

ЗАВИСИМОСТЬ ЧИСЛА ПРАНДТЛЯ ВОДНОГО РАСТВОРА ЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ
ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

T, °C	ε, %								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Pr								
-35					626,04	865,61	1206,85	1652,86	
-30					407,84	599,38	868,80	1224,73	
-25					279,54	427,26	632,47	887,65	1629,60
-20					200,55	310,66	464,86	649,82	1069,12
-15					148,96	231,68	347,61	482,18	735,37
-10			53,10	79,65	113,90	176,10	263,74	361,97	522,49
-5		29,81	42,60	62,46	89,13	136,24	203,07	277,25	384,27
0	16,03	24,32	34,72	50,20	71,19	107,48	158,63	215,41	289,09
5	13,58	20,17	28,76	41,19	58,07	85,75	125,91	169,84	223,35
10	11,68	17,12	24,14	34,27	47,80	69,57	100,97	135,74	175,29
15	10,11	14,67	20,51	28,95	40,05	57,17	81,87	109,80	140,51
20	8,82	12,67	17,70	24,74	34,02	47,54	67,30	89,81	114,39
25	7,79	11,11	15,31	21,38	29,13	39,88	55,91	74,58	93,98
30	6,92	9,80	13,38	18,67	25,21	33,82	46,81	62,26	78,46
35	6,22	8,74	11,80	16,36	21,86	28,94	39,65	52,42	66,19
40	5,60	7,87	10,49	14,52	19,26	25,02	33,79	44,74	56,44
45	5,08	7,08	9,43	12,98	17,01	21,73	29,19	38,29	48,55
50	4,62	6,46	8,45	11,65	15,15	19,03	25,35	33,20	42,09
55	4,25	5,91	7,64	10,49	13,51	16,84	22,04	28,87	36,73
60	3,89	5,37	6,93	9,49	12,16	14,92	19,42	25,23	32,32
65	3,60	5,00	6,38	8,60	10,97	13,35	17,18	22,31	28,59
70	3,38	4,62	5,83	7,86	9,96	11,98	15,33	19,81	25,38
75	3,17	4,25	5,36	7,21	9,12	10,84	13,74	17,66	22,69
80	2,96	3,96	4,98	6,66	8,37	9,81	12,32	15,77	20,51
85	2,75	3,74	4,60	6,17	7,61	8,95	11,17	14,28	18,51
90	2,62	3,52	4,30	5,70	7,03	8,27	10,20	12,92	16,77
95	2,48	3,30	3,99	5,30	6,54	7,58	9,30	11,73	15,26
100	2,35	3,09	3,76	4,91	6,04	6,97	8,50	10,75	13,96
105	2,21	2,88	3,55	4,59	5,64	6,47	7,80	9,83	12,79
110	2,15	2,74	3,32	4,36	5,22	6,04	7,26	9,02	11,76
115	2,02	2,61	3,18	4,05	4,90	5,62	6,74	8,27	10,95
120	1,96	2,47	2,96	3,82	4,66	5,28	6,20	7,74	10,09
125	1,90	2,41	2,82	3,59	4,33	4,94	5,86	7,20	9,36

