

Министерство образования и науки Украины  
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

Кафедра "Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция"

## **Теплотехнические характеристики газов, жидкостей и строительных материалов**

### **Справочное пособие для теплотехнических расчетов**

Одобрено на заседании  
кафедры ТТГВ  
протокол №1 от 29.08.2007

УДК 621.1(03):536.2(03)

С 32

Теплотехнические характеристики газов, жидкостей и строительных материалов. Справочное пособие для теплотехнических расчетов / Сост.: Сербин В.А., Остапенко Д.В., Чеботарева О.В. – Макеевка: ДонНАСА, 2007. 58– с.

Приведены справочные данные по теплофизическим свойствам газов, жидкостей, строительных материалов и металлов, предназначенных для теплотехнических расчетов по курсам "Термодинамика", "Термодинамика и теплопередача", "Теплотехника", "Тепломассообмен" и др.

Составители:

Сербин В.А.

Остапенко Д.В.

Чеботарева О.В.

Рецензенты:

К.Т.Н., доцент

Лукиянов А.В.

К.Т.Н., доцент

Маркин А.Н.

## Содержание

Введение.....	4
Международная система единиц (СИ).....	5
1. Теплофизические свойства газов.....	6
2. Теплофизические свойства воды и водяного пара.....	24
3. Теплофизические свойства масел и мазутов.....	36
4. Теплофизические характеристики строительных и изоляционных материалов, металлов и сплавов.....	44
5. Функции Бесселя для расчетов нестационарной теплопроводности....	55
Литература.....	57

## Введение

Выполнение различных теплотехнических расчетов требует умения пользоваться справочной литературой. Ранее вышедшие издания (учебники, пособия) в настоящее время практически лишены справочных таблиц, а новая литература не издается. Это вызывает серьезные затруднения при выполнении расчетных работ, связанных с использованием свойств газов, жидкостей и строительных материалов.

Свойства разрабатываемых и новых материалов, изложенные в журнальных статьях и проспектах фирм-изготовителей, требуют определенной систематизации.

В настоящей работе предпринята попытка обобщить и систематизировать сведения о свойствах газов, жидкостей и твердых тел (строительных материалов и металлов), опубликованные в различных источниках, с целью использования приводимых данных при выполнении различных теплотехнических расчетов.

### Международная система единиц (СИ)

Величина	Единица измерения	Обозначение единиц
Основные единицы		
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Сила электрического тока	ампер	А
Термодинамическая температура Кельвина	кельвин	К*
Количество вещества	моль	моль
Сила света	кандела	кд
Некоторые производные единицы		
Площадь	квадратный метр	м <sup>2</sup>
Объем	кубический метр	м <sup>3</sup>
Скорость	метр в секунду	м/с
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с <sup>2</sup>
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м <sup>3</sup>
Сила	ньютон	Н; (кг·м/с <sup>2</sup> )
Давление	паскаль	Па; (Н/м <sup>2</sup> )
Динамическая вязкость	паскаль-секунда	Па·с; (Н·с/м <sup>2</sup> )
Кинематическая вязкость	квадратный метр на секунду	м <sup>2</sup> /с
Работа, энергия, количество теплоты	джоуль	Дж; (Н·м)
Мощность, тепловой поток	ватт	Вт; (Дж/с)
Удельная теплоемкость	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)*
Теплота фазового превращения, энтальпия	джоуль на килограмм	Дж/кг
Плотность теплового потока	ватт на квадратный метр	Вт/м <sup>2</sup>
Коэффициент теплопроводности	ватт на метр-кельвин	Вт/(м·К)*
Коэффициент теплоотдачи, теплопередачи	ватт на квадратный метр-кельвин	Вт/(м <sup>2</sup> ·К)*
Коэффициент излучения	ватт на квадратный метр-кельвин в четвертой степени	Вт/(м·К <sup>4</sup> )
* Наравне с термодинамической температурой Кельвина (К) допускается к применению международная практическая температура Цельсия (°С).		

# 1. Теплофизические свойства газов

**Таблица 1.1 - Молекулярные массы, плотности и объемы киломолей при нормальных условиях и газовые постоянные важнейших газов [5,18]**

Вещество	Химическое обозначение	Молекулярная масса $\mu$	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Объем киломоля $\mu_v$ , м <sup>3</sup> /кг	Газовая постоянная в Дж/(кг·К)
Воздух	-	28,96	1,293	22,40	287,0
Кислород	O <sub>2</sub>	32,00	1,429	22,39	259,8
Азот	N <sub>2</sub>	28,026	1,251	22,40	296,8
Атмосферный азот <sup>1</sup>	N <sub>2</sub>	28,16	(1,257)	(22,40)	(295,3)
Гелий	He	4,003	0,179	22,42	2078,0
Аргон	Ar	39,994	1,783	22,39	208,2
Водород	H <sub>2</sub>	2,016	0,090	22,43	4124,0
Оксись углерода	CO	28,01	1,250	22,40	296,8
Двуокись углерода	CO <sub>2</sub>	44,01	1,977	22,26	188,9
Сернистый газ	SO <sub>2</sub>	64,06	2,926	21,89	129,8
Коксовый газ	-	11,50	0,515	22,33	721,0
Аммиак	NH <sub>3</sub>	17,032	0,771	22,08	488,3
Водяной пар <sup>2</sup>	H <sub>2</sub> O	18,016	(0,804)	(22,40)	(461)
Закись азота	N <sub>2</sub> O	44,016	1,978	22,05	188,3
Оксид азота	NO	30,008	1,3402	22,39	277,1
Сернистый ангидрид	SO <sub>3</sub>	80,06	1,540	22,14	103,9
Сероводород	H <sub>2</sub> S	34,08	1,5392	22,14	244,0
Неон	Ne	20,183	0,8999	22,43	411,9
Хлор	Cl <sub>2</sub>	70,914	3,22	22,02	117,2
Хладон 11	CF <sub>3</sub> Cl	137,4	(6,13)	(22,41)	60,5
Хладон 12	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	120,92	5,51	21,95	68,8
Хлористый этил	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl	64,52	(2,88)	22,41	22,41
Дихлорметан	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	84,94	(3,79)	22,41	97,9
Метан	CH <sub>4</sub>	16,032	0,717	22,39	518,8
Этан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,07	1,356	22,17	271,2
Этилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,05	1,260	22,26	261,3
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,09	2,0037	22,00	184,9
Пропилен	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,08	1,915	21,97	193,8
н-Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,12	2,702	21,50	140,3
Изобутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,12	2,685	21,74	140,3
н-Бутилен	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,11	2,55	22,44	145,3
Изобутилен	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	56,10	2,502	24,44	145,3
н-Пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,14	3,457	20,87	113,0

<sup>1</sup> Атмосферный азот – уловный газ, состоящий из азота воздуха вместе с двуокисью углерода и редкими газами, содержащимися в воздухе.

<sup>2</sup> Приведение водяного пара к нормальным условиям является условным.

**Таблица 1.2 - Средняя молярная теплоемкость газов при постоянном давлении  $m\bar{c}_p$ , кДж/(моль·К) [3]**

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Воздух (абсолютно сухой)
0	29,274	29,019	29,123	35,860	33,499	38,85	29,073
100	29,538	29,048	29,178	38,112	33,741	40,65	29,152
200	29,931	29,132	29,303	40,059	34,118	42,33	29,299
300	30,400	29,287	29,517	41,755	34,575	43,88	29,521
400	30,878	29,500	29,789	43,250	35,090	45,22	29,789
500	31,334	29,764	30,099	44,573	35,630	46,39	30,095
600	31,761	30,044	30,425	45,453	36,195	47,35	30,405
700	32,150	30,341	30,752	46,813	36,789	48,23	30,723
800	32,502	30,635	31,070	47,763	37,392	48,94	31,028
900	32,825	30,924	31,376	48,617	38,008	49,61	31,321
1000	33,118	31,196	31,665	49,392	38,619	50,16	31,598
1100	33,386	31,455	31,937	50,099	39,226	50,66	31,862
1200	33,633	31,707	32,192	50,740	39,825	51,08	32,109
1300	33,863	31,941	32,427	51,322	40,407	-	32,343
1400	34,076	32,163	32,653	51,858	40,976	-	32,575
1500	34,282	32,372	32,858	52,348	41,525	-	32,774
1600	34,474	32,565	33,051	52,800	42,056	-	32,967
1700	34,658	32,749	33,231	53,218	42,576	-	33,154
1800	34,834	32,917	33,402	53,504	43,070	-	33,319
1900	35,006	33,080	33,561	53,959	43,539	-	33,482
2000	35,169	33,231	33,708	54,290	43,995	-	33,641

**Таблица 1.3 - Средняя молярная теплоемкость газов при постоянном объеме  $m\bar{c}_x$ , кДж/(моль·К) [3]**

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Воздух (абсолютно сухой)
0	20,959	20,704	20,808	27,545	25,184	30,52	20,758
100	21,223	20,733	20,863	29,797	25,426	32,52	20,838
200	21,616	20,800	20,988	31,744	25,803	34,00	20,984
300	22,085	20,972	21,202	33,440	26,260	35,55	21,206
400	22,563	21,185	21,474	34,935	26,775	36,89	21,474
500	23,019	21,449	21,784	36,258	27,315	38,06	21,780
600	23,446	21,729	22,110	37,438	27,880	39,02	22,090
700	23,835	22,027	22,437	38,498	28,474	39,90	22,408
800	24,187	22,320	22,755	39,448	29,077	40,61	22,713
900	24,510	22,609	23,061	40,302	29,693	42,28	23,006
1000	24,803	22,881	23,350	41,077	30,304	41,83	23,283
1100	25,071	23,140	23,622	41,784	30,911	42,33	23,547
1200	25,318	23,322	23,877	42,425	31,510	42,75	23,794
1300	25,548	23,626	24,112	43,007	32,092	-	24,028

**Продолжение таблицы 1.3**

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Воздух (абсолютно сухой)
1400	25,761	23,848	24,338	43,543	32,661	-	24,250
1500	25,967	24,057	24,543	44,033	33,210	-	24,459
1600	26,159	24,250	24,736	44,485	33,741	-	24,652
1700	26,343	24,434	24,916	44,903	34,261	-	24,836
1800	26,519	24,602	25,087	45,289	34,755	-	25,004
1900	26,691	24,765	25,246	45,644	35,224	-	25,167
2000	26,854	24,916	25,393	45,975	35,680	-	25,326

**Таблица 1.4 - Средняя объемная теплоемкость газов при постоянном давлении  $\bar{c}_p'$ , кДж/(м<sup>3</sup>·К) [3]**

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Воздух (абсолютно сухой)
0	1,3059	1,2946	1,2992	1,5998	1,493	1,733	1,2971
100	1,3176	1,2958	1,3017	1,7003	1,502	1,813	1,3004
200	1,3352	1,2996	1,3071	1,7878	1,5223	1,888	1,3071
300	1,3561	1,3067	1,3167	1,8627	1,5424	1,955	1,3172
400	1,3775	1,3163	1,3289	1,9297	1,5654	2,018	1,3289
500	1,3980	1,3276	1,3427	1,9887	1,5897	2,068	1,3427
600	1,4168	1,3402	1,3574	2,0411	1,6148	2,114	1,3565
700	1,4344	1,3536	1,3720	2,0884	1,6412	2,152	1,3708
800	1,4499	1,3670	1,3862	2,1311	1,6680	2,181	1,3842
900	1,4645	1,3796	1,3396	2,1692	1,6957	2,215	1,3976
1000	1,4775	1,3917	1,4126	2,2035	1,7229	2,236	1,4097
1100	1,4892	1,4034	1,4248	2,2349	1,7501	2,261	1,4214
1200	1,5005	1,4143	1,4361	2,2638	1,7769	2,278	1,4327
1300	1,5106	1,4252	1,4465	2,2898	1,8028	-	1,4432
1400	1,5202	1,4348	1,4566	2,3136	1,8280	-	1,4528
1500	1,5294	1,4440	1,4658	2,3354	1,8527	-	1,4620
1600	1,5378	1,4528	1,4746	2,3555	1,8761	-	1,4708
1700	1,5462	1,4612	1,4825	2,3743	1,8996	-	1,4867
1800	1,5541	1,4687	1,4901	2,3915	1,9213	-	1,4867
1900	1,5617	1,4758	1,4972	2,4074	1,9423	-	1,4939
2000	1,5692	1,4825	1,5039	2,4221	1,9628	-	1,5010



**Таблица 1.5 - Средняя объемная теплоемкость газов при постоянном  
объеме  $\bar{c}_v$ , кДж/(м<sup>3</sup>·К) [3]**

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Воздух (абсолютно сухой)
0	0,9349	0,9236	0,9282	1,2288	1,1237	1,361	0,9261
100	0,9466	0,9249	0,9307	1,3293	1,1342	1,440	0,9295
200	0,9642	0,9286	0,9362	1,4164	1,1514	1,516	0,9362
300	0,9852	0,9357	0,9458	1,4918	1,1715	1,587	0,9462
400	1,0065	0,9454	0,9579	1,5587	1,1945	1,645	0,9579
500	1,0270	0,9567	0,9718	1,6178	1,2188	1,700	0,9718
600	1,0459	0,9692	0,9864	1,6701	1,2439	1,742	0,9856
700	1,0634	0,9826	1,0011	1,7174	1,2703	1,779	0,9998
800	1,0789	0,9960	1,0153	1,7601	1,2971	1,813	1,0132
900	1,0936	1,0086	1,0287	1,7982	1,3247	1,842	1,0262
1000	1,1066	1,0207	1,0417	1,8326	1,3519	1,867	1,0387
1100	1,1183	1,0325	1,0538	1,8640	1,3791	1,888	1,0505
1200	1,1296	1,0434	1,0651	1,8929	1,4059	1,905	1,0618
1300	1,1396	1,0542	1,0756	1,9188	1,4319	-	1,0722
1400	1,1493	1,0639	1,0856	1,9427	1,4570	-	1,0819
1500	1,1585	1,0731	1,0948	1,9644	1,4817	-	1,0911
1600	1,1669	1,0819	1,1036	1,9845	1,5052	-	1,0999
1700	1,1752	1,0902	1,1116	2,0034	1,5286	-	1,1078
1800	1,1832	1,0978	1,1191	2,0205	1,5504	-	1,1158
1900	1,1907	1,1049	1,1262	2,0365	1,5713	-	1,1229
2000	1,1978	1,1116	1,1329	2,0511	1,5918	-	1,1296

**Таблица 1.6 - Средняя массовая теплоемкость газов при постоянном  
давлении  $\bar{c}_p$ , кДж/(кг·К) [3]**

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Воздух (абсолютно сухой)
0	0,9148	1,0304	1,0396	0,8148	1,8594	0,607	1,0036
100	0,9232	1,0316	1,0417	0,8658	1,8728	0,636	1,0061
200	0,9353	1,0346	1,0463	0,9102	1,8937	0,662	1,0115
300	0,9500	1,0400	1,0538	0,9487	1,9192	0,687	1,0191
400	0,9651	1,0475	1,0634	0,9826	1,9477	0,708	1,0283
500	0,9793	1,0567	1,0748	1,0128	1,9778	0,724	1,0387
600	0,9927	1,0668	1,0861	1,0396	2,0092	0,737	1,0496
700	1,0048	1,0777	1,0978	1,0639	2,0419	0,754	1,0605
800	1,0157	1,0881	1,1091	1,0852	2,0754	0,762	1,0710
900	1,0258	1,0982	1,1200	1,1045	2,1097	0,775	1,0815
1000	1,0350	1,1078	1,1304	1,1225	2,1436	0,783	1,0907
1100	1,0434	1,1170	1,1401	1,1384	2,1771	0,791	1,0999
1200	1,0509	1,1258	1,1493	1,1530	2,2106	0,795	1,1082

**Продолжение таблицы 1.6**

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Воздух (абсолютно сухой)
1300	1,0580	1,1342	1,1577	1,1660	2,2429	-	1,1166
1400	1,0647	1,1422	1,1656	1,1782	2,2743	-	1,1242
1500	1,0714	1,1497	1,1731	1,1895	2,3048	-	1,1313
1600	1,0773	1,1564	1,1798	1,1995	2,3346	-	1,1380
1700	1,0831	1,1631	1,1865	1,2091	2,3630	-	1,1443
1800	1,0886	1,1690	1,1924	1,2179	2,3907	-	1,1501
1900	1,0940	1,1748	1,1983	1,2259	2,4166	-	1,1560
2000	1,0990	1,1803	1,2033	1,2334	2,4422	-	1,1610

**Таблица 1.7 - Средняя массовая теплоемкость газов при постоянном объеме**  
 $\bar{C}_v$ , кДж/(кг·К) [3]

t, °C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	Воздух (абсолютно сухой)
0	0,6548	0,7352	0,7427	0,6259	1,3980	0,477	0,7164
100	0,6632	0,7365	0,7448	0,6770	1,4114	0,507	0,7193
200	0,6753	0,7394	0,7494	0,7214	1,4323	0,532	0,7243
300	0,6900	0,7448	0,7570	0,7599	1,4574	0,557	0,7319
400	0,7051	0,7524	0,7666	0,7938	1,4863	0,578	0,7415
500	0,7193	0,7616	0,7775	0,8240	1,5160	0,595	0,7519
600	0,7827	0,7716	0,7892	0,8508	1,5474	0,607	0,7624
700	0,7448	0,7821	0,8009	0,8746	1,5805	0,624	0,7733
800	0,7557	0,7926	0,8122	0,8964	1,6140	0,632	0,7842
900	0,7658	0,8030	0,8231	0,9157	1,6483	0,645	0,7942
1000	0,7750	0,8127	0,8336	0,9332	1,6823	0,653	0,8039
1100	0,7834	0,8219	0,8432	0,9496	1,7158	0,662	0,8127
1200	0,7913	0,8307	0,8566	0,9638	1,7488	0,666	0,8215
1300	0,7984	0,8390	0,8608	0,9772	1,7815	-	0,8294
1400	0,8051	0,8470	0,8688	0,9893	1,8129	-	0,8369
1500	0,8114	0,8541	0,8763	1,0006	1,8434	-	0,8441
1600	0,8173	0,8612	0,8830	1,0107	1,8728	-	0,8508
1700	0,8231	0,8675	0,8893	1,0203	1,9016	-	0,8570
1800	0,8286	0,8738	0,8956	1,0291	1,9293	-	0,8633
1900	0,8340	0,8792	0,9014	1,0371	1,9552	-	0,8688
2000	0,8390	0,8847	0,9064	1,0446	1,9804	-	0,8742

**Таблица 1.8 - Средняя теплоемкость некоторых газов в пределах от 0 до 1500°С [3] (при линейной зависимости от температуры)**

Газ	Удельная массовая теплоемкость $c_x$ , кДж/(кг·К)	Удельная объемная теплоемкость $c_{xm}$ , кДж/(м <sup>3</sup> ·К)
O <sub>2</sub>	$\bar{c}_v = 0,6594 + 0,0001065 \cdot t$	$\bar{c}_v' = 0,943 + 0,0001577 \cdot t$
	$\bar{c}_p = 0,919 + 0,0001065 \cdot t$	$\bar{c}_p' = 1,313 + 0,0001577 \cdot t$
N <sub>2</sub>	$\bar{c}_v = 0,7304 + 0,00008955 \cdot t$	$\bar{c}_v' = 0,9131 + 0,0001107 \cdot t$
	$\bar{c}_p = 1,032 + 0,00008955 \cdot t$	$\bar{c}_p' = 1,306 + 0,0001107 \cdot t$
CO	$\bar{c}_v = 0,7331 + 0,00009681 \cdot t$	$\bar{c}_v' = 0,9173 + 0,000121 \cdot t$
	$\bar{c}_p = 1,035 + 0,00009681 \cdot t$	$\bar{c}_p' = 1,291 + 0,000121 \cdot t$
CO <sub>2</sub>	$\bar{c}_v = 0,6837 + 0,0002406 \cdot t$	$\bar{c}_v' = 1,3423 + 0,0004723 \cdot t$
	$\bar{c}_p = 0,8725 + 0,0002406 \cdot t$	$\bar{c}_p' = 1,7132 + 0,0004723 \cdot t$
H <sub>2</sub> O	$\bar{c}_v = 1,372 + 0,0003111 \cdot t$	$\bar{c}_v' = 1,102 + 0,0002498 \cdot t$
	$\bar{c}_p = 1,833 + 0,0003111 \cdot t$	$\bar{c}_p' = 1,473 + 0,0002498 \cdot t$
SO <sub>2</sub>	$\bar{c}_v = 0,5016 + 0,00015541 \cdot t$	$\bar{c}_v' = 1,4763 + 0,00004547 \cdot t$
	$\bar{c}_p = 0,6314 + 0,00015541 \cdot t$	$\bar{c}_p' = 1,8472 + 0,00004547 \cdot t$
Воздух	$\bar{c}_v = 0,7088 + 0,000093 \cdot t$	$\bar{c}_v' = 0,9157 + 0,0001201 \cdot t$
	$\bar{c}_p = 0,9956 + 0,000093 \cdot t$	$\bar{c}_p' = 1,287 + 0,0001201 \cdot t$
H <sub>2</sub>	$\bar{c}_v = 10,12 + 0,0005945 \cdot t$	$\bar{c}_v' = 0,9094 + 0,0000523 \cdot t$
	$\bar{c}_p = 14,33 + 0,0005945 \cdot t$	$\bar{c}_p' = 1,28 + 0,0000523 \cdot t$

**Таблица 1.9 - Теплоемкость кислорода [4]**

Тем- пера- тура	Молярная теплоемкость в кДж/(кмоль·К)				Массовая теплоемкость в кДж/(кг·К)		Объемная теплоемкость в кДж/(м <sup>3</sup> ·К)	
	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c_{pm}'$	$c_{vm}'$
0	29,274	20,959	29,274	20,959	0,9148	0,6548	1,3059	0,9349
100	29,877	21,562	29,538	21,223	0,9232	0,6632	1,3176	0,9466
200	30,815	22,500	29,931	21,616	0,9353	0,6753	1,3352	0,9642
300	31,832	23,517	30,400	22,085	0,9500	0,6900	1,3561	0,9852

**Продолжение таблицы 1.9**

t, °C	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c'_{pm}$	$c'_{vm}$
400	32,758	24,443	30,878	22,563	0,9651	0,7051	1,3775	1,0065
500	33,549	25,234	31,334	23,019	0,9793	0,7193	1,3980	1,0270
600	34,202	25,887	31,761	23,446	0,9927	0,7327	1,4168	1,0459
700	34,746	26,431	32,150	23,835	1,0048	0,7448	1,4344	1,0634
800	35,203	26,888	32,502	24,187	1,0157	0,7557	1,4499	1,0789
900	35,584	27,269	32,825	24,510	1,0258	0,7658	1,4645	1,0936
1000	35,914	27,599	33,118	24,803	1,0350	0,7750	1,4775	1,1066
1100	36,216	27,901	33,386	25,071	1,0434	0,7834	1,4892	1,1183
1200	36,488	28,173	33,633	25,318	1,0509	0,7913	1,5005	1,1296
1300	36,752	28,437	33,863	25,548	1,0580	0,7984	1,5106	1,1396
1400	36,999	28,684	34,076	25,761	1,0647	0,8051	1,5202	1,1493
1500	37,242	28,927	34,282	25,967	1,0714	0,8114	1,5294	1,1585
1600	37,480	29,165	34,474	26,159	1,0773	0,8173	1,5378	1,1669
1700	37,715	29,400	34,658	26,343	1,0831	0,8231	1,5462	1,1752
1800	37,945	29,630	34,834	26,519	1,0886	0,8286	1,5541	1,1832
1900	38,175	29,860	35,006	26,691	1,0940	0,8340	1,5617	1,1907
2000	38,406	30,091	35,169	26,854	1,0990	0,8390	1,5692	1,1978
2100	38,636	30,321	35,328	27,013	1,1041	0,8441	1,5759	1,2050
2200	39,858	30,543	35,483	27,168	1,1087	0,8491	1,5830	1,2121
2300	39,080	30,705	35,634	27,319	1,1137	0,8537	1,5897	1,2188
2400	39,293	30,978	35,785	27,470	1,1183	0,8583	1,5964	1,2255
2500	39,502	31,187	35,927	27,612	1,1229	0,8629	1,6027	1,2318
2600	39,708	31,393	36,069	27,754	1,1271	0,8675	1,6090	1,2380
2700	39,909	31,594	36,207	27,892	1,1313	0,8717	1,6153	1,2443

Значения объемных теплоемкостей в таблицах 1.9-1.16 относятся к массе газа, заключенной в 1 м<sup>3</sup> его при нормальных условиях.

