

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

ИНСТИТУТ ХОЛОДА И БИОТЕХНОЛОГИЙ

О.Б. Цветков, Ю.А. Лаптев

ТАБЛИЦЫ СВОЙСТВ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТОВ

Учебно-методическое пособие



Санкт-Петербург
2013

УДК 621.564.2

Цветков О.Б., Лаптев Ю.А. Таблицы свойств холодильных агентов: Учеб.-метод. пособие. – СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. – 52 с.

Приведены таблицы термодинамических и теплофизических свойств, а также диаграммы состояния рабочих веществ низкотемпературной техники.

Предназначено для студентов всех направлений, изучающих термодинамику и теплопередачу.

Рецензент: кандидат техн. наук, проф. А.А. Малышев

**Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
Института холода и биотехнологий**



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена программа его развития на 2009–2018 годы. В 2011 году Университет получил наименование «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики».

© Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2013

© Цветков О.Б., Лаптев Ю.А., 2013

ВВЕДЕНИЕ

Переход техники низких температур на самые современные озонобезопасные и энергетически эффективные рабочие вещества невозможен без достоверных данных о термодинамических и теплофизических свойствах. В учебно-методическом пособии приведены данные о свойствах востребованных в настоящее время хладагентов, используемых как индивидуально, так и в смесевых композициях. Таблицы свойств основаны на результатах проведенных на кафедре «Теоретические основы тепло- и хладотехники» Института холода и биотехнологий СПб НИУ ИТМО прецизионных исследований, а также на данных многочисленных литературных источников.

Поскольку выполнение студентами контрольных заданий по термодинамике и теплопередаче связано с использованием таблиц и диаграмм холодильных агентов, целью учебно-методического пособия является оказание помощи студентам в этом вопросе. Приведенные таблицы будут полезным подспорьем аспирантам и магистрантам при выполнении диссертаций.

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

t	– температура, °С
p	– давление, МПа
v	– удельный объем, м ³ /кг
ρ	– плотность, кг/м ³
C_p	– удельная массовая изобарная теплоемкость, кДж/(кг·К)
C_v	– удельная массовая изохорная теплоемкость, кДж/(кг·К)
r	– удельная теплота парообразования, кДж/кг
h	– удельная энтальпия, кДж/кг
s	– удельная энтропия, кДж/(кг·К)
μ, η	– динамическая (сдвиговая) вязкость, Па·с
ν	– кинематическая вязкость, м ² /с, $\nu = \eta / \rho$
λ	– коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)
a	– коэффициент температуропроводности, м ² /с, $a = \lambda / (\rho C_p)$
σ	– поверхностное натяжение, Па·м (Н/м)
β	– коэффициент объемного расширения, 1/К
Pr	– критерий Прандтля, $Pr = \nu / a$

Индекс нижний

h – состояние насыщения (насыщенная жидкость, сухой насыщенный пар)

Индексы верхние

" – насыщенная жидкость

' – сухой насыщенный пар

Таблица 1

Термодинамические свойства хладагента R12 на линиях кипения и конденсации

t_n , °C	p_n , МПа	ρ' , м ³ /кг	ρ'' , м ³ /кг	h' , кДж/кг	h'' , кДж/кг	r , кДж/кг	s' , кДж/(кг·К)	s'' , кДж/(кг·К)
-70	0,01223	1596,2	0,8825	338,0	519,9	181,9	3,739	4,635
-60	0,02255	1569,7	1,557	346,3	524,7	178,4	3,779	4,616
-50	0,03903	1542,7	2,591	354,8	529,5	174,6	3,818	4,601
-40	0,06401	1515,0	4,100	363,5	534,3	170,7	3,856	4,589
-30	0,1002	1486,5	6,220	372,4	539,0	166,7	3,893	4,579
-20	0,1507	1457,2	9,102	381,4	543,8	162,3	3,930	4,571
-10	0,2189	1426,9	12,92	390,6	548,4	157,8	3,965	4,565
0	0,3083	1395,5	17,87	400,0	552,9	152,9	4,000	4,560
10	0,4228	1362,7	24,18	409,6	557,3	147,7	4,034	4,556
20	0,5665	1328,3	32,12	419,3	561,5	142,2	4,067	4,552
30	0,7436	1292,0	42,05	429,2	565,4	136,2	4,100	4,550
40	0,9586	1253,3	54,39	439,3	569,0	129,7	4,133	4,547
50	1,216	1211,8	69,74	449,8	572,3	122,5	4,165	4,544
60	1,522	1166,6	88,95	460,6	575,1	114,5	4,197	4,541
70	1,880	1116,4	113,3	471,9	577,2	105,4	4,229	4,536
80	2,298	1059,2	145,0	483,9	578,5	94,6	4,263	4,531
90	2,782	991,1	188,0	497,0	578,3	81,3	4,298	4,522
100	3,340	902,3	252,5	512,1	576,6	63,6	4,337	4,508

Таблица 2

Теплофизические свойства хладагента R12 в состоянии насыщенной жидкости

$t_H,$ °C	$C_p',$ кДж/(кг·К)	$\lambda' \cdot 10^3$ Вт/(м·К)	$a' \cdot 10^8,$ м ² /с	$\mu' \cdot 10^6,$ Па·с	$\nu' \cdot 10^6,$ м ² /с	$\beta' \cdot 10^4,$ 1/К	$\sigma' \cdot 10^3,$ Н/м	Pr'
-120	0,776	118,9	8,90	1583	0,919	–	29,96	10,33
-115	0,779	117,1	8,79	1409	0,824	–	29,15	9,37
-110	0,782	115,4	8,69	1268	0,747	–	28,33	8,60
-105	0,786	113,6	8,58	1151	0,683	–	27,53	7,96
-100	0,790	111,7	8,45	1049	0,627	–	26,73	7,42
-95	0,795	109,9	8,33	962	0,579	–	25,93	6,95
-90	0,800	108,0	8,19	885	0,537	–	25,14	6,56
-85	0,806	106,2	8,06	818	0,500	–	24,35	6,20
-80	0,812	104,3	7,92	758	0,467	16,3	23,57	5,90
-75	0,819	102,4	7,77	705	0,438	–	22,79	5,64
-70	0,826	100,5	7,62	655	0,410	16,7	22,02	5,38
-65	0,833	98,7	7,49	611	0,386	–	21,26	5,15
-60	0,842	96,8	7,34	570	0,363	17,3	20,50	4,95
-56	0,845	95,3	7,17	546	0,350	–	19,90	4,84
-50	0,854	93,0	7,06	490	0,318	17,8	19,00	4,50
-46	0,860	916	6,95	442	0,289	–	18,41	4,16
-40	0,869	89,3	6,78	401	0,265	18,4	17,53	3,89
-36	0,873	87,8	6,69	388	0,258	–	16,94	3,87
-30	0,887	85,6	6,51	383	0,258	19,4	16,08	3,86

Окончание табл. 2

$t_H,$ °C	$C_p',$ кДж/(кг·К)	$\lambda' \cdot 10^3$ Вт/(м·К)	$a' \cdot 10^8,$ м ² /с	$\mu' \cdot 10^6,$ Па·с	$\nu' \cdot 10^6,$ м ² /с	$\beta' \cdot 10^4,$ 1/К	$\sigma' \cdot 10^3,$ Н/м	Pr'
-26	0,890	84,1	6,41	362	0,245	–	15,51	3,82
-20	0,902	81,9	6,23	331	0,227	20,5	14,66	3,64
-16	0,907	80,5	6,14	312	0,216	–	14,10	3,52
-10	0,919	78,4	5,98	285	0,1997	21,8	13,26	3,34
-6	0,926	77,0	5,88	268	0,1895	–	12,71	3,22
0	0,938	74,9	5,72	243	0,1741	23,3	11,90	3,04
6	0,950	73,0	5,58	222	0,1613	–	11,10	2,89
10	0,958	71,7	5,49	209	0,1533	25,0	10,57	2,79
16	0,970	69,9	5,37	192,1	0,1431	–	9,79	2,67
20	0,979	68,8	5,29	182,0	0,1370	27,0	9,27	2,59
26	0,992	67,0	5,17	168,2	0,1287	–	8,51	2,49
30	1,004	65,8	5,07	159,5	0,1235	29,4	8,01	2,44
36	1,021	64,0	4,94	147,2	0,1160	–	7,28	2,35
40	1,033	63,0	4,87	139,6	0,1114	32,6	6,80	2,28
46	1,051	61,8	4,78	129,6	0,1055	–	6,09	2,21
50	1,067	60,8	4,70	123,6	0,1020	36,4	5,62	2,17
60	1,140	57,9	4,35	109,7	0,0940	40,9	4,50	2,16
70	1,226	55,4	4,05	97,2	0,0871	48,2	3,43	2,15
80	1,353	52,6	3,67	85,6	0,0808	58,5	2,43	2,20
90	1,583	49,4	3,15	72,5	0,0732	–	1,51	2,37
100	2,060	45,8	2,46	58,6	0,0650	–	0,70	2,64

Таблица 3

Теплофизические свойства хладагента R12 в состоянии сухого насыщенного пара

$t_n,$ °C	C_p'' , кДж/(кг·К)	$\lambda'' \cdot 10^3$ Вт/(м·К)	$a'' \cdot 10^6$, м ² /с	$\mu'' \cdot 10^6$, Па·с	$\nu'' \cdot 10^6$, м ² /с	Pr''
-28	0,564	7,19	1,894	10,31	1,532	0,809
-26	0,568	7,38	1,788	10,41	1,432	0,801
-24	0,572	7,57	1,687	10,52	1,341	0,795
-20	0,579	7,89	1,497	10,70	1,176	0,786
-16	0,587	8,13	1,318	10,89	1,036	0,786
-14	0,591	8,22	1,234	10,98	0,974	0,789
-10	0,600	8,42	1,086	11,17	0,865	0,797
-6	0,608	8,63	0,962	11,36	0,770	0,800
-4	0,613	8,74	0,906	11,46	0,728	0,804
0	0,622	8,99	0,809	11,65	0,652	0,806
4	0,631	9,20	0,721	11,85	0,586	0,811
6	0,636	9,28	0,687	11,95	0,557	0,814
10	0,646	9,64	0,617	12,15	0,502	0,816
14	0,657	9,89	0,555	12,35	0,455	0,820
16	0,663	10,02	0,526	12,46	0,434	0,825
20	0,675	10,28	0,474	12,67	0,395	0,833
24	0,687	10,55	0,429	12,88	0,359	0,837
26	0,694	10,69	0,407	12,98	0,343	0,843
30	0,708	10,96	0,368	13,21	0,314	0,853

Окончание табл. 3

$t_H,$ °C	C_p'' , кДж/(кг·К)	$\lambda'' \cdot 10^3$ Вт/(м·К)	$a'' \cdot 10^6$, м ² /с	$\mu'' \cdot 10^6$, Па·с	$\nu'' \cdot 10^6$, м ² /с	Pr''
34	0,722	11,25	0,334	13,44	0,288	0,862
36	0,730	11,39	0,318	13,55	0,276	0,868
40	0,747	11,67	0,287	13,79	0,254	0,885
44	0,766	11,97	0,260	14,04	0,234	0,900
46	0,773	12,12	0,247	14,16	0,224	0,907
50	0,797	12,48	0,225	14,43	0,207	0,920
54	0,822	12,88	0,204	14,71	0,1913	0,938
56	0,835	13,09	0,1942	14,86	0,1741	0,946
60	0,864	13,52	0,1759	15,16	0,1704	0,969
64	0,897	13,90	0,1582	15,48	0,1580	0,999
66	0,916	14,04	0,1491	15,65	0,1522	1,021
70	0,959	14,25	0,1311	16,00	0,1412	1,077
74	1,010	14,56	0,1154	16,39	0,1312	1,137
76	1,040	14,98	0,1098	16,60	0,1265	1,152
80	1,110	15,92	0,0989	17,06	0,1177	1,190
86	1,255	17,20	0,0802	17,85	0,1056	1,303
90	1,395	18,06	0,0689	18,48	0,0983	1,427
96	1,735	19,52	0,0505	19,69	0,0883	1,749
100	2,148	20,5	0,0378	21,4	0,0848	2,24
106	3,702	22,2	0,0191	24,2	0,0770	3,67
110	7,769	24,8	0,0100	27,9	0,0733	7,33

