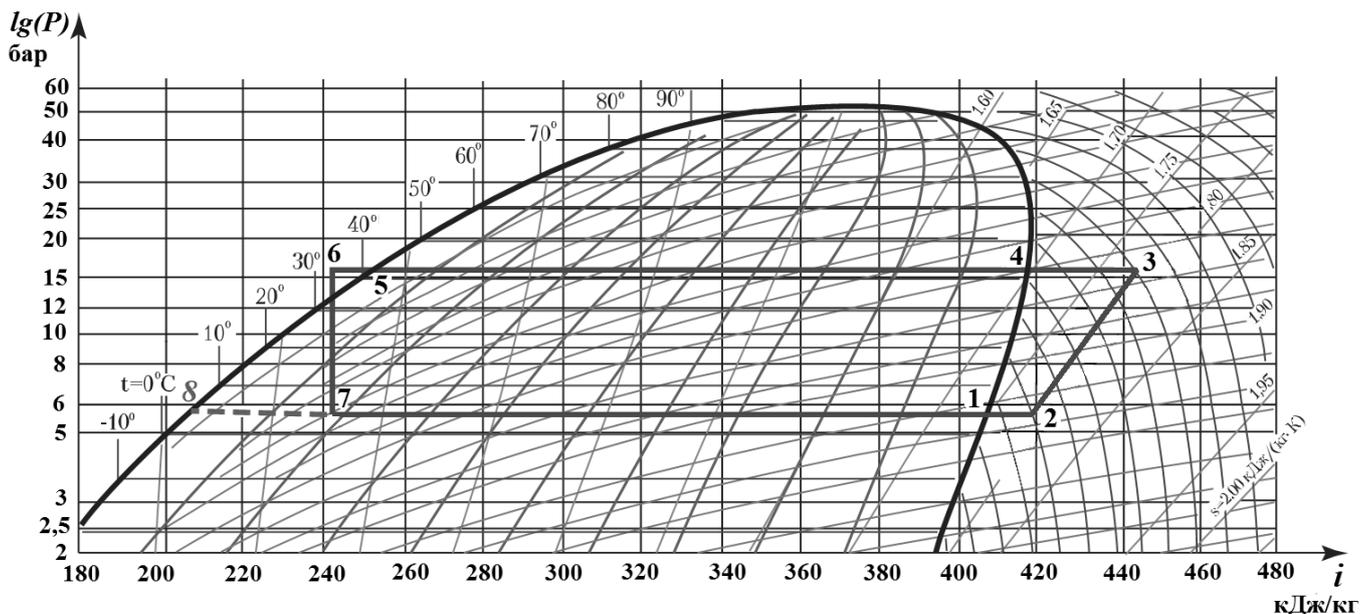


Рис. . Фрагмент диаграммы i - $lg(P)$ фреона R22 с примером холодильного цикла

Таблица 1. – Параметры состояния хладагента цикле (пример)

№ точки	Состояние хладагента	t , °C	P , бар	i , кДж/кг	v , м ³ /кг	s , кДж/(кг·К)
1	Сухой насыщенный пар	$t_{кисп} = t_1 = +5$	$P_1 = P_{кисп} = 5,838$	$i_1 = 407,15$	$v_1 = 0,04036$	—
2	Перегретый пар	$\Delta t_{ПГР(2)} = 15$ $t_2 = +20$	$P_2 = P_1 = 5,838$	$i_2 = 418,3$	$v_2 = 0,0436$	$s_2 = s_3 = 1,784$
3	Перегретый пар	$\Delta t_{ПГР(3)} = 30$ $t_3 = t_4 + \Delta t_{ПГР(3)}$ $t_3 = 40 + 30 = 70$	$P_3 = P_{кон} = 15,34$	$i_3 = 443,8$	$v_3 = 0,0182$	
4	Сухой насыщенный пар	$t_{кон} = t_4 = +40$	$P_4 = P_{кон} = 15,34$	$i_4 = 418,01$	$v_4 = 0,01514$	—
5	Жидкость	$t_5 = t_{кон} = +40$	$P_5 = P_{кон} = 15,34$	$i_5 = 249,81$	$v_5 = 0,883$	—
6	Жидкость	$\Delta t_{ОХЛ(6)} = 5$ $t_6 = t_5 - \Delta t_{ОХЛ(6)}$ $t_6 = 40 - 5 = 35$	$P_6 = P_{кон} = 15,34$	$i_7 = i_6 = 243,22$	$v_6 = 0,867$	—
7	Жидкость	$t_7 = t_1 = +5$	$P_7 = P_1 = 5,838$		$v_7 = 0,788$	—

Для исключения влажного хода компрессора пар перегревается (процесс 1-2), поэтому температура всасывания будет равна:

$$t_{ВС} = t_2 = t_1 + \Delta t_{ПГР(2)}, \text{ °C} \quad (2)$$

где $\Delta t_{ПГР(2)}$ – перегрев пара холодильного агента в точке 2 перед сжатием в компрессоре (для фреоновых установок ($\Delta t_{ПГР(2)} = 10...45$ °C)).