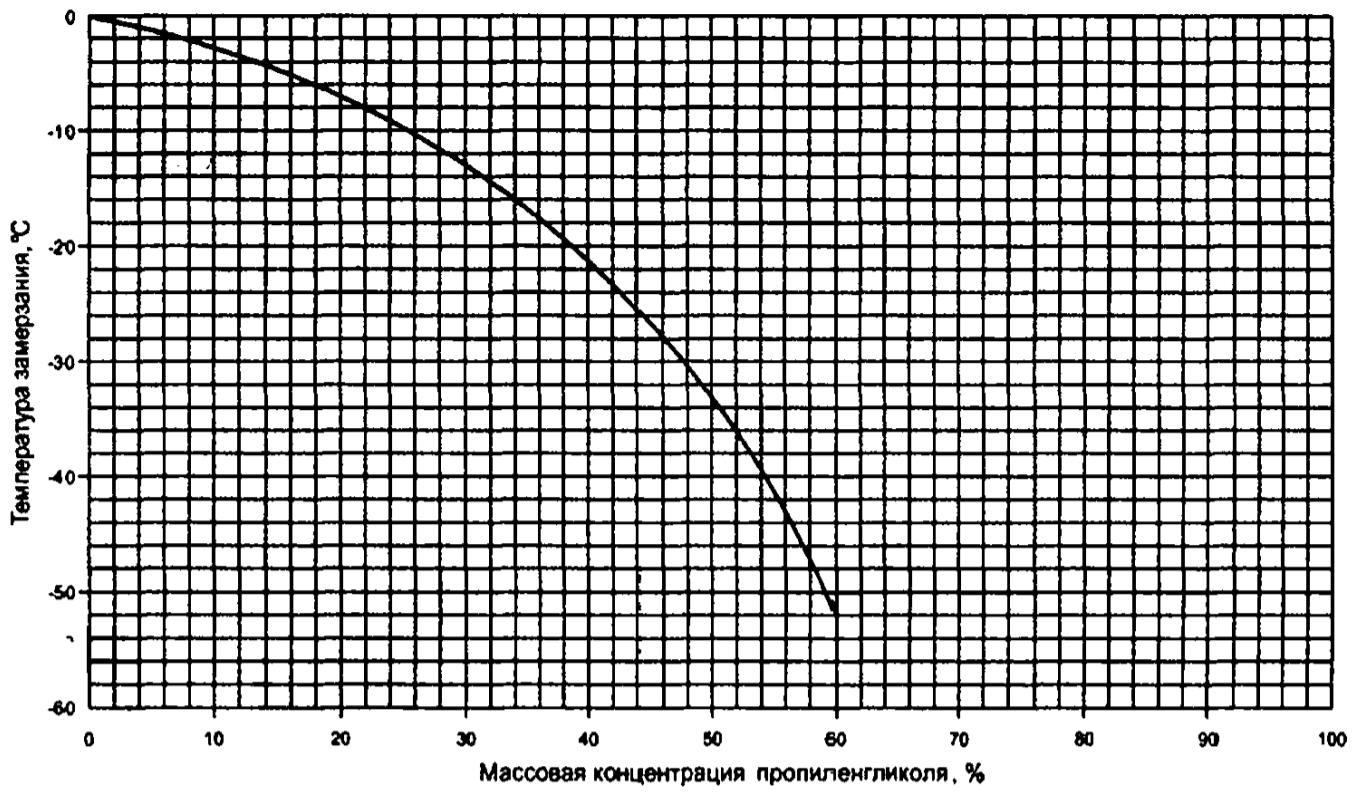


Рис. П.1.7. Зависимость температуры заморзания водного раствора пропиленгликоля от массовой концентрации ϵ