Таблица 4

Термодинамические свойства хладагента R22 на линиях кипения и конденсации

t_H , °C	p_H , МПа	ρ' , м ³ /кг	ρ'' , м ³ /кг	h' , кДж/кг	h'' , кДж/кг	r , кДж/кг	s' , кДж/(кг·К)	s'' , кДж/(кг·К)
-110	0,000729	1595	0,04655	379,0	654,0	275,0	0,4366	2,1226
-100	0,001990	1569	0,1198	389,7	658,8	269,1	0,5003	2,0547
-90	0,004779	1543	0,2726	400,4	663,7	263,3	0,5604	1,9979
-80	0,01033	1517	0,5603	411,1	668,5	257,4	0,6173	1,9501
-70	0,02042	1490	1,058	421,9	673,4	251,5	0,6716	1,9098
-60	0,03747	1463	1,863	432,7	678,7	245,5	0,7236	1,8755
-50	0,06453	1435	3,092	443,6	683,0	239,4	0,7735	1,8463
-40	0,1053	1406	4,884	454,6	687,6	233,0	0,8216	1,8211
-30	0,1640	1377	7,398	465,7	692,2	226,5	0,8681	1,7994
-20	0,2455	1347	10,82	477,0	696,5	219,5	0,9132	1,7803
-10	0,3550	1318	14,85	488,4	700,6	212,2	0,9571	1,7635
0	0,4981	1282	21,28	500,0	704,4	204,4	1,0000	1,7484
10	0,6809	1248	28,87	511,8	707,9	196,1	1,0420	1,7346
20	0,9097	1211	38,53	523,9	711,0	187,1	1,0834	1,7216
30	1,1913	1172	50,76	536,4	713,7	177,3	1,1244	1,7091
40	1,5327	1130	66,25	549,3	715,7	166,4	1,1653	1,6966
50	1,9418	1083	86,02	562,8	716,9	154,1	1,2067	1,6835
60	2,4267	1031	111,7	577,2	717,1	139,9	1,2492	1,6690

Окончание табл. 4

$t_H,$ °C	$p_H,$ МПа	$\rho',$ м ³ /кг	$\rho'',$ м ³ /кг	$h',$ кДж/кг	$h'',$ кДж/кг	$r,$ кДж/кг	$s',$ кДж/(кг·К)	$s'',$ кДж/(кг·К)
70	2,9970	970,2	146,3	592,85	715,68	122,83	1,2936	1,6516
80	3,6640	894,1	196,2	610,46	711,55	101,09	1,3422	1,6284
90	4,4424	780,3	283,1	632,44	701,17	68,73	1,4009	1,5902

Таблица 5

Теплофизические свойства хладагента R22 на линиях кипения и конденсации

$t,$ °C	$\eta' \cdot 10^6,$ Па·с	$\eta'' \cdot 10^6,$ Па·с	$\nu' \cdot 10^6,$ м ² /с	$\nu'' \cdot 10^6,$ м ² /с	$\lambda' \cdot 10^3,$ Вт/(м·К)	$\lambda'',$ Вт/(м·К)	$a' \cdot 10^6,$ м ² /с	$a'' \cdot 10^6,$ м ² /с	Pr'	Pr''
-40	338,7	10,19	0,2392	2,0839	115,0	6,66	0,0722	2,3481	3,311	0,887
-35	314,2	10,42	0,2244	1,7251	112,6	7,01	0,0706	1,9538	3,178	0,884
-30	294,5	10,66	0,2127	1,4406	110,2	7,37	0,0694	1,6380	3,061	0,879
-25	276,8	10,90	0,2023	1,2138	107,9	7,47	0,0684	1,3791	2,955	0,879
-20	260,4	11,15	0,1927	1,0305	105,5	8,12	0,0676	1,1689	2,849	0,881
-15	245,3	11,39	0,1838	0,8809	103,1	8,51	0,0669	0,9958	2,746	0,884
-10	231,4	11,66	0,1755	0,7591	100,8	8,91	0,0662	0,8518	2,649	0,891
-5	218,9	11,93	0,1683	0,6580	98,4	9,32	0,0651	0,7322	2,577	0,898
0	208,0	12,21	0,1621	0,5738	95,7	9,75	0,0641	0,6320	2,528	0,907
5	198,2	12,48	0,1566	0,5024	93,4	10,19	0,0630	0,5476	2,485	0,917
10	188,4	12,74	0,1510	0,4420	91,2	10,65	0,0618	0,4762	2,442	0,928
15	179,0	13,06	0,1456	0,3910	89,1	11,12	0,0605	0,4151	2,405	0,942

Окончание табл. 5

$t, \text{ }^\circ\text{C}$	$\eta' \cdot 10^6, \text{ Па}\cdot\text{с}$	$\eta'' \cdot 10^6, \text{ Па}\cdot\text{с}$	$\nu' \cdot 10^6, \text{ м}^2/\text{с}$	$\nu'' \cdot 10^6, \text{ м}^2/\text{с}$	$\lambda' \cdot 10^3, \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	$\lambda'', \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	$a' \cdot 10^6, \text{ м}^2/\text{с}$	$a'' \cdot 10^6, \text{ м}^2/\text{с}$	Pr'	Pr''
20	170,0	13,37	0,1404	0,3473	86,6	11,61	0,0589	0,3628	2,380	0,957
25	161,0	13,69	0,1352	0,3095	84,5	12,12	0,0574	0,3177	2,355	0,974
30	152,0	14,04	0,1298	0,2771	82,4	12,66	0,0558	0,2787	2,326	0,994
35	143,1	14,42	0,1244	0,2491	80,4	13,22	0,0541	0,2442	2,294	1,019
40	134,2	14,83	0,1189	0,2280	78,4	13,82	0,0524	0,2176	2,271	1,048
45	125,8	15,28	0,1137	0,2030	76,1	14,45	0,0504	0,1876	2,253	1,084
50	118,4	15,78	0,1094	0,1841	74,2	15,13	0,0487	0,1632	2,247	1,128
55	112,4	16,34	0,1063	0,1674	72,3	15,86	0,0468	0,1412	2,271	1,186
60	107,2	16,99	0,1041	0,1526	70,3	16,66	0,0447	0,1210	2,324	1,262
65	101,4	17,74	0,1013	0,1394	68,0	17,53	0,0423	0,1021	2,393	1,366
70	94,7	18,63	0,0976	0,1276	65,8	18,52	0,0396	0,083	2,464	1,514
75	88,0	19,71	0,0941	0,1169	63,4	19,65	0,0363	0,0673	2,590	1,739
80	83,9	21,10	0,0903	0,1074	60,9	21,0	0,0321	0,0508	2,812	2,116
85	73,1	22,80	0,0862	0,0980	57,6	22,7	0,0261	0,0347	3,302	2,827
90	63,6	24,40	0,0811	0,0892	53,3	25,0	0,0171	0,0188	4,476	4,737

Таблица 6

Термодинамические свойства хладагента R23 на линиях кипения и конденсации

t , °C	p_H , МПа	ρ' , м ³ /кг	ρ'' , м ³ /кг	h' , кДж/кг	h'' , кДж/кг	r , кДж/кг	s' , кДж/(кг·К)	s'' , кДж/(кг·К)	$\sigma \cdot 10^3$, Н/м
-40	0,7077	1263,7	29,96	248,4	440,0	191,6	2,424	3,247	8,60
-35	0,8481	1240,6	35,93	253,0	441,0	188,0	2,444	3,234	7,80
-30	1,0085	1216,2	42,90	258,4	441,8	183,4	2,467	3,222	7,00
-25	1,1908	1190,3	51,01	264,4	442,3	177,9	2,492	3,210	6,23
-20	1,3966	1162,7	60,45	270,9	442,6	171,7	2,519	3,197	5,47
-15	1,6279	1133,4	71,49	277,9	442,5	164,6	2,547	3,184	4,74
-10	1,8866	1102,1	84,45	285,4	442,0	156,6	2,576	3,171	4,03
-5	2,175	1068,2	99,81	293,3	441,1	147,8	2,606	3,157	3,34
0	2,496	1031,2	118,23	301,7	439,6	137,9	2,637	3,142	2,68
5	2,851	990,1	140,77	310,7	437,3	126,6	2,669	3,124	2,05
10	3,245	943,4	169,17	320,4	434,0	113,6	2,703	3,104	1,45
15	3,681	887,9	206,69	331,1	429,2	98,1	2,739	3,080	0,91

Таблица 7

Теплофизические свойства хладагента R23 на линиях кипения и конденсации

t , °C	$\eta' \cdot 10^6$, Па·с	$\eta'' \cdot 10^6$, Па·с	$\nu' \cdot 10^6$, м ² /с	$\nu'' \cdot 10^6$, м ² /с	$\lambda' \cdot 10^3$, Вт/(м·К)	λ'' , Вт/(м·К)	$a' \cdot 10^6$, м ² /с	$a'' \cdot 10^6$, м ² /с	Pr'	Pr''
-40	164,3	11,68	0,1300	0,390	103,2	11,31	0,0987	0,441	1,318	0,884
-35	154,0	11,98	0,1241	0,334	99,3	11,89	0,0810	0,369	1,533	0,904
-30	143,9	12,30	0,1183	0,287	95,8	12,52	0,0700	0,309	1,691	0,928
-25	133,7	12,64	0,1123	0,248	92,5	13,20	0,0623	0,261	1,804	0,948
-20	125,8	13,01	0,1082	0,215	89,1	13,95	0,0565	0,217	1,915	0,992
-15	117,6	13,42	0,1038	0,1877	85,5	14,78	0,0517	0,1808	2,01	1,038
-10	108,8	13,87	0,0987	0,1643	81,2	15,71	0,0477	0,1499	2,07	1,096
-5	99,8	14,39	0,0934	0,1441	79,0	16,76	0,0441	0,1228	2,12	1,174
0	90,7	14,98	0,0879	0,1267	75,3	17,97	0,0403	0,0988	2,18	1,282
5	81,7	15,69	0,0826	0,1114	72,0	19,38	0,0363	0,0773	2,27	1,442
10	73,1	16,56	0,0775	0,0979	68,3	21,31	0,0319	0,0576	2,43	1,701
15	64,7	17,71	0,0728	0,0857	64,2	23,33	0,0261	0,0393	2,78	2,18

Таблица 8

Теплофизические свойства жидкого хладагента R32 на линии насыщения

t , °C	p_H , МПа	ρ' , м ³ /кг	C_p' , кДж/(кг·К)	λ' , Вт/(м·К)	$a' \cdot 10^8$, м ² /с	$\eta' \cdot 10^4$, Па·с	$\nu' \cdot 10^7$, м ² /с	$\sigma' \cdot 10^3$, Н/м	$\beta' \cdot 10^3$, 1/К	Pr'
-70	0,035	1250	1,718	0,165	7,680	5,37	4,296	24,8	–	5,59
-60	0,063	1227	1,721	0,156	7,388	4,57	3,724	22,8	1,95	5,04
-50	0,109	1202	1,725	0,148	7,138	3,86	3,211	20,7	2,15	4,50
-40	0,178	1175	1,731	0,140	6,883	3,29	2,800	18,8	2,30	4,07
-30	0,227	1147	1,742	0,132	6,606	2,75	2,398	16,8	2,55	3,63
-20	0,413	1118	1,758	0,125	6,360	2,33	2,084	14,9	2,75	3,28
-10	0,595	1087	1,782	0,119	6,143	1,98	1,822	13,1	2,90	2,96
0	0,832	1055	1,817	0,112	5,843	1,67	1,583	11,3	3,20	2,71
10	1,132	1020	1,865	0,106	5,572	1,43	1,402	9,58	3,60	2,52
20	1,506	958	1,935	0,0991	5,215	1,25	1,273	7,87	4,00	2,44
30	1,964	941	2,038	0,0926	4,828	1,08	1,148	6,22	4,55	2,38
40	2,518	897	2,198	0,0864	4,362	0,936	1,043	4,65	5,35	2,39
50	3,182	846	2,474	0,0793	3,774	0,799	0,944	3,18	7,10	2,50
60	3,974	778	3,052	0,0766	3,226	0,687	0,883	1,86	10,8	2,74
70	4,916	683	5,060	0,0751	2,173	0,558	0,817	0,74	–	3,76

