

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

по тепломассообмену
для самостоятельных занятий
студентов

Казань 2018

Составители: Валиуллин М.А., Замалеев З.Х., Зиганшин А.М.

УДК 536.24 (075.8)

Справочные таблицы по тепломассообмену для самостоятельных занятий студентов специальности 290109 / КГАСУ. Сост. Валиуллин М.А., Замалеев З.Х., Зиганшин А.М.

«Справочные таблицы» содержат основной материал для самостоятельного решения типовых задач по курсу «Тепломассообмен», служащих для приобретения навыков инженерно-технического расчета процессов и устройств отопительно-вентиляционной техники.

Таблицы содержат теплофизические свойства воздуха, воды и водяного пара, ряда других теплоносителей и конструкционных материалов. Представлены также таблицы и критериальные зависимости для расчета нестационарной теплопроводности, конвективной тепломассоотдачи, теплоотдачи при изменении агрегатного состояния.

Условные обозначения и единицы измерения основных величин теплофизических свойств приведены в системе СИ

$a = \frac{\lambda}{c\rho}$ [м ² /сек]	- температуропроводность;
β [1/К]; [м/сек]	- коэффициент объемного расширения; коэффициент массоотдачи;
c [кДж/кг·град]	- теплоемкость;
C_0 [Вт/ м ² К ⁴]	- коэффициент излучения абсолютно черного тела;
d [м]	- диаметр трубы;
D [м ² /сек]	- коэффициент диффузии;
F [м ²]	- площадь поверхности теплообмена;
g [м ² /сек]	- ускорение силы тяжести;
G [кг/сек]	- массовый расход;
E [Па]	- максимальная упругость водяного пара;
h, H [м]	- высота;
i [кДж/кг]	- энтальпия;
J	- функция Бесселя;
k [Вт/ м ² К]	- коэффициент теплопередачи;
l, L [м]	- длина, определяющий размер;
m [кг]	- масса;
P [Па]	- давление;
q [Вт/ м ²]	- плотность теплового потока
Q [Вт]	- тепловой поток;
r [м]	- радиус трубы;
R [м ² К/Вт]	- термическое сопротивление;
t [°С], T [К]	- температура;
Δt [град]	- температурный напор;
t_n [°С],	- температура насыщения;
V [м ³]	- объем;
w [м/сек]	- скорость;
α [Вт/ м ² К]	- коэффициент теплоотдачи;
δ [м]	- толщина;
ε	- степень черноты;
λ [Вт/ мК]	- коэффициент теплопроводности;
μ [н ·сек/м ²]	- динамический коэффициент вязкости;
ν [м ² /сек]	- кинематический коэффициент вязкости;
ρ [кг/м ³]	- плотность;
τ [сек]	- время;
φ [%]	- относительная влажность;
θ	- безразмерная температура;

КРИТЕРИИ ПОДОБИЯ

$$Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$$

- критерий Нуссельта;

$$Re = \frac{wl}{\nu}$$

- критерий Рейнольдса;

$$Pe = \frac{wl}{a}$$

- критерий Пекле;

$$Ga = \frac{gl^3}{\nu^2}$$

- критерий Галилея;

$$Gr = \frac{gl^3 \beta \Delta t}{\nu^2}$$

- критерий Грасгофа;

$$Pr = \frac{\gamma}{a}$$

- критерий Прандтля;

$$Ra = Gr \cdot Pr = \frac{gl^3 \beta \Delta t}{\nu^2}$$

- критерий Релея;

$$Bi = \frac{\alpha l}{\lambda}$$

- критерий Био;

$$Fo = \frac{a\tau}{l^2}$$

- критерий Фурье;

$$Ar = \frac{gl^3}{\nu} \frac{\Delta\rho}{\rho}$$

- критерий Архимеда;

$$Nu = \frac{\beta l}{D}$$

- диффузионный критерий Нуссельта;

$$Pr_D = \frac{\nu}{D}$$

- диффузионный критерий Прандтля.

**Соотношения между единицами измерения
в различных системах**

Давление	$1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2 = 0,102 \text{ мм вод.ст.} = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт.ст.}$
Энергия, количество теплоты	$1 \text{ Дж} = 0,239 \text{ кал}$
Мощность, тепловой поток	$1 \text{ Вт} = 0,86 \text{ ккал/ч}$
Плотность теплового потока	$1 \text{ Вт/м}^2 = 0,8598 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч)}$
Теплосодержание, теплота фазового превращения	$1 \text{ Дж/кг} = 0,23885 \cdot 10^{-3} \text{ ккал/кг}$
Коэффициент теплопроводности	$1 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)} = 0,86 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)}$
Коэффициент теплоотдачи, теплопередачи	$1 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} = 0,8598 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)}$
Кинематический коэффициент вязкости, коэффициент температуропроводности, коэффициент диффузии	$1 \text{ м}^2/\text{с} = 3600 \text{ м}^2/\text{ч}$
Плотность потока массы	$1 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2) = 3600 \text{ кг/(ч} \cdot \text{м}^2)$
Коэффициент масоотдачи	$1 \text{ м/с} = 3600 \text{ м/ч}$

Таблица 2

Теплофизические свойства некоторых материалов

Наименование материалов	t °С	ρ кг/м ³	λ Вт/м К	c_p , кДж/кгК	$a \cdot 10^6$ м ² /с
1	2	3	4	5	6

Металлы и сплавы

Алюминий	0	2700	209,3	0,896	86,7
Бронза (95% Cu, 5% Al)	20	8660	83,0	0,410	23,3
Дюралюминий (94-95% Al, 3-5% Cu)	20	2800	164,4	0,883	66,7
Железо	0	7880	74,4	0,440	21,5
Латунь (70% Cu, 30% Zn)	20	8520	110,7	0,385	33,8
Медь	0	8930	389,6	0,368	112,5
Натрий жидкий	100	928	86,1	1,384	66,9
Никель	0	8900	67,4	0,427	17,8
Олово	0	7300	66,3	0,222	41,1
Ртуть	0	13600	8,2	0,139	4,3
Серебро	0	10500	418,7	0,234	170,0
Сталь углеродистая (C=0,5%)	20	7830	53,6	0,456	14,7
Сталь нержавеющая IX18H9T	20	7900	16,0	0,502	4,04
Титан	0	4540	15,1	0,532	6,2
Чугун (C=4%)	20	7270	51,9	0,419	17,0

Неметаллические материалы

Асбест листовой	30	770	0,1163	0,818	0,198
Асфальт	20	2110	0,698	2,09	0,159
Бетон	20	2300	1,28	1,13	0,494
Битум строительный	20	1400	0,27	1,68	-
Бумага обыкновенная	20	-	0,14	1,5	-
Войлок шерстяной	30	330	0,0524	-	-
Гипс	20	1650	0,291	0,88	-
Плита огнеупорная	450	1845	1,04	1,09	0,516
Гравий	20	1840	0,361	-	-

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Графит	20	1600	163	0,83	-
Дуб вдоль волокон	20	700	0,23	2,3	-
Дуб поперек волокон	20	700	0,1	2,3	-
Земля влажная	-	1700	0,658	2,01	0,192
Земля сухая	-	1500	0,1385	-	-
Кварц кристаллический ⊥ оси	0	2500	7,21	0,836	3,34
Кварц кристаллический оси	0	2500	13,6	-	-
Каменный уголь	20	1400	0,136	1,131	1,03
Картон обыкновенный	20	700	0,1744	1,507	0,168
Керамзитобетон на керам- зитовом песке	20	1800	0,66	0,84	-
Керамзитобетон на керам- зитовом песке	20	1000	0,27	0,84	-
Керамзитобетон на керам- зитовом песке	20	500	0,14	0,84	-
Кирпич динасовый	20	1900	0,23	0,78	-
Кирпич глиняный обыкно- венный на цементно- песчаном растворе	20	1800	0,56	0,88	-
Кирпич керамический пус- тотный на цементно- песчаном растворе	20	1600	0,47	0,88	-
Кирпич керамический пус- тотный на цементно- песчаном растворе	20	1200	0,35	0,88	-
Кирпич силикатный на це- ментно-песчаном растворе	20	1800	0,7	0,88	-
Кирпич силикатный пус- тотный на цементно- песчаном растворе	20	1500	0,64	0,88	-
Кирпич силикатный пус- тотный на цементно- песчаном растворе	20	1400	0,52	0,88	-
Кирпич шамотный	20	1900	0,83	0,88	-
Клинкер	30	1400	0,163	1,42	0,114
Кожа	30	1000	0,160	-	-
Лед	0	920	2,25	2,26	1,08
Линолеум	20	1180	0,186	-	-
Мел	50	2000	0,93	0,88	0,531

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Мрамор	90	2700	1,31	0,419	1,15
Опилки древесные	20	200	0,07	-	-
Пакля	20	150	0,05	2,3	-
Парафин	20	920	0,27	-	-
Пенопласт	20	125	0,052	1,26	-
Пенополистирол	20	150	0,05	1,34	-
Пенополистирол	20	40	0,038	1,34	-
Пенополиуретан	20	80	0,041	1,47	-
Пенополиуретан	20	40	0,029	1,47	-
Песок влажный	20	1650	1,130	2,09	0,492
Песок сухой	20	1500	0,326	0,798	2,73
Плексиглас	20	1180	0,183	-	-
Портландцемент	30	1900	0,303	1,13	0,14
Пробковая пластина	30	190	0,042	1,88	0,117
Пробка гранулированная	20	45	0,384	-	-
Резина	0	1200	0,163	1,38	0,0985
Рубероид	20	600	0,174	1,68	-
Сахарный песок	0	1600	0,582	1,26	0,278
Сланец	100	2800	1,49	-	-
Слюда	20	2600	0,4652	0,879	-
Снег	-	560	0,465	2,09	0,398
Совелит	100	450	0,0976	-	-
Сосна вдоль волокон	20	448	0,256	-	-
Сосна (поперек волокон)	20	448	0,107	-	-
Стекло обыкновенное	20	2500	0,7443	0,67	0,444
Стекло кварцевое	20	2210	1,75	-	-
Стекловата	0	200	0,0372	0,67	0,278
Текстолит	20	1300	0,2326	1,465	-
Торфяные плиты	20	300	0,064	2,3	-
Фанера клееная	20	600	0,12	2,3	-
Фарфор	95	2400	1,035	1,09	0,398
Фторопласт	-3	2120	0,0602	0,91	0,031
Целлулойд	30	1400	0,21	-	-
Штукатурка	30	1400	0,21	-	-
Эбонит	20	1200	0,17	-	-