**Таблица 1.10 - Теплоемкость азота [4]**

Тем- пера- тура	Молярная теплоемкость в кДж/(кмоль·К)				Массовая теплоемкость в кДж/(кг·К)		Объемная теплоемкость в кДж/(м <sup>3</sup> ·К)	
t, °C	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c'_{pm}$	$c'_{vm}$
0	29,115	20,800	29,115	20,800	1,0392	0,7423	1,2987	0,9278
100	29,199	20,884	29,144	20,829	1,0404	0,7427	1,3004	0,9295
200	29,471	21,156	29,228	20,913	1,0434	0,7465	1,3038	0,9328
300	29,952	21,637	29,383	21,068	1,0488	0,7519	1,3109	0,9399
400	30,576	22,261	29,001	21,286	1,0567	0,7599	1,3205	0,9496
500	31,250	22,935	29,804	21,549	1,0660	0,7691	1,3322	0,9613
600	31,920	23,605	30,149	21,834	1,0760	0,7792	1,3452	0,9743
700	32,540	24,225	30,451	22,136	1,0869	0,7900	1,3586	0,9877
800	33,101	24,786	30,748	22,433	1,0974	0,8005	1,3716	0,9906

Продолжение таблицы 1.10

t, °C	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c'_{pm}$	$c'_{vm}$
900	33,599	25,284	31,037	22,722	1,1078	0,8110	1,3845	1,0136
1000	34,039	25,724	31,313	22,998	1,1179	0,8210	1,3971	1,0178
1100	34,424	26,109	11,577	23,262	1,1271	0,8302	1,4089	1,0379
1200	34,773	20,448	31,828	23,513	1,1359	0,8395	1,4202	1,0492
1300	35,070	26,745	32,067	23,752	1,1447	0,8478	1,4306	1,0597
1400	35,330	27,005	32,293	23,978	1,1526	0,8558	1,4407	1,0697
1500	35,556	27,231	32,502	24,187	1,1602	0,8633	1,4499	1,0789
1600	35,757	27,4 32	32,699	24,384	1,1673	0,8704	1,4587	1,0877
1700	35,937	27,612	32,883	24,568	1,1736	0,8771	1,4671	1,0961
1800	36,100	27,775	33,055	24,740	1,1798	0,8830	1,4746	1,1036
1900	36,247	27,922	33,218	24,903	1,1857	0,8889	1,4821	1,1112
2000	36,377	28,052	33,373	25,058	1,1911	0,8943	1,4888	1,1179
2100	36,494	28,169	33,520	25,205	1,1966	0,8997	1,4955	1,1246
2200	36,603	28,278	33,658	25,343	1,2012	0,9048	1,5018	1,1304
2300	36,703	28,378	33,787	25,472	1,2058	0,9094	1,5072	1,1363
2400	36,795	28,470	33,909	25,594	1,2104	0,9136	1,5127	1,1417
2500	36,879	28,554	34,022	25,707	1,2142	0,9177	1,5177	1,1468

Таблица 1.11 - Теплоемкость оксида углерода [4]

Тем- пера- тура	Мольная теплоемкость в кДж/(кмоль·К)				Массовая теплоемкость в кДж/(кг·К)		Объемная теплоемкость в кДж/(м³·К)	
t, °C	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c'_{pm}$	$c'_{vm}$
0	29,123	20,808	29,123	20,808	1,0396	0,7427	1,2992	0,9282
100	29,262	20,947	29,178	20,863	1,0417	0,7448	1,3017	0,9307
200	29,647	21,332	29,303	20,988	1,0463	0,7494	1,3071	0,9362
300	30,254	21,939	29,517	21,202	1,0538	0,7570	1,3167	0,9458
400	30,974	22,659	29,789	21,474	1,0634	0,7666	1,3289	0,9579
500	31,707	23,392	30,099	21,784	1,0748	0,7775	1,3427	0,9718
600	32,402	24,087	30,425	22,110	1,0861	0,7892	1,3574	0,9864
700	33,025	24,710	30,752	22,437	1,0978	0,8009	1,3720	1,0011
800	33,574	25,259	31,070	22,755	1,1091	0,8122	1,3862	1,0153
900	34,055	25,740	31,376	23,061	1,1200	0,8231	1,3996	1,0287
1000	34,470	26,155	31,665	23,350	1,1304	0,8336	1,4126	1,0417
1100	34,826	26,511	31,937	23,622	1,1401	0,8432	1,4248	1,0538
1200	35,140	26,825	32,192	23,877	1,1493	0,8566	1,4361	1,0651
1300	35,412	27,097	32,427	24,112	1,1577	0,8608	1,4465	1,0756
1400	35,646	27,331	32,653	24,338	1,1656	0,8688	1,4566	1,0856
1500	35,856	27,541	32,858	24,543	1,1731	0,8763	1,4658	10948
1600	36,040	27,725	33,051	24,736	1,1798	0,8830	1,4746	1,1036
1700	36,203	27,888	33,231	24,916	1,1865	0,8893	1,4825	1,1116
1800	36,350	28,035	33,402	25,087	1,1924	0,8956	1,4901	1,1191

**Продолжение таблицы 1.11**

t, °C	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c'_{pm}$	$c'_{vm}$
1900	36,480	28,165	33,561	25,246	1,1983	0,9014	1,4972	1,1262
2000	36,597	28,282	33,708	25,393	1,2033	0,9064	1,5039	1,1329
2100	36,706	28,391	33,850	25,535	1,2083	0,9115	1,5102	1,1392
2200	36,802	28,487	33,980	25,665	1,2129	0,9161	1,5160	1,1451
2300	36,894	28,579	34,106	25,791	1,2175	0,9207	1,5215	1,1505
2400	36,978	28,663	34,223	25,908	1,2217	0,9249	1,5269	1,1560
2500	37,053	28,738	34,336	26,021	1,2259	0,9291	1,5320	1,1610

**Таблица 1.12 - Теплоемкость диоксида углерода [4]**

Тем- пера- тура	Мольная теплоемкость в кДж/(кмоль·К)				Массовая теплоемкость в кДж/(кг·К)		Объемная теплоемкость в кДж/(м³·К)	
t, °C	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c'_{pm}$	$c'_{vm}$
0	35,860	27,545	35,860	27,545	0,8143	0,6259	1,5998	1,2288
100	40,206	31,891	38,112	29,797	0,8658	0,6770	1,7003	1,3293
200	43,689	35,374	40,059	31,744	0,9102	0,7214	1,7373	1,4164
300	46,515	38,200	41,755	33,440	0,9487	0,7599	1,8627	1,4918
400	48,860	40,515	43,250	34,935	0,9826	0,7938	1,9297	1,5587
500	50,815	42,500	44,573	36,258	1,0128	0,8240	1,9887	1,6178
600	52,452	44,137	45,753	37,438	1,0396	0,8508	2,0411	1,6701
700	53,826	45,511	46,813	38,498	1,0639	0,8746	2,0884	1,7174
800	54,977	46,662	47,763	39,448	1,0852	0,8964	2,1311	1,7601
900	55,952	47,637	48,617	40,302	1,1045	0,9157	2,1692	1,7982
1000	56,773	48,458	49,392	41,077	1,1225	0,9332	2,2035	1,8326
1100	67,472	49,157	50,099	41,784	1,1384	0,9496	2,2349	1,8640
1200	58,071	49,756	50,740	42,425	1,1530	0,9638	2,2638	1,8929
1300	58,586	50,271	51,322	43,007	1,1660	0,9772	2,2898	1,9188
1400	59,030	60,715	61,858	43,543	1,1782	0,9893	2,3136	1,9427
1500	59,411	51,096	52,348	44,033	1,1895	1,0006	2,3354	1,9644
1600	59,737	51,422	62,800	44,485	1,1995	1,0107	2,3555	1,9845
1700	60,022	51,707	53,218	44,903	1,2091	1,0203	2,3743	2,0034
1800	60,269	51,954	53,604	45,289	1,2179	1,0291	2,3915	2,0205
1900	60,478	62,163	63,959	45,644	1,2259	1,0371	2,4074	2,0365
2000	60,654	62,339	64,290	45,975	1,2334	1,0446	2,4221	2,0511
2100	60,801	62,486	54,596	46,281	1,2405	1,0517	2,4359	2,0649
2200	60,918	52,603	64,881	46,566	1,2468	1,0580	2,4484	2,07,75
2300	61,006	62,691	55,144	46,829	1,2531	1,0639	2,4602	2,0892
2400	61,060	62,745	55,391	47,076	1,2586	1,0697	2,4710	2,1001
2500	61,085	62,770	86,617	47,302	1,2636	1,0748	2,4811	2,1101

**Таблица 1.13 - Теплоемкость водяного пара [4]**

Тем- пера- тура	Мольная теплоемкость в кДж/(кмоль·К)				Массовая теплоемкость в кДж/(кг·К)		Объемная теплоемкость в кДж/(м <sup>3</sup> ·К)	
	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c'_{pm}$	$c'_{vm}$
0	33,499	25,184	33,499	25,184	1,8594	1,3980	1,4943	1,1237
100	34,055	25,740	33,741	25,426	1,8728	1,4114	1,5052	1,1342
200	34,964	26,649	34,118	25,803	1,8937	1,4323	1,5223	1,1514
300	36,036	27,721	34,575	26,260	1,9192	1,4574	1,5424	1,1715
400	37,191	28,876	35,090	26,775	1,9477	1,4863	1,5654	1,1945
500	38,406	30,091	35,630	27,315	1,9778	1,5160	1,5897	1,2188
600	39,662	31,347	36,195	27,880	2,0092	1,5474	1,6148	1,2439
700	40,951	32,636	36,789	28,474	2,0419	1,5805	1,6412	1,2703
800	42,249	33,934	37,392	29,077	2,0754	1,6140	1,6680	1,2971
900	43,513	35,198	38,008	29,693	2,1097	1,6483	1,6957	1,3247
1000	44,723	36,408	38,619	30,304	2,1436	1,6823	1,7229	1,3519
1100	45,858	37,543	39,226	30,911	2,1771	1,7158	1,7501	1,3791
1200	46,913	38,598	39,825	31,510	2,2106	1,7488	1,7769	1,4059
1300	47,897	39,582	40,407	32,092	2,2429	1,7815	1,8028	1,4319
1400	48,801	40,486	40,976	32,661	2,2743	1,8129	1,8280	1,4570
1500	49,639	41,324	41,525	33,210	2,3048	1,8434	1,8527	1,4817
1600	50,409	42,094	42,056	33,741	2,3346	1,8728	1,8761	1,5052
1700	51,133	42,818	42,576	34,261	2,3630	1,9016	1,8996	1,5286
1800	51,782	43,467	43,070	34,755	4,3907	1,9293	1,9213	1,5504
1900	52,377	44,062	43,539	35,224	2,4166	1,9552	1,9423	1,5713
2000	52,930	44,615	43,995	35,680	2,4422	1,9804	1,9628	1,5918
2100	53,449	45,134	44,435	36,120	2,4664	2,0051	1,9824	1,6115
2200	53,930	45,615	44,853	36,538	2,4895	2,0281	2,0009	1,6299
2300	54,370	46,055	45,255	36,940	2,5121	2,0503	2,0189	1,6479
2400	54,780	46,465	45,644	37,330	2,5334	2,0720	2,0365	1,6655
2500	55,161	46,846	46,017	37,702	2,5544	2,0926	2,0528	1,6818
2600	55,525	47,210	46,381	38,066	2,5745	2,1131	2,0691	1,6982
2700	55,864	47,549	47,729	38,414	2,5937	2,1323	2,0864	1,7137
2800	56,187	47,872	47,060	38,745	2,6121	2,1508	2,0997	1,7287
2900	56,488	48,173	47,378	39,063	2,6297	2,1683	2,1135	1,7425

**Таблица 1.14 - Теплоемкость воздуха [4]**

Тем- пера- тура	Мольная теплоемкость в кДж/(кмоль·К)				Массовая теплоемкость в кДж/(кг·К)		Объемная теплоемкость в кДж/(м <sup>3</sup> ·К)	
	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c'_{pm}$	$c'_{vm}$
0	29,073	20,758	29,073	20,758	1,0036	0,7164	1,2971	0,9261
100	29,266	20,951	29,152	20,838	1,0061	0,7193	1,3004	0,9295

Продолжение таблицы 1.14

t, °C	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c'_{pm}$	$c'_{vm}$
200	29,676	21,361	29,299	20,984	1,0115	0,7243	1,3071	0,9362
300	30,266	21,951	29,521	21,206	1,0191	0,7319	1,3172	0,9462
400	30,949	22,634	29,789	21,474	1,0283	0,7415	1,3289	0,9579
500	31,640	23,325	30,095	21,780	1,0387	0,7519	1,3427	0,9718
600	32,301	23,986	30,405	22,090	1,0496	0,7624	1,3565	0,9856
700	32,900	24,585	30,723	22,408	1,0605	0,7733	1,3708	0,9998
800	33,432	25,117	31,028	22,713	1,0710	0,7842	1,3842	1,0312
900	33,905	25,590	31,321	23,006	1,0815	0,7942	1,3976	1,0262
1000	34,315	26,000	31,598	23,283	1,0907	0,8039	1,4097	1,0387
1100	34,679	26,394	31,862	23,547	1,0999	0,8127	1,4214	1,0505
1200	35,002	26,687	32,109	23,794	1,1082	0,8215	1,4327	1,0618
1300	35,291	26,976	32,343	24,028	1,1166	0,8294	1,4432	1,0722
1400	35,546	27,231	32,565	24,250	1,1242	0,8369	1,4528	1,0819
1500	35,772	27,457	32,774	24,459	1,1313	0,8441	1,4620	1,0911
1600	35,977	27,662	32,967	24,652	1,1380	0,8508	1,4708	1,0999
1700	36,170	27,855	33,151	24,836	1,1443	0,8570	1,4788	1,1078
1800	36,346	28,031	33,319	25,004	1,1501	0,8633	1,4867	1,1158
1900	36,509	28,194	33,482	25,167	1,1560	0,8688	1,4939	1,1229
2000	36,655	28,340	33,641	25,326	1,1610	0,8742	1,5010	1,1296
2100	36,798	28,483	33,787	25,472	1,1664	0,8792	1,5072	1,1363
2200	36,928	28,613	33,926	25,611	1,1710	0,8843	1,5135	1,1426
2300	37,053	28,738	34,060	25,745	1,1757	0,8889	1,5194	1,1484
2400	37,170	28,855	34,185	25,870	1,1803	0,8930	1,5253	1,1543
2500	37,279	28,964	34,307	25,992	1,1840	0,8972	1,5303	1,1593

Таблица 1.15 - Теплоемкость водорода [4]

Тем- пера- тура	Мольная теплоемкость в кДж/(кмоль·К)				Массовая теплоемкость в кДж/(кг·К)		Объемная теплоемкость в кДж/(м³·К)	
t, °C	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c'_{pm}$	$c'_{vm}$
0	28,617	20,302	28,617	20,302	14,195	10,071	1,2766	0,9056
100	29,128	20,813	28,935	20,620	14,353	10,228	1,2908	0,9198
200	29,241	20,926	29,073	20,758	14,421	10,297	1,2971	0,9261
300	29,299	20,984	29,123	20,808	14,446	10,322	1,2992	0,9282
400	29,396	21,081	29,186	20,871	14,477	10,353	1,3021	0,9311
500	29,559	21,244	29,249	20,934	14,509	10,384	1,3050	0,9341
600	29,793	21,478	29,316	21,001	14,542	10,417	1,3080	0,9370
700	30,099	21,784	29,408	21,093	14,587	10,463	1,3121	0,9412
800	30,472	22,157	29,517	21,202	14,641	10,517	1,3167	0,9458
900	30,869	22,554	29,647	21,332	14,706	10,581	1,3226	0,9516
1000	31,284	22,969	29,789	21,474	14,776	10,652	1,3289	0,9579



**Продолжение таблицы 1.15**

t, °C	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c'_{pm}$	$c'_{vm}$
1100	31,723	23,408	29,944	21,629	14,853	10,727	1,3360	0,9650
1200	32,155	23,840	30,107	21,792	14,934	10,809	1,3431	0,9722
1300	32,590	24,275	30,288	21,973	15,023	10,899	1,3511	0,9801
1400	33,000	24,685	30,467	22,152	15,113	10,988	1,3591	0,9881
1500	33,394	25,079	30,647	22,322	15,202	11,077	1,3674	0,9964
1600	33,762	25,447	30,832	22,517	15,294	11,169	1,3754	1,0044
1700	34,114	25,799	31,012	22,697	15,383	11,258	1,3833	1,0124
1800	34,445	26,130	31,192	22,877	15,472	11,347	1,3917	1,0207
1900	34,763	26,448	31,372	23,057	15,561	11,437	1,3996	1,0287
2000	35,066	26,741	31,548	23,233	15,649	11,524	1,4076	1,0366
2100	35,332	27,017	31,723	23,408	15,736	11,611	1,4151	1,0442
2200	35,605	27,290	31,891	23,676	15,819	11,694	1,4227	1,0517
2300	35,852	27,537	32,058	23,743	15,902	11,798	1,4302	1,0593
2400	36,090	27,775	32,222	23,907	15,983	11,858	1,4373	1,0664
2500	36,316	28,001	32,385	24,070	16,064	11,937	1,4449	1,0739
2600	36,530	28,215	32,540	24,225	16,141	12,016	1,4516	1,0806
2700	36,731	28,416	32,691	24,376	16,215	12,091	1,4583	1,0873

**Таблица 1.16 - Теплоемкость сернистого газа [4]**

Тем- пера- тура	Мольная теплоемкость в кДж/(кмоль·К)				Массовая теплоемкость в кДж/(кг·К)		Объемная теплоемкость в кДж/(м³·К)	
t, °C	$\mu c_p$	$\mu c_v$	$\mu c_{pm}$	$\mu c_{vm}$	$c_{pm}$	$c_{vm}$	$c'_{pm}$	$c'_{vm}$
0	38,85	30,52	38,85	30,52	0,607	0,477	1,733	1,361
100	42,41	34,08	40,65	32,32	0,636	0,507	1,813	1,440
200	45,55	37,22	42,33	34,00	0,662	0,532	1,888	1,516
300	48,23	39,90	43,88	35,55	0,687	0,557	1,955	1,587
400	50,24	41,91	45,29	36,89	0,708	0,578	2,018	1,645
500	51,71	43,38	46,39	38,06	0,724	0,595	2,068	1,700
600	52,88	44,55	47,35	39,02	0,737	0,607	2,114	1,742
700	53,76	45,43	48,23	39,90	0,754	0,624	2,152	1,779
800	54,43	46,10	48,94	40,61	0,762	0,632	2,181	1,813
900	55,01	46,68	49,61	41,28	0,775	0,645	2,215	1,842
1000	55,43	47,10	50,16	41,83	0,783	0,653	2,236	1,867
1100	55,77	47,44	50,66	42,33	0,791	0,662	2,261	1,888
1200	56,06	47,73	51,08	42,75	0,795	0,666	2,278	1,905

**Таблица 1.17 - Физические свойства дымовых газов** ( $B = 760$  мм.рт.ст.  
 $\approx 1,01 \cdot 10^5$  Па;  $\bar{p}_{CO_2} = 0,13$ ;  $\bar{p}_{H_2O} = 0,11$ ;  $\bar{p}_{N_2} = 0,76$ ) [2]

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$a \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\mu \cdot 10^6, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Pr
0	1,295	1,042	2,28	16,9	15,8	12,20	0,72
100	0,950	1,068	3,13	30,8	20,4	21,54	0,69
200	0,748	1,097	4,01	48,9	24,5	32,80	0,67
300	0,617	1,122	4,84	69,9	28,2	45,81	0,65
400	0,525	1,151	5,70	94,3	31,7	60,38	0,64
500	0,457	1,185	6,56	121,1	34,8	76,30	0,63
600	0,405	1,214	7,42	150,9	37,9	93,61	0,62
700	0,363	1,239	8,27	183,8	40,7	112,1	0,61
800	0,330	1,264	9,15	219,7	43,4	131,8	0,60
900	0,301	1,290	10,0	258,0	45,9	152,5	0,59
1000	0,275	1,306	10,90	303,4	48,4	174,3	0,58
1100	0,257	1,323	11,75	345,5	50,7	197,1	0,57
1200	0,240	1,340	12,62	392,4	53,0	221,0	0,56