Примем $\Delta t_{ПГР(2)} = 15$ °C и найдем:

$$t_{ВС} = t_2 = 5 + 15 = 20 \text{ °C}$$

По таблицам перегретого пара (приложение 2, 3 и 4) для $t_1 = +5$ °C с учетом $\Delta t_{ПГР(2)} = 15$ найдем энтальпию i_2 , удельный объем v_2 , энтропию $s_2 = s_3$ (см. табл. 1).

Точка 2 находится в области перегретого пара на пересечении линии давления $P_{КИП}$ и изотермы t_2 . При известной энтальпии, точку 2 можно получить на пересечении линии давления $P_{КИП}$ и вертикальной линии, проведенной от шкалы энтальпий при значении i_2 .

Далее происходит адиабатное сжатие при постоянной энтропии до давления $P_{КОН}$ (процесс 2-3). Точка 3 находится на пересечении линии энтропии $s = const$ и линии давления $P_{КОН}$.

*При построении диаграммы цикла в контрольной работе линия 2-3 строится под таким же углом наклона, как и линия постоянной энтропии на диаграмме состояния хладагента, соответствующая состоянию точек 2 и 3.

По таблице энтропии в состоянии перегретого пара (приложение 4) находим в строке давления P_3 ближайшее значение энтропии $s_3 = 1,783$ кДж/(кг·К) и определяем перегрев хладагента относительно температуры насыщения в точке $t_1 - \Delta t_{ПГР(3)} = 30$ °С.

Найдем температуру хладагента после компрессора:

$$t_3 = t_4 + \Delta t_{ПГР(3)} = 40 + 30 = 70 \text{ °С} \quad (3)$$

По таблицам перегретого пара (приложение 2 и 3) при давлении P_3 и перегреве $\Delta t_{ПГР(3)}$ найдем энтальпию i_3 и удельный объем v_3 (см. табл. 1).

Далее происходит конденсация, которая состоит из трех процессов: предварительное охлаждение пара (процесс 3-4); непосредственно конденсация пара (процесс 4-5) и переохлаждение жидкости (процесс 5-6).

В точке 5 хладагент находится в состоянии жидкости. На участке 4-5 изотермы представляют горизонтальные прямые и совпадают с изобарами, поэтому $t_5 = t_4 = t_{КОН}$ и $P_5 = P_{КОН}$. По таблице состояния насыщенного пара (приложение 1) для жидкости при температуре t_5 и давлении P_5 определим энтальпию i_5 и удельный объем v_5 (см. табл. 1).

В точке 6 давление равно $P_6 = P_{КОН}$. Переохлаждение хладагента принимают $\Delta t_{ОХЛ(6)} = 4 \dots 6$ °С. Примем $\Delta t_{ОХЛ(6)} = 5$ °С и найдем:

$$t_6 = t_5 - \Delta t_{ОХЛ(6)} = 40 - 5 = 35 = \text{°С} \quad (4)$$

По таблице состояния насыщенного пара (приложение 1) для жидкости при температуре t_6 и давлении P_6 определим энтальпию i_6 и удельный объем v_6 (см. табл. 1).

Точка 6 находится в области жидкости на пересечении линии давления $P_{КОН}$ и вертикальной линии изотермы t_6 .

Процесс 6-7 соответствует дросселированию хладагента. При дросселировании энтальпия рабочего тела не изменяется $i_6 = i_7$, при этом давление падает от P_6 до P_7 . Также снижается температура от t_6 до t_7 .

Точка 7 находится в области влажного пара. Для нахождения положения точки 7 продолжаем вниз вертикальную линию изотермы t_6 до пересечения с линией давления $P_{КИП}$.

После дросселирования в точке 7 хладагент имеет давление $P_7 = P_{КИП}$, температуру $t_7 = t_{КИП}$ и энтальпию $i_6 = i_7$. (см. табл. 1). По таблице состояния насыщенного пара (приложение 1) для жидкости при температуре t_7 и давлении P_7 определим энтальпию i_7 и удельный объем v_7 (см. табл. 1)

Линия 7-1 соответствует испарению фреона в испарителе.

2. Порядок выполнения задания

Рассчитать термодинамический цикл холодильной установки, работающей на фреоне R22 с водяным охлаждением конденсатора.

Известными величинами являются следующие (исходные данные см. в конце задачи):

1. Температура в камере охлаждения:

$$t_{КАМ} = \text{_____} \text{ °С}$$

2. Температура воды для охлаждения конденсатора:

$$t_{ВД} = \text{_____} \text{ °С}$$

Определить:

1) параметры хладагента во всех характерных точках цикла.

2) показатели цикла: удельную массовую холодопроизводительность; работу сжатия в компрессоре; теплоту, отводимую в конденсаторе; холодильный коэффициент.

3) Изобразить цикл холодильной установки в $i\text{-lg}(P)$ -диаграмме.

Решение

1) Определяем температуру кипения холодильного агента.