Таблица 3

Коэффициенты для расчета охлаждения или нагрева пластины толщиной 2δ

$Bi = \frac{\alpha\delta}{\lambda}$	ε_1	ε_1^2	P	N	$Bi = \frac{\alpha\delta}{\lambda}$	ε_1	ε_1^2	P	N	$Bi = \frac{\alpha\delta}{\lambda}$	ε_1	ε_1^2	P	N
0,00	0,0000	0,0000	1,000	1,000	0,55	0,6800	0,462	0,836	1,076	6,0	1,3496	1,82	0,273	1,248
0,01	0,0998	0,0100	0,997	1,002	0,60	0,7051	0,497	0,823	1,081	7,0	1,3766	1,90	0,241	1,254
0,02	0,1410	0,0199	0,993	1,003	0,70	0,7506	0,564	0,798	1,092	8,0	1,3978	1,95	0,216	1,257
0,04	0,1987	0,0397	0,987	1,006	0,80	0,7910	0,626	0,774	1,102	90	1,4149	2,00	0,196	1,260
0,06	0,2425	0,0584	0,981	1,010	0,90	0,8274	0,684	0,751	1,111	10	1,1289	2,04	0,180	1,262
0,08	0,2791	0,0778	0,974	1,013	1,00	0,8603	0,740	0,729	1,119	12	1,4420	2,08	0,152	1,265
0,10	0,3111	0,0968	0,967	1,016	1,20	0,9171	0,841	0,689	1,134	14	1,4560	2,12	0,132	1,267
0,12	0,3397	0,1154	0,960	1,020	1,40	0,9649	0,931	0,653	1,148	16	1,470	2,16	0,116	1,268
0,14	0,3656	0,1337	0,954	1,023	1,60	1,0008	1,016	0,619	1,159	18	1,4830	2,20	0,104	1,269
0,16	0,3896	0,1518	0,948	1,026	1,80	1,0440	1,090	0,587	1,169	20	1,4961	2,24	0,094	1,270
0,18	0,4119	0,1697	0,942	1,029	2,00	1,0769	1,160	0,559	1,179	25	1,5070	2,27	0,076	1,271
0,20	0,4328	0,1874	0,936	1,031	2,2	1,1054	1,222	0,535	1,186	30	1,5200	2,30	0,065	1,271
0,22	0,4525	0,2048	0,930	1,034	2,4	1,1300	1,277	0,510	1,193	35	1,5260	2,33	0,056	1,272
0,24	0,4712	0,2220	0,924	1,037	2,6	1,1541	1,332	0,488	1,200	40	1,5325	2,35	0,050	1,272
0,26	0,4889	0,2390	0,918	1,040	2,8	1,1747	1,380	0,468	1,205	50	1,5400	2,37	0,040	1,272
0,28	0,5058	0,2558	0,912	1,042	3,0	1,1925	1,420	0,448	1,210	60	1,5451	2,39	0,0333	1,273
0,30	0,5218	0,2723	0,906	1,045	3,5	1,2330	1,52	0,406	1,221	70	1,5490	2,40	0,0286	1,273
0,35	0,5590	0,3125	0,891	1,052	4,0	1,2646	1,59	0,370	1,229	80	1,5514	2,41	0,0250	1,273
0,40	0,5932	0,3516	0,877	1,058	4,5	1,2880	1,66	0,338	1,235	90	1,5520	2,41	0,0222	1,273
0,45	0,6240	0,3894	0,863	1,064	5,0	1,3138	1,73	0,314	1,240	100	1,2260	2,42	0,0200	1,273
0,50	0,6533	0,4264	0,849	1,070	5,5	1,3340	1,78	0,293	1,244	∞	1,5708	2,467	0,0000	1,273

Таблица 4

Коэффициенты для расчета охлаждения или нагрева длинного цилиндра радиусом r_o

$Bi = \frac{\alpha r_o}{\lambda}$	ε_1	ε_1^2	P_o	N_o	$Bi = \frac{\alpha r_o}{\lambda}$	ε_1	ε_1^2	P_o	N_o	$Bi = \frac{\alpha r_o}{\lambda}$	ε_1	ε_1^2	P_o	N_o
0,00	0,0000	0,0000	1,000	1,000	0,55	0,9808	0,962	0,869	1,124	6,0	2,0490	4,20	0,299	1,527
0,01	0,1412	1,0200	0,998	1,002	0,60	1,0184	1,036	0,858	1,134	7,0	2,0937	4,38	0,262	1,541
0,02	0,1995	0,0398	0,995	1,005	0,70	1,0873	1,184	0,836	1,154	8,0	2,1286	4,53	0,234	1,551
0,04	0,2814	0,0792	0,990	1,010	0,80	1,1490	1,322	0,815	1,172	9,0	2,1566	4,65	0,210	1,560
0,06	0,3438	0,1183	0,985	1,014	0,90	1,2048	1,453	0,795	1,190	10	2,1795	4,75	0,191	1,566
0,08	0,3960	0,1569	0,980	1,019	1,00	1,2558	1,580	0,774	1,208	12	2,2181	4,92	0,161	1,575
0,10	0,4417	0,1951	0,975	1,024	1,20	1,3450	1,81	0,738	1,239	14	2,2428	5,03	0,137	1,581
0,12	0,4726	0,2329	0,970	1,029	1,40	1,4250	2,03	0,704	1,268	16	2,2627	5,12	0,120	1,585
0,14	0,5200	0,2704	0,965	1,034	1,60	1,4900	2,22	0,671	1,295	18	2,2760	5,18	0,106	1,588
0,16	0,5545	0,3075	0,960	1,039	1,80	1,5460	2,39	0,639	1,319	20	2,2890	5,24	0,095	1,590
0,18	0,5868	0,3443	0,956	1,044	2,00	1,5994	2,55	0,610	1,340	25	2,3108	5,34	0,076	1,595
0,20	0,6170	0,3807	0,951	1,048	2,2	1,6432	2,70	0,584	1,357	30	2,3261	5,41	0,065	1,598
0,22	0,6455	0,4167	0,946	1,053	2,4	1,6852	2,84	0,558	1,375	35	2,3366	5,46	0,056	1,600
0,24	0,6726	0,4524	0,941	1,057	2,6	1,7234	2,97	0,534	1,392	40	2,3455	5,50	0,050	1,602
0,26	0,6983	0,4877	0,937	1,062	2,8	1,7578	3,09	0,513	1,406	50	2,3572	5,55	0,040	1,603
0,28	0,7229	0,5226	0,932	1,067	3,0	1,7887	3,20	0,492	1,420	60	2,3651	5,59	0,0333	1,604
0,30	0,7465	0,5572	0,927	1,071	3,5	1,8547	3,44	0,446	1,449	70	2,3707	5,62	0,0286	1,604
0,35	0,8012	0,642	0,915	1,082	4,0	1,9081	3,64	0,407	1,472	80	2,3750	5,64	0,0250	1,605
0,40	0,8516	0,726	0,903	1,093	4,5	1,9519	3,81	0,374	1,489	90	2,3791	5,66	0,0222	1,605
0,45	0,8978	0,806	0,891	1,103	5,0	1,9898	3,96	0,345	1,504	100	2,3809	5,67	0,0200	1,606
0,50	0,9408	0,888	0,880	1,114	5,5	2,0224	4,09	0,320	1,516	∞	2,4048	5,784	0,0000	1,606