**Таблица 1.18 - Физические свойства сухого воздуха** ( $B=760$  мм.рт.ст.  
 $\approx 1,01 \cdot 10^5$  Па) [2]

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$a \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\mu \cdot 10^6, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Pr
-50	1,584	1,013	2,04	12,7	14,6	9,23	0,728
-40	1,515	1,013	2,12	13,8	15,2	10,04	0,728
-30	1,453	1,013	2,20	14,9	15,7	10,80	0,723
-20	1,395	1,009	2,28	16,2	16,2	12,76	0,716
-10	1,342	1,009	2,36	17,4	16,7	12,43	0,712
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
10	1,247	1,005	2,51	20,0	17,6	14,16	0,705
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
30	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	16,00	0,701
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0,699
50	1,093	1,005	2,83	25,7	19,6	17,95	0,698
60	1,060	1,005	2,90	26,2	20,1	18,97	0,696
70	1,029	1,009	2,96	28,6	20,6	20,02	0,694
80	1,000	1,009	3,05	30,2	21,1	21,09	0,692
90	0,972	1,009	3,13	31,9	21,5	22,10	0,690
100	0,946	1,009	3,21	33,6	21,9	23,13	0,688
120	0,898	1,009	3,34	36,8	22,8	25,45	0,686
140	0,854	1,013	3,49	40,3	23,7	27,80	0,684
160	0,815	1,017	3,64	43,9	24,5	30,09	0,682
180	0,779	1,022	3,78	47,5	25,3	32,49	0,681
200	0,746	1,026	3,93	51,4	26,0	34,85	0,680
250	0,674	1,038	4,27	61,0	27,4	40,61	0,677

**Продолжение таблицы 1.18**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho,$ кг/м <sup>3</sup>	$c_p,$ кДж/(кг·°C)	$\lambda \cdot 10^2,$ Вт/(м·K)	$\alpha \cdot 10^6,$ м <sup>2</sup> /с	$\mu \cdot 10^6,$ Па·с	$\nu \cdot 10^6,$ м <sup>2</sup> /с	Pr
300	0,615	1,047	4,60	71,6	29,7	48,33	0,674
350	0,566	1,059	4,91	81,9	31,4	55,46	0,676
400	0,524	1,068	5,21	93,1	33,0	63,09	0,678
500	0,456	1,093	5,74	115,3	36,2	79,38	0,687
600	0,404	1,114	6,22	138,3	39,1	96,89	0,699
700	0,362	1,135	6,71	163,4	41,8	115,4	0,706
800	0,329	1,156	7,18	188,8	44,3	134,8	0,713
900	0,301	1,172	7,63	216,2	46,7	155,1	0,717
1000	0,277	1,185	8,07	245,9	49,0	177,1	0,719
1100	0,257	1,197	8,50	276,2	51,2	199,3	0,722
1200	0,239	1,210	9,15	316,5	53,5	233,7	0,724

**Таблица 18а - Состав атмосферного воздуха (сухого)**

Газ	Содержание, об., %	Молярная масса, кг/кмоль
Азот	78,09	28,016
Кислород	20,95	32,000
Аргон	0,93	39,944
Углекислый газ	0,03	44,010
Неон	$1,1 \cdot 10^{-3}$	20,183
Гелий	$5,24 \cdot 10^{-4}$	4,003
Криптон	$1,0 \cdot 10^{-4}$	83,80
Ксенон	$8,0 \cdot 10^{-5}$	131,30
Водород	$5,0 \cdot 10^{-5}$	2,016
Озон	$1,0 \cdot 10^{-6}$	48,000
Примечание. Средняя молярная масса сухого воздуха 28,966 кг/кмоль		

**Таблица 1.19 - Теплофизические свойства насыщенного пара аммиака [1]**

$t, ^\circ\text{C}$	$p \cdot 10^{-5}, \text{Па}$	$\rho'', \text{кг/м}^3$	$r, \text{кДж/кг}$	$c_p,$ кДж/(кг·K)	$\lambda,$ Вт/(м·K)	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Pr
-60	0,2186	0,216	1441,0	2,079	0,0176	33,54	0,841
-50	0,4046	0,380	1416,7	2,098	0,0183	19,75	0,859
-40	0,7159	0,643	1390,0	2,135	0,0191	12,27	0,881
-30	1,194	1,038	1360,8	2,192	0,0200	7,392	0,906
-20	1,902	1,607	1329,0	2,271	0,0210	5,400	0,938
-10	2,911	2,402	1294,5	2,374	0,0221	3,779	0,975
0	4,302	3,480	1257,4	2,504	0,0232	2,724	1,021
10	6,164	4,910	1217,8	2,665	0,0245	2,014	1,075
20	8,592	6,770	1175,9	2,862	0,0259	1,523	1,139

**Продолжение таблицы 1.19**

t, °C	p·10 <sup>-5</sup> , Па	ρ", кг/м <sup>3</sup>	r, кДж/кг	c <sub>p</sub> , кДж/(кг·K)	λ, Вт/(м·K)	v·10 <sup>6</sup> , м <sup>2</sup> /с	P <sub>г</sub>
30	11,690	9,149	1131,8	3,102	0,0274	1,174	1,215
40	15,567	12,156	1085,5	3,391	0,0291	0,921	1,306
50	20,338	15,921	1037,1	3,742	0,0309	0,732	1,413
60	26,127	20,611	986,2	4,171	0,0329	0,589	1,538
70	33,068	26,445	932,2	4,704	0,0352	0,479	1,693
80	41,309	33,734	873,2	5,386	0,0379	0,392	1,885
90	51,017	42,953	809,0	6,303	0,0408	0,324	2,146

**Таблица 1.20 - Теплофизические свойства насыщенного пара хладона 12 [1]**

t, °C	p·10 <sup>-5</sup> , Па	ρ", кг/м <sup>3</sup>	r, кДж/кг	c <sub>p</sub> , кДж/(кг·K)	λ·10 <sup>2</sup> , Вт/(м·K)	v·10 <sup>6</sup> , м <sup>2</sup> /с	P <sub>г</sub>
-60	0,2262	1,566	178,29	0,486	0,628	6,65	0,81
-50	0,3919	2,608	174,35	0,498	0,663	4,12	0,81
-40	0,6430	4,131	170,26	0,519	0,698	2,66	0,82
-30	1,006	6,268	166,00	0,536	0,733	1,80	0,82
-20	1,513	9,169	161,58	0,557	0,779	1,27	0,84
-10	2,196	13,00	156,92	0,582	0,837	0,92	0,83
0	3,091	17,96	152,06	0,603	0,896	0,69	0,83
10	4,235	24,28	146,92	0,636	0,977	0,53	0,84
20	5,669	32,20	141,46	0,670	1,070	0,42	0,85
30	7,435	42,08	135,64	0,712	1,175	0,34	0,87
40	9,577	54,34	129,32	0,741	1,268	0,27	0,86
50	12,14	69,58	122,40	0,787	1,384	0,22	0,87
60	15,19	88,63	114,65	0,850	1,535	0,19	0,93

**Таблица 1.21 - Теплофизические свойства насыщенного пара хладона 22 [1]**

t, °C	p·10 <sup>-5</sup> , Па	ρ", кг/м <sup>3</sup>	r, кДж/кг	c <sub>p</sub> , кДж/(кг·K)	λ, Вт/(м·K)	v·10 <sup>6</sup> , м <sup>2</sup> /с	P <sub>г</sub>
-60	0,3752	1,865	245,4	0,540	0,849	5,14	0,61
-50	0,6459	3,094	239,3	0,553	0,884	3,23	0,62
-40	1,054	4,885	232,9	0,569	0,930	2,15	0,64
-30	1,641	7,402	226,3	0,586	0,965	1,47	0,66
-20	2,456	10,821	219,4	0,603	1,000	1,04	0,68
-10	3,552	15,336	212,1	0,620	1,035	0,763	0,70
0	4,983	21,286	204,3	0,641	1,070	0,563	0,72
10	6,811	28,885	195,9	0,670	1,105	0,424	0,74
20	9,097	38,550	186,89	0,708	1,140	0,329	0,79
30	11,908	50,761	177,1	0,754	1,175	0,253	0,82
40	15,315	66,225	166,2	0,804	1,210	0,199	0,88
50	19,395	85,984	154,0	0,858	-	-	-
60	24,236	111,657	139,9	-	1,279	0,125	-

**Таблица 1.22 - Насыщенный пар аммиака (NH<sub>3</sub>)  $c_p = 2,0599$  кДж/(кг·К),  $k=1,32$  [1]**

t, °C	p, МПа	v', м <sup>3</sup> /кг	v'', м <sup>3</sup> /кг	s', кДж/кг	s'', кДж/(кг·К)	i', кДж/кг	i'', кДж/кг	г, кДж/(кг·К)
-50	0,0409	0,001425	2,623	3,3000	9,6204	193,4	1608,1	1414,7
-45	0,0546	0,001437	2,007	3,3767	9,5199	215,6	1616,5	1400,9
-40	0,0718	0,001449	1,550	3,4730	9,4245	237,8	1624,9	1387,1
-35	0,0932	0,001462	1,215	3,5672	9,3341	260,0	1632,8	1372,8
-30	0,1195	0,001476	0,963	3,6601	9,2486	282,2	1640,8	1358,6
-25	0,1516	0,001490	0,771	3,7514	9,1674	304,4	1648,3	1344,0
-20	0,1902	0,001504	0,624	3,8410	9,0895	327,4	1655,9	1328,5
-15	0,2363	0,001519	0,509	3,9293	9,0150	350,0	1662,6	1312,6
-10	0,2909	0,001534	0,418	4,0164	8,9438	372,6	1669,3	1296,6
-5	0,3549	0,001550	0,347	4,1022	8,8756	395,6	1675,1	1279,5
0	0,4294	0,001566	0,290	4,1868	8,8094	418,7	1681,0	1262,3
5	0,5517	0,001583	0,244	4,2705	8,7458	441,7	1686,4	1244,7
10	0,6150	0,001601	0,206	4,3530	8,6838	465,2	1691,0	1225,9
15	0,7283	0,001619	0,175	4,4346	8,6240	488,6	1695,6	1207,1
20	0,8572	0,001639	0,149	4,5155	8,5658	512,5	1699,4	1186,9
25	1,0027	0,001659	0,128	4,5954	8,5092	536,3	1703,2	1166,9
30	1,1665	0,001680	0,111	4,6746	8,4563	581,1	1705,7	1145,5
35	1,3499	0,001702	0,096	4,7528	8,3991	584,9	1708,2	1123,3
40	1,5544	0,001726	0,083	4,8307	8,3455	609,2	1709,9	1100,7
45	1,7814	0,001750	0,073	4,9078	8,2928	633,9	1710,7	1076,8
50	2,0326	0,001777	0,064	4,9840	8,2400	659,0	1711,1	1052,1

**Таблица 1.23 - Теплофизические свойства жидкого аммиака на линии насыщения [1]**

t, °C	p·10 <sup>-5</sup> , Па	ρ, кг/м <sup>3</sup>	c <sub>p</sub> , кДж/(кг·К)	λ, Вт/(м·К)	ν·10 <sup>6</sup> , м <sup>2</sup> /с	Pr
-60	0,2186	713,9	4,37	0,550	0,532	3,02
-50	0,4076	702,2	4,40	0,550	0,456	2,56
-40	0,7156	690,1	4,44	0,550	0,406	2,26
-30	1,194	677,8	4,47	0,549	0,369	2,04
-20	1,902	665,1	4,51	0,547	0,346	1,90
-10	2,911	652,1	4,55	0,544	0,322	1,76
0	4,302	638,6	4,60	0,539	0,298	1,62
10	6,164	624,6	4,65	0,531	0,272	1,49
20	8,592	610,1	4,72	0,520	0,252	1,40
30	11,690	595,0	4,80	0,506	0,235	1,33
40	16,567	579,2	4,90	0,490	0,218	1,26
50	20,338	562,5	5,02	0,474	0,203	1,21
60	26,127	544,8	5,15	0,453	0,189	1,17
70	33,068	525,8	5,32	0,431	0,175	1,14
80	41,068	505,2	5,53	0,404	0,164	1,13
90	51,017	482,3	5,82	0,377	0,152	1,13

**Таблица 1.24 - Насыщенный пар углекислоты (CO<sub>2</sub>)  $c_p = 0,825$  кДж/(кг·К),  
 $k=1,31$  [1]**

t, °C	p, МПа	v', м³/кг	v'', м³/кг	s', кДж/кг	s'', кДж/(кг·К)	i', кДж/кг	i'', кДж/кг	г, кДж/(кг·К)
-56,6	0,518	0,000849	0,0722	3,7200	5,3273	301,5	649,4	347,9
-55	0,555	0,000853	0,0676	3,7334	5,3172	304,4	649,8	345,4
-50	0,684	0,000867	0,0554	3,7765	5,2883	314,0	651,5	337,4
-45	0,832	0,000881	0,0458	3,8184	5,2607	323,6	652,7	329,1
-40	1,005	0,000897	0,0382	3,8594	5,2348	333,3	654,0	320,7
-35	1,202	0,000913	0,0320	3,8996	5,2096	342,9	654,8	311,9
-30	1,427	0,000931	0,0270	3,9389	5,1854	352,5	655,6	303,0
-25	1,681	0,000950	0,0229	3,9779	5,1615	362,2	656,1	293,9
-20	1,967	0,000971	0,0195	4,0168	5,1380	372,2	656,1	283,9
-15	2,289	0,000994	0,0166	4,0570	5,1154	382,7	656,1	273,4
-10	2,647	0,001019	0,0142	4,0976	5,0924	394,0	655,6	261,7
-5	3,045	0,001048	0,0121	4,1407	5,0698	405,7	654,8	249,1
0	3,485	0,001081	0,0104	4,1868	5,0472	418,7	653,6	234,9
5	3,972	0,001120	0,00885	4,2299	5,0179	431,6	651,0	219,4
10	4,506	0,001166	0,00752	4,2781	4,9894	445,9	647,3	201,4
15	5,092	0,001223	0,00632	4,3292	4,9551	470,0	641,4	180,4
20	5,733	0,001298	0,00526	4,3827	4,9128	477,3	632,6	155,3
25	6,432	0,001417	0,00417	4,4497	4,8504	497,4	616,7	119,3
30	7,192	0,001677	0,00299	4,5444	4,7524	527,1	590,3	63,2
31	7,351	0,002156	0,00216	4,6465	4,6465	567,3	567,3	0

**Таблица 1.25 - Теплофизические свойства жидкого хладона 12 на линии насыщения [1]**

t, °C	p·10 <sup>-5</sup> , Па	ρ', кг/м³	c <sub>p</sub> , кДж/(кг·К)	λ, Вт/(м·К)	v·10 <sup>6</sup> , м²/с	Pr
-50	0,3919	1546	0,870	0,1003	0,303	4,22
-40	0,6430	1518	0,884	0,0929	0,268	3,88
-30	1,006	1489	0,900	0,0893	0,242	3,63
-20	1,513	1459	0,915	0,0856	0,217	3,38
-10	2,196	1428	0,930	0,0820	0,194	3,14
0	3,091	1396	0,944	0,0783	0,175	2,95
10	4,235	1362	0,960	0,0746	0,161	2,82
20	5,669	1327	0,979	0,0710	0,149	2,73
30	7,435	1291	1,000	0,0673	0,137	2,63
40	9,577	1252	1,028	0,0637	0,127	2,57
50	12,14	1210	1,064	0,0600	0,118	2,54
60	15,19	1165	1,108	0,0563	0,111	2,54
70	18,77	1115	1,173	0,0527	0,101	2,52
80	22,95	1058	1,271	0,0490	0,096	2,64

**Таблица 1.26 - Теплофизические свойства жидкого хладагента 22 на линии насыщения [1]**

t, °C	p·10 <sup>-5</sup> , Па	ρ', кг/м <sup>3</sup>	c <sub>p</sub> , кДж/(кг·К)	λ, Вт/(м·К)	v·10 <sup>6</sup> , м <sup>2</sup> /с	Pr
-60	0,3752	1465	1,091	0,1283	2,83	3,52
-50	0,6459	1438	1,097	0,1232	2,69	3,37
-40	1,054	1411	1,105	0,1181	2,47	3,26
-30	1,641	1381	1,116	0,1130	2,34	3,20
-20	2,456	1351	1,130	0,1079	2,24	3,16
-10	3,552	1318	1,148	0,1028	2,15	3,16
0	4,983	1284	1,171	0,0977	2,08	3,20
10	6,811	1249	1,199	0,0926	2,02	3,27
20	9,097	1213	1,232	0,0875	1,98	3,38
30	11,908	1174	1,270	0,0824	1,95	3,53
40	15,315	1133	1,319	0,0772	1,94	3,74
50	19,395	1085	1,395	0,0714	1,94	4,10
60	24,236	1032	1,526	0,0646	-	-
70	29,94	969,9	1,720	0,0565	-	-

**Таблица 1.27 - Средняя объемная изобарная теплоемкость газов при p=101,3 кПа,  $\bar{c}_p$ , кДж/(м<sup>3</sup>·К) [19, 20]**

t, °C	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	Воздух сухой	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
0	1,2946	1,2766	1,2971	1,3059	1,2992	1,4943	1,7333	1,5998	1,5072	1,5500	2,2106
100	1,2958	1,2908	1,3004	1,3176	1,3017	1,5052	1,8212	1,7002	1,5324	1,6421	2,4953
200	1,2996	1,2971	1,3071	1,3352	1,3071	1,5223	1,8882	1,7873	1,5617	1,7589	2,7758
300	1,3067	1,2992	1,3172	1,3561	1,3167	1,5424	1,9552	1,8627	1,5952	1,8862	3,0438
400	1,3163	1,3021	1,3289	1,3775	1,3289	1,5654	2,0180	1,9296	1,6328	2,0155	3,3076
500	1,3276	1,3050	1,3427	1,3980	1,3427	1,5897	2,0683	1,9887	1,6705	2,1403	3,5546
600	1,3402	1,3080	1,3565	1,4168	1,3574	1,6148	2,1143	2,0411	1,7082	2,2609	3,7765
700	1,3536	1,3121	1,3708	1,4344	1,3720	1,6412	2,1520	2,0883	1,7459	2,3768	3,9858
800	1,3670	1,3167	1,3842	1,4499	1,3862	1,6680	2,1813	2,1311	1,7836	2,4941	4,1742
900	1,3796	1,3226	1,3976	1,4645	1,3996	1,6957	2,2148	2,1692	1,8171	2,6025	4,3626
1000	1,3917	1,3289	1,4097	1,4775	1,4126	1,7229	2,2357	2,2035	1,8505	2,6992	4,5301
1100	1,4034	1,3360	1,4214	1,4892	1,4248	1,7501	2,2609	2,2349	1,8841	2,7863	4,6850
1200	1,4143	1,3431	1,4327	1,5005	1,4361	1,7769	2,2776	2,2638	1,9092	2,8629	4,8274
1300	1,4252	1,3511	1,4432	1,5106	1,4465	1,8028	2,2985	2,2898			
1400	1,4348	1,3590	1,4528	1,5202	1,4566	1,8280	2,3195	2,3136			
1500	1,4440	1,3674	1,4620	1,5294	1,4658	1,8527	2,3404	2,3354			
1600	1,4528	1,3754	1,4708	1,5378	1,4746	1,8761	2,3613	2,3555			
1700	1,4612	1,3833	1,4788	1,5462	1,4825	1,8996	2,3823	2,3743			
1800	1,4687	1,3917	1,4867	1,5541	1,4901	1,9213		2,3915			
1900	1,4758	1,3996	1,4939	1,5617	1,4972	1,9423		2,4074			
2000	1,4825	1,4076	1,5010	1,5692	1,5039	1,9628		2,4221			
2100	1,4892	1,4185	1,5072	1,5759	1,5102	1,9824		2,4359			
2200	1,4957	1,4227	1,5135	1,5830	1,5160	2,0009		2,4484			
2300	1,5010	1,4302	1,5194	1,5897	1,5215	2,0189		2,4602			
2400	1,5064	1,4373	1,5253	1,5964	1,5269	2,0365		2,4710			
2500	1,5114	1,4449	1,5303	1,6027	1,5320	2,0528		2,4811			

## 2. Теплофизические характеристики воды и водяного пара

**Таблица 2.1 - Температура кипения воды в зависимости от давления [2]**

$p \cdot 10^{-5}$ , Па	$t_s$ , °C	$p \cdot 10^{-5}$ , Па	$t_s$ , °C	$p \cdot 10^{-5}$ , Па	$t_s$ , °C	$p \cdot 10^{-5}$ , Па	$t_s$ , °C	$p \cdot 10^{-5}$ , Па	$t_s$ , °C
1	99,64	27	228,06	76	291,41	128	329,61	180	356,96
2	120,23	28	230,04	78	293,22	130	330,81	182	357,87
3	133,54	29	231,96	80	294,98	132	332,00	184	358,78
4	143,62	30	233,83	82	296,71	134	333,18	186	359,67
5	151,84	32	237,44	84	298,40	136	334,34	188	360,56
6	158,84	34	240,88	86	300,07	138	335,49	190	361,44
7	164,96	36	244,16	88	301,71	140	336,63	192	362,31
8	170,42	38	247,31	90	303,32	142	337,75	194	363,17
9	175,35	40	250,33	92	304,90	144	338,86	196	364,02
10	179,88	42	253,24	94	306,45	146	339,96	198	364,87
11	184,05	44	256,05	96	307,98	148	341,04	200	365,71
12	187,95	46	258,75	98	309,49	150	342,11	202	366,54
13	191,60	48	261,37	100	310,96	152	343,18	204	367,37
14	195,04	50	263,91	102	312,42	154	344,23	206	368,18
15	198,28	52	266,38	104	313,86	156	345,27	208	368,99
16	201,36	54	268,77	106	315,28	158	346,30	210	369,79
17	204,30	56	271,10	108	316,67	160	347,32	212	370,58
18	207,10	58	273,36	110	318,04	162	348,33	214	371,4
19	209,78	60	275,56	112	319,39	164	349,32	216	372,2
20	212,37	62	277,71	114	320,73	166	350,31	218	372,9
21	214,84	64	279,80	116	322,05	168	351,29	220	373,7
22	217,24	66	281,85	118	323,35	170	352,26	Критическое состояние	
23	219,55	68	283,85	120	324,63	172	353,21		
24	221,77	70	285,80	122	325,90	174	354,17	221,29	374,15
25	223,93	72	287,71	124	327,15	176	355,11		
26	226,03	74	289,58	126	328,39	178	356,04		