Таблица 9

Теплофизические свойства сухого насыщенного пара хладагента R32

t , °C	ρ'' , м ³ /кг	r , кДж/кг	C_p'' , кДж/(кг·К)	$\lambda'' \cdot 10^3$, Вт/(м·К)	$a'' \cdot 10^6$, м ² /с	$\eta'' \cdot 10^6$, Па·с	$\nu'' \cdot 10^6$, м ² /с	Pr''
-70	1,08	412,3	0,717	7,90	10,202	7,89	7,306	0,72
-60	1,90	401,1	0,737	8,36	5,9701	8,28	4,358	0,73
-50	3,16	389,6	0,762	8,85	3,6750	8,68	2,747	0,75
-40	5,00	377,6	0,792	9,38	2,3690	9,08	1,816	0,77
-30	7,59	365,1	0,829	9,96	1,5830	9,49	1,250	0,79
-20	11,1	351,9	0,874	10,6	1,0926	9,91	0,8928	0,82
-10	15,8	337,8	0,928	11,3	0,7707	10,3	0,6519	0,85
0	22,0	322,8	0,995	12,1	0,5528	11,2	0,5090	0,92
10	30,0	306,4	0,078	12,9	0,3989	11,7	0,3900	0,98
20	40,3	288,5	0,185	13,9	0,2911	12,2	0,3030	1,04
30	53,7	268,4	0,332	15,1	0,2111	12,9	0,2400	1,14
40	71,2	245,6	0,550	16,5	0,1495	13,6	0,1910	1,28
50	94,9	218,6	0,918	18,2	0,09999	14,4	0,1520	1,52
60	129,3	184,7	0,713	25,3	0,07212	15,7	0,1210	1,68
70	187,9	135,3	0,901	40,3	0,03634	17,9	0,0953	2,62

Таблица 10

Термодинамические свойства хладагента R125 на линиях кипения и конденсации

$t_H,$ °C	$p_H,$ МПа	$\rho',$ м ³ /кг	$\rho'',$ м ³ /кг	$h',$ кДж/кг	$h'',$ кДж/кг	$r,$ кДж/кг	$s',$ кДж/(кг·К)	$s'',$ кДж/(кг·К)
-90	0,007350	0,5831	1656,4	582,73	398,58	184,16	1,5600	0,5545
-80	0,015550	1,1753	1623,3	588,51	408,86	179,65	1,5392	0,6091
-70	0,030169	2,1832	1589,5	594,35	419,36	174,99	1,5234	0,6620
-60	0,054411	3,7895	1555,1	600,21	430,10	170,11	1,5117	0,7136
-50	0,092249	6,2163	1519,7	606,06	441,10	164,96	1,5031	0,7639
-40	0,14837	9,7286	1483,3	611,85	452,36	159,49	1,4971	0,8131
-30	0,22811	14,640	1445,4	617,52	463,86	153,67	1,4931	0,8611
-20	0,33736	21,325	1405,9	623,04	475,62	147,43	1,4906	0,9082
-10	0,48253	30,244	1364,3	628,35	487,65	140,71	1,4891	0,9544
0	0,67050	41,992	1319,9	633,39	500,00	133,38	1,4883	1,0000
10	0,90865	57,381	1271,9	638,04	512,77	125,27	1,4876	1,0452
20	1,20498	77,616	1219,1	642,16	526,07	116,08	1,4865	1,0906
30	1,56825	104,66	1159,6	645,48	540,09	105,39	1,4842	1,1365
40	2,00842	142,08	1089,7	647,55	555,09	92,45	1,4792	1,1840
50	2,53744	197,77	1001,7	647,40	571,57	75,83	1,4688	1,2341
60	3,17122	297,10	870,44	642,27	591,04	51,23	1,4452	1,2914

Таблица 11

Теплофизические свойства хладагента R125 на линиях кипения и конденсации

t , °C	c_p' , кДж/(кг·К)	c_p'' , кДж/(кг·К)	$\lambda' \cdot 10^4$, Вт/(м·К)	$\lambda'' \cdot 10^3$, Вт/(м·К)	$\nu' \cdot 10^6$, м ² /с	$\nu'' \cdot 10^6$, м ² /с	$\eta' \cdot 10^6$, Па·с	$\eta'' \cdot 10^6$, Па·с	$\sigma \cdot 10^3$, Н/м
-90	1,017	0,600	—	—	0,5141	12,2667	785	7,82	18,9
-80	1,038	0,623	—	—	0,4355	6,5685	651	8,25	17,4
-70	1,062	0,648	—	—	0,3735	3,7877	546	8,67	16,0
-60	1,086	0,673	970	8,52	0,3219	2,3293	460	9,11	14,5
-50	1,111	0,700	929	9,15	0,2787	1,5094	389	9,55	13,1
-40	1,136	0,730	889	5,80	0,2430	1,0226	331	10,0	11,8
-30	1,161	0,762	849	10,5	0,2133	0,7216	283	10,5	10,5
-20	1,178	0,798	810	11,2	0,1890	0,5198	244	11,0	9,17
-10	1,217	0,839	772	12,1	0,1684	0,3906	211	11,6	7,91
0	1,294	0,887	732	13,0	0,1516	0,3064	184	12,2	6,68
10	1,305	0,948	693	14,1	0,1364	0,2374	160	12,9	5,48
20	1,374	1,029	654	15,5	0,1224	0,1870	138	13,7	4,32
30	1,475	1,154	612	17,2	0,1105	0,1485	119	14,5	3,21
40	1,634	1,378	868	19,4	0,0990	0,1193	101	15,6	2,18
50	1,946	1,909	518	22,1	0,0873	0,0956	82,8	17,1	1,26
60	3,176	4,258	453	25,8	0,0750	0,0763	63,4	20,0	0,48

Термодинамические свойства хладагента R134a на линиях кипения и конденсации

t , °C	P_s , МПа	ρ'' , кг/м ³	ρ' , кг/м ³	h'' , кДж/кг	h' , кДж/кг	r , кДж/кг	s'' , кДж/(кг·К)	s' , кДж/(кг·К)
-103,30	0,00039	0,02817	1591,1	334,94	71,454	263,49	1,9639	0,4126
-100	0,00056	0,03969	1582,3	336,85	75,362	261,49	1,9455	0,4354
-90	0,00152	0,10236	1555,8	342,75	87,225	255,53	1,8972	0,5020
-80	0,00367	0,23429	1529,0	348,82	99,160	249,66	1,8580	0,5654
-70	0,00798	0,48568	1501,8	355,01	111,19	243,82	1,8264	0,6261
-60	0,01591	0,92676	1474,3	361,31	123,36	237,95	1,8009	0,6846
-50	0,02945	1,6496	1446,3	367,65	135,67	231,98	1,7805	0,7410
-40	0,05121	2,7695	1417,7	374,00	148,14	225,86	1,7643	0,7956
-30	0,08438	4,4258	1388,4	380,31	160,79	219,52	1,7514	0,8486
-20	0,13273	6,7845	1357,2	386,55	173,63	212,92	1,7413	0,9002
-10	0,20060	10,041	1327,1	392,66	186,69	205,97	1,7333	0,9506
0	0,29280	14,428	1294,7	398,60	199,99	198,61	1,7270	1,0000
10	0,41461	20,225	1260,9	404,31	213,57	190,74	1,7221	1,0484
20	0,57171	27,780	1225,3	409,74	227,46	182,28	1,7180	1,0962
30	0,77020	37,535	1187,4	414,81	241,72	173,09	1,7144	1,1435
40	1,0165	50,085	1146,7	419,42	256,40	163,02	1,7110	1,1904
50	1,3179	66,271	1102,3	423,43	271,62	151,81	1,7072	1,2374
60	1,6817	87,379	1052,8	426,62	287,50	139,12	1,7024	1,2848
70	2,1168	115,57	996,24	428,64	304,28	124,56	1,6956	1,3331

Таблица 13

Теплофизические свойства хладагента R134a на линиях кипения и конденсации

t , °C	c_p' , кДж/(кг·К)	c_p'' , кДж/(кг·К)	$\lambda' \cdot 10^4$, Вт/(м·К)	$\lambda'' \cdot 10^3$, Вт/(м·К)	$\eta' \cdot 10^6$, Па·с	$\eta'' \cdot 10^6$, Па·с	$\sigma \cdot 10^3$, Н/м
-100	1,1842	0,5932	1370	–	981	–	–
-90	1,1892	0,6473	1330	–	820	–	–
-80	1,1981	0,6416	1285	–	691	–	–
-70	1,2096	0,6665	1245	7,47	586	–	–
-60	1,2230	0,6923	1204	8,02	499	–	–
-50	1,2380	0,7196	1163	8,60	415	–	–
-40	1,2546	0,7490	1120	9,19	334	–	17,6
-30	1,2728	0,7808	1077	9,82	278	9,71	16,04
-20	1,2930	0,8155	1030	10,5	226	10,16	14,51
-10	1,3155	0,8543	983	11,2	199	10,59	13,01
0	1,3410	0,8972	943	11,9	169	11,02	11,56
10	1,3703	0,9454	920	12,7	149	11,46	10,14
20	1,4048	1,0006	860	13,5	135	11,91	8,76
30	1,4464	1,0654	820	14,4	122	12,38	7,42
40	1,4984	1,1445	781	15,4	109	12,89	6,13
50	1,5661	1,2460	742	16,5	96	13,47	4,89
60	1,6601	1,3868	704	17,7	80	14,15	3,72
70	1,8039	1,6050	662	19,2	69	15,04	2,61
80	2,0648	2,0122	625	23,6	–	16,31	1,60

Таблица 14

Теплофизические свойства хладагента R143a на линиях кипения и конденсации

t , °C	p_H , МПа	ρ' , м ³ /кг	ρ'' , м ³ /кг	r , кДж/кг	c_p' , кДж/(кг·К)	c_p'' , кДж/(кг·К)	$\lambda' \cdot 10^3$, Вт/(м·К)	$\lambda'' \cdot 10^3$, Вт/(м·К)	$\nu' \cdot 10^6$, м ² /с	$\nu'' \cdot 10^6$, м ² /с
-90	0,0068	1299	0,376	266,0	1,296	0,664	–	6,69	0,4573	19,3617
-80	0,0145	1273	0,765	259,4	1,321	0,691	–	7,25	0,3919	10,0261
-70	0,0284	1246	1,436	252,6	1,343	0,720	112	7,84	0,3451	5,6128
-60	0,0518	1220	2,515	245,6	1,363	0,751	108	8,45	0,3057	3,3638
-50	0,0886	1193	4,158	238,4	1,382	0,784	104	9,10	0,2657	2,1332
-40	0,1437	1165	6,547	230,6	1,402	0,819	99	9,78	0,2326	1,4189
-30	0,2223	1137	9,895	223,0	1,424	0,859	94	10,5	0,2076	0,9813
-20	0,3302	1108	14,45	214,6	1,449	0,903	90	11,3	0,1850	0,6990
-10	0,4739	1078	20,50	205,7	1,478	0,952	85	12,1	0,1679	0,5171
0	0,6597	1047	28,43	196,2	1,513	1,010	82	13,0	0,1538	0,4045
10	0,8948	1014	38,69	185,8	1,557	1,079	78	14,0	0,1439	0,3127
20	1,187	978,3	51,96	174,4	1,616	1,166	75	15,1	0,1349	0,2444
30	1,544	939,6	69,22	161,5	1,700	1,283	72	16,2	0,1245	0,1936
40	1,976	895,9	92,13	146,7	1,828	1,459	68	17,6	0,1108	0,1541
50	2,494	844,1	123,8	128,6	2,058	1,777	65	21,1	0,0947	0,1236
60	3,114	776,5	172,2	105,0	2,629	2,604	63	27,0	0,0759	0,0993
70	3,853	652,7	275,9	62,6	7,739	12,369	–	52,0	–	0,0783