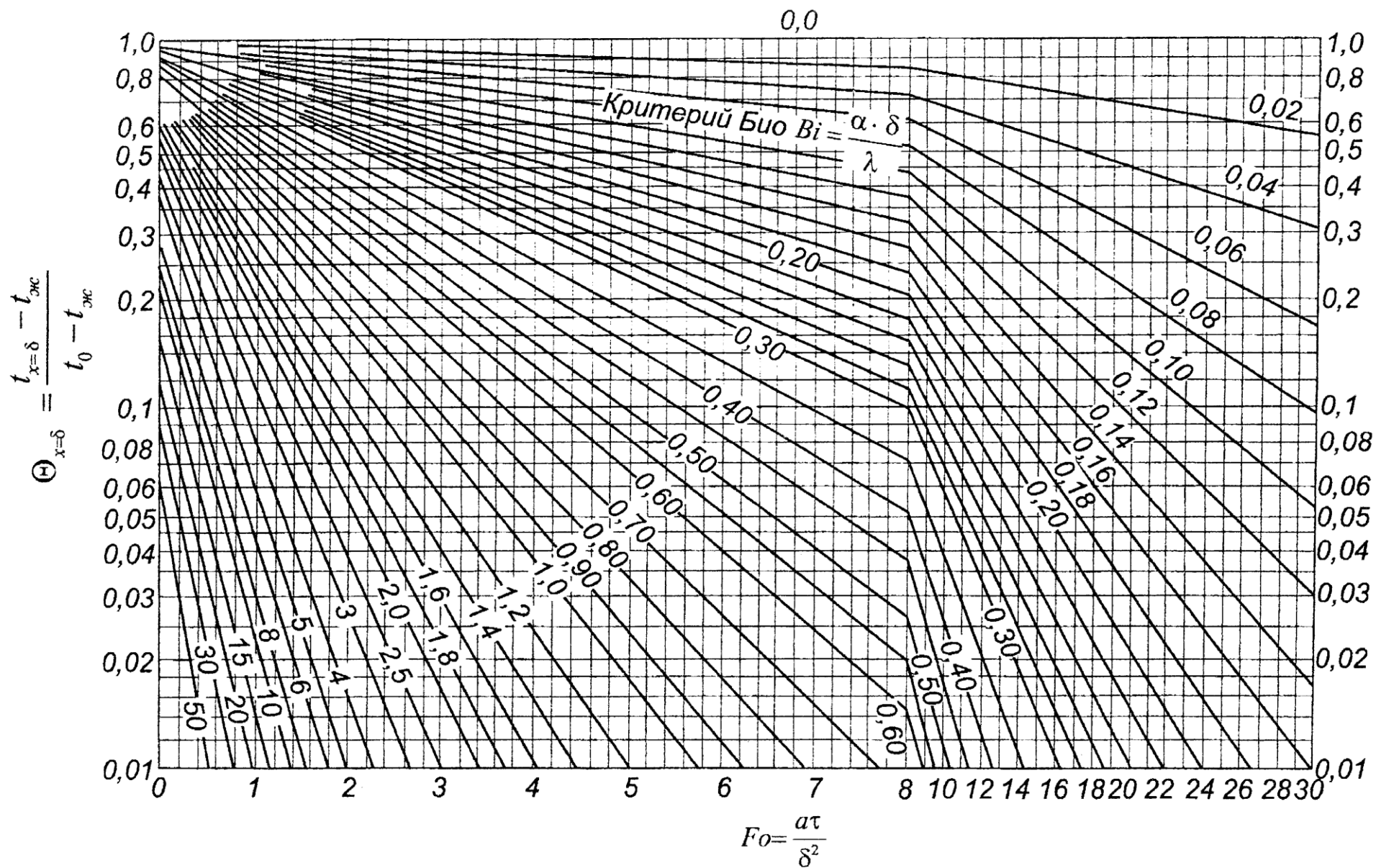


Рис. 1. Зависимость $\Theta = f_2(Fo, Bi)$ для поверхности тонкой пластины

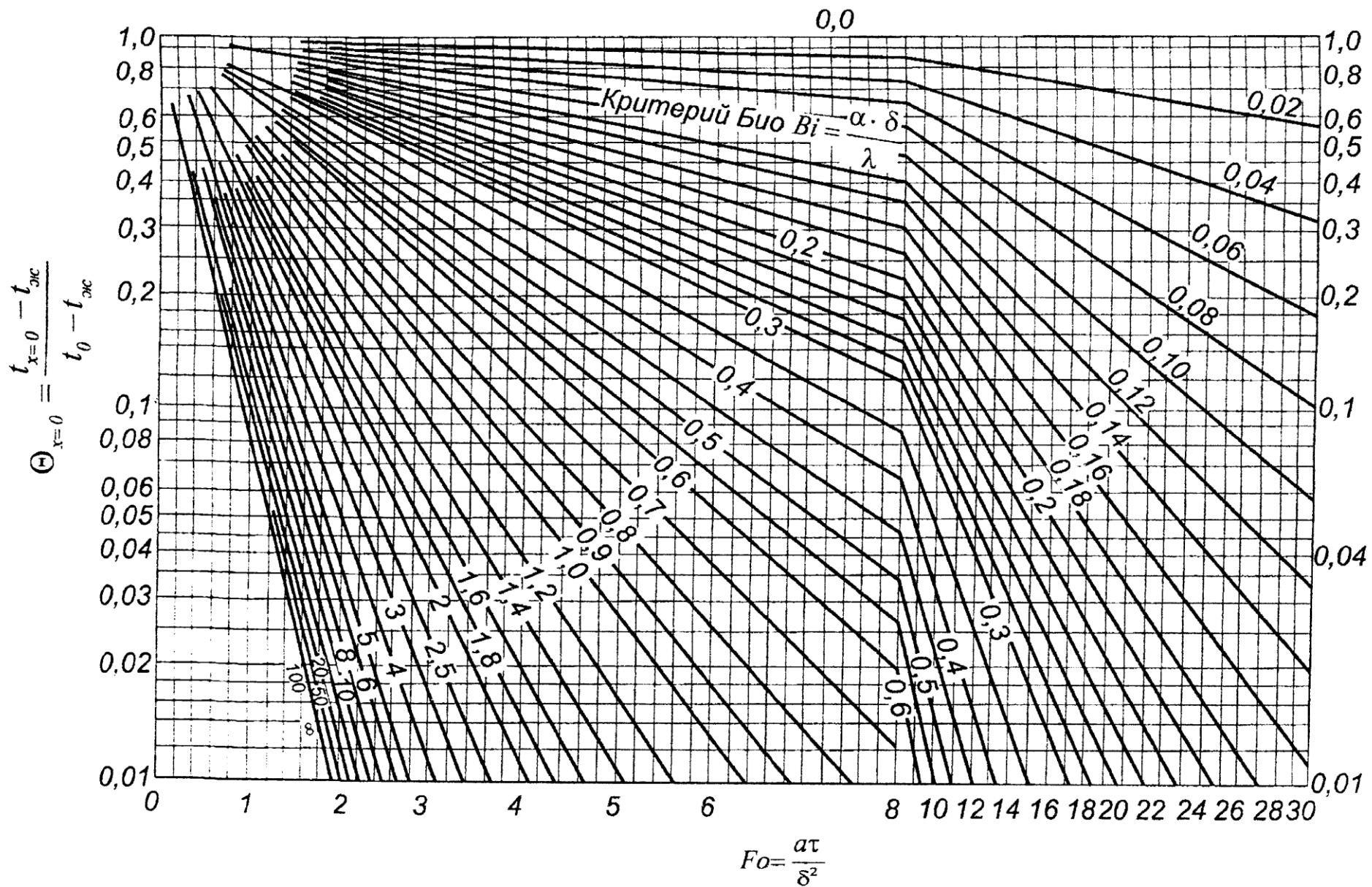


Рис. 2. Зависимость $\Theta = f_2(Fo, Bi)$ для середины тонкой пластины

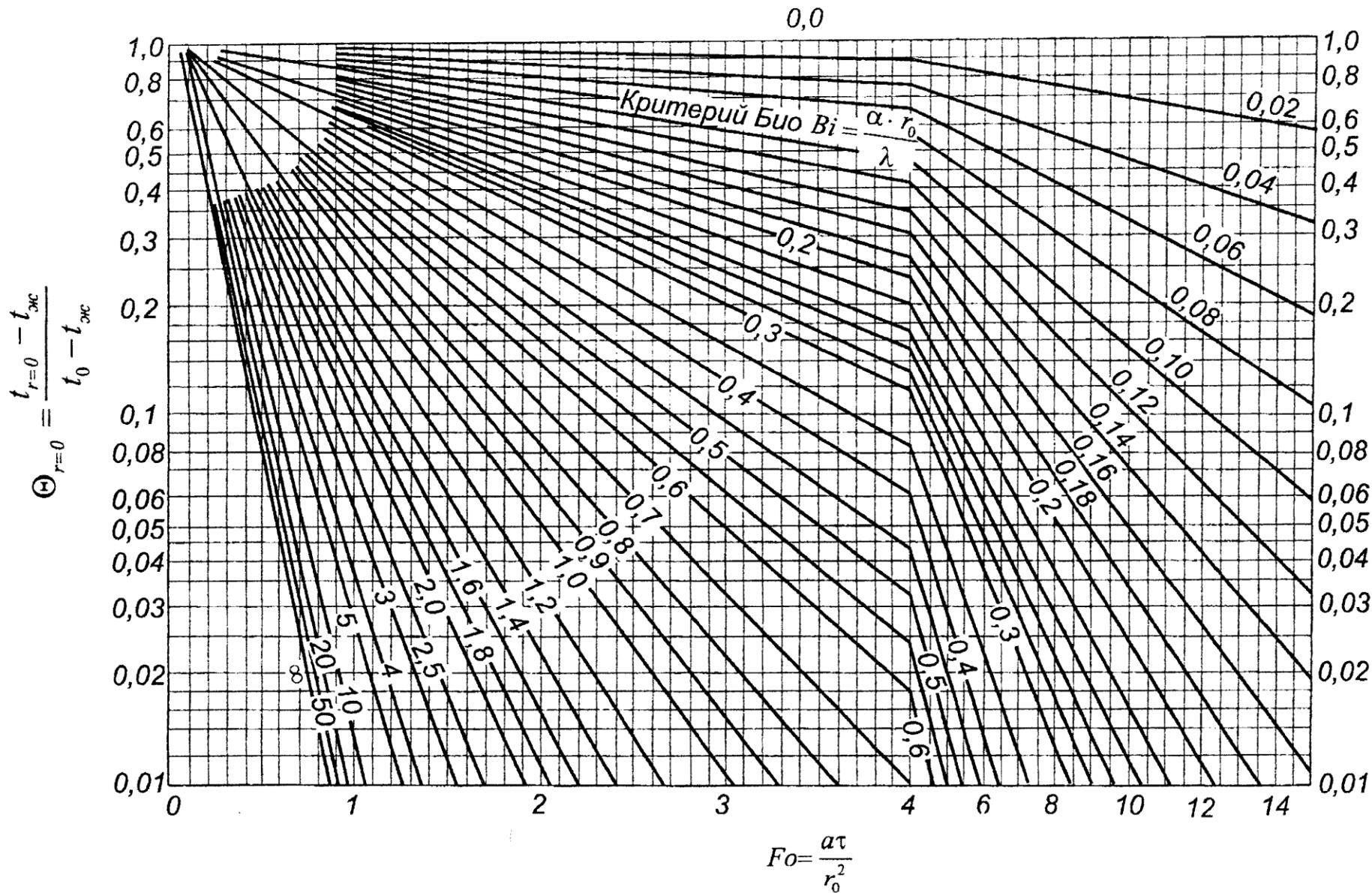


Рис 3. Зависимость $\Theta = f_2(Fo, Vi)$ для оси цилиндра

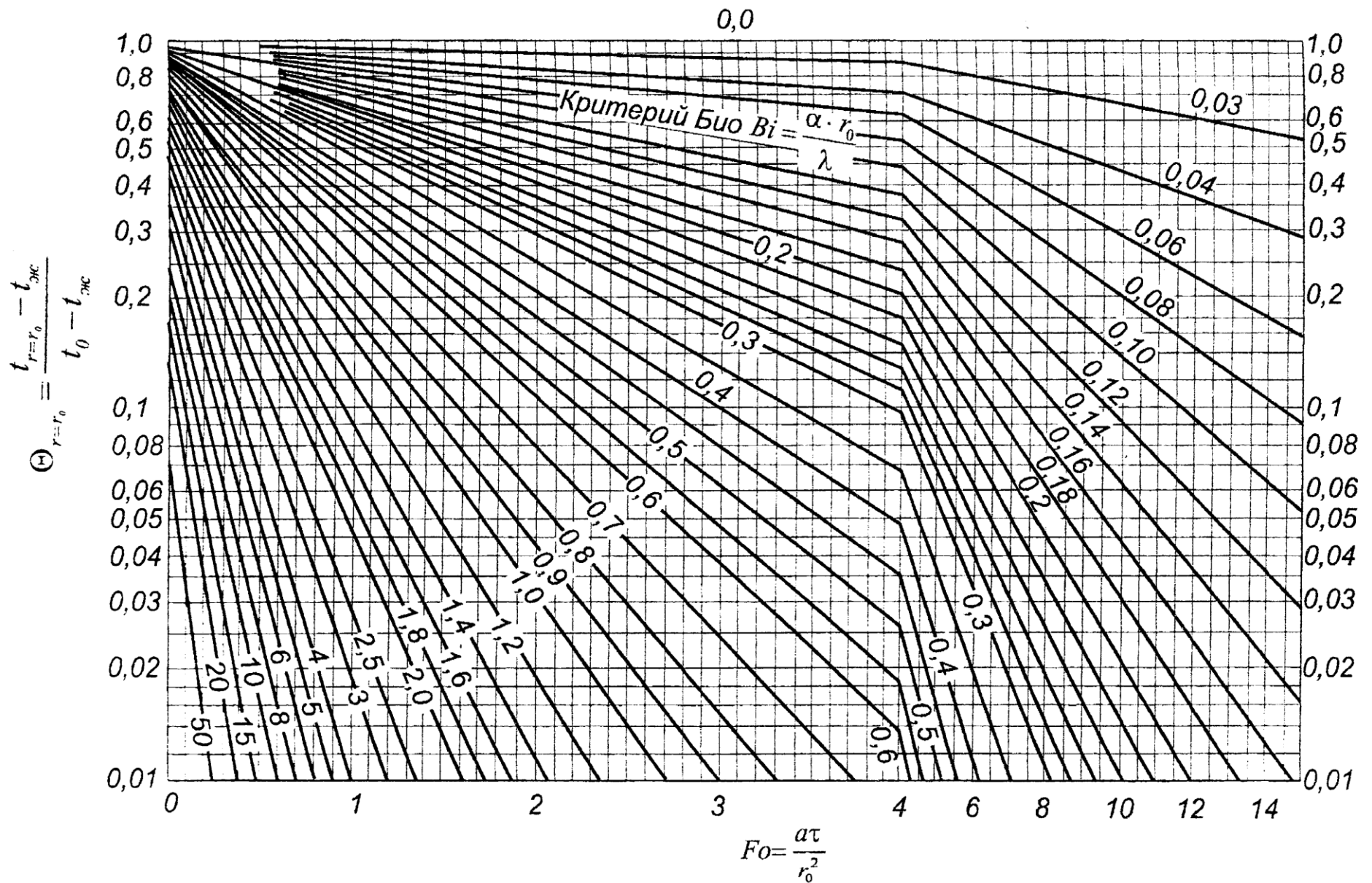
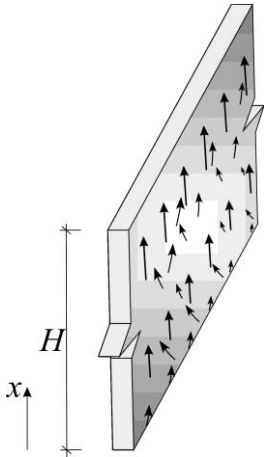


Рис 4. Зависимость $\Theta = f_2(Fo, Bi)$ для поверхности цилиндра

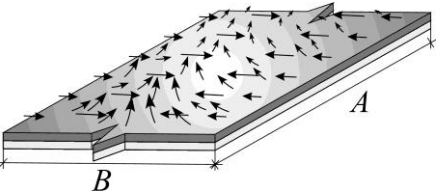
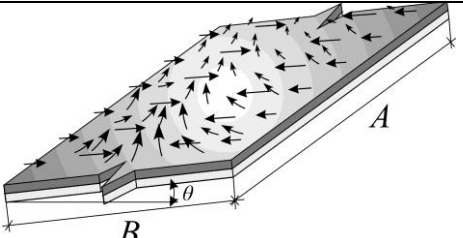
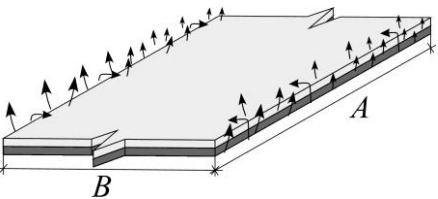
Теплообмен при естественной конвекции

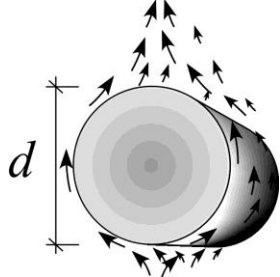
$\overline{Nu} = \overline{\alpha} \cdot l / \lambda = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n + K$ - осредненное число Nu; l – определяющий размер, м; теплофизические свойства

жидкости определяются при $t_{cp} = \frac{t_{cm} + t_{жс}}{2}$.

Форма сечения	C	n	K	Режим течения	Определяющий размер	
	\overline{Nu}	$\frac{0,67}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{9/16}\right]^{4/9}}$	$1/4$	0,68	$Ra < 1 \cdot 10^9$	H
	$\sqrt{\overline{Nu}},$ $\sqrt{Nu_x}$	$\frac{0,387}{\left[1 + \left(\frac{0,492}{Pr}\right)^{9/16}\right]^{8/27}}$	$1/6$	0,825	$Ra > 1 \cdot 10^9$	H – при вычислении \overline{Nu} , и x – при вычислении Nu_x

Продолжение таблицы 5

	0,54	1/4	0	$10^4 < Ra < 10^7$	$l = F/P$, при $A/B < 10$, F - площадь пластины, m^2 ; P - периметр пластины, м; $l = B$, при $A/B > 10$.
	0,14	1/3	0	$10^7 < Ra < 10^{11}$	
	См. примечание 1.				
	0,27	1/4	0	$10^5 < Ra < 10^{11}$	

	0,47	1/4	0	$10^4 < Ra < 10^9$	<i>d</i>
	0,1	1/3	0	$Ra > 10^9$	

Примечание.

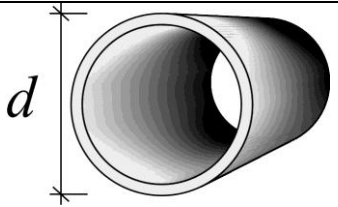
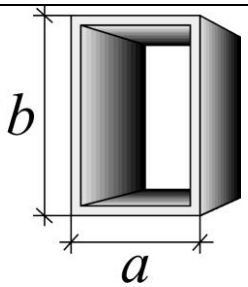
1. При расчете теплоотдачи наклонной пластины нагреваемой сверху, рекомендуется провести расчет для вертикальной пластины, где при расчете критерия Gr вместо g нужно использовать $g \cdot \cos(\theta)$, затем рассчитать теплоотдачу по формулам для горизонтальной пластины, только вместо g нужно подставить $g \cdot \sin(\theta)$, и за расчетное принять большее из получившихся значений.