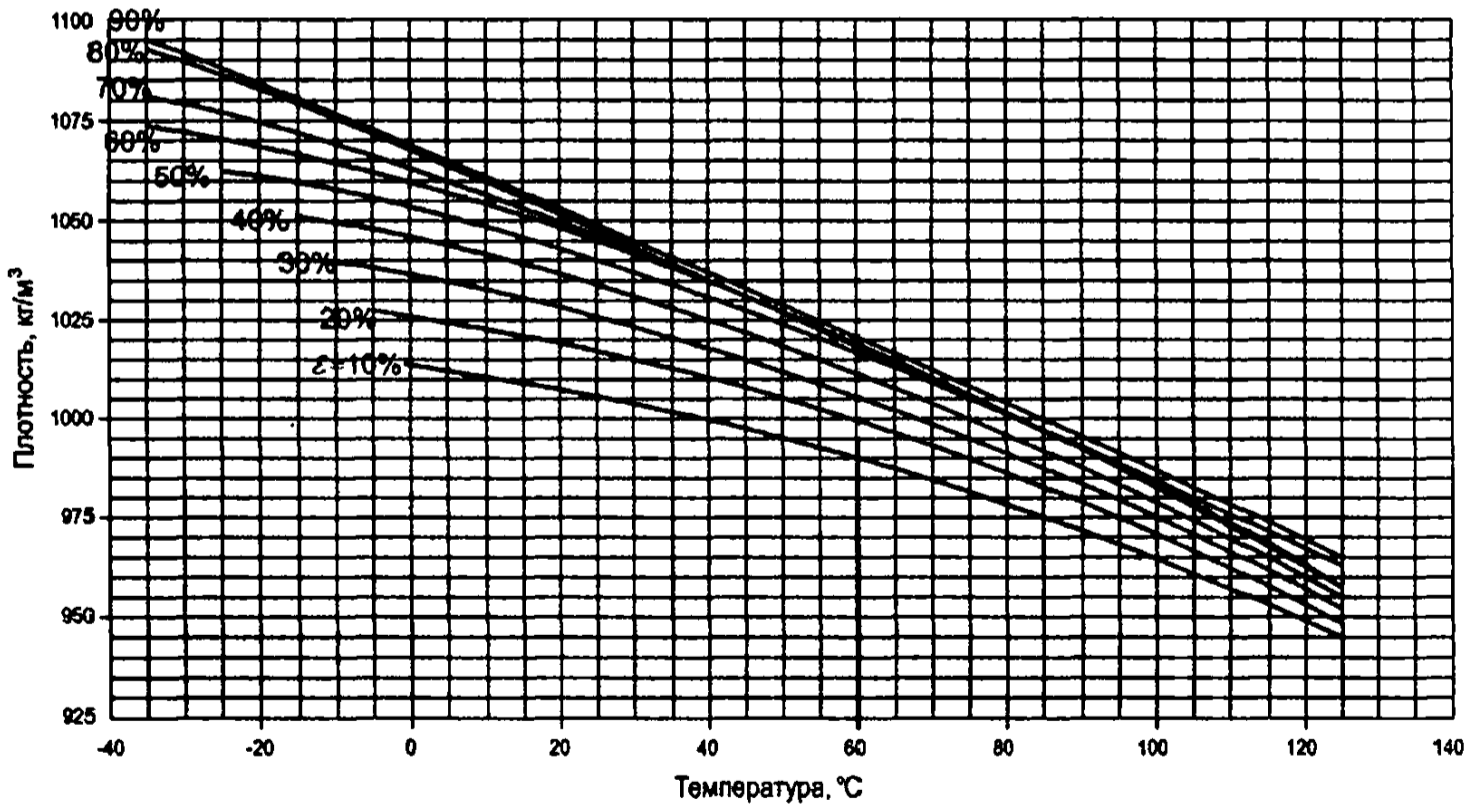


Рис. П.1.8. Зависимость плотности водного раствора пропиленгликоля от температуры и массовой концентрации ϵ

**ЗАВИСИМОСТЬ ТЕМПЕРАТУР ЗАМЕРЗАНИЯ И КИПЕНИЯ
ВОДНОГО РАСТВОРА ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ ОТ МАССОВОЙ И ОБЪЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ
(ТЕМПЕРАТУРА ЗАМЕРЗАНИЯ ПРИВЕДЕНА ПРИ ДАВЛЕНИИ 100,7 кПа)**

$\epsilon, \%$	$\epsilon, \%$	$T_{\text{зам}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
1	2	3	4
5	4,8	-1,6	100
10	9,6	-3,3	100
15	15	-5,1	100
20	19	-7,1	101
21	20	-7,6	101
22	21	-8	101
23	22	-8,6	101
24	23	-9,1	101
25	24	-9,6	101
26	25	-10	101
27	26	-11	101
28	27	-11	102
29	28	-12	102
30	29	-13	102
31	30	-13	102
32	31	-14	102
33	32	-15	102
34	34	-16	102
35	34	-16	103
36	36	-17	103
37	37	-18	103
38	38	-19	103
39	39	-20	103
40	40	-21	104
41	41	-22	104
42	42	-23	104
43	43	-24	104
44	44	-26	104
45	45	-27	104
46	46	-28	104
47	47	-29	104
48	48	-31	105
49	49	-32	105
50	50	-34	106
51	51	-35	106
52	52	-37	106
53	53	-38	106
54	54	-40	106
55	55	-42	106
56	56	-43	106
57	57	-45	107
58	58	-47	107
59	59	-49	107
60	60	-51	107
65	65		108
70	70		110
75	75		114
80	80		118
85	85		125
90	90		132
95	95		154

ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ ВОДНОГО РАСТВОРА ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ
ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