Таблица 15

Теплофизические свойства жидкого хладагента R152a на линии насыщения

t , °C	p_H , МПа	ρ' , м ³ /кг	C'_p , кДж/(кг·К)	λ' , Вт/(м·К)	$a' \cdot 10^8$, м ² /с	$\eta' \cdot 10^4$, Па·с	$\nu' \cdot 10^7$, м ² /с	$\sigma' \cdot 10^3$, Н/м	$\beta' \cdot 10^3$, 1/К	Pr'
-70	0,0077	1103	1,585	0,1483	8,483	5,53	5,014	24,7	–	5,9
-60	0,0152	1084	1,602	1,1407	8,102	4,74	4,373	23,0	1,75	5,4
-50	0,0279	1065	1,619	0,1339	7,766	3,94	3,750	21,3	1,75	4,8
-40	0,0483	1046	1,636	0,1276	7,456	3,28	3,136	19,7	1,80	4,2
-30	0,0792	1024	1,654	0,1217	7,186	2,94	2,871	18,1	1,95	4,0
-20	0,1241	1003	1,673	0,1162	6,924	2,68	2,672	16,6	2,10	3,9
-10	0,1870	981	1,694	0,1110	6,679	2,47	2,518	15,1	2,20	3,8
0	0,2720	960	1,719	0,1061	6,429	2,13	2,319	13,6	2,40	3,4
10	0,3836	936	1,747	0,1014	6,201	1,88	2,008	12,2	2,55	3,2
20	0,5267	911	1,781	0,0968	5,966	1,72	1,888	10,7	2,70	3,2
30	0,7062	886	1,822	0,0924	5,724	1,57	1,772	9,3	3,00	3,1
40	0,9273	858	1,873	0,0881	5,482	1,42	1,655	8,0	3,30	3,0
50	1,196	829	1,938	0,0838	5,216	1,28	1,544	6,7	3,60	2,96
60	1,517	792	2,025	0,0795	4,914	1,13	1,414	5,4	4,00	2,88
70	1,899	765	2,148	0,0750	4,564	1,02	1,333	4,1	4,50	2,92
80	2,349	729	2,338	0,0703	4,125	0,870	1,193	3,0	5,25	2,89
90	2,876	688	2,681	0,0686	3,919	0,722	1,049	1,9	6,75	8,82
100	3,492	636	3,522	0,0666	2,937	0,576	0,906	1,0	11,5	3,05
110	4,212	543	–	0,0715	–	0,428	0,788	0,2	–	–

Теплофизические свойства сухого насыщенного пара хладагента R152a

t , °C	ρ'' , м ³ /кг	r , кДж/кг	C_p'' , кДж/(кг·К)	$\lambda'' \cdot 10^3$, Вт/(м·К)	$a'' \cdot 10^6$, м ² /с	$\eta'' \cdot 10^6$, Па·с	$\nu'' \cdot 10^6$, м ² /с	Pr''
-70	0,299	370,5	0,795	7,5	31,55	5,70	19,06	0,60
-60	0,568	362,2	0,819	8,0	17,20	7,02	12,36	0,72
-50	1,008	353,7	0,846	8,5	9,968	7,35	7,29	0,73
-40	1,681	345,1	0,875	9,1	6,187	7,68	4,57	0,74
-30	2,670	336,2	0,907	9,7	4,005	8,02	3,004	0,75
-20	4,068	327,0	0,943	10,3	2,685	8,35	2,053	0,76
-10	5,987	317,4	0,952	11,0	1,871	8,70	1,453	0,78
0	8,454	307,4	1,026	11,7	1,349	9,40	1,112	0,82
10	11,89	296,8	1,075	12,5	0,9782	9,77	0,822	0,84
20	16,17	285,6	1,131	13,4	0,7327	10,2	0,631	0,86
30	21,62	273,6	1,195	14,3	0,5535	10,6	0,490	0,88
40	28,47	260,6	1,270	15,2	0,4204	11,0	0,386	0,92
50	37,07	246,5	1,363	16,3	0,3226	11,3	0,305	0,94
60	47,90	230,9	1,481	17,5	0,2466	12,0	0,250	1,02
70	61,74	213,3	1,644	18,8	0,1852	12,6	0,204	1,10
80	78,91	192,9	1,895	20,4	0,1349	13,3	0,167	1,24
90	104,5	168,1	2,357	25,1	0,1019	14,3	0,137	1,34
100	142,5	135,2	3,595	32,6	0,0636	15,8	0,111	1,74
110	223,2	76,8	—	62,6	—	19,8	0,089	—

Таблица 17

Теплофизические свойства хладагента R404A на линиях кипения и конденсации

p , МПа	t'_H , °C	t''_H , °C	c'_p , кДж/(кг·K)	c''_p , кДж/(кг·K)	λ' , Вт/(м·K)	λ'' , Вт/(м·K)	$\eta' \cdot 10^6$, Па·с	$\eta'' \cdot 10^6$, Па·с	$\sigma' \cdot 10^3$, Н/м
0,080	-51,38	-50,57	1,2214	0,7573	0,1011	0,0087	352,54	8,90	13,2
0,090	-49,01	-48,21	1,2268	0,7655	0,1000	0,0088	340,49	9,00	12,9
0,10	-46,84	-46,05	1,2319	0,7732	0,0989	0,0090	329,95	9,09	12,7
0,20	-31,23	-30,54	1,2722	0,8329	0,0916	0,0102	265,84	9,74	11,1
0,30	-20,90	-20,26	1,3032	0,8782	0,8690	0,0108	237,55	10,11	9,9
0,40	-12,95	-12,35	1,3303	0,9170	0,0834	0,0117	209,25	10,55	9,0
0,50	-6,39	-5,83	1,3553	0,9524	0,0806	0,0123	192,31	10,85	8,3
0,60	-0,76	-0,22	1,3792	0,9859	0,0781	0,0129	178,86	11,12	7,6
0,70	4,20	4,72	1,4027	1,0183	0,0760	0,0134	167,73	11,63	7,1
0,80	8,66	9,16	1,4260	1,0503	0,0742	0,0139	158,24	11,60	6,5
0,90	12,72	13,20	1,4495	1,0824	0,0725	0,0144	149,98	11,82	6,1
1,00	16,46	16,92	1,4734	1,1148	0,0709	0,0149	142,66	12,03	5,6
1,10	19,93	20,37	1,4890	1,1480	0,0695	0,0154	136,08	12,24	5,1
1,20	23,17	23,60	1,5233	1,1823	0,0681	0,0159	130,12	12,44	4,8
1,30	26,21	26,63	1,5497	1,2180	0,0668	0,0164	124,64	12,64	4,4
1,40	29,08	29,48	1,5774	1,2555	0,0656	0,0169	119,59	12,84	4,1
1,50	31,80	32,19	1,6066	1,2952	0,0645	0,0175	114,88	13,04	3,8
1,60	34,39	34,77	1,6376	1,3374	0,0634	0,0181	110,48	13,24	3,5
1,70	36,87	37,23	1,6706	1,3828	0,0624	0,0187	106,33	13,45	3,2

Окончание табл. 17

p , МПа	t_H' , °C	t_H'' , °C	c_p' , кДж/(кг·K)	c_p'' , кДж/(кг·K)	λ' , Вт/(м·K)	λ'' , Вт/(м·K)	$\eta' \cdot 10^6$, Па·с	$\eta'' \cdot 10^6$, Па·с	$\sigma' \cdot 10^3$, Н/м
1,80	39,23	39,58	1,7061	1,4319	0,0614	0,0193	102,41	13,66	2,9
1,90	41,50	41,84	1,7464	1,4854	0,0604	0,0199	98,68	13,87	2,7
2,00	43,67	44,01	1,7865	1,5441	0,0595	0,0207	95,11	14,01	2,4
2,10	45,77	46,09	1,8326	1,6092	0,0586	0,0214	91,70	14,31	2,2
2,20	47,79	48,10	1,8837	1,6818	0,0577	0,0222	88,41	14,55	2,0
2,30	49,74	50,04	1,9408	1,7637	0,0569	0,0230	85,23	14,79	1,8
2,40	51,63	51,92	2,0055	1,8569	0,0560	0,0240	82,15	15,05	1,6
2,50	53,46	53,73	2,0795	1,9645	0,0553	0,0250	79,15	15,32	1,4
2,60	55,23	55,49	2,1655	2,0901	0,0545	0,0261	76,21	15,61	1,3
2,70	56,94	57,20	2,2670	2,2391	0,0538	0,0272	73,32	15,91	1,1
2,80	58,61	58,85	2,3890	2,4192	0,0531	0,0286	70,47	16,25	1,0
2,90	60,23	60,46	2,5394	2,6414	0,0525	0,0300	67,63	16,61	0,8

Таблица 18

Теплофизические свойства хладагента R407C на линиях кипения и конденсации

p , МПа	t'_h , °C	t''_h , °C	c'_p , кДж/(кг·K)	c''_p , кДж/(кг·K)	λ' , Вт/(м·K)	λ'' , Вт/(м·K)	$\eta' \cdot 10^6$, Па·с	$\eta'' \cdot 10^6$, Па·с	σ' , Н/м
0,05	-57,56	-50,19	1,2741	0,7366	0,1319	0,0077	456,72	9,24	0,0203
0,06	-54,19	-46,89	1,2792	0,7473	0,1300	0,0079	433,24	9,38	0,0197
0,07	-51,25	-44,01	1,2539	0,7569	0,1284	0,0081	414,19	9,50	0,0192
0,08	-48,63	-41,44	1,2883	0,6558	0,1269	0,0083	398,22	9,61	0,0187
0,09	46,25	-39,12	1,2924	0,7740	0,1256	0,0084	384,55	9,71	0,0183
0,10	-44,08	-36,99	1,2962	0,7817	0,1244	0,0086	372,62	9,80	0,0179
0,20	-28,52	-21,75	1,3275	0,8422	0,1159	0,0096	300,61	10,44	0,0153
0,30	-18,25	-11,71	1,3524	0,8879	0,1104	0,0103	262,96	10,89	0,0136
0,40	-10,37	-4,00	1,3746	0,9269	0,1063	0,0109	237,92	11,24	0,0123
0,50	-3,87	2,35	1,3953	0,9622	0,1029	0,0114	219,35	11,53	0,0113
0,60	1,71	7,78	1,4151	0,9951	0,1000	0,0119	204,66	11,79	0,0104
0,70	7,54	13,46	1,4383	1,0329	0,0969	0,0124	190,37	12,07	0,0097
0,80	11,04	16,86	1,4536	1,0574	0,0951	0,0128	182,28	12,25	0,0090
0,90	15,05	20,76	1,4727	1,0877	0,0930	0,0132	173,36	12,45	0,0084
1,00	18,75	24,34	1,4919	1,1179	0,0911	0,0136	165,50	12,65	0,0078
1,10	22,17	27,65	1,5114	1,1482	0,0893	0,0140	158,46	12,84	0,0073
1,20	25,38	30,77	1,5313	1,1790	0,0876	0,0143	152,09	13,03	0,0069
1,30	28,39	33,68	1,5516	1,2103	0,0860	0,0147	146,28	13,21	0,0065