Теплообмен при вынужденном движении жидкости

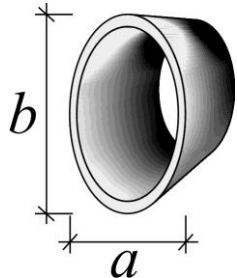
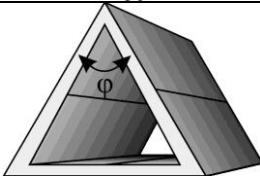
В трубах различного поперечного сечения

$\overline{Nu} = \overline{\alpha} \cdot l / \lambda = C \cdot Re^m \cdot Pr^n \cdot K$; $l = 4F / P$; F – площадь сечения трубы, m^2 ; P – периметр сечения трубы, м; теплофизические свойства жидкости определяются при $t_{cp} = \frac{t_{cm} + t_{жс}}{2}$.

Таблица 6

Форма сечения		C	m	n	K	Режим течения	Определяющий размер
		1,86	1/3	1/3	$\left(\frac{d}{l}\right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_{ст}}\right)^{0,14}$	Re < 2000, вблизи от входа в трубу (до 10D)	d
		3,66	0	0	1	Re < 2000, на расстоянии более 10D	
		0,023	0,8	0,4	1	Re > 2000 (для газов)	
		0,0270	0,8	0,33	$\left(\frac{\mu}{\mu_{ст}}\right)^{0,14}$	Re > 2000, 0,6 < Pr < 100 (жидкости)	
	$a/b=1$	2,98	0	0	1	Re < 2000	$D_h = 4F / P$
	2	3,39	0	0	1		
	3	3,96	0	0	1		
	4	4,44	0	0	1		
	6	5,14	0	0	1		
	8	5,60	0	0	1		

Продолжение таблицы 6

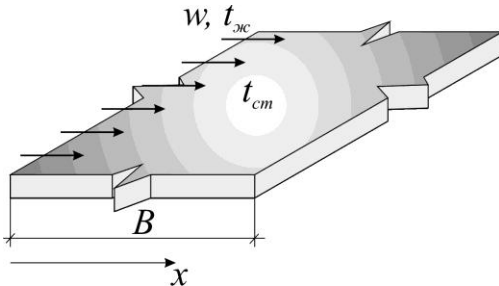
	∞	7,54	0	0	1	Re<2000	$l = 4F / P$
	$a/b=1$	3,66	0	0	1		
	2	3,74	0	0	1		
	4	3,79	0	0	1		
	8	3,72	0	0	1		
	16	3,65	0	0	1		
	$\varphi=10^\circ$	1,61	0	0	1	Re<2000	$l = 4F / P$
	30°	2,26	0	0	1		
	60°	2,47	0	0	1		
	90°	2,34	0	0	1		
	120°	2,00	0	0	1		

При внешнем обтекании тел различного поперечного сечения

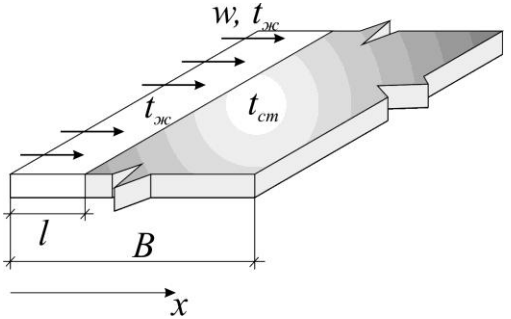
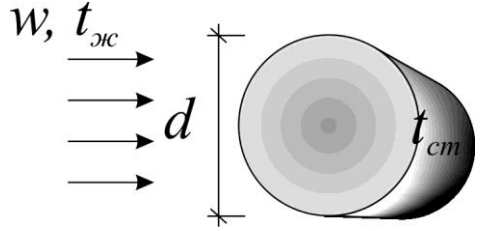
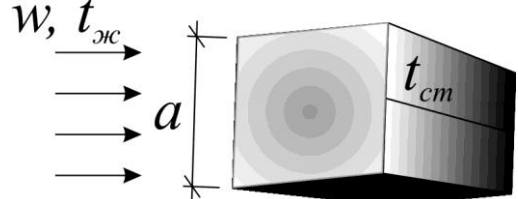
$$Q = \alpha \cdot F (t_{cm} - t_{жс})$$

$Nu_x = \alpha \cdot x / \lambda = C \cdot Re_x^m \cdot Pr^n$ - локальное значение числа Nu в точке x ; $\overline{Nu}_x = \overline{\alpha} \cdot l / \lambda = C \cdot Re^m \cdot Pr^n$ - среднее значение числа Nu для площади поверхности нагрева от начала пластины до расстояния x ; теплофизические свойства жидкости определяются при $t_{cp} = \frac{t_{cm} + t_{жс}}{2}$.