**Таблица 2.2 - Физические свойства воды на линии насыщения [2]**

$t$ , °C	$p \cdot 10^{-5}$ , Па	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$i$ , кДж/кг	$c_p$ , кДж/(кг·°C)	$\lambda \cdot 10^2$ , Вт/(м·K)	$a \cdot 10^8$ , м <sup>2</sup> /с	$\mu \cdot 10^6$ , Па·с	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	$\beta \cdot 10^4$ , K <sup>-1</sup>	$\sigma \cdot 10^4$ , Н/м	Pr
0	1,013	999,9	0,00	4,212	55,1	13,1	1788	1,789	-0,63	756,4	13,67
10	1,013	999,7	42,04	4,191	57,4	13,7	1306	1,306	+0,70	741,6	9,52
20	1,013	998,2	83,91	4,183	59,9	14,3	1004	1,006	1,82	726,9	7,02
30	1,013	995,7	125,7	4,174	61,8	14,9	801,5	0,805	3,21	712,2	5,42
40	1,013	992,2	167,5	4,174	63,5	15,3	653,3	0,659	3,87	696,5	4,31



**Продолжение таблицы 2.2**

$t$ , °C	$p \cdot 10^{-5}$ , Па	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$i$ , кДж/кг	$c_p$ , кДж/(кг·°C)	$\lambda \cdot 10^2$ , Вт/(м·K)	$a \cdot 10^8$ , м <sup>2</sup> /с	$\mu \cdot 10^6$ , Па·с	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	$\beta \cdot 10^4$ , K <sup>-1</sup>	$\sigma \cdot 10^4$ , Н/м	Pr
50	1,013	988,1	209,3	4,174	64,8	15,7	549,4	0,556	4,49	676,9	3,54
60	1,013	983,2	251,1	4,179	65,9	16,0	469,9	0,478	5,11	662,2	2,98
70	1,013	977,8	293,0	4,187	66,8	16,3	406,1	0,415	5,70	643,5	2,55
80	1,013	971,8	335,0	4,195	67,4	16,6	355,1	0,365	6,32	625,9	2,21
90	1,013	965,3	377,0	4,208	68,0	16,8	314,9	0,326	6,95	607,2	1,95
100	1,013	958,4	419,1	4,220	68,3	16,9	282,5	0,295	7,52	588,6	1,75
110	1,43	951,0	461,4	4,233	68,5	17,0	259,0	0,272	8,08	569,0	1,60
120	1,98	943,1	503,7	4,250	68,6	17,1	237,4	0,252	8,64	548,4	1,47
130	2,70	934,8	546,4	4,266	68,6	17,2	217,8	0,233	9,19	528,8	1,36
140	3,61	926,1	589,1	4,287	68,5	17,2	201,1	0,217	9,72	507,2	1,26
150	4,76	917,0	632,2	4,313	68,4	17,3	186,4	0,203	10,3	486,6	1,17
160	6,18	907,4	675,4	4,346	68,3	17,3	173,6	0,191	10,7	466,0	1,10
170	7,92	897,3	719,3	4,380	67,9	17,3	162,8	0,181	11,3	443,4	1,05
180	10,03	886,9	763,3	4,417	67,4	17,2	153,0	0,173	11,9	422,8	1,00
190	12,55	876,0	807,8	4,459	67,0	17,1	144,2	0,165	12,6	400,2	0,96
200	15,55	863,0	852,5	4,505	66,3	17,0	136,4	0,158	13,3	376,7	0,93
210	19,08	852,8	897,7	4,555	65,5	16,9	130,5	0,153	14,1	354,1	0,91
220	23,20	840,3	943,7	4,614	64,5	16,6	124,6	0,148	14,8	331,6	0,89
230	27,98	827,3	990,2	4,681	63,7	16,4	119,7	0,145	15,9	310,0	0,88
240	33,48	813,6	1037,5	4,766	62,8	16,2	114,8	0,141	16,8	285,5	0,87
250	39,78	799,0	1085,7	4,844	61,8	15,9	109,9	0,137	18,1	261,9	0,86
260	46,94	784,0	1135,1	4,949	60,5	15,6	105,9	0,135	19,1	237,4	0,87
270	55,05	767,9	1185,3	5,070	59,0	15,1	102,0	0,133	21,6	214,8	0,88
280	64,19	750,7	1236,8	5,230	57,4	14,6	98,1	0,131	23,7	191,3	0,90
290	74,45	732,3	1290,0	5,485	55,8	13,9	94,2	0,129	26,2	168,7	0,93
300	85,92	712,5	1344,9	5,736	54,0	13,2	91,2	0,128	29,2	144,2	0,97
310	98,70	691,1	1402,2	6,071	52,3	12,5	88,3	0,128	32,9	120,7	1,03
320	112,90	667,1	1462,1	6,574	50,6	11,5	85,3	0,128	38,2	98,10	1,11
330	128,65	640,2	1526,2	7,244	48,4	10,4	81,4	0,127	43,3	76,71	1,22
340	146,08	610,1	1594,8	8,165	45,7	9,17	77,5	0,127	53,4	56,70	1,39
350	165,37	574,4	1671,4	9,504	43,0	7,88	72,6	0,126	66,8	38,16	1,60
360	186,74	528,0	1761,5	13,984	39,5	5,36	66,7	0,126	109	20,21	2,35
370	210,53	450,5	1892,5	40,321	33,7	1,86	56,9	0,126	264	4,709	6,79

**Таблица 2.3 - Физические свойства водяного пара на линии насыщения [2]**

$t$ , °C	$p \cdot 10^{-5}$ , Па	$\rho''$ , кг/м <sup>3</sup>	$i''$ , кДж/кг	$r$ , кДж/кг	$c_p$ , кДж/(кг·°C)	$\lambda \cdot 10^2$ , Вт/(м·K)	$a \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	$\mu \cdot 10^6$ , Па·с	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	Pr
100	1,013	0,598	2675,9	2256,8	2,135	2,372	18,58	11,97	20,02	1,08
110	1,43	0,826	2691,4	2230,0	2,177	2,489	13,83	12,46	15,07	1,09
120	1,98	1,121	2706,5	2202,8	2,206	2,593	10,50	12,85	11,46	1,09
130	2,70	1,496	2720,7	2174,3	2,257	2,686	7,972	13,24	8,85	1,11

Продолжение таблицы 2.3

$t$ , °C	$p \cdot 10^{-5}$ , Па	$\rho''$ , кг/м <sup>3</sup>	$i''$ , кДж/кг	$r$ , кДж/кг	$c_p$ , кДж/(кг·°C)	$\lambda \cdot 10^2$ , Вт/(м·K)	$a \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	$\mu \cdot 10^6$ , Па·с	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	Pr
140	3,61	1,966	2734,1	2145,0	2,315	2,791	6,130	13,54	6,89	1,12
150	4,76	2,547	2746,7	2114,4	2,395	2,884	4,728	13,93	5,47	1,16
160	6,18	3,258	2758,0	2082,6	2,479	3,012	3,722	14,32	4,39	1,18
170	7,92	4,122	2768,9	2049,5	2,583	3,128	2,939	14,72	3,57	1,21
180	10,03	5,157	2778,5	2015,2	2,709	3,268	2,339	15,11	2,93	1,25
190	12,55	6,394	2786,4	1978,8	2,856	3,419	1,872	15,60	2,44	1,30
200	15,55	7,862	2793,1	1940,7	3,023	3,547	1,492	15,99	2,03	1,36
210	19,08	9,588	2798,2	1900,5	3,199	3,722	1,214	16,38	1,71	1,41
220	23,20	11,62	2801,5	1857,8	3,408	3,896	0,983	16,87	1,45	1,47
230	27,98	13,99	2803,2	1813,0	3,634	4,094	0,806	17,36	1,24	1,54
240	33,48	16,76	2803,2	1765,6	3,881	4,291	0,658	17,76	1,06	1,61
250	39,78	19,98	2801,1	1715,8	4,158	4,512	0,544	18,25	0,913	1,68
260	46,94	23,72	2796,5	1661,4	4,468	4,803	0,453	18,84	0,794	1,75
270	55,05	28,09	2789,8	1604,4	4,815	5,106	0,378	19,32	0,688	1,82
280	64,19	33,19	2779,7	1542,9	5,234	5,489	0,317	19,91	0,600	1,90
290	74,45	39,15	2766,4	1476,3	5,694	5,827	0,261	20,60	0,526	2,01
300	85,92	46,21	2749,2	1404,3	6,280	6,268	0,216	21,29	0,461	2,13
310	98,70	54,58	2727,4	1325,2	7,118	6,838	0,176	21,97	0,403	2,29
320	112,90	64,72	2700,2	1238,1	8,206	7,513	0,141	22,86	0,353	2,50
330	128,65	77,10	2665,9	1139,7	9,881	8,257	0,108	23,94	0,310	2,86
340	146,08	92,76	2621,9	1027,1	12,35	9,304	0,0811	25,21	0,272	3,35
350	165,37	113,6	2564,5	893,1	16,24	10,70	0,0580	26,58	0,234	4,03
360	186,74	144,0	2481,2	719,7	23,03	12,79	0,0386	29,14	0,202	5,23
370	210,53	203,0	2330,9	438,4	56,52	17,10	0,0150	33,75	0,166	11,10

Таблица 2.4 - Насыщенный водяной пар (по температурам) [4]

$t$ , °C	$p$ , МПа	$v'$ , м <sup>3</sup> /кг	$v''$ , м <sup>3</sup> /кг	$\rho''$ , кг/м <sup>3</sup>	$i'$ , кДж/кг	$i''$ , кДж/кг	$r$ , кДж/(кг·K)	$s'$ , кДж/кг	$s''$ , кДж/(кг·K)
0,01	0,0006108	0,0010002	206,3	0,004847	0	2501	2501	0	9,1544
5	0,0008719	0,0010001	147,2	0,006793	21,05	2510	2489	0,0762	9,0241
10	0,0012277	0,0010004	106,42	0,009398	42,04	2519	2477	0,1510	8,8994
15	0,0017041	0,0010010	77,97	0,01282	62,97	2528	2465	0,2244	8,7806
20	0,002337	0,0010018	57,84	0,01729	83,90	2537	2454	0,2964	8,6665
25	0,003166	0,0010030	43,40	0,02304	104,81	2547	2442	0,3672	8,5570
30	0,004241	0,0010044	32,93	0,03037	125,71	2556	2430	0,4366	8,4523
35	0,005622	0,0010061	25,24	0,03962	146,60	2565	2418	0,5049	8,3519
40	0,007375	0,0010079	19,55	0,05115	167,50	2574	2406	0,5723	8,2559
45	0,009584	0,0010099	15,28	0,06544	188,40	2582	2394	0,6384	8,1638
50	0,012335	0,0010121	12,04	0,08306	209,3	2592	2383	0,7038	8,0753
55	0,015740	0,0010145	9,578	0,1044	230,2	2600	2370	0,7679	7,9901
60	0,019917	0,0010171	7,678	0,1302	251,1	2609	2388	0,8311	7,9084

Продолжение таблицы 2.4

t, °C	p, МПа	v', м³/кг	v'', м³/кг	ρ'', кг/м³	i', кДж/кг	i'', кДж/кг	г, кДж/(кг·К)	s', кДж/кг	s'', кДж/(кг·К)
65	0,02501	0,0010199	6,201	0,1613	272,1	2617	2345	0,8934	7,8297
70	0,03117	0,0010228	5,045	0,1982	293,0	2626	2333	0,9549	7,7544
75	0,03855	0,0010258	4,133	0,2420	314,0	2635	2321	1,0157	7,6815
80	0,04736	0,0010290	3,408	0,2934	334,9	2643	2308	1,0753	7,6116
85	0,05781	0,0010324	2,828	0,3536	355,9	2651	2295	1,1342	7,5438
90	0,07011	0,0010359	2,361	0,4235	377,0	2659	2282	1,1925	7,4787
95	0,08451	0,0010396	1,982	0,5045	398,0	2668	2270	1,2502	7,4155
100	0,10132	0,0010435	1,673	0,5977	419,1	2676	2257	1,3071	7,3547
105	0,12079	0,0010474	1,419	0,7047	440,2	2683	2243	1,3632	7,2959
110	0,14326	0,0010515	1,210	0,8264	461,3	2691	2230	1,4184	7,2387
115	0,16905	0,0010559	1,036	0,9652	482,5	2698	2216	1,4733	7,1832
120	0,19854	0,0010603	0,8917	1,121	503,7	2706	2202	1,5277	7,1298
125	0,23208	0,0010649	0,7704	1,298	525,0	2713	2188	1,5814	7,0777
130	0,27011	0,0010697	0,6683	1,496	546,3	2721	2174	1,6345	7,0272
135	0,3130	0,0010747	0,5820	1,718	567,5	2727	2159	1,6869	6,9781
140	0,3614	0,0010798	0,5087	1,966	589,0	2734	2145	1,7392	6,9304
145	0,4155	0,0010851	0,4461	2,242	610,5	2740	2130	1,7907	6,8839
150	0,4760	0,0010906	0,3926	2,547	632,2	2746	2114	1,8418	6,8383
155	0,5433	0,0010962	0,3466	2,885	653,9	2753	2099	1,8924	6,7940
160	0,6180	0,0011021	0,3068	3,258	675,5	2758	2082	1,9427	6,7508
165	0,7008	0,0011081	0,2725	3,670	697,3	2763	2066	1,9924	6,7081
170	0,7920	0,0011144	0,2426	4,122	719,2	2769	2050	2,0417	6,6666
175	0,8925	0,0011208	0,2166	4,617	741,1	2773	2032	2,0909	6,6256
180	1,0027	0,0011275	0,1939	5,157	763,1	2778	2015	2,1395	6,5858
185	1,1234	0,0011344	0,1739	5,750	785,2	2782	1997	2,1876	6,5465
190	1,2553	0,0011415	0,1564	6,394	807,5	2786	1979	2,2357	6,5074
195	1,3989	0,0011489	0,1409	7,097	829,9	2790	1960	2,2834	6,4694
200	1,5551	0,0011565	0,1272	7,862	852,4	2793	1941	2,3308	6,4318
205	1,7245	0,0011644	0,1151	8,688	875,0	2796	1921	2,3777	6,3945
210	1,9080	0,0011726	0,1043	9,588	897,7	2798	1900	2,4246	6,3577
215	2,1062	0,0011812	0,09465	10,56	920,7	2800	1879	2,4715	6,3212
220	2,3201	0,0011900	0,08606	11,62	943,7	2802	1858	2,5179	6,2849
225	2,5504	0,0011992	0,07837	12,76	966,9	2802	1835	2,5640	6,2488
230	2,7979	0,0012087	0,07147	13,99	990,4	2803	1813	2,6101	6,2133
235	3,0635	0,0012187	0,06527	15,32	1013,9	2804	1790	2,6561	6,1780
240	3,3480	0,0012291	0,05967	16,76	1037,5	2803	1766	2,7021	6,1425
245	3,6524	0,0012399	0,05462	18,30	1061,6	2803	1741	2,7478	6,1073
250	3,9776	0,0012512	0,05006	19,98	1085,7	2801	1715	2,7934	6,0721
255	4,325	0,0012631	0,04591	21,78	1110,2	2799	1689	2,8394	6,0366
260	4,694	0,0012755	0,04215	23,72	1135,1	2796	1661	2,8851	6,0013
265	5,087	0,0012886	0,03872	25,83	1160,2	2794	1634	2,9307	5,9667
270	5,505	0,0013023	0,03560	28,09	1185,3	2790	1605	2,9764	5,9297
275	5,949	0,0013168	0,03274	30,53	1210,7	2785	1574,2	3,0223	5,8938
280	6,491	0,0013321	0,03013	33,19	1236,9	2780	1542,9	3,0681	5,8573
285	6,918	0,0013483	0,02774	36,05	1263,1	2773	1510,2	3,1146	5,8205

**Продолжение таблицы 2.4**

$t$ , °C	$p$ , МПа	$v'$ , м³/кг	$v''$ , м³/кг	$\rho''$ , кг/м³	$i'$ , кДж/кг	$i''$ , кДж/кг	$g$ , кДж/(кг·К)	$s'$ , кДж/кг	$s''$ , кДж/(кг·К)
290	7,445	0,0013655	0,02554	39,15	1290,0	2766	1476,3	3,1611	5,7827
295	8,002	0,0013839	0,02351	42,53	1317,2	2758	1441,0	3,2079	5,7443
300	8,592	0,0014036	0,02164	46,22	1344,9	2749	1404,2	3,2548	5,7049
305	9,214	0,001425	0,01992	50,20	1373,1	2739	1365,6	3,3026	5,6647
310	9,870	0,001447	0,01832	54,58	1402,1	2727	1325,2	3,3508	5,6233
315	10,561	0,001472	0,01683	59,42	1431,7	2714	1282,3	3,3996	5,5802
320	11,290	0,001499	0,01545	64,72	1462,1	2700	1237,8	3,4495	5,5353
325	12,057	0,001529	0,01417	70,57	1493,6	2684	1190,3	3,5002	5,4891
330	12,865	0,001562	0,01297	77,10	1526,1	2666	1139,6	3,5522	5,4412
335	13,714	0,001599	0,01184	84,46	1559,8	2646	1085,7	3,6056	5,3905
340	14,608	0,001639	0,01078	92,76	1594,7	2622	1027,0	3,6065	5,3361
345	15,548	0,001686	0,009771	102,34	1639	2595	963,5	3,7184	5,2769
350	16,537	0,001741	0,008803	113,6	1671	2565	893,5	3,7786	5,2117
355	17,577	0,001807	0,007869	127,1	1714	2527	813,0	2,8439	5,1385
360	18,674	0,001894	0,006943	144,0	1762	2481	719,3	3,9162	5,0530
365	19,830	0,00202	0,00599	166,8	1817	2421	603,5	4,0009	4,9463
370	21,053	0,00222	0,00493	203	1893	2331	438,4	4,1137	4,7951
374	22,522	0,00280	0,00347	288	485,3	512,7	27,4	1,0332	1,0755
<p><b>Примечание.</b> Параметры критического состояния: <math>t_{кр}=374,15</math> °C, <math>p_{кр}=22,129</math> МПа,  <math>v_{кр}=0,00326</math> м³/кг.</p>									

**Таблица 2.5 - Насыщенный водяной пар (по давлениям) [4]**

$p$ , МПа	$t$ , °C	$v'$ , м³/кг	$v''$ , м³/кг	$\rho''$ , кг/м³	$i'$ , кДж/кг	$i''$ , кДж/кг	$g$ , кДж/(кг·К)	$s'$ , кДж/кг	$s''$ , кДж/(кг·К)
0,0010	6,92	0,0010001	129,9	0,00770	29,32	2513	2484	0,1054	8,975
0,0015	13,038	0,0010007	87,90	0,001138	54,75	2525	2470	0,1958	8,827
0,0020	17,514	0,0010014	66,97	0,01493	73,52	2533	2459	0,2609	8,722
0,0025	21,094	0,0010021	54,24	0,01843	88,50	2539	2451	0,3124	8,642
0,0030	24,097	0,0010028	45,66	0,02190	101,04	2545	2444	0,3546	8,576
0,0035	26,692	0,0010035	39,48	0,02533	111,86	2550	2438	0,3908	8,521
0,0040	28,979	0,0010041	34,81	0,02873	121,42	2554	2433	0,4225	8,473
0,0045	31,033	0,0010047	31,13	0,03211	130,00	2557	2427	0,4507	8,431
0,0050	32,88	0,0010053	28,19	0,03547	137,83	2561	2423	0,4761	8,393
0,0060	36,18	0,0010064	23,74	0,04212	151,50	2567	2415	0,5207	8,328
0,0070	39,03	0,0010075	20,53	0,04871	163,43	2572	2409	0,5591	8,274
0,0080	41,54	0,0010085	18,10	0,05525	173,9	2576	2402	0,5927	8,227
0,0090	43,79	0,0010094	16,20	0,06172	183,3	2580	2397	0,6225	8,186
0,010	45,84	0,0010103	14,68	0,06812	191,9	2584	2392	0,6492	8,149
0,011	47,72	0,0010111	13,40	0,07462	199,7	2588	2388	0,6740	8,116
0,012	49,45	0,0010119	12,35	0,08097	207,0	2591	2384	0,6966	8,085