T, °C	ε, %								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	ρ, кг/м³								
-35						1072,9	1079,7	1094,5	1092,5
-30						1071,3	1077,8	1090,9	1088,8
-25					1062,1	1069,6	1075,8	1087,2	1085,2
-20					1060,5	1067,7	1073,7	1083,5	1081,5
-15				1050,4	1058,7	1065,7	1071,5	1079,8	1077,7
-10			1039,4	1048,8	1056,9	1063,6	1069,2	1076	1074
-5		1027,2	1037,9	1047	1054,8	1061,4	1066,7	1072,3	1070,2
0	1013,9	1025,8	1036,2	1045,1	1052,7	1059	1064,1	1068,5	1066,5
5	1012,6	1024,3	1034,5	1043,1	1050,4	1056,5	1061,4	1064,7	1062,7
10	1011,2	1022,7	1032,6	1040,9	1048	1053,9	1058,5	1060,9	1058,8
15	1009,8	1020,9	1030,5	1038,7	1045,5	1051,1	1055,5	1057	1055
20	1008,1	1019	1028,4	1036,2	1042,9	1048,3	1052,4	1053,1	1051,1
25	1006,4	1017	1026,1	1033,7	1040,1	1045,2	1049,2	1049,2	1047,2
30	1004,5	1014,8	1023,6	1031	1037,2	1042,1	1045,9	1045,3	1043,3
35	1002,6	1012,6	1021,1	1028,2	1034,2	1038,9	1042,4	1041,4	1039,3
40	1000,5	1010,2	1018,4	1025,3	1031	1035,5	1038,8	1037,4	1035,4
45	998,23	1007,6	1015,6	1022,2	1027,7	1032	1035,1	1033,4	1031,4
50	995,88	1005	1012,7	1019,1	1024,3	1028,3	1031,3	1029,4	1027,3
55	993,41	1002,2	1009,6	1015,8	1020,7	1024,6	1027,3	1025,3	1023,3
60	990,82	999,31	1006,4	1012,3	1017	1020,7	1023,2	1021,3	1019,2
65	988,11	996,28	1003,1	1008,7	1013,2	1016,6	1019	1017,2	1015,2
70	985,27	993,12	999,69	1005	1009,3	1012,5	1014,6	1013,1	1011
75	982,31	989,85	996,12	1001,2	1005,2	1008,2	1010,2	1009	1006,9
80	979,23	986,44	992,42	997,25	1001,1	1003,8	1005,6	1004,8	1002,8
85	976,03	982,91	988,6	993,17	996,73	999,28	1000,9	1000,6	998,58
90	972,7	979,25	984,65	988,95	992,28	994,63	996,02	996,41	994,38
95	969,25	975,47	980,57	984,61	987,7	989,85	991,06	992,19	990,16
100	965,68	971,56	976,36	980,14	983	984,94	985,97	987,94	985,91
105	961,99	967,53	972,03	975,54	978,16	979,9	980,76	983,68	981,64
110	958,17	963,37	967,56	970,81	973,2	974,74	975,42	979,38	977,35
115	954,24	959,09	962,97	965,95	968,11	969,45	969,96	975,07	973,03
120	950,18	954,67	958,26	960,97	962,89	964,03	964,38	970,73	968,69
125	945,99	950,14	953,41	955,86	957,55	958,49	958,67	966,37	964,33