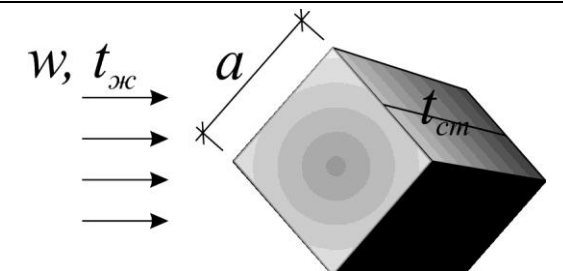
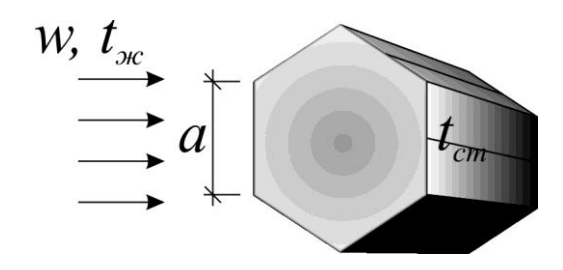
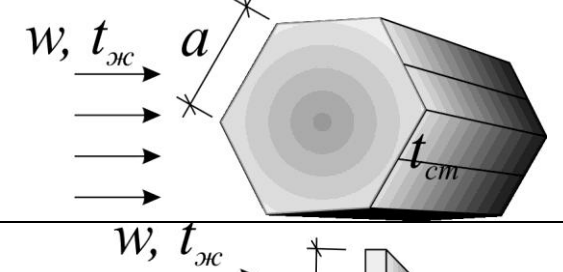
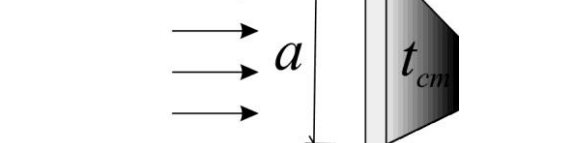
Таблица 7

Форма сечения		C	m	n	Режим течения	Определяющий размер
пластина нагревается сначала ($x=0$) 	Nu_x	0,332	1/2	1/3	$Re < 5 \cdot 10^5$	x
	\overline{Nu}_x	0,664	1/2	1/3		B
	Nu_x	0,029	4/5	1/3	$Re > 5 \cdot 10^5$	x
	\overline{Nu}_x	0,037	4/5	1/3		B
пластина нагревается с $x=l$	Nu_x	$\frac{0,332}{\left[1 - \left(\frac{l}{x}\right)^{3/4}\right]^{1/3}}$	1/2	1/3	$Re < 5 \cdot 10^5$	x
	\overline{Nu}_x	$\frac{0,664 \cdot \left[1 - \left(\frac{l}{x}\right)^{3/4}\right]^{2/3}}{1 - \left(\frac{l}{x}\right)}$	1/2	1/3		x

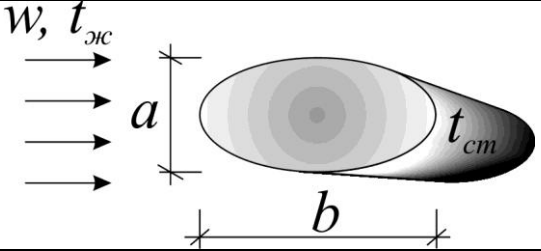
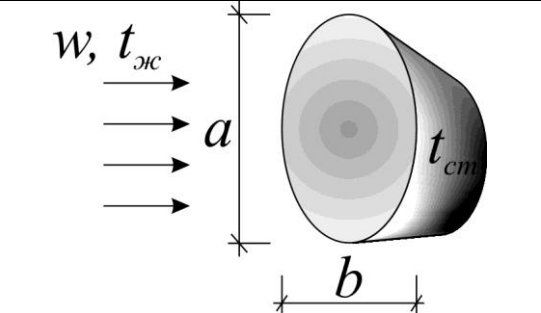
Продолжение таблицы 7

	Nu _x	$\frac{0,029}{\left[1 - \left(\frac{l}{x}\right)^{9/10}\right]^{1/9}}$	4/5	1/3	Re > 5 · 10 ⁵	x
	\overline{Nu}_B	$\frac{0,037 \cdot \left[1 - \left(\frac{l}{x}\right)^{9/10}\right]^{8/9}}{1 - \left(\frac{l}{x}\right)}$	4/5	1/3		B
		0,989	0,33	1/3	0,4 < Re < 4	d
		0,911	0,385	1/3	4 < Re < 40	
		0,683	0,466	1/3	40 < Re < 4000	
		0,193	0,618	1/3	4 · 10 ³ < Re < 4 · 10 ⁴	
		0,027	0,805	1/3	4 · 10 ⁴ < Re < 4 · 10 ⁵	
		0,178	0,699	1/3	2,5 · 10 ³ < Re < 8 · 10 ³	$\frac{4a}{\pi}$
		0,102	0,675	1/3	5 · 10 ³ < Re < 1 · 10 ⁵	

Продолжение таблицы 7

	0,290	0,624	1/3	$2,5 \cdot 10^3 < Re < 7,5 \cdot 10^3$	$\frac{4a}{\pi}$
	0,246	0,588	1/3	$5 \cdot 10^3 < Re < 1 \cdot 10^5$	
	0,160	0,638	1/3	$5 \cdot 10^3 < Re < 1,95 \cdot 10^4$	$\frac{6a}{\pi}$
	0,039	0,782	1/3	$1,95 \cdot 10^4 < Re < 1 \cdot 10^5$	
	0,153	0,638	1/3	$5 \cdot 10^3 < Re < 1 \cdot 10^5$	$\frac{6a}{\pi}$
	0,228	0,731	1/3	$4 \cdot 10^3 < Re < 1,5 \cdot 10^4$	a

Продолжение таблицы 7

	0,248	0,612	1/3	$2,5 \cdot 10^3 < Re < 1,5 \cdot 10^4$	$\sqrt{2(a^2 + b^2)}$
	0,094	0,804	1/3	$3 \cdot 10^3 < Re < 1,5 \cdot 10^4$	$\sqrt{2(a^2 + b^2)}$

При омывании пучков труб

$$\overline{Nu} = C \cdot Re_{жс,d}^m \cdot Pr_{жс}^{0,36} \cdot (Pr_{жс}/Pr_c)^n \cdot K_N \cdot K_\varphi,$$

$Re_{жс,d} = \frac{w_{max} \cdot d}{\nu}$, w_{max} – максимальная скорость внутри пучка, м/с; d – диаметр труб пучка, м; ν – кинематическая вязкость жидкости, м²/с; $n=0$ для газов и $n=1/4$ для жидкостей.

При коридорном расположении труб в пучке максимальная скорость жидкости развивается в поперечном сечении между трубами пучка (l_n), и $w_{max} = \frac{S_1}{S_1 - d} \cdot w$. При шахматном расположении, в случае если расстояние между трубами по диагонали ($2l_\delta$) больше расстояния между трубами в поперечном сечении (l_n), тогда скорость жидко-

сти максимальна в поперечном сечении, и ее можно определить по формуле для коридорного расположения труб. В случае же если $2 l_{\theta} < l_n$, скорость максимальна в диагональном сечении, и определяется по формуле

$$w_{max} = \frac{S_1}{2(S_3 - d)} \cdot w, \text{ где } S_3 = \sqrt{S_1^2 + (S_2/2)^2} - \text{расстояние между трубами в диагональном сечении. } K_N - \text{коэффициент}$$

учитывающий неравномерность теплоотдачи рядов труб в пучке, определяется в зависимости от номера ряда по ходу движения жидкости N по рис. 5; K_{φ} – коэффициент учитывающий изменение теплоотдачи пучков труб при омывании их жидкостью под углом φ – определяется по графику на рис. 6.

Таблица 8

Расположение пучков		C	m	Режим течения
<p>коридорное</p>		0,52	0,5	$100 < Re_{ж,d} < 10^3$
	$S_1 / S_2 \geq 0,7$	0,27	0,63	$10^3 < Re_{ж,d} < 2 \cdot 10^5$
		0,033	0,8	$2 \cdot 10^5 < Re_{ж,d}$
шахматное		0,71	0,5	$100 < Re_{ж,d} < 10^3$
	$S_1 / S_2 \leq 2$	$0,35 \cdot (S_1 / S_2)^{0,2}$	0,6	$10^3 < Re_{ж,d} < 2 \cdot 10^5$

	$S_1/S_2 > 2$	0,4	0,6	
		$0,031 \cdot (S_1/S_2)^{0,2}$	0,8	$2 \cdot 10^5 < Re_{ж, d}$

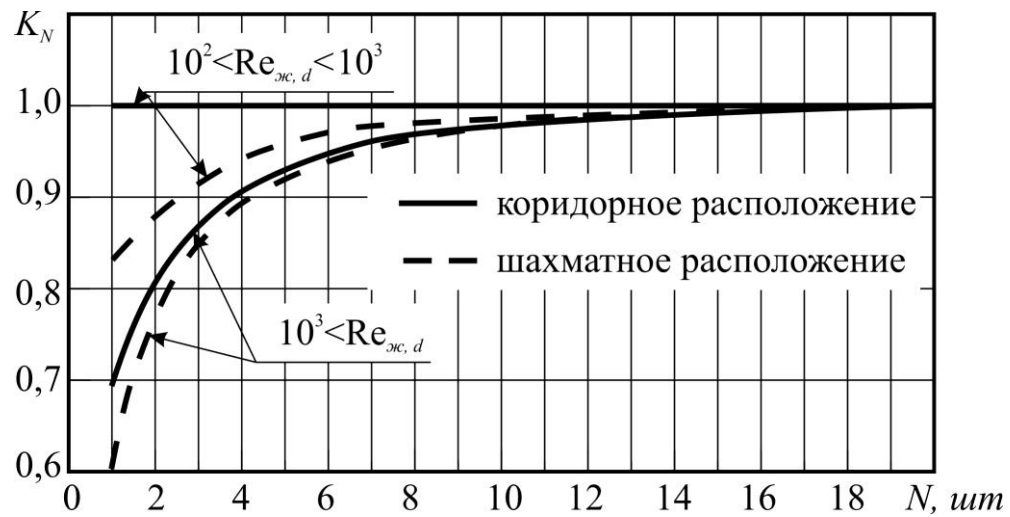


Рис. 5.