Температура кипения t_1 определяется в зависимости от температуры воздуха в охлаждаемой камере. При непосредственном охлаждении получим:

$$t_{КИП} = t_1 = t_{КАМ} - \Delta t, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

где $t_{КАМ}$ – температура воздуха в камере, $^\circ\text{C}$;

$\Delta t = 7 \dots 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ – перепад температур между воздухом в камере и кипящего холодильного агента, $^\circ\text{C}$.

2) Определяем температуру всасывания.

Температура всасывания $t_{ВС}$ зависит от условий работы компрессора. Для исключения влажного хода компрессора пар перед ним перегревается, поэтому получим:

$$t_{ВС} = t_2 = t_1 + \Delta t_{ПЕР(2)}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

где $\Delta t_{ПЕР(2)}$ – перегрев пара холодильного агента перед сжатием в компрессоре ($\Delta t_{ПЕР(2)} = 10 \dots 45 \text{ } ^\circ\text{C}$).

3) Определяем температуру конденсации.

Температура конденсации $t_{КОН}$ определяется в зависимости от температуры теплоотводящей среды. При охлаждении конденсатора водой получим:

$$t_{КОН} = t_4 = t_{ВД} + \Delta t_K, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7)$$

где $t_{ВД}$ – температура воды на входе в конденсатор, $^\circ\text{C}$;

$\Delta t_K = 6 \dots 10 \text{ } ^\circ\text{C}$ перепад температур между входящей в аппарат водой и конденсирующимся холодильным агентом.

4) По таблицам состояния фреона R22 (см. приложения 1, 2, 3 и 4) определить значения параметров в характерных точках цикла и занести в таблицу 1.

Используя данные из таблицы 1, рассчитать остальные показатели цикла.

5) Удельная массовая холодопроизводительность:

$$q_0 = i_1 - i_7, \text{ кДж/кг} \quad (8)$$

6) Удельная работа сжатия холодильного агента в компрессоре:

$$l = i_3 - i_2, \text{ кДж/кг} \quad (9)$$

7) Удельная теплота, отводимая от холодильного агента в конденсаторе:

$$q_K = i_3 - i_6, \text{ кДж/кг} \quad (10)$$

8) Холодильный коэффициент теоретического цикла:

$$\varepsilon_X = \frac{q_0}{l}, \text{ кг/с} \quad (11)$$

9) Построить цикл в $i\text{-lg}(P)$ -диаграмме (рис. 3).

Построение выполняем в произвольном масштабе и на диаграмме указываем полученные значения параметров и показателей цикла.

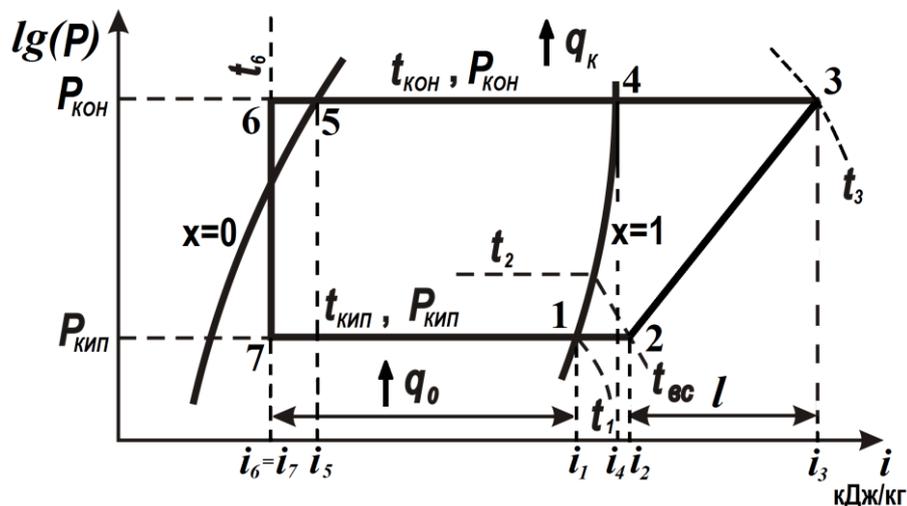


Рис. 3. Построение холодильного цикла

Исходные данные (№ варианта уточнить у преподавателя)

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{КАМ}, ^\circ\text{C}$	-10	-20	-30	0	-5	-15	-25	-3	-13	-23
$t_{ВД}, ^\circ\text{C}$	10	12	14	16	18	20	22	15	17	24
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$t_{КАМ}, ^\circ\text{C}$	-30	0	-5	-15	-25	-3	-13	-23	-10	-20
$t_{ВД}, ^\circ\text{C}$	24	10	12	14	16	18	20	22	15	17
Вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$t_{КАМ}, ^\circ\text{C}$	-17	-12	-21	5	2	3	4	-10	-13	4
$t_{ВД}, ^\circ\text{C}$	17	22	18	13	19	14	10	15	25	20
Вариант	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
$t_{КАМ}, ^\circ\text{C}$	-12	-21	5	2	-11	4	-10	-13	-14	-16
$t_{ВД}, ^\circ\text{C}$	18	13	19	14	10	15	25	3	17	22
Вариант	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
$t_{КАМ}, ^\circ\text{C}$	-17	-10	-15	-5	-3	-7	-16	3	-11	-19
$t_{ВД}, ^\circ\text{C}$	25	4	5	7	20	15	7	20	12	6