Продолжение таблицы 2.5

p, МПа	t, °C	v', м³/кг	v'', м³/кг	ρ'', кг/м³	i', кДж/кг	i'', кДж/кг	Γ, кДж/(кг·К)	s', кДж/кг	s'', кДж/(кг·К)
0,013	51,07	0,0010126	11,46	0,08726	213,8	2594	2380	0,7174	8,057
0,014	52,58	0,0010133	10,69	0,09354	220,1	2596	2376	0,7368	8,031
0,015	54,00	0,0010140	10,02	0,09980	226,1	2599	2373	0,7550	8,007
0,020	60,08	0,0010171	7,647	0,1308	251,4	2609	2358	0,8321	7,907
0,025	64,99	0,0010199	6,202	0,1612	272,0	2618	2346	0,8934	7,830
0,030	69,12	0,0010222	5,226	0,1913	289,3	2625	2336	0,9441	7,769
0,040	75,88	0,0010264	3,994	0,2504	317,7	2636	2318	1,0261	7,670
0,050	81,35	0,0010299	3,239	0,3087	340,6	2645	2204	1,0910	7,593
0,060	85,95	0,0010330	2,732	0,3661	360,0	2653	2293	1,1453	7,531
0,070	89,97	0,0010359	2,364	0,4230	376,8	2660	2283	1,1918	7,479
0,080	93,52	0,0010385	2,087	0,4792	391,8	2665	2273	1,2330	7,434
0,090	96,72	0,0010409	1,869	0,5350	405,3	2670	2265	1,2696	7,394
0,100	99,64	0,0010432	1,694	0,5903	417,4	2675	2258	1,3026	7,360
0,11	102,32	0,0010452	1,550	0,6453	428,9	2679	2250	1,3327	7,328
0,12	104,81	0,0010472	1,429	0,6999	439,4	2683	2244	1,3606	7,298
0,13	107,14	0,0010492	1,325	0,7545	449,2	2687	2238	1,3866	7,271
0,14	109,33	0,0010510	1,236	0,8088	458,5	2690	2232	1,4109	7,246
0,15	111,38	0,0010527	1,159	0,8627	467,2	2693	2226	1,4336	7,223
0,16	113,32	0,0010543	1,091	0,9164	475,4	2696	2221	1,4550	7,202
0,17	115,17	0,0010559	1,031	0,9699	483,2	2699	2216	1,4752	7,182
0,18	116,94	0,0010575	0,9773	1,023	490,7	2702	2211	1,4943	7,163
0,19	118,62	0,0010591	0,9290	1,076	497,9	2704	2206	1,5126	7,145
0,20	120,23	0,0010605	0,8854	1,129	504,8	2707	2202	1,5302	7,127
0,21	121,78	0,0010619	0,8459	1,182	511,4	2709	2198	1,5470	7,111
0,22	123,27	0,0010633	0,8098	1,235	517,8	2711	2193	1,5630	7,096
0,23	124,71	0,0010646	0,7768	1,287	524,0	2713	2189	1,5783	7,081
0,24	126,09	0,0010659	0,7465	1,340	529,8	2715	2185	1,5929	7,067
0,25	127,43	0,0010672	0,7185	1,392	535,4	2717	2182	1,6071	7,053
0,26	128,73	0,0010685	0,6925	1,444	540,9	2719	2178	1,621	7,040
0,27	129,98	0,0010697	0,6684	1,496	546,2	2721	2175	1,634	7,027
0,28	131,20	0,0010709	0,6461	1,548	551,4	2722	2171	1,647	7,015
0,29	132,39	0,0010721	0,6253	1,599	556,5	2524	2167	1,660	7,003
0,30	133,53	0,0010733	0,6057	1,651	561,4	2725	2164	1,672	6,992
0,31	134,66	0,0010744	0,5873	1,703	566,3	2727	2161	1,683	6,981
0,32	135,75	0,0010754	0,5701	1,754	571,1	2728	2157	1,695	6,971
0,33	136,82	0,0010765	0,5539	1,805	575,7	2730	2154	1,706	6,961
0,34	137,86	0,0010776	0,5386	1,857	580,2	2731	2151	1,717	6,951
0,35	138,88	0,0010786	0,5241	1,908	584,5	2732	2148	1,728	6,941
0,36	139,87	0,0010797	0,5104	1,959	588,7	2734	2145	1,738	6,932
0,37	140,84	0,0010807	0,4975	2,010	592,8	2735	2142	1,748	6,923
0,38	141,79	0,0010817	0,4852	2,061	596,8	2736	2139	1,758	6,914
0,39	142,71	0,0010827	0,4735	2,112	600,8	2737	2136	1,768	6,905
0,40	143,62	0,0010836	0,4624	2,163	604,7	2738	2133	1,777	6,897
0,41	144,51	0,0010845	0,4518	2,213	608,5	2740	2131	1,786	6,889
0,42	145,39	0,0010855	0,4416	2,264	612,3	2741	2129	1,795	6,881

Продолжение таблицы 2.5

p, МПа	t, °C	v', м³/кг	v'', м³/кг	ρ'', кг/м³	i', кДж/кг	i'', кДж/кг	Г, кДж/(кг·К)	s', кДж/кг	s'', кДж/(кг·К)
0,43	146,25	0,0010865	0,4319	2,315	61&,1	2742	2126	1,804	6,873
0,44	147,09	0,0010874	0,4227	2,366	619,8	2743	2123	1,812	6,865
0,45	147,92	0,0010883	0,4139	2,416	623,4	2744	2121	1,821	6,857
0,50	151,84	0,0010927	0,3747	2,669	640,1	2749	2109	1,860	6,822
0,60	158,84	0,0011007	0,3156	3,169	670,5	2757	2086	1,931	6,761
0,7	164,96	0,0011081	0,2728	3,666	697,2	2764	2067	1,992	6,709
0,8	170,42	0,0011149	0,2403	4,161	720,9	2769	2048	2,046	6,663
0,9	175,35	0,0011213	0,2149	4,654	742,8	2774	2031	2,094	6,623
1,0	179,88	0,0011273	0,1946	5,139	762,7	2778	2015	2,138	6,587
1,1	184,05	0,0011331	0,1775	5,634	781,1	2781	2000	2,179	6,554
1,2	187,95	0,0011385	0,1633	6,124	798,3	2785	1987	2,216	6,523
1,3	191,60	0,0011438	0,1512	6,614	814,5	2787	1973	2,251	6,495
1,4	195,04	0,0011490	0,1408	7,103	830,0	2790	1960	2,284	6,469
1,5	198,28	0,0011539	0,1317	7,593	844,6	2792	1947	5,314	6,445
1,6	201,36	0,0011586	0,1238	8,080	858,3	2793	1935	2,344	6,422
1,7	204,30	0,0011632	0,1167	8,569	871,6	2795	1923	2,371	6,400
1,8	207,10	0,0011678	0,1104	9,058	884,4	2796	1912	2,397	6,379
1,9	209,78	0,0011722	0,1047	9,549	896,6	2798	1901	2,422	6,359
2,0	212,37	0,0011766	0,09958	10,041	908,5	2799	1891	2,447	6,340
2,1	214,84	0,0011809	0,09492	10,54	919,8	2800	1880	2,470	6,322
2,2	217,24	0,0011851	0,09068	11,03	930,9	2801	1870	2,492	6,305
2,3	219,55	0,0011892	0,08679	11,52	941,5	2801	1860	2,514	6,288
2,4	221,77	0,0011932	0,08324	12,01	951,8	2802	1850	2,534	6,272
2,5	223,93	0,0011972	0,07993	12,51	961,8	2802	1840	2,554	6,256
2,6	226,03	0,0012012	0,07688	13,01	971,7	2803	1831	2,573	6,242
2,7	228,06	0,0012050	0,07406	13,50	981,3	2803	1822	2,592	6,227
2,8	230,04	0,0012088	0,07141	14,00	990,4	2803	1813	2,611	6,213
2,9	231,96	0,0612126	0,06895	14,50	999,4	2803	1804	2,628	6,199
3,8	233,83	0,0012163	0,06665	15,00	1008,3	2804	1796	2,646	6,186
3,2	237,44	0,0012239	0,06246	16,01	1025,3	2803	1778	2,679	6,161
3,4	240,88	0,0012310	0,05875	17,02	1041,9	2803	1761	2,710	6,137
3,6	244,16	0,0012380	0,05543	18,04	1057,3	2802	1745	2,740	6,113
3,8	247,31	0,0012450	0,05246	19,06	1072,7	2802	1729	2,769	6,091
4,0	250,33	0,0012520	0,04977	20,09	1087,5	2801	1713	2,796	6,070
4,2	253,24	0,0012588	0,04732	21,13	1101,7	2800	1698	2,823	6,649
4,4	256,05	0,0012656	0,04508	22,18	1115,3	2798	1683	2,849	6,029
4,6	258,75	6,0012724	0,04305	23,23	1128,8	2797	1668	2,874	6,010
4,8	261,37	0,0012790	0,04118	24,29	1141,8	2796	1654	2,898	5,991
5,0	263,91	0,0012857	0,03944	25,35	1154,4	2794	1640	2,921	5,973
5,5	269,94	0,0013021	0,03564	28,06	1184,9	2790	1604,6	2,976	5,930
6,0	275,56	0,0013185	0,03243	30,84	1213,9	2785	1570,8	3,027	5,890
6,5	280,83	0,0013347	0,02973	33,64	1241,3	2779	1537,5	3,076	5,851
7,0	285,80	0,0013510	0,02737	36,54	1267,4	2772	1504,9	3,122	5,814
7,5	290,50	0,0013673	0,02532	39,49	1292,7	2766	1472,8	3,166	5,779
8,0	294,98	0,0013838	0,02352	42,52	1317,0	2758	1441,1	3,208	5,745

**Продолжение таблицы 2.5**

$p$ , МПа	$t$ , °C	$v'$ , м³/кг	$v''$ , м³/кг	$\rho''$ , кг/м³	$i'$ , кДж/кг	$i''$ , кДж/кг	$\Gamma$ , кДж/(кг·К)	$s'$ , кДж/кг	$s''$ , кДж/(кг·К)
8,5	299,24	0,0014005	0,02192	45,62	1340,8	2751	1409,8	3,248	5,711
9,0	303,32	0,0014174	0,02048	48,83	1363,7	2743	1379,3	3,287	5,678
9,5	307,22	0,0014345	0,01919	52,11	1385,9	2734	1348,4	3,324	5,646
10,8	310,96	0,0014521	0,01803	55,46	1407,7	2725	1317,0	3,360	5,615
11,0	318,04	0,001489	0,01598	62,58	1450,2	2705	1255,4	3,430	5,553
12,0	324,63	0,001527	0,01426	70,13	1491,1	2685	1193,5	3,496	5,492
13,0	330,81	0,001567	0,01277	78,30	1531,5	2662	1130,8	3,561	5,432
14,0	336,63	0,001611	0,01149	87,03	1570,8	2638	1066,9	3,623	5,372
15	342,11	0,001658	0,01035	96,62	1610	2611	1001,1	3,684	5,310
16	347,32	0,001710	0,009318	107,3	1650	2582	932,0	3,746	5,247
17	352,26	0,001768	0,008382	119,3	1690	2548	858,3	3,807	5,177
18	356,96	0,001837	0,007504	133,2	1732	2510	778,2	3,871	5,107
19	361,44	0,001921	0,00668	149,7	1776	2466	690	3,938	5,027
20	365,71	0,00204	0,00585	170,9	1827	2410	583	4,015	4,928
21	369,79	0,00221	0,00498	200,7	1888	2336	448	4,108	4,803
22	373,7	0,00273	0,00367	272,5	2016	2168	152	4,303	4,591
<p><b>Примечание.</b> Параметры критического состояния: <math>t_{кр}=374,15</math> °C, <math>p_{кр}=22,129</math> МПа, <math>v_{кр}=0,00326</math> м³/кг.</p>									

**Таблица 2.6 - Вода и перегретый водяной пар (числа слева от ступенчатой линии относятся к воде) [4]**

$p$ , МПа	$t$ , °C	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
0,004	$v$	0,0010018	36,12	38,45	40,75	43,07	45,39	47,69	50,01	52,31	54,63
	$i$	83,7	2574	2612	2650	2688	2726	2764	2803	2841	2880
	$s$	0,2964	8,537	8,651	8,762	8,867	8,966	9,060	9,150	9,238	9,321
0,008	$v$	0,0010018	0,0010079	19,19	20,34	21,50	22,66	23,82	24,97	26,13	27,29
	$i$	83,7	167,5	2612	2650	2688	2726	2764	2802	2841	2880
	$s$	0,2964	0,5715	8,331	8,441	8,546	8,645	8,740	8,830	8,917	9,000
0,010	$v$	0,0010018	0,0010079	15,35	16,27	17,20	18,13	19,06	19,98	20,90	21,83
	$i$	83,7	167,5	2611	2649	2688	2726	2764	2802	2841	2879
	$s$	0,2964	0,5715	8,227	8,337	8,442	8,542	8,636	8,727	8,814	8,897
0,012	$v$	0,0010018	0,0010079	12,78	13,55	14,33	15,10	15,87	16,64	17,42	18,19
	$i$	83,7	167,5	2611	2649	2687	2725	2764	2802	2841	2879
	$s$	0,2964	0,5715	8,143	8,253	8,358	8,457	8,552	8,643	8,730	8,813
0 014	$v$	0,0010018	0,0010079	10,95	11,61	12,27	12,94	13,60	14,26	14,92	15,58
	$i$	83,7	167,5	2611	2649	2687	2725	2763	2802	2840	2879
	$s$	0,2964	0,5715	8,071	8,181	8,287	8,386	8,481	8,572	8,659	8,742

Продолжение таблицы 2.6

p, МПа	t, °C	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
0,016	<i>U</i>	0,0010018	0,0010079	9,573	10,160	10,740	11,320	11,899	12,478	13,057	13,635
	<i>i</i>	83,7	167,5	2610	2649	2687	2725	2,763	2802	2840	2879
	<i>s</i>	0,2964	0,5715	8,009	8,120	8,225	8,324	8,419	8,510	8,597	8,680
0,020	<i>U</i>	0,0010018	0,0010079	0,0010171	8,119	8,584	9,049	9,513	9,977	10,441	10,905
	<i>i</i>	83,7	167,5	251,1	2648	2687	2725	2763	2801	2840	2879
	<i>s</i>	0,2964	0,5715	0,8307	8,015	8,120	8,220	8,315	8,406	8,493	8,576
0,030	<i>U</i>	0,0010018	0,0010079	0,0010171	5,400	5,713	6,025	6,335	6,645	6,955	7,264
	<i>i</i>	83,7	167,5	251,1	2646	2685	2724	2762	2801	2839	2878
	<i>s</i>	0,2964	0,5715	0,8307	7,825	7,931	8,031	8,126	8,217	8,304	8,388
0,10	<i>U</i>	0,0010018	0,0010079	0,0010171	0,0010289	1,695	1,795	1,889	1,984	2,078	2,172
	<i>i</i>	83,9	167,5	251,1	334,9	2676	2717	2757	2796	2835	2875
	<i>s</i>	0,2964	0,5715	0,8307	1,0748	7,361	7,465	7,562	7,654	7,743	7,828
0,12	<i>U</i>	0,0010018	0,0010079	0,0010171	0,0010289	0,0010434	1,491	1,572	1,650	1,729	1,807
	<i>i</i>	83,9	167,5	251,1	334,9	419,0	2715	2755	2795	2834	2874
	<i>s</i>	0,2964	0,5715	0,8307	1,0748	1,3067	7,376	7,475	7,668	7,657	7,742
0,60	<i>U</i>	0,0010015	0,0010076	0,0010168	0,0010287	0,0010432	0,0010601	0,0010797	0,3167	0,3348	0,3520
	<i>i</i>	84,3	167,9	251,5	335,2	419,1	503,1	589,1	2759	2805	2849
	<i>s</i>	0,2964	0,7516	0,8302	1,0744	1,3062	1,5265	1,738	6,767	6,869	6,963
0,80	<i>U</i>	0,0010015	0,0010076	0,0010167	0,0010286	0,0010431	0,0010600	0,0010795	0,0011020	0,2473	0,2609
	<i>i</i>	84,5	168,1	251,7	335,3	419,2	503,8	589,1	675,3	2792	2839
	<i>s</i>	0,2962	0,5714	0,8300	1,0742	1,3060	1,5263	1,737	1,941	6,715	6,814
1,0	<i>U</i>	0,0010014	0,0010075	0,0010166	0,0010285	0,0010430	0,0010598	0,0010794	0,0011018	0,1949	0,2060
	<i>i</i>	84,7	168,3	251,8	335,4	419,3	503,9	589,2	675,4	2778	2827
	<i>s</i>	0,2960	0,5712	0,8298	1,0740	1,3058	1,5261	1,737	1,941	6,588	6,692
1,2	<i>U</i>	0,0010013	0,0010074	0,0010165	0,0010284	0,0010429	0,0010597	0,0010793	0,0010016	0,1645	0,1693
	<i>i</i>	84,9	168,5	251,9	335,5	419,4	504,0	589,3	675,5	2790	2816
	<i>s</i>	0,2959	0,5711	0,8297	1,0738	1,3056	1,5259	1,737	1,940	6,534	6,588
1,4	<i>U</i>	0,0010012	0,0010073	0,0010164	0,0010282	0,0010427	0,0010596	0,0010792	0,0011015	0,0011271	0,1429
	<i>i</i>	85,1	168,7	252,1	335,7	419,6	504,2	589,5	675,7	763,2	2803
	<i>s</i>	0,2958	0,5710	0,8296	1,0736	1,3054	1,5257	1,736	1,940	2,137	6,497
1,6	<i>U</i>	0,0010011	0,0010072	0,0010163	0,0010282	0,0010426	0,0010595	0,0010790	0,0011013	0,0011270	0,0011565
	<i>i</i>	85,3	168,8	252,2	335,8	419,7	504,3	589,6	675,7	763,2	852,4
	<i>s</i>	0,2958	0,5710	0,8296	1,0735	1,3052	1,5256	1,736	1,940	2,137	2,329
1,8	<i>U</i>	0,0010010	0,0010071	0,0010162	0,0010281	0,0010425	0,0010594	0,0010789	0,0011012	0,0011268	0,0011562
	<i>i</i>	85,5	169,0	252,4	336,0	419,9	504,5	589,8	675,8	763,2	852,4
	<i>s</i>	0,2957	0,5709	0,8295	1,0733	1,3050	1,5254	1,736	1,939	2,136	2,328
2,0	<i>U</i>	0,0010009	0,0010070	0,0010161	0,0010280	0,0010424	0,0010593	0,0010787	0,0011011	0,0011267	0,0011561
	<i>i</i>	85,7	169,2	252,6	336,2	420,1	504,7	589,9	675,9	763,2	852,4
	<i>s</i>	0,2957	0,5708	0,8294	1,0731	1,3048	1,5252	1,736	1,939	2,136	2,328
3	<i>U</i>	0,0010004	0,0010065	0,0010157	0,0010275	0,0010419	0,0010587	0,0010782	0,0011004	0,0011258	0,0011551
	<i>i</i>	86,7	170,1	253,5	337,0	420,9	505,4	590,6	676,4	763,7	852,6
	<i>s</i>	0,2956	0,5707	0,8290	1,0726	1,3038	1,5244	1,735	1,938	2,134	2,326
8	<i>U</i>	0,000983	0,0010043	0,0010134	0,0010254	0,0010398	0,0010564	0,0010754	0,0010972	0,0011220	0,0011504
	<i>i</i>	91,3	174,6	257,8	341,2	424,9	509,1	593,9	679,6	766,7	855,0
	<i>s</i>	0,2943	0,5686	0,8260	1,0689	1,2996	1,5198	1,730	1,931	2,126	2,317



Продолжение таблицы 2.6

p, МПа	t, °C	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
9	<i>U</i>	0,0009978	0,0010038	0,0010129	0,0010249	0,0010393	0,0010559	0,0010749	0,0010966	0,0011213	0,0011496
	<i>i</i>	92,3	175,5	258,7	342,1	425,7	509,8	594,6	680,3	767,4	855,5
	<i>s</i>	0,2941	0,5681	0,8253	1,0682	1,2988	1,5189	1,729	1,930	2,125	2,316
10	<i>U</i>	0,0009975	0,0010031	0,0010125	0,0010245	0,0010386	0,0010552	0,0010741	0,0010956	0,0011201	0,0011482
	<i>i</i>	93,2	176,9	259,6	342,9	426,5	510,5	595,3	681,0	768,0	856,0
	<i>s</i>	0,2935	0,5674	0,8247	1,0676	1,2982	1,5182	1,728	1,929	2,123	2,314
12	<i>U</i>	0,0009965	0,0010024	0,0010116	0,0010236	0,0010379	0,0010544	0,0010732	0,0010946	0,0011189	0,0011622
	<i>i</i>	95,1	178,2	261,4	344,6	428,1	512,0	596,7	682,4	769,1	901,5
	<i>s</i>	0,2935	0,5668	0,8236	1,0662	1,2967	1,5165	1,727	1,927	2,121	2,404
13	<i>U</i>	0,0009961	0,0010020	0,0010112	0,0010231	0,0010373	0,0010538	0,0010725	0,0010939	0,0011182	0,0011458
	<i>i</i>	96,0	179,0	262,2	345,4	428,9	512,7	597,4	683,0	769,7	857,4
	<i>s</i>	0,2931	0,5664	0,8230	1,0665	1,2959	1,5156	1,726	1,926	2,119	2,309
14	<i>U</i>	0,0009957	0,0010016	0,0010108	0,0010226	0,0010368	0,0010533	0,0010719	0,0010932	0,0011174	0,0011448
	<i>i</i>	96,9	179,9	263,0	346,2	429,6	513,4	598,0	683,6	770,2	857,9
	<i>s</i>	0,2930	0,5660	0,8224	1,0648	1,2951	1,5148	1,724	1,925	2,118	2,308
16	<i>U</i>	0,0009948	0,0010007	0,0010099	0,0010217	0,0010359	0,0010522	0,0010707	0,0010918	0,0011157	0,0011430
	<i>i</i>	98,9	181,7	264,7	347,9	431,2	514,9	599,4	684,9	771,3	858,8
	<i>s</i>	0,2925	0,5653	0,8212	1,0634	1,2937	1,5131	1,722	1,922	2,116	2,305
24	<i>U</i>	0,0009912	0,0009973	0,0010065	0,0010182	0,0010320	0,0010479	0,0010660	0,0010864	0,0011095	0,0011357
	<i>i</i>	106,4	188,8	271,5	354,3	437,2	520,8	604,9	689,9	775,7	862,6
	<i>s</i>	0,2911	0,5625	0,8169	1,0582	1,2881	1,5062	1,715	1,915	2,108	2,295
30	<i>U</i>	0,0009886	0,0009949	0,0010041	0,0010156	0,0010293	0,0010450	0,0010626	0,0010825	0,0011050	0,0011305
	<i>i</i>	112,0	194,1	276,6	359,1	441,9	525,1	609,0	693,6	779,1	865,4
	<i>s</i>	0,2902	0,5603	0,8140	1,0545	1,2834	1,5024	1,709	1,908	2,100	2,287
p, МПа	t, °C	220	240	260	280	300	350	400	450	500	600
0,004		56,93	59,24	61,56	63,87	66,1?	71,96	77,73	85,31	89,28	100,84
		2918	2958	2997	3037	3077	3177	3280	3384	3490	3707
		9,402	9,479	9,554	9,627	9,698	9,866	10,024	10,174	10,317	10,585
0,008	<i>U</i>	28,44	29,60	30,75	31,90	33,06	35,94	38,84	41,72	44,61	50,38
	<i>i</i>	2918	2957	2997	3037	3077	3177	3280	3384	3490	3707
	<i>s</i>	9,081	9,159	9,234	9,306	9,377	9,546	9,704	9,854	9,997	10,265
0,010	<i>U</i>	22,76	23,68	24,60	25,53	26,46	28,76	31,08	33,39	35,70	40,32
	<i>i</i>	2918	2957	2997	3037	3077	3177	3280	3384	3490	37,07
	<i>s</i>	8,978	9,056	9,131	9,203	9,274	9,443	9,601	9,751	9,895	10,162
0,012	<i>U</i>	18,96	19,73	20,50	21,27	22,04	23,96	25,89	27,82	29,74	33,60
	<i>i</i>	2918	2957	2996	3036	3077	3177	3280	3384	3490	3707
	<i>s</i>	8,894	8,972	9,047	9,119	9,190	9,359	9,517	9,667	9,810	10,078
0,014	<i>U</i>	16,24	16,90	17,56	18,22	18,88	20,53	22,18	23,83	25,49	28,79
	<i>i</i>	2918	2957	2997	3037	3077	3177	3280	3384	3490	3707
	<i>s</i>	8,823	8,900	8,975	9,048	9,119	9,288	9,446	9,596	9,739	10,007
0,016	<i>U</i>	14,213	14,790	15,367	15,943	16,52	17,96	19,41	20,85	22,29	25,18
	<i>i</i>	2918	2957	2997	3037	3077	3177	3280	3384	3490	3707
	<i>s</i>	8,761	8,838	8,913	8,986	9,057	9,226	9,384	9,534	9,678	9,945