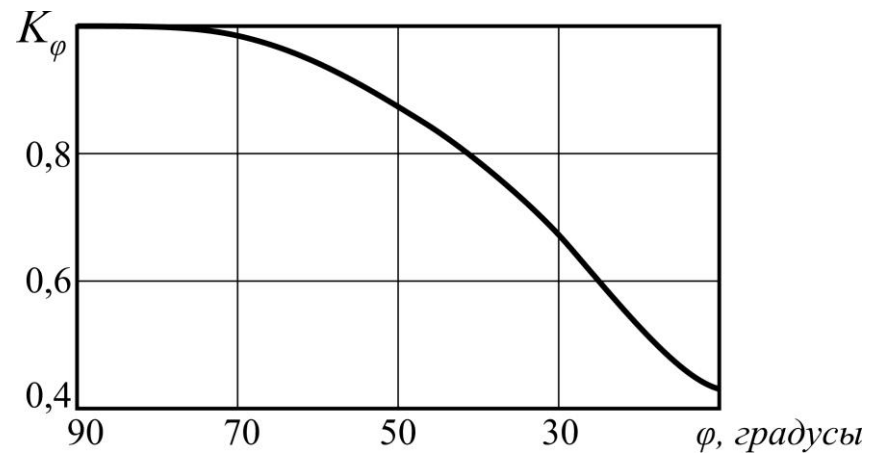


Рис. 6

Теплоотдача при кипении и конденсации

Теплоотдача при кипении жидкостей в условиях свободного движения - $10^{-5} < Re_* < 10^4$

$$Nu_* = c Re_*^n \cdot Pr_{жс},$$

где $c=0,0625$ и $n=0,50$ при $Re_* < 10^{-2}$;
 $c=0,1250$ и $n=0,65$ при $Re_* < 10^{-2}$;

В этом уравнении

$$Nu_* = \frac{\alpha \cdot l_*}{\lambda_{жс}}, \quad Re_* = \frac{W_* \cdot l_*}{\nu_{жс}},$$

где приведенная скорость парообразования

$$W_* = \frac{q}{r \cdot \rho''}, \text{ м/с}$$

а величина

$$l_* = (c_p \cdot \rho' \cdot \sigma \cdot T_H) / (r \cdot \rho'')^2, \text{ м}$$

Все физические свойства выбираются при температуре насыщения t_H .

Теплоотдача при пленочной конденсации неподвижного пара на вертикальной поверхности для ламинарного течения пленки -

$$Re_H < 1600 \text{ и } z_H < 2300$$

$$Re_H = 3,8 z_H^{0,78} \cdot (Pr_H / Pr_c)^{0,25},$$

где $Re_H = \alpha \cdot \Delta t \cdot H \cdot B$ – приведенный критерий Рейнольдса;

$z_H = \Delta t \cdot H \cdot A$ – приведенная длина поверхности;

$\Delta t = t_H - t_c$ – температурный напор;

A, B - комплексы, значения которых для воды приведены в таблице

$t_H,$ $^{\circ}C$	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
$A,$ $1/M \cdot ^{\circ}C$	5,16	11,4	20,9	34,5	51,5	70,3	94,0	122	150	182	218
$B \cdot 10^3,$ $м$	1,62	2,55	3,64	4,89	6,29	7,67	9,31	11,1	12,9	15,1	17,7

Теплоотдача при пленочной конденсации неподвижного пара на вертикальной поверхности при смешанном течении пленки -

$$230 < z_H < 3900$$

$$Re_H = [253 + 0,062(Pr_H/Pr_c)^{0,25} \cdot Pr_H^{0,5} (z_H - 2300)]^{1,33}.$$

Теплоотдача при пленочной конденсации неподвижного пара на горизонтальных трубах при ламинарном течении пленки -

$$z_H < 3900;$$

$$Re_H = 3,5 z_H^{0,75} (Pr_H/Pr_c)^{0,25}.$$

В критериях Re_H и z_H вместо H нужно подставлять πr , где r – радиус трубы, м.

Тепломассоотдача при испарении жидкости в парообразную среду в условиях естественной конвекции

$$Nu = 5(Ar \cdot Pr)^{0,104}$$

при $(Ar \cdot Pr) = 3 \cdot 10^6 \div 2 \cdot 10^8$;

$$Nu_D = 0,66 (Ar \cdot Pr_D)^{0,26}$$

при $(Ar \cdot Pr_D) = 3 \cdot 10^6 \div 2 \cdot 10^8$.

Тепломассоотдача при испарении жидкости в парогазовую среду в условиях вынужденной конвекции

$$Nu = A \cdot Re^n \cdot Pr^{0,33} \cdot Gu^{0,175} \cdot \theta^2;$$

$$Nu_d = B \cdot Re^n \cdot Pr_d^{0,33} \cdot Gu^{0,135} \cdot \theta^2.$$

В этих уравнениях

$Gu = \frac{T_c - T_m}{T_c}$, $\theta = \frac{T_c}{T_n}$, T_c , T_m – абсолютные температуры среды по сухому и мокрому термометрам, T_n – абсолютная температура поверхности жидкости.

Значения A, B и n в зависимости от числа Рейнольдса приведены в таблице

Re	A	B	n
$3,15 \cdot 10^3 \div 2,2 \cdot 10^4$	0,51	0,49	0,61
$2,2 \cdot 10^4 \div 3,15 \cdot 10^5$	0,027	0,0248	0,9

Таблица 9

**Теплофизические свойства сухого воздуха
при давлении 101325 Па (760мм рт.ст.)**

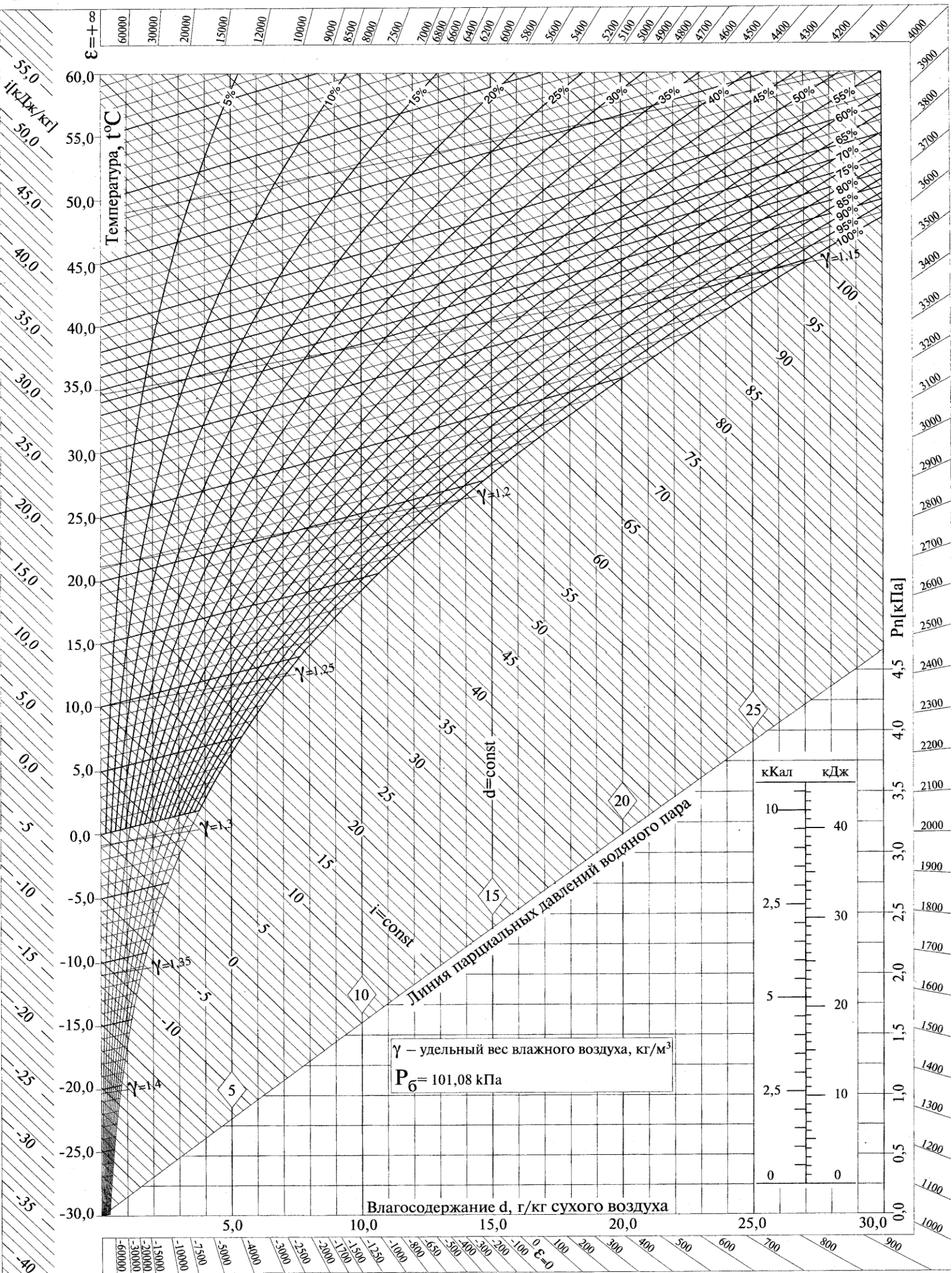
t, °C	ρ , кг/м ³	c_p , кДж/кг·К	$\lambda \cdot 10^2$ Вт/м·К	$a \cdot 10^6$ м ² /с	$\mu \cdot 10^6$, Па·с	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	Pr
1	2	3	4	5	6	7	8
-50	1,584	1,013	2,04	12,7	14,6	9,23	0,728
-40	1,515	1,013	2,12	13,8	15,2	10,04	0,728
-30	1,453	1,013	2,20	14,9	15,7	10,80	0,723
-20	1,395	1,009	2,28	16,2	16,2	12,79	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	24,03	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	27,2	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
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	0,686
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	0,712
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