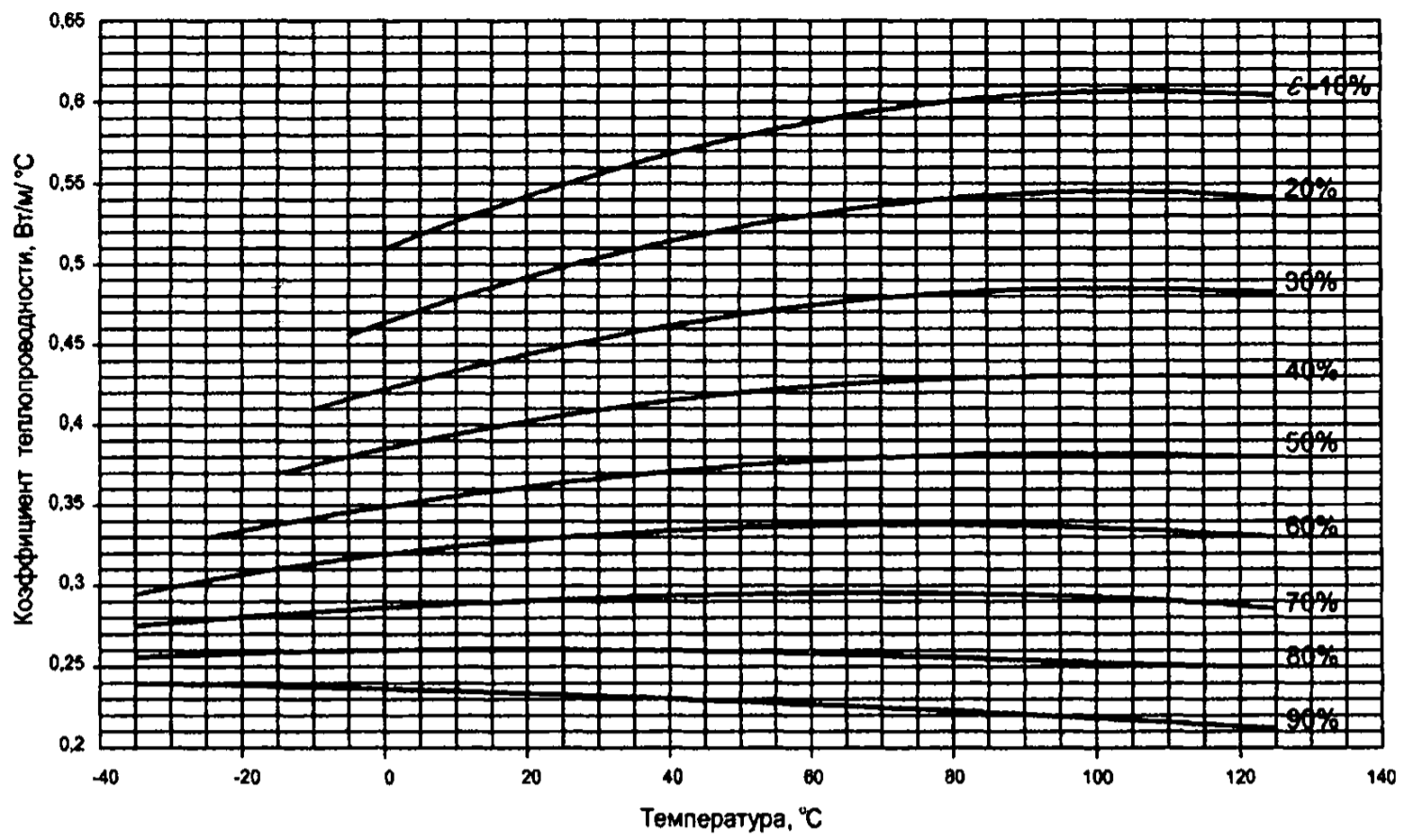


Рис. П.1.9. Зависимость коэффициента теплопроводности водного раствора пропиленгликоля от температуры и массовой концентрации ϵ