Характеристики фреона R22 на линии насыщения [7]

Температура, °С	Давление абсолютное, бар	Удельный объем		Энтальпия, кДж/кг		Энтропия, кДж/(кг·К)	
		жидкости v' , дм ³ /кг	пара v'' , м ³ /кг	жидкости i'	пара i''	жидкости s'	пара s''
-100	0,020	0,636	8,008	95,87	359,35	0,5310	2,0526
-90	0,048	0,647	3,581	105,32	364,23	0,5840	1,9976
-80	0,104	0,658	1,763	114,90	369,15	0,6349	1,9512
-70	0,205	0,669	0,9409	124,66	374,08	0,6841	1,9118
-65	0,279	0,675	0,7055	129,62	376,54	0,7082	1,8944
-60	0,374	0,682	0,5372	134,63	378,98	0,7320	1,8783
-55	0,494	0,688	0,4148	139,71	381,41	0,7555	1,8634
-50	0,943	0,695	0,3246	144,85	383,81	0,7788	1,8496
-45	0,827	0,702	0,2570	150,05	386,18	0,8081	1,8367
-41	1,002	0,707	0,2149	154,27	388,05	0,8200	1,8270
-40	1,049	0,709	0,2057	155,32	388,52	0,8245	1,8247
-35	1,317	0,716	0,1664	160,66	390,82	0,8471	1,8135
-30	1,635	0,724	0,1358	166,07	393,07	0,8695	1,8030
-25	2,010	0,432	0,1119	171,55	395,27	0,8917	1,7932
-20	2,448	0,740	0,09284	177,10	397,42	0,9137	1,7840
-15	2,957	0,749	0,07763	182,71	399,51	0,9355	1,7753
-10	3,543	0,758	0,06534	188,40	401,53	0,9572	1,7670
-5	4,213	0,768	0,05534	194,16	403,48	0,9787	1,7592
0	4,976	0,778	0,04714	200,00	405,36	1,0000	1,7518
5	5,838	0,788	0,04036	205,91	407,15	1,0212	1,7447
10	6,807	0,800	0,03471	211,90	408,86	1,0423	1,7378
15	7,891	0,811	0,02999	217,98	410,47	1,0632	1,7312
20	9,099	0,824	0,02600	224,14	411,97	1,0841	1,7248
25	10,44	0,837	0,02262	230,40	413,36	1,1049	1,7185
30	11,92	0,851	0,01974	236,75	414,62	1,1256	1,7123
35	13,55	0,867	0,01727	243,22	415,73	1,1463	1,7061
40	15,34	0,883	0,01514	249,81	416,69	1,1670	1,6999
45	17,29	0,902	0,01328	256,54	417,45	1,1878	1,6935
50	19,42	0,921	0,01167	263,43	418,01	1,2087	1,6870
55	21,74	0,944	0,01025	270,51	418,31	1,2297	1,6801
60	24,27	0,968	0,009001	277,81	418,30	1,2511	1,6728
65	27,00	0,997	0,007887	285,38	417,93	1,2728	1,6648
70	29,96	1,030	0,006889	293,30	417,07	1,2952	1,6559
75	33,16	1,069	0,005983	301,65	415,59	1,3185	1,6456
80	36,62	1,118	0,005149	310,74	413,22	1,3432	1,6334
85	40,37	1,183	0,004358	320,85	409,45	1,3704	1,6178
90	44,43	1,282	0,003564	332,99	403,03	1,4027	1,5956
95	48,83	1,521	0,002551	352,17	387,12	1,4535	1,5484
96	49,77	1,906	0,001906	368,38	368,38	1,4970	1,4970

Удельный объем фреона R22 в состоянии перегретого пара [7]