**Продолжение таблицы 2.6**

p, МПа	t, °C	220	240	260	280	300	350	400	450	500	600
0,020	U	11,369	11,832	12,295	12,758	13,220	14,376	15,530	16,68	17,82	20,15
	i	2918	2957	2996	3036	3077	3177	3280	3384	3490	3707
	s	8,657	8,735	8,810	8,883	8,954	9,123	9,281	9,431	9,575	9,842
0,030	U	7,573	7,882	8,191	8,500	8,809	9,580	10,351	11,121	11,891	13,430
	i	2917	2956	2996	3036	3076	3177	3280	3384	3490	3707
	s	8,469	8,547	8,622	8,695	8,766	8,935	9,093	9,244	9,388	9,655
0,1	U	2,266	2,359	2,452	2,545	2,638	2,871	3,102	3,334	3,565	4,028
	i	2914	2954	2993	3033	3074	3175	3278	3382	3488	3706
	s	7,910	7,988	8,064	8,139	8,211	8,381	8,541	8,690	8,833	9,097
0,12	U	1,886	1,964	2,042	2,120	2,197	2,391	2,584	2,777	2,970	3,357
	i	2913	2953	2993	3033	3073	3174	3278	3382	3488	3705
	s	7,824	7,903	7,979	8,053	8,126	8,296	8,456	8,606	8,749	9,013
0,60	U	0,3688	0,3855	0,4019	0,4181	0,4342	0,4741	0,5136	0,5528	0,5919	0,6697
	i	2891	2933	2975	3017	3059	3164	3270	3376	3483	3701
	s	7,051	7,135	7,215	7,292	7,366	7,541	7,704	7,857	8,001	8,266
0,80	U	0,2739	0,2867	0,2993	0,3118	0,3240	0,3542	0,3842	0,4137	0,4432	0,5018
	i	2883	2926	2969	3011	3054	3160	3267	3373	3481	3699
	s	6,905	6,991	7,073	7,151	7,226	7,404	7,568	7,722	7,866	8,132
1,0	U	0,2169	0,2274	0,2377	0,2478	0,2578	0,2822	0,3065	0,3303	0,3539	0,4010
	i	28,74	2918	2962	3005	3048	3156	3263	3370	3479	3698
	s	6,788	6,877	6,961	7,040	7,116	7,296	7,461	7,615	7,761	8,027
1,2	U	0,1788	0,1879	0,1967	0,2054	0,2139	0,2343	0,2547	0,2747	0,2944	0,3339
	i	2865	2911	2955	2999	3042	3151	3260	3368	3477	3696
	s	6,688	6,780	6,866	6,947	7,025	7,026	7,373	7,529	7,674	7,942
1,4	U	0,1515	0,1596	0,1673	0,1748	0,1823	0,2001	0,2176	0,2349	0,2520	0,2858
	i	2855	2902	2948	2992	3036	3147	3256	3365	3474	3695
	s	6,602	6,697	6,784	6,867	6,945	7,130	7,299	7,455	7,601	7,870
1,6	U	0,1309	0,1382	0,1452	0,1519	0,1585	0,1743	0,1899	0,2051	0,2201	0,2499
	i	2844	2893	2940	2986	3030	3142	3253	3363	3472	3693
	s	6,524	6,622	6,711	6,796	6,877	7,063	7,233	7,390	7,537	7,806
1,8	U	0,1149	0,1216	0,1280	0,1341	0,1401	0,1545	0,1683	0,1819	0,1953	0,2219
	i	2833	2884	2932	2979	3025	3138	3249	3360	3470	3691
	s	6,452	6,554	6,646	6,732	6,814	7,003	7,175	7,333	7,480	7,750
2,0	U	0,1021	0,1084	0,1143	0,1200	0,1255	0,1384	0,1511	0,1634	0,1755	0,1995
	i	2821	2875	2924	2972	3019	3134	3246	3357	3468	3690
	s	6,385	6,491	6,585	6,674	6,757	6,049	7,122	7,282	7,429	7,701
3	U	0,0011891	0,006826	0,07294	0,07720	0,08119	0,09051	0,09929	0,1078	0,1161	0,1325
	i	943,5	2823	2882	2937	2988	3111	3229	3343	3456	3682
	s	2,514	6,225	6,337	6,438	6,530	6,735	6,916	7,080	7,231	7,506
8	U	0,0011833	0,0012221	0,0012689	0,0013275	0,02429	0,03003	0,03438	0,03821	0,04177	0,04844
	i	945,1	1037,9	1134,4	1235,4	2784	2985	3135	3270	3397	3640
	s	2,504	2,688	2,873	3,059	5,788	6,126	6,358	6,552	6,722	7,019
9	U	0,0011822	0,0012207	0,0012669	0,0013246	0,0014016	0,02586	0,03001	0,03354	0,03680	0,04285
	i	945,2	1038,1	1134,2	1234,9	1344,3	2954	3114	3254	3386	3631
	s	2,502	2,686	2,870	3,056	3,249	6,033	6,280	6,481	6,656	6,957

**Продолжение таблицы 2.6**

p, МПа	t, °C	220	240	260	280	300	350	400	450	500	600
10	<i>U</i>	0,0011805	0,0012185	0,0012650	0,0013217	0,0013970	0,02247	0,02646	0,02979	0,03281	0,03837
	<i>i</i>	945,8	1038,3	1134,1	1234,5	1342,2	2920	3093	3239	3372	3621
	<i>s</i>	2,500	2,684	2,868	3,053	3,244	5,940	6,207	6,416	6,596	6,901
12	<i>U</i>	0,0011788	0,0012164	0,0012612	0,0013164	0,0013886	0,01726	0,02113	0,02414	0,02681	0,03163
	<i>i</i>	946,6	1038,7	1133,9	1233,7	1340,0	2844	3049	3206	3347	3603
	<i>s</i>	2,497	2,680	2,863	3,046	3,235	5,755	6,071	6,298	6,487	6,803
13	<i>U</i>	0,0011777	0,0012150	0,0012593	0,0013137	0,0013847	0,01514	0,01905	0,02197	0,02450	0,02903
	<i>i</i>	946,9	1038,9	1133,8	1233,3	1339,0	2799	3026	3189	3334	3594
	<i>s</i>	2,495	2,678	2,860	3,043	3,230	5,657	6,006	6,243	6,438	6,758
14	<i>U</i>	0,0011766	0,0012136	0,0012575	0,0013111	0,0013808	0,01325	0,01726	0,02010	0,02252	0,02683
	<i>i</i>	947,3	1039,1	1133,8	1232,9	1338,0	2750	3000	3172	3321	3585
	<i>s</i>	2,493	2,676	2,858	3,040	3,226	5,55	5,942	6,190	6,390	6,716
16	<i>U</i>	0,0011744	0,0012109	0,0012539	0,0013061	0,0013735	6,00978	0,01429	0,01704	0,01930	0,02322
	<i>i</i>	948,0	1039,5	1133,7	1232,2	1336,2	2612	2945	3137	3294	3567
	<i>s</i>	2,489	2,672	2,853	3,035	3,218	5,302	5,816	6,090	6,303	6,640
24	<i>U</i>	0,0011658	0,0012004	0,0012404	0,0012883	0,0013475	0,001612	0,00676	0,00977	0,01174	0,01478
	<i>i</i>	950,9	1041,3	1134,0	1230,3	1331,2	1625	2638	2471	3174	3493
	<i>s</i>	2,477	2,657	2,835	3,011	3,190	3,684	5,236	5,23	5,999	6,394
30	<i>U</i>	0,0011597	0,0011931	0,0012313	0,0012764	0,0013311	0,001556	0,00283	0,00672	0,00869	0,01144
	<i>i</i>	953,3	1042,9	1134,7	1229,0	1329,0	1608	2155	2816	3073	3434
	<i>s</i>	2,468	2,647	2,822	2,996	3,171	3,640	4,476	5,446	5,799	6,242

**Таблица 2.7 – Теплопроводность снега при  $t = 0^\circ\text{C}$**

$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	150	200	300	400	500	600	800
$\lambda$ , Вт/(м·град)	0,1163	0,1512	0,2326	0,3373	0,4652	0,6396	1,2793

**Таблица 2.8 – Теплопроводность льда**

$t$ , °C	0	-20	-40	-60	-80	-100	-120
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	917	920	922	924	926	928	929
$\lambda$ , Вт/(м·град)	2,2097	2,4423	2,6749	2,9075	3,1401	3,4890	3,8379

### 3. Теплофизические свойства масел и мазутов

**Таблица 3.1 - Теплофизические свойства трансформаторного масла в зависимости от температуры [1]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\alpha \cdot 10^4, \text{м}^2/\text{ч}$	Pr
5	872,6	1,599	0,1118	49,8	2,88	612
10	869,6	1,622	0,1115	37,9	2,82	484
15	866,6	1,645	0,111	29,5	2,77	382
20	863,6	1,668	0,1106	22,5	2,72	298
25	860,6	1,699	0,1102	18,6	2,67	243
30	857,6	1,73	0,1098	14,7	2,62	202
35	854,7	1,769	0,1094	12,5	2,58	171
40	851,7	1,789	0,1090	10,3	2,53	146
45	848,7	1,817	0,1086	8,9	2,49	129
50	845,7	1,845	0,1082	7,58	2,45	111
55	842,7	1,875	0,1078	6,6	2,31	99,1
60	839,7	1,906	0,1073	5,78	2,37	87,8
65	836,7	1,935	0,1069	5,02	2,33	79,6
70	833,8	1,965	0,1064	4,54	2,29	71,3
75	830,8	1,996	0,1060	4,01	2,26	64,4
80	827,9	2,028	0,1056	3,66	2,22	59,3
85	824,9	2,057	0,1053	3,33	2,19	54,3
90	821,9	2,087	0,105	3,03	2,16	50,5
95	819,0	2,116	0,1045	2,72	2,13	46,7
100	816,0	2,145	0,1039	2,56	2,10	43,9

**Таблица 3.1а - Физические свойства трансформаторного масла в зависимости от температуры [2]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\mu \cdot 10^4, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\alpha \cdot 10^8, \text{м}^2/\text{с}$	$\beta \cdot 10^4, \text{K}^{-1}$	Pr
0,0	892,5	1,549	0,1123	629,8	70,5	8,14	6,80	866
10	886,4	1,620	0,1115	335,5	37,9	7,83	6,85	484
20	880,3	1,666	0,1106	198,2	22,5	7,56	6,90	298
30	874,2	1,729	0,1008	128,5	14,7	7,28	6,95	202
40	868,2	1,788	0,1090	89,4	10,3	7,03	7,00	146
50	862,1	1,846	0,1082	65,3	7,58	6,80	7,05	111
60	856,0	1,905	0,1072	49,5	5,78	6,58	7,10	87,8
70	850,0	1,964	0,1064	38,6	4,54	6,36	7,15	71,3
80	843,9	2,026	0,1056	30,8	3,66	6,17	7,20	59,3
90	837,8	2,085	0,1047	25,4	3,03	6,00	7,25	50,5
100	831,8	2,144	0,1038	21,3	2,56	5,83	7,30	43,9
110	825,7	2,202	0,1030	18,1	2,20	5,67	7,35	38,8
120	819,6	2,261	0,1022	15,7	1,92	5,50	7,40	34,9

**Таблица 3.2 - Теплофизические свойства масла МС-20 в зависимости от температуры [1]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$a \cdot 10^4, \text{м}^2/\text{ч}$	Pr
5	883,6	1,98	0,135	-	2,71	-
10	880,9	2,01	0,135	2710	2,68	36200
15	878,2	2,025	0,134	1910	2,66	25400
20	875,5	2,045	0,134	1125	2,63	15400
25	872,6	2,06	0,133	815	2,61	10150
30	869,7	2,074	0,133	525	2,59	7300
35	867,0	2,092	0,132	385	2,57	5200
40	864,3	2,108	0,131	268	2,55	3780
45	861,6	2,125	0,130	214	2,53	2600
50	858,9	2,14	0,130	150	2,52	2140
55	856,0	2,14	0,129	120	2,50	1680
60	853,1	2,17	0,129	90,6	2,47	1320
65	850,3	2,19	0,128	74	2,45	1060
70	847,6	2,2	0,128	58,1	2,43	860
75	844,9	2,215	0,127	47,4	2,41	720
80	842,2	2,23	0,127	39,4	2,40	590
85	839,2	2,245	0,127	33,8	2,38	510
90	836,3	2,26	0,126	27,8	2,36	424
95	833,6	2,275	0,126	24,1	2,34	362
100	830,9	2,29	0,126	20,4	2,32	316

**Таблица 3.2а - Физические свойства масла МС-20 в зависимости от температуры [2]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\mu \cdot 10^4, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$a \cdot 10^8, \text{м}^2/\text{с}$	$\beta \cdot 10^4, \text{K}^{-1}$	Pr
-10	990,3	1,951	0,136	-	-	7,75	6,24	-
0	903,6	1,980	0,135	-	-	7,58	6,24	-
+10	897,9	2,010	0,135	-	-	7,44	6,31	-
20	892,3	2,043	0,134	10026	1125	7,30	6,35	15 400
30	886,6	2,072	0,132	4670	526	7,19	6,38	7 310
40	881,0	2,106	0,131	2433	276	7,08	6,42	3 890
50	875,3	2,135	0,130	1334	153	7,00	6,46	2 180
60	869,6	2,165	0,129	798,5	91,9	6,86	6,51	1340
70	864,0	2,198	0,128	498,3	58,4	6,75	6,55	865
80	858,3	2,227	0,127	336,5	39,2	6,67	6,60	588
90	852,7	2,261	0,126	234,4	27,5	6,56	6,64	420
100	847,0	2,290	0,126	171,7	20,3	6,44	6,69	315
110	841,3	2,320	0,124	132,4	15,7	6,36	6,73	247
120	835,7	2,353	0,123	101,0	12,1	6,25	6,77	193
130	830,0	2,382	0,122	79,76	9,61	6,17	6,82	156
140	824,4	2,420	0,121	61,80	7,50	6,08	6,87	123
150	818,7	2,445	0,120	53,17	6,50	6,00	6,92	108

**Таблица 3.3 - Теплофизические свойства масла МК-22 в зависимости от температуры [1]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\alpha \cdot 10^4, \text{м}^2/\text{ч}$	Pr
5	897,6	1,614	0,151	-	3,64	-
10	893,7	1,647	0,151	3883	3,58	39000
15	889,7	1,680	0,149	2820	3,51	26400
20	885,8	1,714	0,148	1514	3,45	15800
25	881,6	1,745	0,147	1080	3,39	10800
30	877,5	1,76	0,1455	691,2	3,34	7450
35	875,1	1,78	0,1445	516,5	3,29	5400
40	872,6	1,806	0,144	342,0	3,23	3810
45	867,4	1,83	0,1425	260	3,18	2730
50	862,3	1,85	0,141	186,2	3,13	2140
55	858,6	1,88	0,140	150,3	3,07	1670
60	854,9	1,901	0,139	110,6	3,02	1320
65	851,2	1,922	0,137	90,0	2,98	1070
70	847,6	1,944	0,1362	63,9	2,93	858
75	843,6	1,966	0,135	55,9	2,88	705
80	839,7	1,988	0,134	46,6	2,84	591
85	835,9	1,995	0,1325	39,8	2,79	497
90	832,1	2,04	0,131	32,3	2,74	424
95	828,4	2,06	0,130	26,1	2,69	371
100	824,7	2,08	0,129	24,0	2,64	327

**Таблица 3.3а - Физические свойства масла МК в зависимости от температуры [2]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\mu \cdot 10^4, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\alpha \cdot 10^8, \text{м}^2/\text{с}$	$\beta \cdot 10^4, \text{K}^{-1}$	Pr
10	911,0	1,645	0,1510	35414	3883	9,94	8,56	39000
20	903,0	1,712	0,1485	18560	1514	9,58	8,64	15800
30	894,5	1,758	0,1461	6180	691,2	9,28	8,71	7450
40	887,5	1,804	0,1437	3031	342,0	8,97	8,79	3810
50	879,0	1,851	0,1413	1638	186,2	8,69	8,86	2140
60	871,5	1,897	0,1389	961,4	110,6	8,39	8,95	1320
70	864,0	1,943	0,1363	603,3	69,3	8,14	9,03	858
80	856,0	1,989	0,1340	399,3	46,6	7,89	9,12	591
90	848,2	2,035	0,1314	273,7	32,3	7,61	9,20	424
100	840,7	2,081	0,1290	202,1	24,0	7,33	9,28	327
110	838,0	2,127	0,1264	145,2	17,4	7,11	9,37	245
120	825,0	2,173	0,1240	110,4	13,4	6,92	9,46	193,5
130	817,0	2,219	0,1214	87,31	10,7	6,69	9,54	160,0
140	809,2	2,265	0,1188	70,34	8,70	6,53	9,65	133,3
150	801,6	2,311	0,1168	56,90	7,10	6,25	9,73	113,5

**Таблица 3.4 - Теплофизические свойства дизельного масла в зависимости от температуры [1]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\alpha \cdot 10^4, \text{м}^2/\text{ч}$	Pr
5	900,5	1,787	0,1283	2600	3,02	-
10	897,6	1,806	0,1280	1520	3,14	19550
15	894,6	1,822	0,1276	960	3,28	13700
20	891,1	1,839	0,1273	620	3,41	8000
25	882,9	1,856	0,1269	405	3,56	5200
30	884,8	1,875	0,1266	280	3,69	3730
35	881,9	1,893	0,1263	190	3,81	2790
40	877,9	1,910	0,1259	135	3,94	1840
45	875,0	1,927	0,1256	110	4,07	1330
50	872,1	1,944	0,1252	76	4,2	1045
55	869,1	1,963	0,1249	57	4,34	820
60	865,2	1,981	0,1255	45	4,45	630
65	862,2	1,998	0,1242	36	4,56	520
70	859,3	2,015	0,1238	29	4,71	413
75	856,7	2,034	0,1235	24,5	4,81	353
80	853,4	2,053	0,1231	20	4,92	290
85	849,5	2,069	0,1228	16,8	5,05	245
90	846,6	2,086	0,1224	14,2	5,19	208
95	843,6	2,103	0,1221	12,4	5,3	184
100	840,7	2,122	0,1217	10,7	5,41	162

**Таблица 3.5 - Теплофизические свойства веретенного масла АУ в зависимости от температуры [1]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$\alpha \cdot 10^4, \text{м}^2/\text{ч}$	Pr
5	873,4	1,812	0,132	93	2,96	1120
10	870,1	1,831	0,1318	74	2,93	906
15	866,7	1,85	0,1314	61	2,90	760
20	863,3	1,869	0,131	49	2,88	615
25	860,3	1,887	0,1308	40,5	2,86	516
30	857,4	1,907	0,1305	32,5	2,83	414
35	854,9	1,925	0,1301	26	2,80	330
40	852,5	1,944	0,1295	21,2	2,77	276
45	848,6	1,96	0,1293	17,6	2,75	224
50	844,6	1,976	0,129	14	2,73	184
55	842,8	1,996	0,1285	11,5	2,69	158
60	840,7	2,016	0,128	9,3	2,66	133
65	837,2	2,031	0,1278	7,6	2,65	108
70	833,8	2,045	0,1274	6,05	2,64	82,5
75	829,9	2,062	0,1267	4,95	2,61	62
80	826,0	2,08	0,126	4,0	2,58	55,6
85	824,0	2,1	0,1255	3,26	2,56	45,5

**Продолжение таблицы 3.5**

t, °C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$c_p$ , кДж/(кг·K)	$\lambda$ , Вт/(м·K)	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	$a \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup> /ч	Pr
90	822,1	2,12	0,125	2,61	2,54	37
95	818,1	2,27	0,1245	2,2	2,52	30
100	814,2	2,158	0,124	1,78	2,5	25,6

**Таблица 3.6 - Теплофизические свойства турбинного масла 22 (турбинного Л) в зависимости от температуры [1]**

t, °C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$c_p$ , кДж/(кг·K)	$\lambda$ , Вт/(м·K)	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	$a \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup> /ч	Pr
5	887,9	1,796	0,130	-	2,89	3800
10	884,7	1,814	0,130	210	2,86	2600
15	881,5	1,832	0,129	135	2,83	1840
20	878,3	1,85	0,129	96	2,8	1250
25	874,9	1,87	0,129	70	2,78	940
30	871,6	1,89	0,128	53,8	2,76	695
35	868,6	1,905	0,128	45	2,73	550
40	865,7	1,923	0,128	36	2,71	432
45	862,2	1,959	0,128	26,9	2,68	343
50	858,8	1,95	0,127	21,4	2,66	288
55	855,7	1,974	0,127	17,7	2,64	234
60	852,9	1,998	0,127	14,7	2,62	200
65	849,7	2,015	0,126	12,6	2,60	175
70	846,6	2,032	0,126	10,5	2,58	150
75	843,4	2,049	0,125	9,0	2,565	133
80	840,2	2,066	0,124	7,9	2,55	116
85	837,0	2,082	0,124	6,9	2,53	99
90	833,8	2,099	0,124	6,0	2,5	91
95	830,6	2,119	0,123	5,03	2,48	81,5
100	827,5	2,14	0,123	4,75	2,46	72