Для удобства проведения расчетов с использованием компьютерных программ (Excell, Mathcad и т.д.) можно использовать следующие зависимости для определения основных теплофизических свойств воздуха при атмосферном давлении и соответствующей абсолютной температуре – T (K):

Таблица 10

Параметр	Формула	Размерность	Диапазон температур, K
Плотность	$\rho(T) = \frac{353}{T}$	кг/м ³	100÷300 0
Динамическая вязкость	$\mu(T) = \frac{145,8 \cdot T^{1,5}}{T + 110,4} \cdot 10^{-8}$	кг/м·с	100÷300 0
Кинематическая вязкость	$\nu(T) = \frac{\mu(T)}{\rho(T)}$	м ² /с	100÷300 0
Теплопроводность	$\lambda(T) = \frac{0,6325 \cdot 10^{-5} \cdot \sqrt{T}}{\left(1 + \frac{245,4 \cdot 10^{-\frac{12}{T}}}{T}\right)} \cdot 2,388 \cdot 10^{-3}$	Вт/м·K	100÷300 0
Изобарная теплоемкость	$c_p(T) = 0,000040074 \cdot T^2 - 0,20182 \cdot T + 1030,8$	Дж/кг·K	240÷500
Температуропроводность	$a(T) = 1,302 \cdot 10^{-10} \cdot T^2 + 5,893 \cdot 10^{-6} \cdot T - 7,283 \cdot 10^{-6}$ или $a(T) = \frac{\lambda(T)}{c_p(T) \cdot \rho(T)}$	м ² /с	250÷500
Число Прандтля	$Pr(T) = \frac{\nu(T)}{a(T)}$	–	

i-d диаграмма влажного воздуха



**Термодинамические свойства сухого насыщенного водяного пара
и воды на линии насыщения**

t, °C	p, Мпа	v', м ³ /кг	v'', м ³ /кг	i', кДж/кг	i'', кДж/кг	s', кДж/кг·К	s'', кДж/кг·К
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0,000611	0,0010002	206,3	0,0	2500,8	0,0	9,1544
10	0,001227	0,0010004	106,42	42,04	2519,2	0,1511	8,8995
20	0,002337	0,0010018	57,84	83,90	2537,2	0,2964	8,6663
30	0,004241	0,0010044	32,93	125,69	2555,6	0,4367	8,4523
40	0,007375	0,0010079	19,55	167,51	2573,6	0,5723	8,2560
50	0,012335	0,0010121	12,05	209,30	2591,6	0,7038	8,0751
60	0,01992	0,0010171	7,678	251,12	2609,2	0,8311	7,9084
70	0,03116	0,0010228	5,045	292,99	2626,4	0,9550	7,7544
80	0,04736	0,0010290	3,409	334,94	2643,1	1,0752	7,6116
90	0,07011	0,0010359	2,361	376,98	2659,5	1,1924	7,4785
100	0,101325	0,0010435	1,673	419,10	2675,8	1,3071	7,3545
110	0,14327	0,0010515	1,210	461,34	2691,3	1,4185	7,2386
120	0,19854	0,0010603	0,8917	503,7	2706,3	1,5278	7,1269
130	0,27011	0,0010697	0,6683	546,4	2720,6	1,6345	7,0271
140	0,3614	0,0010798	0,5087	589,1	2734,0	1,7392	6,9304
150	0,4760	0,0010906	0,3926	632,2	2746,5	1,8418	6,8383
160	0,6180	0,0011021	0,3068	675,3	2757,8	1,9427	6,7508
180	1,0027	0,0011275	0,1939	763,3	2778,4	2,1395	6,5858

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5	6	7	8
200	1,5550	0,0011565	0,1272	852,4	2793,0	2,3308	6,4318
210	1,9080	0,0011726	0,1044	897,6	2798,0	2,4246	6,3577
220	2,3202	0,0011900	0,08606	943,7	2801,4	2,5179	6,2848
240	3,3480	0,0012291	0,05967	1037,5	2803,1	2,7022	6,1425
250	3,978	0,0012512	0,05005	1086,1	2801,0	2,7934	6,0721
260	4,694	0,0012755	0,04215	1135,0	2796,4	2,8851	6,0014
280	6,419	0,0013321	0,03013	1236,8	2779,6	3,0685	5,8579
300	8,592	0,0014036	0,02164	1344,8	2749,1	3,2540	5,7049
310	9,869	0,001447	0,01831	1402,2	2727,3	3,3507	5,6233
320	11,290	0,001499	0,01545	1462,0	2699,6	3,4495	5,5354
330	12,864	0,001562	0,01297	1526,1	2665,7	3,5521	5,4412
340	14,608	0,001639	0,01078	1594,8	2621,8	3,6605	5,3361
350	16,537	0,001741	0,008805	1671,4	2564,4	3,7786	5,2117
360	18,674	0,001894	0,006943	1761,4	2481,1	3,9163	5,0530
370	21,053	0,00222	0,00493	1892,4	2330,8	4,1135	4,7951
374	22,087	0,00280	0,00361	2031,9	2172,7	4,3258	4,5418

Таблица 12

Теплофизические свойства воды на линии насыщения

t, °C	$p \cdot 10^{-5}$, Па	ρ , кг/м ³	c_p , кДж/кг·К	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/м·К	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	$\beta \cdot 10^4$, 1/К	$\sigma \cdot 10^4$, Н/м	Pr
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,01	1,013	999,9	4,218	55,1	1,789	-0,63	756,4	13,67
10	1,013	999,7	4,193	57,4	1,306	0,70	741,6	9,52
20	1,013	998,2	4,182	59,9	1,006	1,82	726,9	7,02
30	1,013	995,7	4,178	61,8	0,805	3,21	712,2	5,42
40	1,013	992,2	4,170	63,5	0,659	3,87	696,5	4,31
50	1,013	988,1	4,181	64,8	0,556	4,09	676,9	3,54
60	1,013	963,2	4,184	65,9	0,478	5,11	662,2	2,98
70	1,013	977,8	4,189	66,8	0,415	5,70	643,5	2,55
80	1,013	971,8	4,196	67,5	0,365	6,32	625,9	2,21
90	1,013	965,3	4,205	68,0	0,326	6,99	607,2	1,95
100	1,013	958,4	4,217	68,3	0,295	7,52	588,6	1,75
110	1,43	951,0	4,230	68,5	0,272	8,08	569,0	1,60
120	1,98	943,1	4,245	68,6	0,152	8,264	548,4	1,47
130	2,70	934,8	4,264	68,6	0,233	9,19	528,8	1,36
140	3,61	926,1	4,286	68,5	0,217	9,72	507,2	1,26
150	4,76	917,0	4,311	68,4	0,203	10,3	486,6	1,17
160	6,18	907,4	4,346	68,3	0,191	10,7	466,0	1,10
170	7,92	697,3	4,380	67,9	0,181	11,3	443,4	1,05
180	10,03	886,9	4,417	67,4	0,173	11,9	422,8	1,00

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6	7	8	9
190	12,55	888,0	4,459	67,0	0,165	12,6	400,2	0,96
200	15,55	863,0	4,505	66,3	0,158	13,3	376,7	0,93
210	19,08	852,8	4,555	65,5	0,153	14,1	354,1	0,91
220	23,20	840,3	4,614	64,5	0,148	14,8	331,6	0,89
230	27,98	827,3	4,681	63,7	0,145	15,9	310,0	0,88
240	33,48	813,6	4,756	62,8	0,141	16,8	285,5	0,87
250	39,78	799,0	7,842	61,8	0,137	18,1	261,9	0,86
260	46,94	784,0	4,980	59,3	0,135	19,7	237,4	0,892
270	55,05	767,9	5,120	57,8	0,113	21,6	214,8	0,905
280	64,19	750,7	5,300	56,5	0,131	23,7	191,3	0,917
290	74,45	732,3	5,500	54,8	0,129	26,2	168,7	0,944
300	85,92	712,5	5,760	53,2	0,128	29,2	144,2	0,986
310	98,70	691,1	6,110	51,4	0,128	32,9	120,7	1,05
320	112,90	667,1	6,570	49,4	0,128	38,2	98,10	1,14
330	128,65	640,2	7,250	47,1	0,127	43,3	76,71	1,25
340	146,08	610,1	8,200	44,6	0,127	53,4	56,70	1,42
350	165,37	574,1	10,10	43,1	0,126	66,8	38,16	1,70
360	186,74	528,0	14,65	36,7	0,126	109	20,21	2,66

Теплофизические свойства водяного пара при атмосферном давлении

t, °C	ρ , кг/м ³	c_p кДж/кг·К	$\lambda \cdot 10^3$, Вт/м·К	$\nu \cdot 10^6$, м ² /с	$\mu \cdot 10^6$ Па·с	$a \cdot 10^6$ м ² /с
0	0,0048	1,8581	16,2	1704,16	8,18	1812,5
20	0,01	1,8590	17,8	960	9,6	874,6
40	0,05	1,8600	19,5	208,0	10,4	209,6
60	0,14	1,8700	21,2	80,0	11,2	80,70
80	0,29	1,8800	22,9	41,03	11,9	42,00
100	0,59	1,8891	24,6	20,53	12,08	22,0
120	1,12	1,8900	25,9	11,96	13,4	12,2
140	1,99	1,9000	27,9	7,0	14,1	7,3
160	3,27	1,9100	30,1	4,55	14,9	4,8
180	5,16	1,9200	32,6	3,04	15,7	3,2
200	7,86	1,9393	33,7	2,04	16,05	2,2
300	46,2	1,9991	45,6	0,43	20,00	0,4
370	203,0	56,52	50,1	0,166	33,37	0,0150