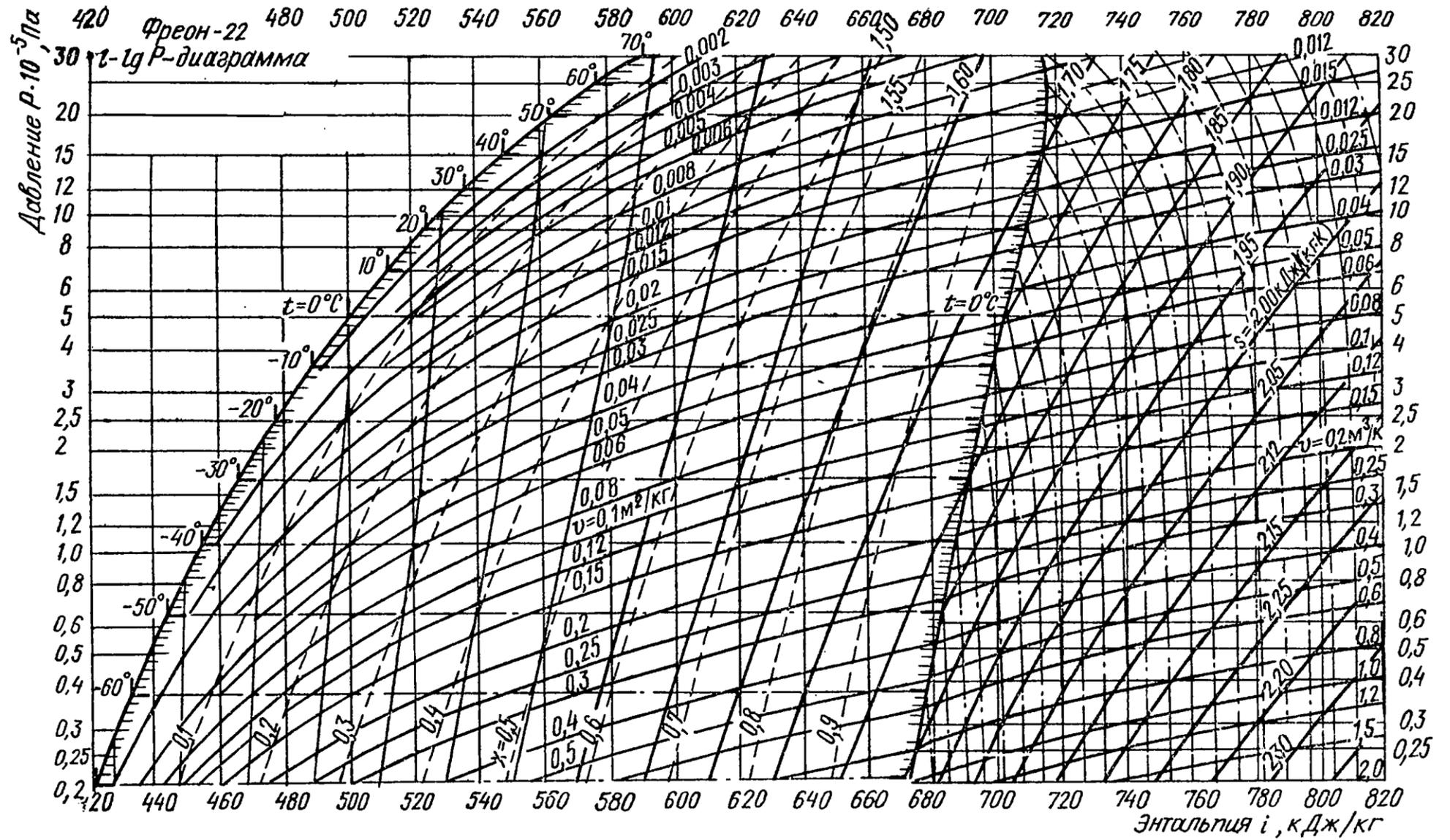
Температура насыщения, °С	Давление насыщения, бар	Удельный объем (дм ³ /кг) при перегреве Δt _{пгр} (°С)													
		0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
-100	0,02	8015,0	8248,0	8481,0	8714,0	8946,0	9179,0	9411,0	9876,0	10340,0	10810,0	11270,0	11730,0	12200,0	12660,0
-90	0,05	3583,0	3682,0	3781,0	3880,0	3979,0	4078,0	4177,0	4374,0	4571,0	4769,0	4966,0	5163,0	5360,0	5556,0
-80	0,10	1764,0	1811,0	18,58,0	1904,0	1951,0	1997,0	2044,0	2137,0	2229,0	2322,0	2415,0	2507,0	2600,0	2692,0
-70	0,21	941,5	965,5	989,6	1014,0	1037,0	1061,0	1085,0	1133,0	1180,0	1228,0	1275,0	1323,0	1370,0	1417,0
-65	0,28	705,8	723,6	741,4	759,1	776,7	794,4	812,0	847,1	882,1	917,0	951,9	986,7	1021,0	1056,0
-60	0,37	537,4	550,8	564,1	577,4	590,7	603,9	617,1	643,5	669,7	695,9	722,0	748,0	774,1	800,0
-55	0,49	415,0	425,2	435,4	445,6	455,7	465,8	475,9	496,0	515,9	535,9	555,7	575,5	595,3	615,0
-50	0,64	324,7	332,6	340,6	348,4	356,3	364,1	371,9	387,4	402,9	418,3	433,6	448,9	464,1	479,4
-45	0,83	257,1	263,4	269,6	275,8	282,0	288,1	294,2	306,4	318,5	330,6	342,6	354,5	366,5	378,4
-41	1,00	215,0	220,2	225,4	230,6	235,7	240,9	246,0	256,1	266,1	276,2	286,1	296,0	305,9	315,8
-40	1,05	205,8	210,8	215,8	220,7	225,7	230,6	235,4	245,1	254,7	264,3	278,8	283,3	292,7	302,2
-35	1,32	166,5	170,5	174,5	178,5	182,5	186,4	190,4	198,2	205,9	213,6	221,2	228,8	236,4	243,9
-30	1,63	135,9	139,2	142,5	145,8	149,0	152,2	155,4	161,8	168,1	174,3	180,5	186,7	192,8	198,9
-25	2,01	111,9	114,6	117,4	120,1	122,7	125,4	128,0	133,3	138,4	143,6	148,7	153,7	158,7	163,7
-20	2,45	92,87	95,17	97,45	99,71	101,9	104,2	106,4	110,7	115,0	119,3	123,5	127,7	131,8	136,0
-15	2,96	77,64	79,60	81,52	83,43	85,31	87,18	89,03	92,68	96,29	99,85	103,4	106,9	110,3	113,8