Окончание табл. 18

p , МПа	t'_H , °C	t''_H , °C	c'_p , кДж/(кг·K)	c''_p , кДж/(кг·K)	λ' , Вт/(м·K)	λ'' , Вт/(м·K)	$\eta' \cdot 10^6$, Па·с	$\eta'' \cdot 10^6$, Па·с	σ' , Н/м
1,40	31,23	36,42	1,5725	1,2425	0,0845	0,0151	140,93	13,38	0,0061
1,50	33,93	39,02	1,5942	1,2756	0,0831	0,0155	135,98	13,56	0,0057
1,60	36,49	41,49	1,7281	1,6166	0,0817	0,0160	131,36	13,73	0,0053
1,70	38,94	43,84	1,6400	1,3457	0,0804	0,0164	127,03	13,90	0,0050
1,80	41,28	46,09	1,6644	1,3831	0,0791	0,0168	122,96	14,07	0,0047
1,90	43,53	48,25	1,6900	1,4223	0,0779	0,0173	119,10	14,25	0,0044
2,00	45,70	50,31	1,7170	1,4638	0,0767	0,0178	115,45	14,42	0,0041
2,10	47,78	52,30	1,7455	1,5076	0,0756	0,0183	111,97	14,60	0,0039
2,20	49,79	54,22	1,7757	1,5543	0,0744	0,0188	108,65	14,77	0,0036
2,30	51,74	56,07	1,8080	1,6042	0,0734	0,0193	105,46	14,96	0,0034
2,40	53,62	57,86	1,8425	1,6577	0,0723	0,0199	102,40	15,14	0,0031
2,50	55,45	59,59	1,8796	1,7154	0,0713	0,0205	99,45	15,33	0,0029
2,60	57,22	61,26	1,9198	1,7779	0,0703	0,0211	96,59	15,52	0,0027
2,70	58,94	62,89	1,9633	1,8459	0,0693	0,0218	93,83	15,72	0,0025
2,80	60,62	64,46	2,0110	1,9204	0,0683	0,0225	91,14	15,93	0,0023

Таблица 19

Теплофизические свойства хладагента R410A на линиях кипения и конденсации

p , МПа	t'_H , °C	t''_H , °C	c'_p , кДж/(кг·K)	c''_p , кДж/(кг·K)	λ' , Вт/(м·K)	λ'' , Вт/(м·K)	$\eta' \cdot 10^6$, Па·с	$\eta'' \cdot 10^6$, Па·с	$\sigma' \cdot 10^3$, Н/м
0,10	-51,86	-51,81	1,3504	0,7971	0,1456	0,0081	315,41	9,78	17,3
0,20	-37,16	-37,11	1,3796	0,8677	0,1367	0,0089	260,55	10,41	14,7
0,30	-27,49	-27,42	1,4039	0,9203	0,1308	0,0095	231,05	10,85	13,1
0,40	-20,06	-19,99	1,4261	0,9646	0,1263	0,0100	211,09	11,24	11,9
0,50	-13,95	-13,87	1,4471	1,0044	0,1226	0,0105	196,09	11,56	10,9
0,60	-8,71	-8,62	1,4675	1,0415	0,1194	0,0109	184,12	11,83	10,0
0,70	-4,10	-4,01	1,4875	1,0768	0,1165	0,0113	174,17	12,08	9,3
0,80	0,04	0,13	1,5073	1,1112	0,1140	0,0117	165,68	12,32	8,7
0,90	3,80	3,89	1,5273	1,1450	0,1116	0,0121	158,26	12,54	8,1
1,00	7,25	7,35	1,5474	1,1788	0,1094	0,0125	151,69	12,75	7,6
1,10	10,46	10,56	1,0567	1,5678	0,1074	0,0130	145,79	12,94	7,1
1,20	13,45	13,56	1,5886	1,2470	0,1055	0,0134	140,43	13,13	6,6
1,30	16,26	16,37	1,6100	1,2820	0,1037	0,0138	135,53	13,32	6,2
1,40	18,91	19,02	1,6319	1,3179	0,1020	0,0143	131,00	13,49	5,9
1,50	21,42	21,54	1,6546	1,3549	0,1003	0,0147	126,80	13,67	5,5
1,60	23,81	23,93	1,6781	1,3932	0,0988	0,0152	122,87	13,84	5,2
1,70	26,09	26,20	1,7026	1,4330	0,0972	0,0157	119,19	14,01	4,9
1,80	28,27	28,38	1,7281	1,4746	0,0958	0,0163	115,71	14,18	4,6

Окончание табл. 19

p , МПа	t'_H , °C	t''_H , °C	c'_p , кДж/(кг·К)	c''_p , кДж/(кг·К)	λ' , Вт/(м·К)	λ'' , Вт/(м·К)	$\eta' \cdot 10^6$, Па·с	$\eta'' \cdot 10^6$, Па·с	$\sigma' \cdot 10^3$, Н/м
1,90	30,36	30,47	1,7548	1,5181	0,0944	0,0169	112,43	14,35	4,3
2,00	32,37	32,48	1,7829	1,5639	0,0930	0,0175	109,30	14,51	4,0
2,10	34,30	34,42	1,8124	1,6123	0,0917	0,0181	106,33	14,68	3,8
2,20	36,16	36,28	1,8437	1,6637	0,0904	0,0188	103,48	14,85	3,5
2,30	37,97	38,08	1,8769	1,7183	0,0891	0,0195	100,75	15,02	3,3
2,40	39,71	39,82	1,9122	1,7766	0,0879	0,0203	98,13	15,19	3,1
2,50	41,40	41,51	1,9500	1,8392	0,0867	0,0211	95,60	15,37	2,9
2,60	43,03	43,15	1,9906	1,9067	0,0855	0,0220	93,16	15,54	2,7
2,70	44,62	44,73	2,0343	1,9796	0,0843	0,0229	90,79	15,72	2,5
2,80	46,16	46,27	2,0817	2,0590	0,0832	0,0239	88,50	15,91	2,3
2,90	47,67	47,78	2,1333	2,1457	0,0820	0,0250	86,27	16,10	2,1
3,00	49,13	49,24	2,1896	2,2409	0,0809	0,0261	84,09	16,30	1,9
3,10	50,55	50,66	2,2517	2,3461	0,0798	0,0273	81,96	16,50	1,8
3,20	51,94	52,04	2,3204	2,4632	0,0787	0,0286	79,87	16,71	1,6
3,30	53,30	53,40	2,3970	2,5942	0,0777	0,0300	77,82	16,93	1,5
3,40	54,62	54,72	2,4831	2,7422	0,0766	0,0315	75,81	17,61	1,3
3,50	55,91	56,01	2,5807	2,9107	0,0756	0,0331	73,82	17,40	1,2
3,60	57,17	57,26	2,6925	3,1045	0,0745	0,0349	71,85	17,65	1,1
3,70	58,41	58,50	2,8220	3,3301	0,0735	0,0368	69,89	17,92	0,9
3,80	59,61	59,70	2,9741	3,5962	0,0725	0,0390	67,94	18,21	0,8
3,90	60,79	60,88	3,1558	3,9151	0,0715	0,0413	65,98	18,52	0,7

Таблица 20

Теплофизические свойства хладагента R507 на линиях кипения и конденсации

t , °C	p_n , МПа	c_p' , кДж/(кг·К)	c_p'' , кДж/(кг·К)	λ' , Вт/(м·К)	$\lambda'' \cdot 10^3$, Вт/(м·К)	$\eta' \cdot 10^6$, Па·с	$\eta'' \cdot 10^6$, Па·с	$\sigma' \cdot 10^3$, Н/м
-50	0,09	1,2159	0,7572	0,0991	8,7	341,25	8,99	13,0
-45	0,11	1,2277	0,7749	0,0968	9,1	317,81	9,19	12,5
-40	0,14	1,2402	0,7934	0,0944	9,5	296,52	9,40	12,0
-36	0,17	1,2507	0,8088	0,0926	9,8	280,81	9,57	11,5
-30	0,22	1,2673	0,8332	0,0899	10,2	259,19	9,82	10,8
-26	0,25	1,2791	0,8503	0,0881	10,6	245,89	10,00	10,4
-20	0,32	1,2980	0,8775	0,0854	11,1	227,42	10,26	9,7
-16	0,37	1,3115	0,8968	0,0837	11,4	215,97	10,44	9,2
-10	0,45	1,3335	0,9278	0,0811	11,9	199,92	10,72	8,5
-6	0,52	1,3494	0,9500	0,0794	12,3	189,89	10,91	8,1
0	0,63	1,3756	0,9862	0,0729	12,9	175,73	11,21	7,4
6	0,76	1,4053	1,0267	0,0743	13,6	162,50	11,52	6,6
10	0,85	1,4274	1,0567	0,0726	14,1	154,14	11,73	6,2
16	1,01	1,4651	1,1076	0,0701	14,8	142,18	12,08	5,5
20	1,13	1,4941	1,1465	0,0684	15,4	134,57	12,33	5,0
30	1,46	1,5856	1,2696	0,0642	17,2	116,53	13,02	3,8
40	1,87	1,7243	1,4594	0,0600	19,6	99,55	13,88	2,7
50	2,36	1,9746	1,8135	0,0557	23,5	83,05	15,04	1,6
60	2,95	2,6443	2,7938	0,0516	30,7	65,88	16,93	0,7

Таблица 21

Термодинамические свойства аммиака (R717) на линиях кипения и конденсации

$t_H,$ °C	$p_H,$ МПа	$v' \cdot 10^3,$ м ³ /кг	$v'',$ м ³ /кг	$h',$ кДж/кг	$h'',$ кДж/кг	$r,$ кДж/кг	$s',$ кДж/(кг·К)	$s'',$ кДж/(кг·К)
-75	0,007487	1,368	12,853	165,72	1647,54	1481,81	0,5740	8,0523
-70	0,010920	1,379	9,0253	187,50	1656,76	1469,26	0,6826	7,9150
-65	0,015603	1,390	6,4641	209,33	1665,84	1456,51	0,7887	7,7861
-60	0,021873	1,401	4,7103	231,20	1674,74	1443,54	0,8925	7,6649
-55	0,030127	1,412	3,4916	253,13	1683,46	1430,32	0,9941	7,5507
-50	0,040821	1,424	2,6288	275,13	1691,96	1416,83	1,0938	7,4430
-45	0,054479	1,436	2,0072	297,20	1700,24	1403,03	1,1915	7,3411
-40	0,071689	1,449	1,5530	319,36	1708,26	1388,90	1,2874	7,2446
-35	0,093104	1,462	1,1662	341,59	1716,02	1374,43	1,3816	7,1529
-30	0,11945	1,475	0,9634	363,91	1723,50	1359,59	1,4742	7,0658
-25	0,15151	1,489	0,7710	386,32	1730,67	1344,35	1,5653	6,9828
-20	0,19014	1,504	0,6230	408,83	1737,53	1328,70	1,6548	6,9035
-15	0,23625	1,518	0,5081	431,45	1744,06	1312,61	1,7431	6,8277
-10	0,29083	1,534	0,4179	454,18	1750,25	1296,07	1,8299	6,7552
-5	0,35491	1,550	0,3463	477,02	1756,07	1279,05	1,9156	6,6855
0	0,42957	1,566	0,2890	500,00	1761,52	1261,52	2,0000	6,6185
5	0,51597	1,583	0,2428	523,12	1766,58	1243,46	2,0834	6,5539
10	0,61531	1,601	0,2052	546,40	1771,23	1224,83	2,1658	6,4915