**Таблица 3.7 - Теплофизические свойства турбинного масла 46 (турбинного Т) в зависимости от температуры [1]**

t, °C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$c_p$ , кДж/(кг·K)	$\lambda$ , Вт/(м·K)	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	$a \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup> /ч	Pr
5	886,8	1,801	0,1304	1000	3,03	14150
10	883,8	1,818	0,1301	650	3,17	8220
15	880,9	1,835	0,1297	415	3,3	5900
20	877,9	1,851	0,1294	280	3,43	3590
25	875,0	1,868	0,1289	195	3,59	2560
30	871,1	1,889	0,1286	140	3,72	1820
35	868,1	1,906	0,1282	99	3,85	1340
40	865,2	1,923	0,1279	75	3,97	995



**Продолжение таблицы 3.7**

t, °C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$c_p$ , кДж/(кг·K)	$\lambda$ , Вт/(м·K)	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	$a \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup> /ч	Pr
45	862,2	1,939	0,1275	57	4,1	785
50	859,3	1,956	0,1272	45	4,22	602
55	855,4	1,977	0,1268	35	4,37	485
60	852,4	1,994	0,1265	28,4	4,49	388
65	843,6	2,011	0,1261	23,5	4,62	323
70	846,0	2,027	0,1258	19,5	4,74	271
75	843,6	2,044	0,1254	16,5	4,85	232
80	839,7	2,065	0,1251	14	4,97	198
85	836,7	2,082	0,1247	12	5,09	168
90	833,8	2,099	0,1244	10,01	5,24	146
95	830,9	2,120	0,1240	8,3	5,35	129
100	827,9	2,136	0,1237	7	5,46	113,4

**Таблица 3.8 - Теплофизические свойства флотского мазута Ф12 в зависимости от температуры [1]**

t, °C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$c_p$ , кДж/(кг·K)	$\lambda$ , Вт/(м·K)	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	$a \cdot 10^4$ , м <sup>2</sup> /ч	Pr
5	920,0	1,765	0,1256	-	2,98	-
10	917,1	1,782	0,1252	1900	3,12	25300
15	914,3	1,80	0,1249	1220	3,24	14000
20	911,1	1,816	0,1246	730	3,45	9180
25	907,9	1,835	0,1243	450	3,53	6950
30	905,1	1,852	0,1239	320	3,65	4430
35	902,2	1,870	0,1236	230	3,78	3060
40	899,2	1,887	0,1232	158	3,89	2215
45	896,2	1,904	0,1229	112	4,01	1620
50	893,2	1,920	0,1226	87	4,14	1250
55	890,3	1,94	0,1222	64	4,28	960
60	887,3	1,956	0,1219	52	4,4	755
65	884,3	1,974	0,1216	40	4,51	590
70	881,4	1,993	0,1212	32,2	4,64	472
75	878,1	2,01	0,1209	26,6	4,75	410
80	875,4	2,028	0,1206	22,2	4,86	368
85	872,4	2,046	0,1203	18,8	4,97	300
90	869,4	2,062	0,1199	15,8	5,11	240
95	866,5	2,08	0,1196	13,9	5,21	208
100	863,4	2,099	0,1192	11,8	3,34	183

**Таблица 3.9 - Теплофизические свойства топочного мазута 40 в зависимости от температуры [1]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\lambda, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$a \cdot 10^4, \text{м}^2/\text{ч}$	Pr
5	949,1	1,74	0,1217	-	2,93	-
10	946,3	1,758	0,1214	-	3,06	-
15	943,5	1,772	0,1210	8400	3,19	-
20	940,7	1,79	0,1208	4500	3,31	64000
25	938,0	1,808	0,1204	2500	3,46	36000
30	935,1	1,823	0,1201	1500	3,59	21650
35	932,4	1,842	0,1197	980	3,71	14000
40	929,6	1,86	0,1194	650	3,81	9600
45	926,8	1,878	0,1190	455	3,94	6700
50	924,1	1,895	0,1188	320	4,05	4800
55	921,3	1,912	0,1185	230	4,19	3600
60	918,5	1,93	0,1181	170	4,3	2600
65	915,7	1,947	0,1178	128	4,42	1920
70	913,0	1,964	0,1174	95	4,52	1475
75	910,1	1,982	0,1171	77	4,64	1180
80	907,4	2,00	0,1168	60	4,76	945
85	904,6	2,017	0,1165	48,4	4,85	780
90	901,8	2,034	0,1161	39	5,0	628
95	899,0	2,051	0,1160	32,2	5,1	525
100	896,1	2,07	0,1156	27	5,21	440

**Таблица 3.10 - Теплофизические свойства масла ТМ-1 в зависимости от температуры [5]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$c_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{}^\circ\text{C)}$	$\lambda \cdot 10^2, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$\mu \cdot 10^4, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\nu \cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	$a \cdot 10^8, \text{м}^2/\text{с}$	Pr
0	903	1,52	0,121	569,3	63,05	8,25	760
10	896	1,63	0,120	305,5	34,10	8,20	410
20	889	1,64	0,119	186,7	21,00	8,15	260
30	884	1,66	0,118	122,0	13,75	8,04	170
40	877	1,68	0,117	82,88	9,45	7,94	120
50	871	1,70	0,116	60,97	7,00	7,84	89
60	864	1,72	0,115	47,52	6,50	7,74	71
70	858	1,75	0,114	35,18	4,10	7,61	54
80	852	1,78	0,113	28,97	3,40	7,47	45
90	845	1,80	0,112	23,66	2,80	7,38	38
100	838	1,82	0,111	21,00	2,10	7,30	29

**Таблица 3.11 - Теплофизические свойства масла ХФ-22 в зависимости от температуры [5]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho,$ кг/м <sup>3</sup>	$c_p,$ кДж/(кг·°C)	$\lambda \cdot 10^2,$ Вт/(м·K)	$\mu \cdot 10^4,$ Па·с	$\nu \cdot 10^6,$ м <sup>2</sup> /с	$a \cdot 10^8,$ м <sup>2</sup> /с	Pr
0	1010	1,64	0,158	2666	264	9,52	2800
10	1002	1,64	0,156	1387	138,5	9,50	1460
20	995	1,64	0,155	617,8	62,1	9,48	650
30	988	1,66	0,153	380,4	38,5	9,35	410
40	980	1,68	0,152	249,7	25,45	9 21	280
50	973	1,70	0,150	172,2	17,7	9,19	190
60	966	1,70	0,149	123,6	12,8	9,06	140
70	958	1,70	0,147	94,36	9,85	9,05	100
80	951	1,70	0,146	73,13	7,65	9,03	85
90	944	1,70	0,144	58,53	6,20	9,00	69
100	936	1,70	0,143	55,69	5,95	8,97	66

**Таблица 3.12 - Теплофизические свойства масла ВМ-4 в зависимости от температуры [5]**

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho,$ кг/м <sup>3</sup>	$c_p,$ кДж/(кг·°C)	$\lambda \cdot 10^2,$ Вт/(м·K)	$\mu \cdot 10^4,$ Па·с	$\nu \cdot 10^6,$ м <sup>2</sup> /с	$a \cdot 10^8,$ м <sup>2</sup> /с	Pr
0	916	1,46	0,129	20060	2190	9,66	22700
10	910	1,46	0,128	9191	1010	9,66	10450
20	904	1,48	0,127	3008	332,8	9,52	3500
30	898	1,50	0,126	1453	161,8	9,39	1720
40	892	1,52	0,126	785	88,0	9,26	950
50	886	1,52	0,125	456,3	51,5	9,26	550
50	880	1,54	0,124	299,3	34,0	9,14	370
70	874	1,56	0,123	203,6	23,3	9,02	260
80	868	1,58	0,122	145,8	16,8	8,90	190
90	862	1,60	0,121	105,1	12,2	8,78	140
100	856	1,62	0,120	76,2	8,9	8,68	100

## 4. Теплофизические характеристики строительных и изоляционных материалов, металлов и сплавов

Таблица 4.1 - Плотность  $\rho$ , коэффициент теплопроводности  $\lambda$  и теплоемкость  $c$  строительных, теплоизоляционных и других материалов [2]

Материалы	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$t^*$ , °C	$\lambda$ , Вт/(м·°C)	$c$ , кДж/(кг·°C)
Альфонь при толщине воздушных слоев 10 мм	-	-	$0,0302+0,85 \cdot 10^{-4} \cdot t$	-
Асбест распушенный:				
3-й сорт	340	-	$0,087+0,24 \cdot 10^{-3} \cdot t$	0,816
6-й сорт	650	-	$0,11+0,19 \cdot 10^{-3} \cdot t$	0,816
Асбестовый картон	900	-	$0,16-0,17 \cdot 10^{-3} \cdot t$	0,816
Асбестовый шнур	800	-	$0,13-0,15 \cdot 10^{-3} \cdot t$	0,816
Асбошифер:				
с высоким содержанием асбеста	1800	20	0,17-0,35	-
с 10-50% асбеста (сухой)	1800	20	0,64-0,52	-
Асфальт	2120	0-30	0,60-0,74	1,67
Бетон с каменным щебнем	2000	0	1,28	0,84
То же сухой	1600	0	0,84	-
Железобетон набивной	2200	0	1,55	0,84
Шлакобетон	1500	0	0,70	0 80
Бумага обыкновенная	-	20	0,14	1,51
Вата хлопчатобумажная	80	30	0,042	-
Гипс (формованный сухой)	1250	20	0,43	0,8-0,92
Глина	2000-1600	20	0,9-0,7	0,84
Глина огнеупорная	1845	450	1,04	1,09
Гравий	1840	20	0,36	-
Дельта-древесина	-	35-70	0,21	-
Дерево:				
дуб поперек волокон	825	0-15	0,20-0,21	2,39
дуб вдоль волокон	819	12-50	0,35-0,43	2,39
сосна поперек волокон	546	0-50	0,14-0,16	2,72
сосна вдоль волокон	-	20-25	0,35-0,72	2,72
Каменный уголь:				
газовый	1420	20-100	3,6-4,0	-
обыкновенный твердый	1200-1350	20	0,24-0,27	-
Каменноугольная пыль	730	30-150	0,12-0,13	-
Картон	-	20	0,14-0,35	1,51
Кембрик (лакированный)	-	38	0,157	-
Кирпич:				
красный машинной формовки	1800	0	0,77	0,88
красный ручной формовки	1700	0	0,70	0,88
силикатный	1900	0	0,81	0,84
Кладка из красного кирпича:				
на холодном растворе	1700	0	0,81	0,88
на теплом растворе	1600	0	0,67	0,84

**Продолжение таблицы 4.1**

Материалы	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	t*, оС	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	c, кДж/(кг·°С)
Кладка из силикатного кирпича:				
на холодном растворе	1900	0	0,87	0,84
на теплом растворе	1700	0	0,76	0,80
Кладка бутовая из камня средней плотности	2000	0	1,28	0,88
Карболит черный	1150	50	0,231	-
Кожа	-	20	0,14-0,16	-
Кокс порошкообразный	449	100	0,191	1,21
Котельная накипь:				
богатая гипсом	2000-2700	100	0,7-2,3	-
богатая известью	1000-2500	100	0,15-2,3	-
богатая силикатом	300-1200	100	0,08-0,23	-
Кварц кристаллический				
поперек оси	-	0	0,72	-
вдоль оси	-	0	1,94	-
Ламповая сажа	165	40	0,07-0,12	-
Лед	917	0	2,2	2,26
Лед	928	-100	3,5	1,17
Льняная ткань	-	-	0,088	-
Магnezия в форме сегментов для изоляции труб	266	50-200	0,073-0,084	-
Мел	2000	50	0,9	0,88
Миканит	-	20	0,21-0,41	-
Мрамор	2800	0	3,5	0,92
Парафин	920	20	0,27	-
Песок речной мелкий (сухой)	1520	0-160	0,30-0,38	0,80
Песок речной мелкий (влажный)	1650	20	1,13	2,09
Прессшпан	-	20-50	0,26-0,22	-
Плексиглас	-	20	0,184	-
Пробковые плиты сухие	148-198	80	0,042-0,053	1,76
Пробковая мелочь, величина куска 4-5 мм	85	0,60	0,044-0,058	1,76
Резина:				
твердая обыкновенная	1200	1-100	0,157-0,160	1,38
мягкая	-	20	0,13-0,16	1,38
Сахарный песок	1600	0	0,58	1,26
Сера ромбическая	-	21	0,28	0,762
Сланец	-	94	1,49	-
Слюда (поперек слоев)	2600-3200	20	0,49-0,58	-
Снег:				
свежевыпавший	200	-	0,10	2,09
уплотненный	400	-	0,46	2,09

**Продолжение таблицы 4.1**

Материалы	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	t*, оС	$\lambda$ , Вт/(м·°С)	c, кДж/(кг·°С)
Стекло:				
зеркальное	2550	0-100	0,78-0,88	0,779
обыкновенное	2500	20	0,74	0,67
термометрическое	2590	20	0,96	-
пирекс	-	0	1,04	-
то же	-	400	1,55	-
кварцевое	-	400	1,76	-
то же	-	800	2,40	-
то же	-	1200	3,05	-
Стекланная вата	154-206	88	0,051-0,059	-
Текстолит	1300-1400	20	0,23-0,34	1,46-1,51
Фарфор	2400	95	1,04	1,09
То же	2400	1055	1,96	1,09
Фибра красная	1290	20-100	0,46-0,50	-
Фибролит	360-440	80	0,073-0,128	-
Целлулоид	1400	30	0,21	-
Шелк	100	0-93	0,043-0,06	-
Эбонит	1200	20	0,157-0,17	-
Шлак:				
котельный	1000	0	0,29	0,75
доменный гранулированный	500	0	0,15	0,75
Штукатурка:				
известковая	1600	0	0,70	0,84
цементно-песчаная	1800	0	1,2	0,84
Фанера клееная	600	0	0,15	2,51
Древесный уголь кусковой	190	80	0,074	-
* Температура, для которой даны свойства.				

**Таблица 4.2 - Плотность  $\rho$ , коэффициент теплопроводности  $\lambda$  и предельная температура применения  $t$  основных изоляционных материалов и изделий [2]**

Наименование материала или изделия	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>		$\lambda$ , Вт/(м·°С)	t, °С
	В порошке	В мастичной конструкции		
<i>Изоляционные материалы</i>				
Асбест пушенный 6-го сорта	800	-	0,130+0,00019·t	700
Асбозонолит	350	500-550	0,143+0,00019·t	700
Асбозурит	450	700	0,1622+0,000169 ·t	200-300
Асбослюда	400-500	580-650	0,120+0,000148·t	600
Асботермит	400-430	550-570	0,109+0,000145·t	500-550
Диатомит молотый	400-500	-	0,091+0,00028·t	800

**Продолжение таблицы 4.2**

Наименование материала или изделия	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>		$\lambda$ , Вт/(м·°C)	t, °C
	В порошке	В мастичной конструкции		
Зонолит (вермикулит)	150-250	-	0,072+0,00262·t	900-1100
Минеральная вата	180-250	-	0,046 - 0,058 при 50°C	500
Новоасбозурит	400-450	580-650	0,144+0,00014·t	250
Ньювель	180-200	405-465	0,87+0,000064·t	325-370
Совелит	230-250	440-520	0,0901-0,000087·t	400-450
Торфяная крошка	200-350	-	0,06-0,08	100
Ферригипс (паста феррон)	-	400-550	0,07-0,08	650
Шлаковая вата (сорт 0)	170-200	-	0,06+0,000145·t	750
<i>Изоляционные изделия</i>				
Вермикулитовые плиты	-	350-380	0,081+0,00015·t	700-750
Вулканитовые плиты	-	400	0,080+0,00021·t	550-600
Войлок строительный	-	300	0,05 при 0°C	90
Диатомовый кирпич	-	500-600	0,113+0,00023·t	850
Диатомовые скорлупы и сегменты	-	500-600	0,113+0,00023·t	850
Изделия «новоизоль»	-	400-450	0,073+0,00028·t	400
Камышитовые плиты	-	260-360	0,10 при 0°C	100
Минеральный войлок	-	250-300	0,058 - 0,076 при 50°C	-
Пенобетонные блоки	-	400-500	0,099 - 0,122 при 50°C	300
Пенодиатомовый кирпич	-	230-430	0,07 - 0,09 при 70°C	600-800
Пеностекло (газостекло)	-	290-450	0,124 - 0,160 при 70°C	600-800
Плиты «оргизоль»	-	280-350	0,078+0,00012·t	600
Пробковые плиты	-	250	0,07 при 0°C	120
Совелитовые плиты	-	400-450	0,079+0,00019·t	450-500
Соломитовые маты	-	260-360	0,10 при 0°C	100
Торфоплиты	-	170-250	0,046+0,00014·t	100-120
Шлаковая и минеральная пробка	-	270-350	0,064 - 0,081 при 50°C	150

**Таблица 4.3 - Плотность  $\rho$  , коэффициент теплопроводности  $\lambda$  , теплоемкость  $c$  и максимальная рабочая температура  $t$  для основных огнеупорных изделий [2]**

Материалы	$\rho \cdot 10^{-3}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/(м·°C)	$c$ , кДж/ (кг·°C)	t, °C
Шамотный кирпич	1,8-1,9	0,84+0,0006·t	0,88+0,00230·t	1350-1450
Пеношамот	0,95	0,28+0,00023·t	-	1350
Пеношамот	0,6	0,10+0,000145·t	-	1300

**Продолжение таблицы 4.3**

Материалы	$\rho \cdot 10^{-3}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/(м·°C)	$c$ , кДж/(кг·°C)	t, °C
Кирпич:				
динасовый	0,9-1,95	0,9+0,0007·t	0,8+0,00025·t	1700
магнезитовый	2,6-2,8	4,65-0,0017·t	1,05+0,0003·t	1650-1700
хромомagneзитовый	2,75-2,85	1,86-1,98 (0-600°C)	-	1700
хромитовый	3,0-3,1	1,3+0,00041·t	0,8+0,0003·t	1650-1700
Изделия:				
силлиманитовые (муллитовые)	2,2-2,4	1,69-0,00023·t	0,8+0,00025·t	1650
корундовые (алундовые)	2,3-2,6	2,09+0,0019·t	0,80+0,0004·t	1600-1700
циркониевые	3,3	1,30+0,00064·t	0,54-0,00012·t	1750-1800
карборундовые (карбофракс)	2,3-2,6	21-0,010·t	0,96+0,000146·t	1400-1500
угольные	1,35-1,6	23+0,035·t (до 1000°C)	0,8	2000
графитовые	1,6	163-0,041·t	0,8	2000

**Таблица 4.4 - Коэффициенты теплопроводности сталей  $\lambda$ , Вт/(м·°C), в зависимости от температуры [2]**

Наименование и марка стали	Температура, °C								
	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Углеродистая 15	54,4	50,2	46,0	41,9	37,7	33,5	-	-	-
Углеродистая 30	50,2	46,0	41,9	37,7	33,5	29,3	-	-	-
Хромомолибденовая X10C2M(ЭИ107)	18,4	-	21,7	-	-	24,6	25,5	-	-
Хромоникельвольфрамовая 4X14NB2M (ЭИ69)	15,5	16,9	19,2	20,2	21,2	22,0	-	-	-
Хромоникелевая 1X18Н9Т (ЭЯ1Т)*	16,0	17,6	19,2	20,8	22,3	23,8	25,5	27,6	-
Хромоникелевая X25H20C2 (ЭИ283)	14,6	-	-	-	21,6	23,5	25,1	27,1	28,8
Хромистая нержавеющая:									
1X13 (Ж <sub>1</sub> )	24,0	23,6	23,3	23,3	23,7	24,4	-	-	-
2X13 (Ж <sub>2</sub> )	24,3	25,8	26,3	26,4	26,6	26,4	26,2	26,7	27,6
3X13 (Ж <sub>3</sub> )	25,1	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6	24,6	-	-
4X13 (Ж <sub>4</sub> )	28,0	29,1	29,3	29,2	28,8	28,4	28,0	-	-
X17 (Ж <sub>17</sub> )	24,4	-	-	-	-	-	-	-	-
X28 (Ж <sub>27</sub> )	20,9	21,7	22,7	23,4	24,3	25,0	-	-	-
* Значения $\lambda$ для различных образцов стали 1X18Н9Т изменяются в пределах $\pm 20\%$ . Здесь приведены средние значения $\lambda$ .									