Таблица 14

Свойства рабочих жидкостей

t, °C	ρ , кг/м ³	c_p кДж/кг·К	λ , Вт/м·К	$\mu \cdot 10^4$ Па·с	Pr
1	2	3	4	5	6
Азот					
-203	830	1,083	0,150	2,48	1,79
-200	818,0	1,082	0,146	1,94	1,43
-195	798,0	1,079	0,139	1,51	1,17
-190	778,0	1,077	0,132	1,26	1,02
-185	758,0	1,074	0,125	1,08	0,92
-180	732,0	1,072	0,117	0,95	0,87
-175	702,0	1,070	0,110	0,86	0,83
-170	672,0	1,068	0,103	0,80	0,82
-160	603,0	1,063	0,089	0,72	0,86
-150	474,0	1,059	0,075	0,65	0,92
Фреон – 113					
-50	1720	0,600	0,120	23,0	11,5
-30	1683	0,613	0,119	16,04	8,26
-20	1664	0,619	0,118	13,23	6,94
-10	1643	0,626	0,118	11,08	5,88
0	1621	0,632	0,117	9,42	5,09
10	1599	0,644	0,108	8,12	4,84
20	1576	0,656	0,098	7,07	4,73
30	1553	0,664	0,097	6,22	4,26
40	1529	0,669	0,095	5,53	3,89
50	1503	0,647	0,094	5,02	3,45
Этиловый спирт					
-30	825,0	1,25	0,177	34	24,01
-10	813,0	1,31	0,173	22	16,65
10	798,0	1,37	0,170	15	12,08
30	781,0	1,44	0,168	10,2	8,74
50	762,2	1,51	0,166	7,2	6,55
70	743,1	1,58	0,165	5,1	4,88
90	725,3	1,65	0,162	3,7	3,74
110	704,1	1,72	0,160	2,8	3,01
130	676,7	1,78	0,159	2,1	2,35

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6
Трансформаторное масло					
0	892,5	1,549	0,112	629,8	866
10	886,4	1,620	0,112	335,5	484
20	880,3	1,666	0,110	198,2	298
30	874,2	1,729	0,110	128,5	202
40	868,2	1,788	0,109	89,4	146
50	862,1	1,846	0,108	65,3	111
60	856,0	1,905	0,107	49,5	87,8
70	850,0	1,964	0,106	38,6	11,3
80	843,9	2,096	0,106	30,8	59,3
90	837,8	2,065	0,105	25,4	50,5
100	831,8	2,144	0,104	21,3	43,9
110	825,7	2,202	0,103	18,1	38,8
120	819,6	2,261	0,102	15,7	34,9
Натрий					
500	828,1	0,904	70,08	2,4	0,0030
600	805,4	0,904	64,62	2,1	0,0029
700	763,5	0,904	60,81	1,9	0,0028
800	757,3	0,904	57,81	1,8	0,0028
900	745,4	0,904	53,35	1,7	0,0028
1000	725,4	0,904	49,08	1,6	0,0029
1100	690,8	0,904	45,08	1,6	0,0032
1200	669,0	0,904	41,08	1,5	0,0033

Таблица 15

**Степень черноты полного нормального
излучения для различных материалов**

Наименование материала	t, °C	ε
1	2	3
Алюминий полированный	50-500	0,04-0,06
Алюминий окисленный	50-500	0,2-0,3
Латунь полированная	200	0,03
Золото полированное	225-635	0,018-0,035
Медь полированная	50-100	0,02
Медь окисленная	50	0,88
Никель полированный	225-375	0,07-0,087
Никель окисленный	200-600	0,37-0,48
Олово луженое	25	0,043-0,064
Платиновая проволока	500-1000	0,1-0,16
Сталь листовая, шлифованная	950-1100	0,55-0,61
Сталь листовая, прокат	50	0,56
Сталь окисленная	200-600	0,8
Сталь нержавеющая, прокат	700	0,45
Свинец окисленный	25	0,281
Серебро полированное	225-625	0,02-0,032
Титан полированный	200	0,15
Титан окисленный	500	0,5
Чугун обточенный	800-1000	0,6-0,7
Хром	100-1000	0,08-0,26
Цинк окисленный	400	0,11
Асбестовый картон	24	0,96
Бумага тонкая	19	0,924
Вода	0-100	0,95-0,963
Гипс	20	0,903
Дуб строганный	20	0,895
Кирпич красный	20	0,93
Кирпич диносовый, глазурованный		0,85

Продолжение таблицы 15

1	2	3
Кирпич шамотный	1100	0,75
Кирпич огнеупорный	-	0,8-0,9
Мрамор сероватый, полированный	22	0,931
Резина твердая	23	0,945
Резина мягкая	24	0,859
Стекло гладкое	22	0,937
Толь	21	0,910
Фарфор глазурованный	22	0,924
Штукатурка известковая	10-88	0,91
Алюминиевые краски различной давности и с переменным содержанием Al	100	0,27-0,67
Алюминиевый лак по шероховатой поверхности	20	0,39
Бетон, гладкая поверхность	20	0,62
Гранит серый, светлый, полированный	20	0,42
Дерево неокрашенное	20	0,7-0,9
Известняк шлифованный	20	0,4
Кварц плавленный	20	0,932
Лак черный матовый	40-95	0,96-0,98
Масляные краски различных цветов	100	0,92-0,96
Песчаник шлифованный красный	20	0,57
Рубероид	20	0,93
Сажа, свечная копоть	95-270	0,952
Уголь очищенный	125-625	0,81-0,79
Шеллак черно-матовый	75-145	0,91
Эмаль белая	19	0,897

Таблица 16

**Коэффициенты диффузии паров
различных жидкостей в воздух**

Наименование жидкости	T, к	$D \cdot 10^6$, m^2/c
Авиационный бензин	293	9,1
Аммиак	293	22,7
Ацетон	273	10,9
Бензол	293	9,0
Гелий	273	63,0
Гексан	293	7,55
Двуокись углерода	293	16,5
Вибутилфталат	293	3,1
Йод	298	1,08
Кислород	273	17,8
Метан	273	19,6
Метиловый спирт	293	15,33
Октан	293	5,76
Ртуть	614	47,3
Сернистый ангидрид	293	12,2
Сероуглерод	293	9,83
Толуол	293	8,0
Уксусная кислота	293	12,15
Хлор	293	12,4
Циклогексан	293	7,45
Этилацетат	298,9	8,7
Этиловый спирт	298	13,5
Ацетилен	289	19,1
Вода	298	26,0
Дифенил	298	7,27
Нафталин	298	6,11
Хлорбензол	298,9	7,4
Хлороформ	273	9,1
Шестифтористая сера	289,6	9,6

Значения максимальной упругости водяного пара E (Па) для различных температур при нормальном барометрическом давлении

3.1. Для температур от 0 до -40 ° (над льдом)

t, °C	E	t	E	t	E	t	E	t	E
0,0	610	-5,4	388	-10,6	245	-16,0	151	-23,0	77
-0,2	601	-5,6	381	-10,8	240	-16,2	148	-23,5	73
-0,4	591	-5,8	376	-11,0	235	-16,4	145	-24,0	69
-0,6	581	-6,0	368	-11,2	232	-16,6	142	-24,5	65
-0,8	573	-6,2	363	-11,4	229	-16,8	140	-25,0	62
-1,0	562	-6,4	356	-11,6	225	-17,0	137	-25,5	59
-1,2	553	-6,6	351	-11,8	221	-17,2	135	-26,0	56
-1,4	544	-6,8	344	-12,0	217	-17,4	132	-26,5	54
-1,6	534	-7,0	340	-12,2	213	-17,6	130	-27,0	51
-1,8	526	-7,2	332	-12,4	209	-17,8	127	-27,5	49
-2,0	517	-7,4	327	-12,6	206	-18,0	125	-28,0	47
-2,2	509	-7,6	321	-12,8	203	-18,2	123	-28,5	44
-2,4	500	-7,8	315	-13,0	199	-18,4	120	-29,0	41
-2,6	492	-8,0	309	-13,2	195	-18,6	118	-29,5	39
-2,8	484	-8,2	304	-13,4	191	-18,8	115	-29,8	38
-3,0	476	-8,4	299	-13,6	187	-19,0	113	-30,0	37
-3,2	468	-8,6	293	-13,8	184	-19,2	111	-31,0	36
-3,4	460	-8,8	289	-14,0	181	-19,4	109	-32,0	30
-3,6	452	-9,0	284	-14,2	178	-19,6	107	-33,0	27
-3,8	444	-9,2	279	-14,4	175	-19,8	105	-34,0	25
-4,0	436	-9,4	273	-14,6	172	-19,9	104	-35,0	22
-4,2	428	-9,6	268	-14,8	169	-20,0	103	-36,0	20
-4,4	423	-9,8	264	-15,0	165	-20,5	98	-37,0	18
-4,6	415	-9,9	262	-15,2	162	-21,0	93	-38,0	16
-4,8	408	-10,0	260	-15,4	159	-21,5	89	-39,0	14
-5,0	401	-10,2	255	-15,6	156	-22,0	85	-40,0	12
-5,2	396	-10,4	251	-15,8	153	-22,5	81	-41,0	11

3.2 Для температур от 0 до 50° (над водой)

t	0,0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
1	2	3	4	5	6	7
0	611	620	629	633	639	648
1	657	666	676	681	685	696
2	705	716	726	732	737	748
3	758	769	799	785	791	802

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7
4	818	825	836	842	848	860
5	872	885	897	904	909	922
6	934	948	961	968	974	938
7	1001	1016	1029	1037	1044	1053
8	1073	1088	1102	1109	1117	1132
9	1148	1164	1181	1188	1196	1212
10	1228	1244	1261	1269	1278	1294
11	1312	1330	1348	1357	1365	1384
12	1402	1421	1440	1449	1458	1478
13	1497	1517	1537	1542	1557	1577
14	1585	1618	1640	1650	1661	1682
15	1705	1726	1749	1761	1772	1794
16	1817	1841	1865	1877	1889	1913
17	1937	1962	1986	2000	2011	2037
18	2063	2089	2115	2129	2142	2169
19	2197	2225	2251	2266	2281	2309
20	2338	2366	2395	2411	2426	2455
21	2486	2517	2563	2563	2579	2611
22	2643	2675	2709	2725	2742	2775
23	2809	2842	2877	2894	2913	2947
24	2983	3019	3055	3074	3093	3130
25	3167	3205	3243	3262	3282	3320
26	3360	3400	3440	3460	3482	3527
27	3564	3607	3648	3671	3692	3735
28	3779	3823	3868	3890	3912	3959
29	4004	4051	4099	4122	4146	4186
30	4242	4291	4340	4366	4390	4440
31	4492	4543	4595	4622	4647	4700
32	4750	4810	4860	4890	4910	4970
33	5030	5090	5140	5170	5200	5260
34	5320	5380	5440	5470	5500	5560
35	5620	5680	5750	5780	5810	5880
36	5940	6010	6070	6110	6190	6210
37	6270	6340	6410	6450	6480	6550
38	6620	6700	6770	6800	6840	6920
39	6990	7070	7140	7180	7220	7300
40	7370	7450	7530	7570	7610	7690
41	7770	7860	7940	7980	8030	8110
42	8200	8280	8370	8410	8460	8550
43	8640	8730	8820	8850	8910	9010
44	9100	9190	9280	9340	9360	9480