Окончание табл. 21

$t_H,$ °C	$p_H,$ МПа	$v' \cdot 10^3,$ м ³ /кг	$v'',$ м ³ /кг	$h',$ кДж/кг	$h'',$ кДж/кг	$r,$ кДж/кг	$s',$ кДж/(кг·К)	$s'',$ кДж/(кг·К)
15	0,72881	1,619	0,1745	569,84	1775,45	1205,61	2,2472	6,4312
20	0,85777	1,639	0,1491	593,46	1779,22	1185,76	2,3278	6,3727
25	1,0035	1,659	0,1280	617,28	1782,51	1165,23	2,4075	6,3157
30	1,1675	1,680	0,1104	641,33	1785,30	1143,97	2,4866	6,2602
35	1,3510	1,702	0,09569	665,61	1787,55	1121,94	2,5650	6,2059
40	1,5555	1,726	0,08313	690,16	1789,23	1099,07	2,6429	6,1526
45	1,7826	1,751	0,07250	715,01	1790,29	1075,28	2,7204	6,1002
50	2,0337	1,777	0,06341	740,17	1790,68	1050,51	2,7975	6,0483
55	2,3106	1,804	0,05560	765,69	1790,35	1024,66	2,8743	5,9969
60	2,6147	1,834	0,04888	791,61	1789,22	997,62	2,9510	5,9455
65	2,9478	1,866	0,04303	817,96	1787,22	969,26	3,0277	5,8941
70	3,3117	1,900	0,03794	844,79	1784,24	939,45	3,1045	5,8422
75	3,7081	1,937	0,03349	872,17	1780,18	908,01	3,1815	5,7896
80	4,1390	1,977	0,02957	900,17	1774,89	874,73	3,2589	5,7358
90	5,1125	2,071	0,02305	958,41	1759,91	801,50	3,4160	5,6231
100	6,2497	2,189	0,01786	1020,65	1737,28	716,63	3,5785	5,4990
110	7,5715	2,349	0,01362	1089,13	1703,34	614,21	3,7516	5,3547
120	9,1042	2,594	0,01000	1169,40	1649,62	480,21	3,9486	5,1701
130	10,888	3,176	0,00636	1288,89	1537,06	248,17	4,2357	4,8512

Теплофизические свойства насыщенной жидкости аммиака (R717)

$t_H,$ °C	$C_p',$ кДж/(кг·К)	$\lambda',$ Вт/(м·К)	$a' \cdot 10^6,$ м ² /с	$\mu' \cdot 10^5,$ Па·с	$\nu' \cdot 10^6,$ м ² /с	$\sigma' \cdot 10^2,$ Н/м	Pr'
-60	4,378	0,600	0,192	–	–	5,14	–
-50	4,404	0,585	0,189	31,5	0,449	4,81	2,37
-40	4,434	0,570	0,186	27,6	0,400	4,48	2,15
-30	4,468	0,554	0,183	24,3	0,358	4,16	1,96
-20	4,506	0,538	0,180	21,6	0,325	3,84	1,81
-10	4,549	0,522	0,176	19,4	0,298	3,53	1,69
0	4,599	0,506	0,172	17,5	0,274	3,23	1,59
10	4,659	0,490	0,168	15,9	0,255	2,93	1,51
20	4,731	0,472	0,164	14,5	0,238	2,64	1,45
30	4,821	0,455	0,159	13,2	0,223	2,34	1,40
40	4,931	0,436	0,153	12,1	0,209	2,06	1,37
50	5,070	0,417	0,146	11,0	0,195	1,77	1,34
60	5,246	0,398	0,139	10,0	0,183	1,49	1,32
70	5,475	0,377	0,131	9,13	0,173	1,22	1,32
80	5,788	0,355	0,121	8,23	0,163	–	1,37
90	6,242	0,338	0,112	7,34	0,152	–	1,36
100	6,971	0,310	0,097	6,45	0,142	–	1,46
110	8,352	0,286	0,080	5,58	0,131	–	1,64
120	11,96	0,259	0,056	4,68	0,121	–	2,16

Теплофизические свойства сухого насыщенного пара аммиака (R717)

$t_H,$ °C	C_p'' , кДж/(кг·К)	$\lambda'' \cdot 10^3$ Вт/(м·К)	$a'' \cdot 10^6$, м ² /с	$\mu'' \cdot 10^6$, Па·с	$\nu'' \cdot 10^6$, м ² /с	Pr''
-60	2,066	16,00	36,5	–	–	–
-50	2,118	17,00	21,1	7,85	20,636	0,98
-40	2,184	18,00	12,8	8,07	12,533	0,98
-30	2,267	19,18	8,12	8,27	7,996	0,98
-20	2,368	20,44	5,34	8,55	5,321	1,00
-10	2,486	21,90	3,65	8,83	3,677	1,01
0	2,624	23,50	2,57	9,11	2,621	1,02
10	2,783	25,27	1,84	9,40	1,921	1,04
20	2,966	27,08	1,35	9,69	1,443	1,07
30	3,177	29,16	1,01	9,99	1,104	1,09
40	3,424	31,68	0,765	10,3	0,860	1,13
50	3,719	34,54	0,585	10,7	0,680	1,16
60	4,081	37,67	0,449	11,1	0,544	1,21
70	4,545	41,26	0,343	11,6	0,440	1,28
80	5,169	45,55	0,261	12,1	0,358	1,37
90	5,069	51,05	0,232	12,7	0,293	1,26
100	7,495	58,31	0,139	13,5	0,241	1,73
110	10,13	69,56	0,094	14,6	0,199	2,12
120	16,77	88,39	0,052	16,6	0,166	3,19

Термодинамические свойства воды и водяного пара (R718) в состоянии насыщения (по температуре)

t_H , °C	p_H , МПа	v' , м ³ /кг	v'' , м ³ /кг	h' , кДж/кг	h'' , кДж/кг	r , кДж/кг	s' , кДж/(кг·К)	s'' , Дж/(кг·К)
0,01	0,0006117	0,0010002	205,997	0	2500,9	2500,9	0	9,1555
10	0,0012282	0,0010003	106,309	42,02	2519,2	2477,2	0,1511	8,8998
20	0,0023392	0,0010018	57,761	83,92	2537,5	2453,5	0,2965	8,6661
30	0,0042467	0,0010044	32,882	125,75	2555,6	2429,8	0,4368	8,4521
40	0,0073884	0,0010079	19,517	167,54	2573,5	2406,0	0,5724	8,2557
50	0,012351	0,0010121	12,028	209,34	2591,3	2382,0	0,7038	8,0749
60	0,019946	0,0010171	7,6677	251,15	2608,8	2357,8	0,8312	7,9082
70	0,031201	0,0010228	5,0397	293,02	2626,1	2333,1	0,9550	7,7540
80	0,047415	0,0010290	3,4053	334,95	2643,0	2308,1	1,0754	7,6110
90	0,070182	0,0010359	2,3591	376,97	2659,5	2282,6	1,1927	7,4781
100	0,10142	0,0010435	1,6719	419,10	2675,6	2256,5	1,3070	7,3541
110	0,14338	0,0010516	1,2094	461,36	2691,1	2229,7	1,4187	7,2380
120	0,19867	0,0010603	0,89130	503,8	2705,9	2202,1	1,5278	7,1291
130	0,27026	0,0010697	0,66808	546,4	2720,1	2173,7	1,6346	7,0264
140	0,36150	0,0010798	0,50852	589,2	2733,4	2144,2	1,7393	6,9293
150	0,47610	0,0010905	0,39250	632,3	2745,9	2113,7	1,8420	6,8370
160	0,61814	0,0011020	0,30682	675,6	2757,4	2081,9	1,9428	6,7491
170	0,97205	0,0011143	0,24262	719,2	2767,9	2048,7	2,0419	6,6649

Окончание табл. 24

t_H , °C	p_H , МПа	v' , м ³ /кг	v'' , м ³ /кг	h' , кДж/кг	h'' , кДж/кг	r , кДж/кг	s' , кДж/(кг·К)	s'' , кДж/(кг·К)
180	1,0026	0,0011274	0,19386	763,2	2777,2	2014,0	2,1395	6,5841
190	1,2550	0,0011414	0,15638	807,6	2785,3	1977,7	2,2358	6,5060
200	1,5547	0,0011565	0,12722	852,4	2792,1	1939,7	2,3308	6,4303
210	1,9074	0,0011727	0,10430	897,7	2797,4	1899,6	2,4248	6,3565
220	2,3193	0,0011902	0,08610	943,6	2801,1	1857,4	2,5178	6,2842
230	2,7968	0,0012090	0,07151	990,2	2803,0	1812,8	2,6102	6,2131
240	3,3467	0,0012295	0,05971	1037,5	2803,1	1765,5	2,7019	6,1425
250	3,9759	0,0012517	0,05009	1085,7	2801,0	1715,3	2,7934	6,0722
260	4,6921	0,0012761	0,04218	1134,8	2796,6	1661,8	2,8847	6,0017
270	5,5028	0,0013030	0,03562	1185,1	2789,7	1604,6	2,9762	5,9304
280	6,4165	0,0013328	0,03015	1236,7	2779,8	1543,2	3,0681	5,8578
290	7,4416	0,0013663	0,02556	1289,8	2766,6	1476,8	3,1608	5,7832
300	8,5877	0,0014042	0,02166	1344,8	2749,6	1404,8	3,2547	5,7058
310	9,8647	0,0014479	0,01834	1402,0	2727,9	1325,9	3,3506	5,6243
320	11,284	0,0014991	0,01548	1462,1	2700,7	1238,6	3,4491	5,5373
330	12,858	0,0015606	0,01298	1525,7	2666,2	1140,5	3,5516	5,4425
340	14,600	0,0016375	0,01078	1594,4	2622,1	1027,6	3,6599	5,3359
350	16,529	0,0017401	0,008801	1670,9	2563,6	892,7	3,7783	5,2109
360	18,666	0,0018945	0,006946	1761,5	2481,0	719,5	3,9164	5,0528
370	21,043	0,0022220	0,004947	1892,7	2333,6	440,9	4,1142	4,7998
374,946	22,064	0,0031061	0,003106	2087,5	2087,5	0	4,4120	4,4120

Таблица 25

Термодинамические свойства воды и водяного пара (R718) в состоянии насыщения (по давлению)

p_H , МПа	t_H , °C	v' , м ³ /кг	v'' , м ³ /кг	h' , кДж/кг	h'' , кДж/кг	r , кДж/кг	s' , кДж/(кг·К)	s'' , кДж/(кг·К)
0,001	6,97	0,0010001	129,183	29,30	2513,7	2484,4	0,1059	8,9749
0,002	17,50	0,0010014	66,990	73,43	2532,9	2459,5	0,2606	8,7227
0,003	24,08	0,0010028	45,655	100,99	2544,9	2443,9	0,3543	8,5766
0,004	28,96	0,0010041	34,792	121,40	2553,7	2432,3	0,4224	8,4735
0,005	32,88	0,0010053	28,186	137,77	2560,8	2423,0	0,4763	8,3939
0,006	36,16	0,0010064	23,734	151,49	2566,7	2415,2	0,5209	8,3291
0,008	41,51	0,0010085	18,099	173,85	2576,2	2402,4	0,5925	8,2274
0,010	45,81	0,0010103	14,671	191,81	2583,9	2392,1	0,6492	8,1489
0,011	47,68	0,0010111	13,412	199,66	2587,2	2387,6	0,6737	8,1155
0,012	49,42	0,0010119	12,359	206,91	2590,3	2383,4	0,6963	8,0850
0,014	52,55	0,0010133	10,691	219,99	2595,8	2375,8	0,7366	8,0312
0,016	55,31	0,0010147	9,4309	231,55	2600,7	2369,1	0,7720	7,9847
0,018	57,80	0,0010160	8,4433	241,95	2605,0	2363,1	0,8035	7,9437
0,020	60,06	0,0010171	7,6482	251,40	2608,9	2357,5	0,8320	7,9072
0,025	64,96	0,0010198	6,2034	271,93	2617,4	2345,5	0,8931	7,8302
0,030	69,10	0,0010222	5,2286	289,23	2624,6	2335,3	0,9439	7,7675
0,050	81,32	0,0010299	3,2401	340,48	2645,2	2304,7	1,0910	7,5930
0,075	91,76	0,0010372	2,2171	384,37	2662,4	2278,0	1,2130	7,4557