-10	3,54	65,35	67,02	68,67	70,29	71,90	73,48	75,05	78,15	81,20	84,22	87,19	90,14	93,07	95,97
-5	4,21	55,35	56,79	58,21	59,60	60,98	62,34	63,69	66,34	68,95	71,51	74,05	76,56	79,04	81,50
0	4,97	47,14	48,40	49,63	50,84	52,04	53,21	54,38	56,66	58,91	61,11	63,29	65,43	67,56	69,67
5	5,84	40,36	41,46	42,54	43,60	44,65	45,67	46,59	48,67	50,62	52,53	54,41	56,27	58,10	59,91
10	6,81	34,72	35,69	36,65	37,58	38,50	39,40	40,29	42,04	43,74	45,40	47,04	48,65	50,24	51,82
15	7,89	29,99	30,87	31,71	32,54	33,36	34,16	34,94	36,48	37,98	39,44	40,87	42,29	43,68	45,05
20	9,10	26,01	26,79	27,56	28,30	29,02	29,74	30,44	31,80	33,13	34,42	35,69	36,93	38,16	39,36
25	10,44	22,63	23,34	24,03	24,71	25,35	25,99	26,62	27,84	29,03	30,18	31,30	32,40	33,49	34,55
30	11,92	19,74	20,40	21,03	21,64	22,24	22,81	23,37	24,47	25,53	26,56	27,56	28,55	29,51	30,46
35	13,55	17,27	17,88	18,46	19,02	19,56	20,08	20,59	21,58	22,54	23,47	24,37	25,25	26,11	26,96
40	15,33	15,14	15,70	16,24	16,75	17,25	17,73	18,20	19,10	19,97	20,81	21,62	22,41	23,19	23,95
45	17,29	13,29	13,82	14,32	14,80	15,26	15,70	16,13	16,95	17,74	18,51	19,25	19,96	20,67	21,35
50	19,42	11,97	12,17	12,65	13,09	13,52	13,94	14,33	15,10	15,81	16,51	17,18	17,84	18,47	19,10
55	21,74	10,25	10,74	11,19	11,61	12,01	12,40	12,77	13,47	14,13	14,77	15,39	15,98	16,57	17,13
60	24,26	9,002	9,471	9,902	10,30	10,68	11,04	11,39	12,05	12,66	13,25	13,82	14,36	14,89	15,41
65	27,00	7,888	8,351	8,769	9,155	9,516	9,857	10,18	10,80	11,37	11,91	12,43	12,94	13,43	13,90
70	29,96	6,890	7,355	7,765	8,138	8,483	8,808	9,116	9,692	10,23	10,73	11,21	11,68	12,13	12,57
75	33,16	5,984	6,461	6,870	7,234	7,568	7,878	8,171	8,715	9,218	9,691	10,13	10,57	10,98	11,39
80	36,62	5,151	5,658	6,070	6,429	6,752	7,051	7,330	7,846	8,319	8,762	9,172	9,576	9,963	10,34