**Таблица 4.5 - Коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , Вт/(м·°C), металлов и сплавов в зависимости от температуры [2]**

Наименование металла или сплава	Температура, °C							
	0	20	100	200	300	400	500	600
Алюминий	202	-	206	229	272	319	371	422
Алюминиевые сплавы:								
92% Al, 8% Mg	102	106	123	148	-	-	-	-
80% Al, 20% Si	158	160	169	174	-	-	-	-
Дюралюминий:								
94-96% Al, 3-5% Си, 0,5% Mg	159	165	181	194	-	-	-	-
Латунь:								
90% Cu, 10% Zn	102	-	117	134	149	166	180	195
70% Cu, 30% Zn	106	-	109	110	114	116	120	121
67% Cu, 33% Zn	100	-	107	113	121	128	135	151
60% Cu, 40% Zn	106	-	120	137	152	169	186	200
Медь (99,9%)	393	-	385	378	371	365	359	354
Монель-металл:								
29% Cu, 67% Ni, 2% Fe	-	22,1	24,4	27,6	30	34	-	-
Нейзильбер:								
62% Cu, 15% Ni, 22% Zn	-	25,0	31	40	45	49	-	-
Нихром:								
90% Ni, 10% Cr	17,1	17,4	19,0	20,9	22,8	24,6	-	-
80% Ni, 20% Cr	12,2	13,6	13,8	15,6	17,2	19,0	-	22,6
Нихром железистый:								
61% Ni, 15% Cr, 20% Fe, 4% Mn	-	11,6	11,9	12,2	12,4	12,7	-	13,1
61% Ni, 16% Cr, 23% Fe	11,9	12,1	13,2	14,6	16,0	17,4	-	-
Сталь мягкая	63	-	57	52	46	42	36	31

**Таблица 4.6 - Коэффициенты теплопроводности сплавов [2]**

Сплав	t, °C	$\lambda$ , Вт/(м·°C)
Алюминиевая бронза: 95% Cu, 5% Al	20	82
Бронза:		
90% Cu, 10% Sn	20	42
75% Cu, 25% Sn	20	26
88% Cu, 10% Sn, 2% Zn	20	48
Бронза фосфористая:		
92,8% Cu, 5% Sn, 0,15% P, 2% Zn	20	79
91,7% Cu, 8% Sn, 0,3% P	20	45
87,2% Cu, 12,4% Sn, 0,4% P	20	36
Инвар: 35% Ni, 65% Fe	20	11,0

**Продолжение таблицы 4.6**

Сплав	t, °C	$\lambda$ , Вт/(м·°C)
Константан: 60% Cu, 40% Ni 60% Cu, 40% Ni	20 100	22,7 25,6
Манганин: 84% Cu, 4% Ni, 12% Mn 84% Cu, 4% Ni, 12% Mn	20 100	21,3 26,4
Магниеые сплавы: 92% Mg, 8% Al 88% Mg, 10% Al, 2% Si 92% Mg, 8% Cu	20-200 20-200 20-200	62-79 58-76 126-132
Медные сплавы: 70% Cu, 30% Mn 90% Cu, 10% Ni 80% Cu, 20% Ni 40% Cu, 60% Ni	20 20-100 20-100 20-100	13 58-76 34-41 22-26
Металл Розе: 50% Bi, 25% Pb, 25% Sn	20	16
Металл Вуда: 48% Bi, 26% Pb, 13% Sn, 13% Cd	20	13
Никелевые сплавы: 70% Ni, 28% Cu, 2% Fe 62% Ni, 12% Cu, 26% Fe	20 20	35 135
Никелевое серебро	0	29,3
То же	100	37
Платиноиридий: 90% Pt, 10% Ir	0-100	30,9-31
Электрон: 93% Mg, 4% Zn, 0,5% Cu	20	116
Платинородий: 90% Pt, 10% Rh	0-100	30-30,6

**Таблица 4.7 - Теплофизические характеристики некоторых современных строительных и теплоизоляционных материалов**

Материал	Характеристика		Источник информации
	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/(м·град)	
Пеноматериал Сибирформ	250-300	0,06-0,07	[6]
	400-650	0,08-0,09	
	700-950	0,10-0,208	
Минвата из горных пород Прошивные маты	35	0,039	[7]
	85	0,040	
Пенобетон «ЭКСТРАПОР»	250	0,075	[8]
	300	0,08	
	350	0,085	
	400	0,095	
	500	0,11	
	600	0,13	

**Продолжение таблицы 4.7**

Материал	Характеристика		Источник информации
	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/(м·град)	
Утеплитель пенополимергипсовый «ТИЗЕЛ»	100	0,06	[8]
	200	0,08	
Утеплитель пеногипсоволокнистый	150	0,15	[8]
Пенопласт «АМИЛИТ»	20-40	0,04	[8]
	40-60	0,045	
Кирпич Термолюкс марки	1000	0,2	[9]
	1070	0,2	
Кирпич пустотелый строительный поризованный марки: 1 NF 2 NF 4,5 NF 10 NF, 11 NF, 15 NF		0,26 0,20-0,26 0,22 0,17-0,22	[10]
Минераловатный ковер «Термотекс-МТЛ»	Н. св.	0,034-0,038 (до 1000°С)	[11]
Порогипс	600	0,14	[12]
	700	0,17	
	800	0,21	
	900	0,23	
Теплоизоляционные материалы ОАО «Бежицкий огнеупорно-экспериментальный завод»: Блоки «ГЕОКАР» Теплоизоляция из базальтовых горных пород: ППЖ ПФ	250-300	0,047-0,080	[13]
	200	0,040-0,052	
	175	0,05	
Плиты минераловатные на карбомидной основе ППЖ	200	0,044	
Минвата из стекловолокна	75-85	0,044-0,05	
Плиты из перлитопластбетона	100	0,047	
Плиты полистиролцементные	230-300	0,075-0,085	
Экструзионный пенополистирол	30-70	0,033-0,041	
Пеностекло теплоизоляционное гидроизоляционное	100-250	0,060-0,085	[14]
	150-400	0,15-0,20	
Керамзит	500-600	0,070-0,098	

**Продолжение таблицы 4.7**

Материал	Характеристика		Источник информации
	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/(м·град)	
Пенобетон: с портландцементом М 400  с гипсовым вяжущим Г 10	500	0,12	[15]
	600	0,14	
	700	0,168	
	800	0,20	
	900	0,24	
	500	0,11	
	600	0,12	
	700	0,15	
	800	0,21	
	900	0,22	
Газотермолитбетон	500	0,09	[16]
	600	0,115	
	700	0,14	
	800	0,165	
	900	0,185	
	1000	0,21	
Пластиковая черепица Onduline		0,084	Проспект фирмы
Базальтовая вата фирмы Rockwool марки: Rockwin Stroprock Rockmur Panelrock Wentirock Rockton Deltarock 1 Dachrock Spodrock		$\leq 0,038$ $\leq 0,042$ $\leq 0,040$ $\leq 0,036$ $\leq 0,035$ $\leq 0,037$ $\leq 0,040$ $\leq 0,042$ $\leq 0,042$	Проспект фирмы
Бетон особотяжелый высокопрочный	4095-4297	0,621 ( $C=0,376$ кДж/(кг·град)	[17]

**Таблица 4.8 - Теплофизические свойства современных строительных теплоизоляционных материалов**

Тип, марка изделия	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплоемкость $C_p$ , кДж/кг·град	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/м·град	Паропроницаемость $\mu$ , мг/м·час·Па	Воздухопроницаемость, м <sup>3</sup> /с·Па·10 <sup>5</sup>	Источник информации
<b>Изделия из каменной ваты PAROC</b>						
PAROC UNS 37	30	0,84	0,037	0,36	$\leq 130$	Проспект представления
PAROC UNS 39	24	0,84	0,039	0,36	$\leq 130$	

Продолжение таблицы 4.8

Тип, марка изделия	Плот-ность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплоем-ность $C_p$ , кДж/кг·град	Коэффициент теплопровод-ности $\lambda$ , Вт/м·град	Паропро-ницае-мость $\mu$ , мг/м·час·Па	Воздухо-прони-цаемость, м <sup>3</sup> /с·Па·10 <sup>5</sup>	Источник информации
PAROC UNM 37	30	0,84	0,037	0,36	≤ 190	вительства компании PAROC в Украине
PAROC WAS 25t	90	0,84	0,032	0,32	≤ 25	
PAROC WAS 35	70	0,84	0,034	0,32	≤ 35	
PAROC WAS 50	45-55	0,84	0,034	0,32	≤ 50	
PAROC FAS 4	140	0,84	0,0365	0,32		
PAROC FAL 1	80	0,84	0,039	0,32		
PAROC COS 5	70	0,84	0,034	0,32		
PAROC COS 10	65-85	0,84	0,034	0,32		
PAROC ROS 30	100	0,84	0,036	0,32		
PAROC ROS 40	110	0,84	0,036	0,32		
PAROC ROS 60	145	0,84	0,038	0,306		
PAROC ROS 30g	100	0,84	0,036	0,32		
PAROC ROB 50	160	0,84	0,038	0,306		
PAROC ROB 60	180	0,84	0,038	0,306		
PAROC ROD 80t	220	0,84	0,038	0,306		
PAROC FPS 14	140	0,84	0,034	0,32		
PAROC CEL50C	85	0,84	0,040	0,32		
PAROC CEL75F	120	0,84	0,042	0,32		
PAROC GRS 20	100-110	0,84	0,034	0,32		
PAROC VL	110	0,84	0,034	0,32		
Материалы фирмы KNAUF						
Теплоизоляция. штукатурка с полистиролом			0,09	Коэф. паропрони-цаемости <10		Техн. лист ДФ «Кнауф-Маркетинг»
Сухая смесь КНАУФ ВП 32	1810 (в сухом сост.)		0,87	-//- 21		
Керамический кирпич СБК ЗАО Слобожанская Строит. керамика						
СБК	Водопоглщ. 8-12%		0,039	Морозостойк. до 100 циклов		
Термоизоляция						
Foamglas			0,038 (t = -260 + 730 °C)			

Таблица 4.9 - Степень черноты полного излучения различных материалов [2]

Материал и характер поверхности	$t$ , °C	$\varepsilon$
<b>Металлы</b>		
Алюминий:		
полированный	225-575	0,039-0,057
шероховатый	26	0,055
окисленный при 600 °C	200-600	0,11-0,19
Вольфрам	230-2230	0,053-0,31

**Продолжение таблицы 4.9**

Материал и характер поверхности	$t, ^\circ\text{C}$	$\varepsilon$
Вольфрамовая нить	3300	0,39
Железо: электролитное, тщательно полированное	175-225	0,052-0,064
сварочное, тщательно полированное	40-250	0,28
полированное	425-1020	0,144-0,377
свежеобработанное наждаком	20	0,242
литое необработанное	925-1115	0,87-0,95
Стальное литье полированное	770-1040	0,52-0,56
Сталь: листовая шлифованная	940-1100	0,52-0,61
окисленная при 600 °С	200-600	0,79
окисленная, шероховатая	40-370	0,94-0,97
Чугун: полированный	200	0,21
обточенный	830-990	0,60-0,70
окисленный при 600 °С	200-600	0,64-0,78
шероховатый, сильно окисленный	40-250	0,96
Золото, тщательно полированное	225-625	0,018-0,035
Латунь: тщательно полированная, состав (по массе) 73,2% Cu, 26,7% Zn	245-355	0,028-0,031
прокатная с естественной поверхностью	22	0,06
тусклая	50-350	0,22
окисленная при нагреве до 600 °С	200-600	0,61-0,59
Медь: тщательно полированная электролитная	80	0,018
полированная	115	0,023
продолжительно нагревавшаяся, покрытая толстым слоем окиси	25	0,78
окисленная при нагреве до 600°С	200-600	0,57-0,55
Платина чистая полированная	225-625	0,054-0,105
Платиновые: лента	925-1115	0,12-0,17
нить	25-1230	0,036-0,192
проволока	225-1375	0,073-0,182
Хром	38-538	0,08-0,26
<b>Огнеупорные, строительные, термоизоляционные и другие материалы</b>		
Асбестовый картон	24	0,96
Огнеупорные материалы: слабо излучающие	500-1000	0,65-0,75
сильно излучающие	500-1000	0,80-0,90
Динасовый кирпич шероховатый: неглазурованный	1000	0,8
глазурованный	1100	0,85
Шамотный кирпич глазурованный	1100	0,75
Красный кирпич шероховатый	20	0,93
Фарфор глазурованный	22	0,92
Штукатурка шероховатая известковая	10-90	0,91
Ламповая сажа, слой 0,075 мм и более	40-370	0,95

## 5. Функции Бесселя для расчетов нестационарной теплопроводности

**Таблица 5.1 - Функции Бесселя первого рода нулевого и первого порядка  $J_0(x)$  и  $J_1(x)$  [2]**

x	$J_0(x)$	$J_1(x)$	x	$J_0(x)$	$J_1(x)$	x	$J_0(x)$	$J_1(x)$
0,0	1,0000	0,0000	5,0	-0,1776	-0,3276	10,0	-0,2459	0,0435
0,1	0,9975	0,0499	5,1	-0,1443	-0,3371	10,1	-0,2490	0,0184
0,2	0,9900	0,0995	5,2	-0,1103	-0,3432	10,2	-0,2496	-0,0066
0,3	0,9776	0,1483	5,3	-0,0758	-0,3460	10,3	-0,2477	-0,0313
0,4	0,9604	0,1960	5,4	-0,0412	-0,3453	10,4	-0,2434	-0,0555
0,5	0,9385	0,2423	5,5	-0,0068	-0,3414	10,5	-0,2366	-0,0788
0,6	0,9120	0,2867	5,6	0,0270	-0,3343	10,6	-0,2276	-0,1012
0,7	0,8812	0,3290	5,7	0,0599	-0,3241	10,7	-0,2164	-0,1224
0,8	0,8463	0,3688	5,8	0,0917	-0,3110	10,8	-0,2032	-0,1422
0,9	0,8075	0,4059	5,9	0,1220	-0,2951	10,9	-0,1881	-0,1604
1,0	0,7652	0,4400	6,0	0,1506	-0,2767	11,0	-0,1712	-0,1768
1,1	0,7196	0,4709	6,1	0,1773	-0,2559	11,1	-0,1528	-0,1913
1,2	0,6711	0,4983	6,2	0,2017	-0,2329	11,2	-0,1330	-0,2038
1,3	0,6201	0,5220	6,3	0,2238	-0,2081	11,3	-0,1121	-0,2143
1,4	0,5669	0,5419	6,4	0,2433	-0,1816	11,4	-0,0902	-0,2224
1,5	0,5118	0,5579	6,5	0,2601	-0,1538	11,5	-0,0677	-0,2284
1,6	0,4554	0,5699	6,6	0,2740	-0,1250	11,6	-0,0446	-0,2320
1,7	0,3980	0,5778	6,7	0,2851	-0,0953	11,7	-0,0213	-0,2333
1,8	0,3400	0,5815	6,8	0,2931	-0,0652	11,8	0,0020	-0,2323
1,9	0,2818	0,5812	6,9	0,2981	-0,0349	11,9	0,0250	-0,2290
2,0	0,2239	0,5767	7,0	0,3001	-0,0047	12,0	0,0477	-0,2234
2,1	0,1666	0,5683	7,1	0,2991	0,0252	12,1	0,0697	-0,2158
2,2	0,1104	0,5560	7,2	0,2951	0,0543	12,2	0,0908	-0,2060
2,3	0,0555	0,5399	7,3	0,2882	0,0826	12,3	0,1108	-0,1943
2,4	0,0025	0,5202	7,4	0,2786	0,1096	12,4	0,1296	-0,1807
2,5	-0,0484	0,4971	7,5	0,2663	0,1352	12,5	0,1469	-0,1655
2,6	-0,0968	0,4708	7,6	0,2516	0,1592	12,6	0,1626	-0,1487
2,7	-0,1424	0,4416	7,7	0,2346	0,1813	12,7	0,1766	-0,1307
2,8	-0,1850	0,4097	7,8	0,2154	0,2014	12,8	0,1887	-0,1114
2,9	-0,2243	0,3754	7,9	0,1944	0,2192	12,9	0,1988	-0,0912
3,0	-0,2600	0,3391	8,0	0,1716	0,2346	13,0	0,2069	-0,0703
3,1	-0,2921	0,3009	8,1	0,1475	0,2476	13,1	0,2129	-0,0488
3,2	-0,3202	0,2613	8,2	0,1220	0,2580	13,2	0,2167	-0,0271
3,3	-0,3443	0,2207	8,3	0,0960	0,2657	13,3	0,2183	-0,0052
3,4	-0,3643	0,1792	8,4	0,0692	0,2708	13,4	0,2177	0,0166
3,6	-0,3801	0,1374	8,5	0,0419	0,2731	13,5	0,2150	0,0380
3,6	-0,3918	0,0955	8,6	0,0146	0,2728	13,6	0,2101	0,0590
3,7	-0,3992	0,0538	8,7	-0,0125	0,2697	13,7	0,2032	0,0791

**Продолжение таблицы 5.1**

x	J <sub>0</sub> (x)	J <sub>1</sub> (x)	x	J <sub>0</sub> (x)	J <sub>1</sub> (x)	x	J <sub>0</sub> (x)	J <sub>1</sub> (x)
3,8	-0,4026	0,0128	8,8	-0,0392	0,2641	13,8	0,1943	0,0984
3,9	-0,4018	-0,0272	8,9	-0,0652	0,2559	13,9	0,1836	0,1165
4,0	-0,3971	-0,0660	9,0	-0,0903	0,2453	14,0	0,1711	0,1334
4,1	-0,3887	-0,1033	9,1	-0,1142	0,2324	14,1	0,1570	0,1488
4,2	-0,3766	-0,1386	9,2	-0,1368	0,2174	14,2	0,1414	0,1626
4,3	-0,3610	-0,1719	9,3	-0,1577	0,2004	14,3	0,1245	0,1747
4,4	-0,3423	-0,2028	9,4	-0,1768	0,1816	14,4	0,1065	0,1850
4,5	-0,3205	-0,2311	9,5	-0,1939	0,1613	14,5	0,0875	0,1934
4,6	-0,2961	-0,2666	9,6	-0,2090	0,1395	14,6	0,0679	0,1989
4,7	-0,2693	-0,2791	9,7	-0,2218	0,1116	14,7	0,0476	0,2043
4,8	-0,2404	-0,2985	9,8	-0,2323	0,0928	14,8	0,0271	0,2066
4,9	-0,2097	-0,3147	9,9	-0,2403	0,0684	14,9	0,0064	0,2069
						15,0	-0,0142	0 2051

**Таблица 5.2 - Модифицированные функции Бесселя первого рода  
нулевого и первого порядка I<sub>0</sub>(x) и I<sub>1</sub>(x) [2]**

x	I <sub>0</sub> (x)	I <sub>1</sub> (x)	x	I <sub>0</sub> (x)	I <sub>1</sub> (x)
0,0	1,0000	0,0000	3,0	4,881	3,953
0,1	1,0025	0,0501	3,1	5,294	4,326
0,2	1,0100	0,1005	3,2	5,747	4,734
0,3	1,0226	0,1517	3,3	6,243	5,181
0,4	1,0404	0,2040	3,4	6,785	5,670
0,5	1,0635	0,2579	3,5	7,378	6,206
0,6	1,0920	0,3137	3,6	8,028	6,793
0,7	1,1263	0,3719	3,7	8,739	7,436
0,8	1,1665	0,4329	3,8	9,517	8,140
0,9	1,2130	0,4971	3,9	10,369	8,913
1,0	1,2661	0,5652	4,0	11,30	9,76
1,1	1,3262	0,6375	4,1	12,32	10,69
1,2	1,3937	0,7174	4,2	13,44	11,71
1,3	1,4693	0,7973	4,3	14,67	12,82
1,4	1,5534	0,8861	4,4	16,01	14,05
1,5	1,6467	0,9817	4,5	17,48	15,39
1,6	1,7500	1,0848	4,6	19,09	16,86
1,7	1,8640	1,1963	4,7	20,86	18,48
1,8	1,9896	1,3172	4,8	22,79	20,25
1,9	2,1277	1,4482	4,9	24,91	22,20
2,0	2,280	1,591	5,0	27,24	24,34
2,1	2,446	1,746	5,1	29,79	26,68
2,2	2,629	1,914	5,2	32,58	29,25
2,3	2,830	2,098	5,3	35,65	32,08
2,4	3,049	2,298	5,4	39,01	35,18
2,5	3,290	2,517	5,5	42,70	38,59



### Продолжение таблицы 5.2

x	$I_0(x)$	$I_1(x)$	x	$I_0(x)$	$I_1(x)$
2,6	3,553	2,755	5,6	46,74	42,33
2,7	3,842	3,016	5,7	51,17	46,44
2,8	4,157	3,301	5,8	56,04	50,95
2,9	4,503	3,613	5,9	61,38	55,90

### Литература

1. Бажан П.И. и др. Справочник по теплообменным аппаратам. - М.: Машиностроение, 1989. - 265 с.
2. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. - М.: Энергия, 1980. - 288 с.
3. Нащекин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. - М.: Высшая школа, 1980. - 469 с.
4. Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике. - М.: Машиностроение, 1973. - 344 с.
5. Сербии В.В. Теплофизические характеристики материалов, применяемых в строительной индустрии (Справочное пособие). - Макеевка, ДГАСА, 1997, - 61 с.
6. Казанцева Л.К. и др. Вспененные стеклокерамические теплоизоляционные материалы из природного сырья. - Строительные материалы. - 2001. - №4. - С. 33-34.
7. Потапов М.Г. Производство теплоизоляционных материалов из горных пород в ОАО «Новосибирскэнерго». - Строительные материалы. - 2001. - №2. - С. 14-15.
8. Баранов И.М. Новые эффективные строительные материалы для создания конкурентных производств. - Строительные материалы - 2001. - №2. - С. 22-28.

9. Пономарев О.И. и др. Применение эффективного кирпича «Термолюкс» для возведения несущих ограждающих конструкций. - Строительные материалы. - 2001. - №12. - С. 12-13.
10. Комов В.М. Эффективный стеновой материал - поризованная керамика. - Строительные материалы. - 2001. - №12. - С. 14-15.
11. Цопов В.М. Теплоизоляционные материалы и конструкции высокого качества ОАО "Термостепс-МТЛ" - Строительные материалы. - 2001. - №10. - С. 36.
12. Гаркави М.С. и др. Эффективные материалы на основе гипса для малых и средних предприятий. - Строительные материалы. - 2001. - №2 - С. 29.
13. Савостов Н.С. ОАО «Бежицкий огнеупорно-экспериментальный завод». - Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. - 2002. - №1. - С.
14. Колосова М.М. Гранулированное пеностекло - универсальный экологически чистый теплоизоляционный материал. - Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. - 2002. - №1. - С. 12-13.
15. Румянцев Б.М. Пенобетон. Проблемы развития. - Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века. - 2002. - №1. - С. 14-15.
16. Панченко В.А. и др. Газотермолитбетон - эффективный материал для ограждающих конструкций. - Коммунальное хозяйство городов, вып.21. - Киев, Техніка. - 2000. - С. 3-5.
17. Прошин Л.П. и др. Особотяжелые высокопрочные бетоны. - Известия ВУЗов. Строительство. - 2001. - №8. - С. 46-51.
18. Ахмедов Р.Б. и др. Рациональное использование газа в энергетических установках: Справочное руководство. - Л.: Недра, 1990. - 423 с.
19. Казанцев Е.И. Промышленные печи. - М.: Металлургия, 1964. - 451 с.

20. Тепловые и атомные станции. Справочник /под ред. В.А.Григорьева и В.М.Зорина. М.: Стройиздат, 1985. - 100 с.

**Теплотехнические характеристики газов,  
жидкостей и строительных материалов**

Справочное пособие  
для теплотехнических расчетов

Составители:  
Сербин Владимир Артемович  
Остапенко Дмитрий Валериевич  
Чеботарева Ольга Владимировна