Продолжение табл. 25

p_H , МПа	t_H , °C	v' , м ³ /кг	v'' , м ³ /кг	h' , кДж/кг	h'' , кДж/кг	r , кДж/кг	s' , кДж/(кг·К)	s'' , кДж/(кг·К)
0,10	99,61	0,0010431	1,6940	417,44	2674,9	2257,5	1,3026	7,3588
0,12	104,78	0,0010473	1,4284	439,30	2683,1	2243,8	1,3608	7,2976
0,14	109,29	0,0010510	1,2366	458,37	2690,0	2231,6	1,4109	7,2460
0,16	113,30	0,0015441	1,0914	457,34	2696,0	2220,7	1,4549	7,2014
0,20	120,21	0,0010605	0,88574	504,7	2706,2	2201,6	1,5301	7,1269
0,26	128,71	0,0010685	0,69276	540,9	2718,3	2177,4	1,6210	7,0393
0,30	133,53	0,0010732	0,60579	561,5	2724,9	2163,4	1,6718	6,9916
0,40	143,61	0,0010836	0,46239	604,7	2738,1	2133,3	1,7766	6,8954
0,50	151,84	0,0010926	0,37480	640,2	2748,1	2107,9	1,8606	6,8206
0,60	158,83	0,0011006	0,31558	670,5	2756,1	2085,6	1,9311	6,7592
0,80	170,41	0,0011148	0,24033	721,0	2768,3	2047,3	2,0460	6,6615
1,0	179,89	0,0011272	0,19435	762,7	2777,1	2014,4	2,1384	6,5850
1,2	187,96	0,0011385	0,16325	798,5	2783,8	1985,3	2,2163	6,5217
1,4	195,05	0,0011489	0,14077	830,1	2788,9	1958,8	2,2839	6,4675
1,6	201,38	0,0011587	0,12373	858,6	2792,9	1934,3	2,3438	6,4200
1,8	207,12	0,0011679	0,11036	884,6	2796,0	1911,4	2,3978	6,3776
2,0	212,38	0,0011768	0,09958	908,6	2798,4	1889,8	2,4470	6,3392
2,5	223,96	0,0011974	0,07995	962,0	2802,0	1840,1	2,5544	6,2560
3,0	233,86	0,0012167	0,06666	1008,4	2803,3	1794,9	2,6456	6,1858
4,0	250,36	0,0012526	0,04978	1087,4	2800,9	1713,5	2,7967	6,0697

Окончание табл. 25

p_H , МПа	t_H , °C	v' , м ³ /кг	v'' , м ³ /кг	h' , кДж/кг	h'' , кДж/кг	r , кДж/кг	s' , кДж/(кг·К)	s'' , кДж/(кг·К)
5,0	263,94	0,0012864	0,03945	1154,5	2794,2	1639,7	2,9207	5,9737
6,0	275,59	0,0013193	0,03245	1213,7	2784,6	1570,8	3,0274	5,8901
7,0	285,83	0,0013519	0,02738	1267,4	2772,6	1505,1	3,1220	5,8146
8,0	295,01	0,0013847	0,02353	1317,1	2758,6	1441,5	3,2077	5,7448
9,0	303,35	0,0014181	0,02049	1363,7	2742,9	1379,2	3,2866	5,6790
10,0	311,00	0,0014526	0,01803	1407,9	2725,5	1317,6	3,3603	5,6159
11,0	318,08	0,0014885	0,01599	1450,3	2706,4	1256,1	3,4300	5,5545
12,0	324,68	0,0015263	0,01427	1491,3	2685,6	1194,3	3,4965	5,4941
13,0	330,86	0,0015665	0,01279	1531,4	2662,9	1131,5	3,5606	5,4339
14,0	336,67	0,0016097	0,01149	1570,9	2638,1	1067,2	3,6230	5,3730
15,0	342,16	0,0016570	0,01034	1610,2	2610,9	1000,7	3,6844	5,3108
16,0	347,36	0,0017095	0,009308	1649,7	2580,8	931,1	3,7457	5,2463
18,0	356,99	0,0018395	0,007499	1732,0	2509,5	777,5	3,8717	5,1055
20,0	365,75	0,002039	0,005859	1827,1	2411,4	584,3	4,0145	4,9300
22,0	373,71	0,002750	0,003609	2021,9	2169,2	147,3	4,3109	4,5386

Таблица 26

Теплофизические свойства сухого насыщенного водяного пара (R718)

$t_H,$ °C	ρ'' , м ³ /кг	r'' , кДж/кг	C_p'' , кДж/(кг·К)	$\lambda'' \cdot 10^2$, Вт/(м·К)	$a'' \cdot 10^6$, м ² /с	$\mu'' \cdot 10^6$, Па·с	$\nu'' \cdot 10^6$, м ² /с	Pr''
0	0,00485	2501,0	1,86	1,61	1790	8,75	1805	1,02
10	0,00940	2477,4	1,86	1,69	968	9,15	973,7	1,00
20	0,0173	2453,8	1,86	1,76	548	9,50	549,4	1,00
30	0,0304	2430,2	1,87	1,84	268	9,80	266,7	1,00
40	0,0512	2406,5	1,88	1,93	201	10,30	201,4	1,00
50	0,0830	2382,5	1,91	2,01	127	10,75	129,4	1,02
60	0,130	2358,4	1,93	2,10	83,5	11,20	86,0	1,03
70	0,198	2333,8	1,96	2,20	56,8	11,65	58,8	1,04
80	0,293	2308,9	1,98	2,30	39,6	11,85	41,1	1,04
90	0,423	2283,4	2,02	2,35	27,4	11,90	29,4	1,07
100	0,597	2257,2	2,14	2,37	18,58	12,27	20,02	1,08
110	0,826	2230,0	2,18	2,49	13,83	12,46	15,07	1,09
120	1,121	2202,8	2,21	2,59	10,50	12,85	11,46	1,09
130	1,496	2174,3	2,26	2,69	7,972	13,24	8,85	1,11
140	1,966	2145,0	2,32	2,79	6,130	13,54	6,89	1,12
150	2,547	2114,3	2,40	2,88	4,728	13,93	5,47	1,16
160	3,258	2082,6	2,48	3,01	3,722	14,32	4,39	1,18
170	4,122	2049,5	2,58	3,13	2,939	14,72	3,57	1,21
180	5,157	2015,2	2,71	3,27	2,339	15,11	2,93	1,25
190	6,397	1978,8	2,86	3,42	1,872	15,00	2,44	1,30

Окончание табл. 26

$t_H,$ °C	ρ'' , м ³ /кг	r'' , кДж/кг	C_p'' , кДж/(кг·К)	$\lambda'' \cdot 10^2$, Вт/(м·К)	$a'' \cdot 10^6$, м ² /с	$\mu'' \cdot 10^6$, Па·с	$\nu'' \cdot 10^6$, м ² /с	Pr''
200	7,862	1940,7	3,02	3,55	1,492	15,99	2,03	1,36
210	9,588	1900,5	3,20	3,72	1,214	16,38	1,71	1,41
220	11,62	1857,8	3,41	3,90	0,983	16,87	1,45	1,47
230	13,99	1813,0	3,63	4,09	0,806	17,36	1,24	1,54
240	16,76	1766	3,88	4,29	0,658	17,75	1,06	1,61
250	19,98	1716	4,16	4,52	0,544	18,24	0,913	1,68
260	23,72	1661	4,47	4,80	0,453	18,83	0,794	1,75
270	28,09	1604	4,82	5,12	0,378	19,32	0,688	1,82
280	33,19	1543	5,23	5,49	0,317	19,91	0,600	1,90
290	39,15	1476	5,69	5,83	0,261	20,59	0,526	2,01
300	46,21	1404	6,28	6,27	0,216	21,28	0,461	2,13
310	54,58	1325	7,12	6,84	0,176	21,97	0,403	2,29
320	64,72	1238	8,21	7,51	0,141	22,85	0,353	2,50
330	77,10	1140	9,88	8,26	0,108	23,93	0,310	2,86
340	92,76	1027	12,35	9,30	0,0811	25,20	0,272	3,35
350	113,6	893	16,24	10,70	0,0581	26,58	0,234	4,03
360	144,0	720	23,03	12,79	0,0386	29,13	0,202	5,23
370	203,0	438	56,52	17,10	0,0150	33,73	0,166	11,10

Теплофизические свойства воды (R718) на линии кипения

$t_H,$ °C	$C_p',$ кДж/(кг·К)	$\lambda',$ Вт/(м·К)	$a' \cdot 10^8,$ м ² /с	$\mu' \cdot 10^6,$ Па·с	$\nu' \cdot 10^6,$ м ² /с	$\beta' \cdot 10^4,$ 1/К	$\sigma' \cdot 10^4,$ Н/м	Pr'
0	4,212	0,560	13,2	1788	1,789	-0,63	765,4	13,5
10	4,191	0,580	13,8	1306	1,306	0,70	741,6	9,45
20	4,183	0,507	14,3	1004	1,006	1,82	726,9	7,03
30	4,174	0,612	14,7	801,5	0,805	3,21	712,2	5,45
40	4,174	0,627	15,1	653,3	0,659	3,87	696,5	4,36
50	4,174	0,640	15,5	549,4	0,556	4,49	676,9	3,53
60	4,179	0,650	15,8	469,9	0,478	5,11	662,2	3,08
70	4,187	0,662	16,1	406,1	0,415	5,70	643,5	2,52
80	4,195	0,669	16,3	355,1	0,365	6,32	625,9	2,23
90	4,208	0,676	16,5	314,9	0,326	6,95	607,2	1,97
100	4,220	0,684	16,8	282,5	0,295	7,52	588,6	1,75
110	4,233	0,685	17,0	259,0	0,272	8,08	569,0	1,60
120	4,250	0,686	17,1	237,1	0,252	8,64	548,4	1,47
130	4,266	0,686	17,3	217,8	0,233	9,19	528,8	1,35
140	4,287	0,685	17,2	201,1	0,217	9,72	507,2	1,26
150	4,313	0,684	17,3	186,4	0,203	10,3	486,6	1,17
160	4,246	0,681	17,8	173,6	0,191	10,7	466,0	1,10
170	4,380	0,676	17,2	162,8	0,181	11,3	443,4	1,05
180	4,417	0,672	17,2	153,0	0,173	11,9	422,8	1,03
190	4,459	0,664	17,2	144,2	0,165	12,6	400,2	0,965