Энтальпия фреона R22 в состоянии перегретого пара [7]

Температура насыщения, °С	Давление насыщения, бар	Удельная энтальпия (кДж/кг) при перегреве $\Delta t_{ппр}$ (С°)													
		0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
-100	0,02	359,3	361,8	364,4	366,9	369,5	372,1	374,8	380,2	385,7	391,3	397,1	403,0	409,0	415,1
-90	0,05	364,2	366,8	369,4	372,0	374,7	377,3	380,1	385,6	391,3	397,0	402,9	409,0	415,1	421,4
-80	0,10	369,1	371,8	374,5	377,2	379,9	382,6	385,4	391,1	396,9	402,8	408,8	415,0	421,3	427,7
-70	0,21	274,1	376,8	379,5	382,3	385,1	388,0	390,8	396,7	402,6	408,6	414,8	421,1	427,5	434,0
-65	0,28	276,5	379,3	382,1	384,9	387,8	390,6	393,5	399,4	405,4	411,6	417,8	424,2	430,6	437,2
-60	0,37	279,0	381,8	384,6	387,5	390,4	393,3	396,2	402,2	408,3	414,5	420,8	427,2	433,8	440,4
-55	0,49	381,4	374,3	387,1	390,1	393,0	396,0	398,9	405,0	411,2	417,4	423,8	430,3	436,9	443,7
-50	0,64	383,8	386,7	389,6	392,6	395,6	398,6	401,6	404,8	414,0	420,4	426,8	433,4	440,1	446,9
-45	0,83	386,2	389,1	392,1	395,1	398,2	401,2	404,3	410,5	416,9	423,3	429,8	436,5	443,2	450,1
-41	1,00	388,1	391,1	394,1	397,1	400,2	403,3	406,4	412,7	419,1	425,6	432,2	439,0	445,8	452,7
-40	1,05	388,5	391,5	394,6	397,6	400,7	403,8	406,9	413,3	419,7	426,2	432,8	439,6	446,4	453,3
-35	1,32	390,8	393,9	397,0	400,1	403,2	406,4	409,6	416,0	422,5	429,1	435,8	442,6	449,6	456,6
-30	1,63	393,1	396,2	399,4	402,5	405,7	408,9	412,2	418,7	425,3	432,0	438,8	445,7	452,7	459,8
-25	2,01	395,3	398,5	401,7	404,9	408,2	411,5	414,7	421,4	428,1	434,9	441,8	448,7	445,8	463,0
-20	2,45	397,4	400,7	404,0	407,3	410,6	413,9	417,3	424,0	430,8	437,7	444,7	451,8	458,9	466,2
-15	2,96	399,5	402,9	406,2	409,6	413,0	416,4	419,8	426,6	433,6	440,6	447,6	454,8	462,0	469,4
-10	3,54	401,5	405,0	408,4	411,9	415,3	418,8	422,2	429,2	436,3	443,4	450,5	457,8	465,1	472,5
-5	4,21	403,5	407,0	410,5	414,1	417,6	421,1	424,7	431,8	438,9	446,1	453,4	460,8	468,2	475,7
0	4,97	405,4	409,0	412,6	416,2	419,8	423,4	427,0	434,3	441,5	448,9	456,2	463,7	471,2	478,8
5	5,84	407,1	410,9	414,6	418,3	422,0	425,6	429,3	436,7	444,1	451,6	459,1	466,6	474,2	481,9
10	6,81	408,9	412,7	416,5	420,3	424,1	427,8	431,6	439,1	446,7	454,2	461,8	469,5	477,2	485,0
15	7,89	410,5	414,4	418,3	422,2	426,1	429,9	433,8	441,5	449,2	456,8	464,6	472,3	480,2	488,0
20	9,10	412,0	416,0	420,1	424,1	428,0	432,0	435,9	443,8	451,6	459,4	467,3	475,2	483,1	491,0
25	10,44	413,4	417,6	421,7	425,8	429,9	434,0	438,0	446,0	454,0	462,0	469,9	477,9	486,0	494,0
30	11,92	414,6	419,0	423,3	427,5	431,7	435,9	440,0	448,2	456,3	464,4	472,5	480,7	488,8	497,0
35	13,55	415,7	420,3	424,7	429,1	433,4	437,7	441,9	450,3	458,6	466,9	475,1	483,3	491,6	499,9
40	15,33	416,7	421,4	426,0	430,6	435,0	439,4	443,8	452,3	460,8	469,2	477,6	486,0	494,4	502,8
45	17,29	417,5	422,4	427,2	431,9	436,5	441,0	455,5	454,3	462,9	471,5	480,1	488,6	497,1	505,6
50	19,42	418,0	423,2	428,2	433,1	437,9	442,5	447,1	456,2	465,0	473,8	482,5	491,1	499,7	508,4
55	21,74	418,3	423,8	429,1	434,2	439,1	443,9	448,7	458,0	467,0	475,9	484,8	493,6	502,4	511,1
60	24,26	418,3	424,2	429,7	435,1	440,2	445,2	450,1	459,6	468,9	478,0	487,1	496,0	504,9	513,8
65	27,00	417,9	424,3	430,2	435,8	441,1	446,3	451,4	461,2	470,8	480,1	489,3	498,4	507,4	516,4
70	29,96	417,1	424,0	430,3	436,3	441,9	447,3	452,6	462,7	472,5	482,0	491,4	500,7	509,9	519,0
75	33,16	415,6	423,3	430,2	436,5	442,4	448,1	453,6	464,0	474,1	483,9	493,4	502,9	512,2	521,5
80	36,62	413,2	422,2	429,7	436,5	442,8	448,7	454,4	465,3	475,6	485,6	495,4	505,0	514,5	524,0

Энтропия фреона R22 в состоянии перегретого пара [7]