Окончание табл. 27

$t_H,$ °C	$C_p',$ кДж/(кг·К)	$\lambda',$ Вт/(м·К)	$a' \cdot 10^8,$ м ² /с	$\mu' \cdot 10^6,$ Па·с	$\nu' \cdot 10^6,$ м ² /с	$\beta' \cdot 10^4,$ 1/К	$\sigma' \cdot 10^4,$ Н/м	Pr'
200	4,505	0,658	17,0	136,4	0,158	13,3	376,7	0,932
210	4,555	0,649	16,7	130,5	0,153	14,1	354,1	0,915
220	4,614	0,640	16,5	124,6	0,148	14,8	331,6	0,898
230	4,681	0,629	16,3	119,7	0,145	15,9	310,0	0,888
240	4,76	0,617	16,0	114,8	0,141	16,8	285,5	0,883
250	4,87	0,605	15,5	109,0	0,137	18,1	261,9	0,884
260	4,98	0,593	15,2	105,9	0,135	19,7	237,4	0,892
270	5,12	0,578	14,7	102,0	0,133	21,6	214,8	0,905
280	5,30	0,565	14,3	98,1	0,131	23,7	191,3	0,917
290	5,50	0,548	13,7	94,2	0,129	26,2	168,7	0,944
300	5,76	0,532	13,0	91,2	0,128	29,2	144,2	0,986
310	6,11	0,514	12,2	88,3	0,128	32,9	120,7	1,05
320	6,57	0,494	11,3	85,3	0,128	38,2	98,10	1,14
330	7,25	0,471	10,2	81,4	0,127	43,3	76,71	1,25
340	8,20	0,446	8,95	77,5	0,127	53,4	56,70	1,42
350	10,10	0,431	7,90	72,6	0,126	66,8	38,16	1,70
360	14,65	0,372	4,20	66,7	0,126	109	20,21	2,66
370	40,32	0,338	1,85	56,9	0,126	264	4,709	6,80

Теплофизические свойства насыщенной жидкости диоксида углерода (R744)

T , К	C'_p , кДж/(кг·К)	C'_v , кДж/(кг·К)	λ' , Вт/(м·К)	$\mu' \cdot 10^5$, Па·с	$\nu' \cdot 10^8$, м ² /с	$a' \cdot 10^8$, м ² /с	Pr'	$\sigma \cdot 10^3$, Н/м
216	–	–	0,1593	256,0	21,68	–	–	–
220	1,823	0,843	0,1580	238,2	20,42	7,43	2,748	16,34
226	1,837	0,815	0,1246	214,5	18,73	7,37	2,540	14,91
230	1,868	0,816	0,1526	200,4	17,73	7,24	2,453	13,96
236	1,929	0,833	0,1481	181,3	16,39	6,94	2,360	12,57
240	1,975	0,849	0,1447	169,8	15,58	6,72	2,318	11,66
246	2,046	0,874	0,1391	154,2	14,50	6,39	2,268	10,32
250	2,095	0,889	0,1352	144,8	13,84	6,18	2,244	9,44
256	2,177	0,911	0,1292	131,8	12,94	5,83	2,221	8,16
260	2,238	0,924	0,1251	123,7	12,40	5,61	2,213	7,32
266	2,350	0,941	0,1188	112,5	11,63	5,23	2,225	6,11
270	2,444	0,952	0,1146	105,4	11,16	4,96	2,248	5,32
276	2,663	0,968	0,1084	98,35	10,49	4,53	2,315	4,18
280	2,810	0,980	0,1042	88,82	10,06	4,21	2,395	3,46
286	3,216	1,000	0,09784	79,15	9,44	3,63	2,600	2,42
290	3,671	1,019	0,09349	72,60	9,03	3,17	2,851	1,78
296	5,142	1,059	0,08645	62,13	8,39	2,27	3,694	0,90
300	8,228	1,104	0,08077	54,00	7,93	1,44	5,501	0,39
304	–	–	0,07121	41,98	7,34	0,31	23,546	–

Таблица 29

Теплофизические свойства диоксида углерода (R744) в состоянии сухого насыщенного пара

T_n , К	C_p'' , кДж/(кг·К)	C_v'' , кДж/(кг·К)	$\lambda'' \cdot 10^3$, Вт/(м·К)	$\mu'' \cdot 10^6$, Па·с	$\nu'' \cdot 10^8$, м ² /с	$a'' \cdot 10^8$, м ² /с	Pr''
216	–	–	11,42	11,10	81,78	88,46	0,9244
220	0,973	0,675	11,83	11,30	71,14	76,56	0,9294
226	1,012	0,690	12,46	11,61	57,99	61,50	0,9429
230	1,041	0,701	12,91	11,83	50,85	53,30	0,9539
236	1,092	0,719	13,62	12,17	42,08	43,13	0,9757
240	1,131	0,731	14,13	12,41	37,28	37,54	0,9933
246	1,199	0,750	14,96	12,79	31,32	30,56	1,025
250	1,252	0,763	15,57	13,06	28,00	26,67	1,050
256	1,349	0,785	16,58	13,49	23,81	21,68	1,098
260	1,428	0,801	17,34	13,81	21,45	18,86	1,137
266	1,579	0,827	18,64	14,33	18,42	15,17	1,214
270	2,444	0,846	19,64	14,71	16,68	13,02	1,281
276	1,978	0,880	21,41	15,38	14,41	10,14	1,421
280	2,234	0,906	22,84	15,90	13,09	8,42	1,555
286	2,841	0,953	25,54	16,88	11,33	6,03	1,878
290	3,547	0,991	27,91	17,72	10,29	4,57	2,252
296	5,992	1,067	33,05	19,56	8,88	2,50	3,546
300	11,777	1,138	38,83	21,73	8,00	1,21	6,591
303	42,550	1,216	47,25	25,27	7,36	0,32	22,756

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Александров А.А., Григорьев Б.Г.** Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. – М.: Изд-во МЭИ, 1999. – 168 с.
2. Холодильная техника. Кондиционирование. Свойства веществ: Справ. / С.Н. Богданов, С.И. Бурцев, О.П. Иванов, А.В. Куприянова / Под ред. С.Н. Богданова. – СПб.: СПбГАХИТ, 1999. – 320 с.
3. **Бурцев С.И., Цветков Ю.Н.** Влажный воздух. Состав и свойства. – СПб.: СПбГАХИТ, 1998. – 146 с.
4. **Клецкий А.В.** Таблицы термодинамических свойств газов и жидкостей. Вып. 4. Аммиак. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 78 с.
5. **Цветков О.Б., Клецкий А.В., Лаптев Ю.А.** Теплофизические свойства и диаграммы альтернативных холодильных агентов: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГАХИТ, 1997. – 96 с.
6. **Алтунин В.В.** Теплофизические свойства двуокси углерода. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 552 с.
7. Термодинамические свойства пропана / В.В. Сычев, А.А. Вассерман, А.Д. Козлов, В.А. Цымарный. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 268 с.
8. **Younglove B.A., Ely J.F.** Thermophysical properties of fluids. II. Methane, ethane, propane, isobutene and normal butane // J. Phys. Ref. Data. 1987. Vol. 16, N 40. P. 577–798.
9. Теплофизические свойства фреонов. Т. 2. Фреоны метанового ряда: Справ. данные / А.В. Алтунин, В.З. Геллер, Е.А. Кремневская и др.; Под ред. С.Л. Ривкина. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 264 с.
10. **Клецкий А.В.** Таблицы термодинамических свойств газов и жидкостей. Вып. 2. Фреон 22. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 60 с.
11. **Tillner-Roth R., Krauss R.** Tables and Diagrams for the Refrigeration Industry. Thermophysical properties R134. – IIR, 1995. – 49 p.
12. Tables and Diagrams for the Refrigeration Industry. Thermophysical properties R404A. – IIR, 2001. – 21 p.
13. Tables and Diagrams for the Refrigeration Industry. Thermophysical properties R407C. – IIR, 2001. – 21 p.
14. Tables and Diagrams for the Refrigeration Industry. Thermophysical properties R410A. – IIR, 2001. – 21 p.

15. Tables and Diagrams for the Refrigeration Industry. Thermophysical properties R507. – IIR, 2001. – 21 p.

16. **Цветков О.Б.** Теплопроводность холодильных агентов. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 220 с.

17. **Цветков О.Б., Цветков О.Н., Лаптев Ю.А.** Свойства холодильных масел и маслофреоновых растворов. – СПб.: СПбГУ-НиПТ, 2010. – 188 с.

18. Теплофизические свойства фреонов. Т. 1. Фреоны метанового ряда: Справ. данные / А.В. Алтунин, В.З. Геллер, Е.А. Петров и др.; Под ред. С.Л. Ривкина. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 232 с.

19. **Перельштейн И.И., Парушин Е.Б.** Термодинамические и теплофизические свойства рабочих веществ холодильных машин и тепловых насосов. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 232 с.

20. **Перельштейн И.И.** Таблицы и диаграммы термодинамических свойств фреонов 12, 13, 22. – М.: ВНИХИ, 1971. – 90 с.

21. **Цветков О.Б.** Холодильные агенты. – СПб: СПбГУНиПТ, 2003. – 216 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	3
Таблица 1. Термодинамические свойства хладагента R12 на линиях кипения и конденсации	5
Таблица 2. Теплофизические свойства хладагента R12 в состоянии насыщенной жидкости	6
Таблица 3. Теплофизические свойства хладагента R12 в состоянии сухого насыщенного пара	8
Таблица 4. Термодинамические свойства хладагента R22 на линиях кипения и конденсации	10
Таблица 5. Теплофизические свойства хладагента R22 на линиях кипения и конденсации	11
Таблица 6. Термодинамические свойства хладагента R23 на линиях кипения и конденсации	13
Таблица 7. Теплофизические свойства хладагента R23 на линиях кипения и конденсации	14
Таблица 8. Теплофизические свойства жидкого хладагента R32 на линии насыщения.....	15
Таблица 9. Теплофизические свойства сухого насыщенного пара хладагента R32	16
Таблица 10. Термодинамические свойства хладагента R125 на линиях кипения и конденсации	17
Таблица 11. Теплофизические свойства хладагента R125 на линиях кипения и конденсации	18
Таблица 12. Термодинамические свойства хладагента R134a на линиях кипения и конденсации	19
Таблица 13. Теплофизические свойства хладагента R134a на линиях кипения и конденсации	20
Таблица 14. Теплофизические свойства хладагента R143a на линиях кипения и конденсации	21
Таблица 15. Теплофизические свойства жидкого хладагента R152a на линии насыщения.....	22
Таблица 16. Теплофизические свойства сухого насыщенного пара хладагента 152a.....	23
Таблица 17. Теплофизические свойства хладагента R404A на линиях кипения и конденсации	24

Таблица 18. Теплофизические свойства хладагента R407C на линиях кипения и конденсации	26
Таблица 19. Теплофизические свойства хладагента R410A на линиях кипения и конденсации	28
Таблица 20. Теплофизические свойства хладагента R507 на линиях кипения и конденсации	30
Таблица 21. Термодинамические свойства аммиака (R717) на линиях кипения и конденсации	31
Таблица 22. Теплофизические свойства насыщенной жидкости аммиака (R717)	33
Таблица 23. Теплофизические свойства сухого насыщенного пара аммиака (R717)	34
Таблица 24. Термодинамические свойства воды и водяного пара (R718) в состоянии насыщения (по температуре)	35
Таблица 25. Термодинамические свойства воды и водяного пара (R718) в состоянии насыщения (по давлению).....	37
Таблица 26. Теплофизические свойства сухого насыщенного во- дяного пара (R718).....	40
Таблица 27. Теплофизические свойства воды (R718) на линии ки- пения	42
Таблица 28. Теплофизические свойства насыщенной жидкости диоксида углерода (R744)	44
Таблица 29. Теплофизические свойства диоксида углерода (R744) в состоянии сухого насыщенного пара	45
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	46

Цветков Олег Борисович
Лаптев Юрий Александрович

ТАБЛИЦЫ СВОЙСТВ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГЕНТОВ

Учебно-методическое пособие

Ответственный редактор
Т.Г. Смирнова

Редактор
Т.В. Белянкина

Компьютерная верстка
Ю. А. Лаптев

Дизайн обложки
Н.А. Потехина

Подписано в печать 06.12.2013. Формат 60x84 1/16
Усл. печ. л. 3,02. Печ. л. 3,25. Уч.-изд. л. 3,06
Тираж 170 экз. Заказ № С85

НИУ ИТМО. 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
ИИК ИХиБТ. 191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9