Температура насыщения, °С	Давление насыщения, бар	Удельная энтропия (кДж/(кг·К)) при перегреве $\Delta t_{\text{ПГР}}$ (°С)													
		0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
-100	0,02	2,503	2,067	2,081	2,095	2,108	2,121	2,135	2,161	2,186	2,211	2,235	2,259	2,282	2,305
-90	0,05	1,998	2,011	2,025	2,038	2,052	2,065	2,078	2,103	2,128	2,152	2,176	2,199	2,222	2,245
-80	0,10	1,951	1,965	1,978	1,991	2,004	2,017	2,030	2,054	2,079	2,103	2,126	2,149	2,171	2,194
-70	0,21	1,912	1,925	1,938	1,951	1,964	1,976	1,989	2,013	2,037	2,061	2,084	2,106	2,128	2,150
-65	0,28	1,895	1,908	1,921	1,933	1,946	1,958	1,971	1,995	2,019	2,042	2,065	2,087	2,109	2,131
-60	0,37	1,878	1,891	1,904	1,917	1,930	1,942	1,954	1,978	2,002	2,025	2,048	2,070	2,092	2,113
-55	0,49	1,863	1,876	1,889	1,902	1,914	1,927	1,939	1,963	1,986	2,009	2,032	2,054	2,076	2,097
-50	0,64	1,850	1,863	1,875	1,888	1,900	1,912	1,925	1,948	1,972	1,994	2,017	2,039	2,061	2,082
-45	0,83	1,837	1,850	1,862	1,875	1,887	1,899	1,911	1,935	1,958	1,981	2,003	2,025	2,047	2,068
-41	1,00	1,827	1,840	1,853	1,865	1,877	1,889	1,901	1,925	1,948	1,971	1,993	2,015	2,036	2,058
-40	1,05	1,825	1,838	1,850	1,863	1,875	1,887	1,899	1,923	1,946	1,968	1,991	2,012	2,034	2,055
-35	1,32	1,814	1,826	1,839	1,851	1,864	1,876	1,888	1,911	1,934	1,957	1,979	2,001	2,022	2,043
-30	1,63	1,803	1,816	1,828	1,841	1,853	1,865	1,877	1,901	1,924	1,946	1,968	1,990	2,011	2,032
-25	2,01	1,793	1,806	1,819	1,831	1,843	1,855	1,867	1,891	1,914	1,936	1,958	1,980	2,001	2,022
-20	2,45	1,784	1,797	1,809	1,822	1,834	1,845	1,858	1,882	1,904	1,927	1,949	1,970	1,991	2,012
-15	2,96	1,775	1,788	1,801	1,813	1,826	1,838	1,850	1,873	1,896	1,918	1,940	1,962	1,983	2,003
-10	3,54	1,767	1,780	1,793	1,805	1,818	1,830	1,842	1,865	1,888	1,910	1,932	1,954	1,975	1,995
-5	4,21	1,759	1,772	1,785	1,798	1,810	1,822	1,834	1,858	1,880	1,903	1,925	1,946	1,967	1,988
0	4,97	1,752	1,765	1,778	1,790	1,803	1,815	1,827	1,851	1,873	1,896	1,918	1,939	1,960	1,981
5	5,84	1,745	1,758	1,771	1,784	1,796	1,808	1,820	1,844	1,867	1,889	1,911	1,933	1,953	1,974
10	6,81	1,738	1,751	1,764	1,777	1,790	1,802	1,814	1,838	1,861	1,883	1,905	1,926	1,947	1,968
15	7,89	1,731	1,745	1,758	1,771	1,784	1,796	1,808	1,832	1,855	1,878	1,899	1,921	1,942	1,962
20	9,10	1,725	1,739	1,752	1,765	1,778	1,790	1,803	1,827	1,850	1,872	1,894	1,916	1,936	1,957
25	10,44	1,719	1,733	1,746	1,759	1,772	1,785	1,797	1,821	1,845	1,867	1,889	1,911	1,932	1,952
30	11,92	1,712	1,727	1,740	1,754	1,767	1,780	1,792	1,816	1,840	1,862	1,885	1,906	1,927	1,947
35	13,55	1,706	1,721	1,735	1,749	1,762	1,775	1,787	1,812	1,835	1,858	1,880	1,902	1,923	1,943
40	15,33	1,700	1,715	1,729	1,743	1,757	1,770	1,783	1,807	1,831	1,854	1,873	1,897	1,919	1,939
45	17,29	1,694	1,709	1,724	1,738	1,752	1,765	1,778	1,803	1,827	1,850	1,872	1,894	1,915	1,935
50	19,42	1,687	1,703	1,718	1,733	1,747	1,760	1,773	1,799	1,823	1,846	1,868	1,890	1,911	1,932
55	21,74	1,680	1,697	1,713	1,727	1,742	1,756	1,769	1,794	1,819	1,842	1,865	1,886	1,908	1,928
60	24,26	1,673	1,690	1,707	1,722	1,727	1,751	1,764	1,790	1,815	1,838	1,861	1,883	1,904	1,925
65	27,00	1,665	1,683	1,701	1,717	1,732	1,746	1,760	1,786	1,811	1,835	1,858	1,880	1,901	1,922
70	29,96	1,656	1,676	1,694	1,711	1,726	1,741	1,755	1,782	1,807	1,831	1,854	1,876	1,898	1,919
75	33,16	1,646	1,668	1,687	1,705	1,721	1,736	1,751	1,778	1,804	1,828	1,851	1,873	1,895	1,916
80	36,62	1,634	1,659	1,680	1,698	1,715	1,731	1,746	1,774	1,800	1,824	1,848	1,870	1,892	1,913



Полная i - $lg(P)$ -диаграмма состояния фреона R22