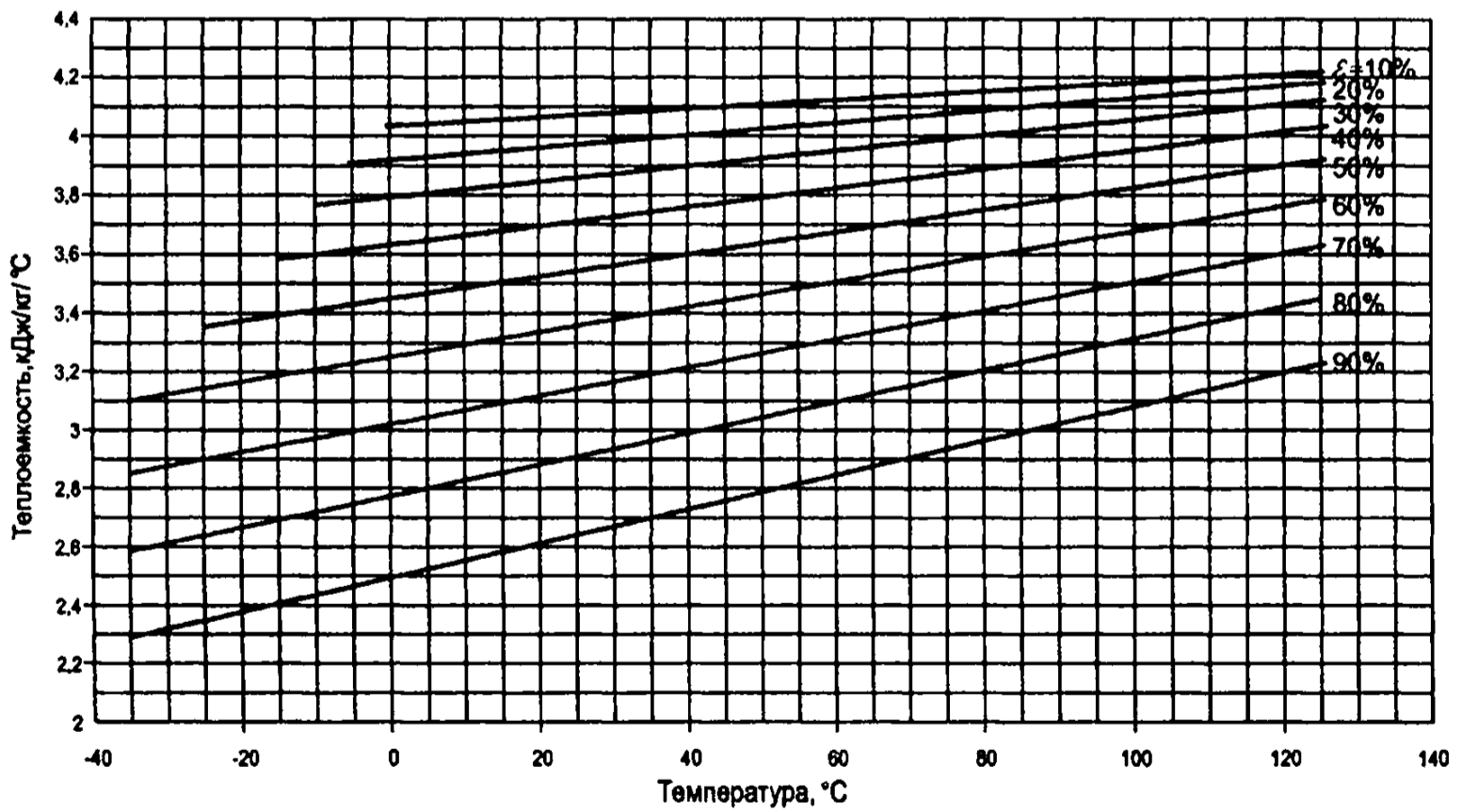


Рис. П.1.10. Зависимость теплоемкости водного раствора пропиленгликоля от температуры и массовой концентрации ϵ

ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ВОДНОГО РАСТВОРА ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ
ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

T, °C	ε, %								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	λ, Вт/м·°C								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-35						0,296	0,275	0,255	0,237
-30						0,300	0,277	0,256	0,237
-25					0,329	0,303	0,278	0,257	0,236
-20					0,334	0,306	0,280	0,257	0,236
-15				0,369	0,338	0,309	0,282	0,258	0,236
-10			0,410	0,375	0,342	0,312	0,284	0,259	0,235
-5		0,456	0,416	0,380	0,346	0,314	0,285	0,259	0,235
0	0,510	0,464	0,423	0,385	0,349	0,317	0,286	0,259	0,234
5	0,518	0,472	0,429	0,389	0,353	0,319	0,288	0,260	0,234
10	0,527	0,479	0,434	0,394	0,356	0,321	0,289	0,260	0,233
15	0,535	0,485	0,440	0,398	0,359	0,323	0,290	0,260	0,233
20	0,543	0,492	0,445	0,402	0,362	0,325	0,291	0,261	0,232
25	0,550	0,498	0,449	0,406	0,365	0,327	0,292	0,261	0,231
30	0,557	0,503	0,454	0,409	0,367	0,329	0,293	0,261	0,231
35	0,563	0,508	0,458	0,412	0,370	0,330	0,293	0,261	0,230
40	0,569	0,513	0,462	0,415	0,372	0,331	0,294	0,261	0,229
45	0,575	0,518	0,466	0,418	0,374	0,333	0,294	0,260	0,229
50	0,580	0,522	0,469	0,420	0,375	0,334	0,295	0,260	0,228
55	0,585	0,526	0,472	0,423	0,377	0,335	0,295	0,260	0,227
60	0,589	0,529	0,475	0,425	0,378	0,335	0,295	0,260	0,227
65	0,593	0,532	0,477	0,426	0,379	0,336	0,295	0,259	0,226
70	0,596	0,535	0,479	0,428	0,380	0,336	0,295	0,259	0,225
75	0,599	0,538	0,481	0,429	0,381	0,337	0,295	0,258	0,224
80	0,602	0,540	0,482	0,430	0,382	0,337	0,295	0,258	0,223
85	0,604	0,541	0,484	0,431	0,382	0,337	0,295	0,257	0,222
90	0,606	0,543	0,484	0,431	0,382	0,337	0,294	0,256	0,221
95	0,607	0,544	0,485	0,432	0,382	0,336	0,294	0,256	0,220
100	0,608	0,544	0,485	0,432	0,382	0,336	0,293	0,255	0,219
105	0,609	0,544	0,485	0,432	0,382	0,335	0,292	0,254	0,218
110	0,609	0,544	0,485	0,431	0,381	0,335	0,292	0,253	0,217
115	0,608	0,544	0,485	0,430	0,380	0,334	0,291	0,252	0,216
120	0,608	0,543	0,484	0,429	0,379	0,333	0,290	0,251	0,215
125	0,606	0,542	0,482	0,428	0,378	0,332	0,288	0,250	0,214

**ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОЕМКОСТИ ВОДНОГО РАСТВОРА ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ
ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ**

T, °C	$\varepsilon, \%$								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	$c_p, \text{кДж/кг}\cdot\text{°C}$								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-35						3,096	2,843	2,572	2,264
-30						3,118	2,868	2,600	2,295
-25					3,358	3,140	2,893	2,627	2,326
-20					3,378	3,162	2,918	2,655	2,356
-15				3,586	3,397	3,184	2,943	2,683	2,387
-10			3,765	3,603	3,416	3,206	2,968	2,710	2,417
-5		3,918	3,779	3,619	3,435	3,228	2,993	2,738	2,448
0	4,042	3,929	3,793	3,636	3,455	3,250	3,018	2,766	2,478
5	4,050	3,940	3,807	3,652	3,474	3,272	3,042	2,793	2,509
10	4,058	3,951	3,820	3,669	3,493	3,295	3,067	2,821	2,539
15	4,067	3,962	3,834	3,685	3,513	3,317	3,092	2,849	2,570
20	4,075	3,973	3,848	3,702	3,532	3,339	3,117	2,876	2,600
25	4,083	3,983	3,862	3,718	3,551	3,361	3,142	2,904	2,631
30	4,091	3,994	3,875	3,735	3,570	3,383	3,167	2,931	2,661
35	4,099	4,005	3,889	3,751	3,590	3,405	3,192	2,959	2,692
40	4,107	4,016	3,903	3,768	3,609	3,427	3,217	2,987	2,723
45	4,115	4,027	3,917	3,784	3,628	3,449	3,242	3,014	2,753
50	4,123	4,038	3,930	3,801	3,648	3,471	3,266	3,042	2,784
55	4,131	4,049	3,944	3,817	3,667	3,493	3,291	3,070	2,814
60	4,139	4,060	3,958	3,834	3,686	3,515	3,316	3,097	2,845
65	4,147	4,071	3,972	3,850	3,706	3,537	3,341	3,125	2,875
70	4,155	4,082	3,985	3,867	3,725	3,559	3,366	3,153	2,906
75	4,163	4,093	3,999	3,883	3,744	3,581	3,391	3,180	2,936
80	4,171	4,104	4,013	3,900	3,763	3,603	3,416	3,208	2,967
85	4,179	4,115	4,027	3,916	3,783	3,625	3,441	3,236	2,997
90	4,187	4,126	4,040	3,933	3,802	3,647	3,465	3,263	3,028
95	4,195	4,136	4,054	3,949	3,821	3,670	3,490	3,291	3,058
100	4,203	4,147	4,068	3,966	3,841	3,692	3,515	3,319	3,089
105	4,211	4,158	4,082	3,982	3,860	3,714	3,540	3,346	3,119
110	4,219	4,169	4,095	3,999	3,879	3,736	3,565	3,374	3,150
115	4,227	4,180	4,109	4,015	3,898	3,758	3,590	3,402	3,181
120	4,235	4,191	4,123	4,032	3,918	3,780	3,615	3,429	3,211
125	4,243	4,202	4,137	4,049	3,937	3,802	3,640	3,457	3,242

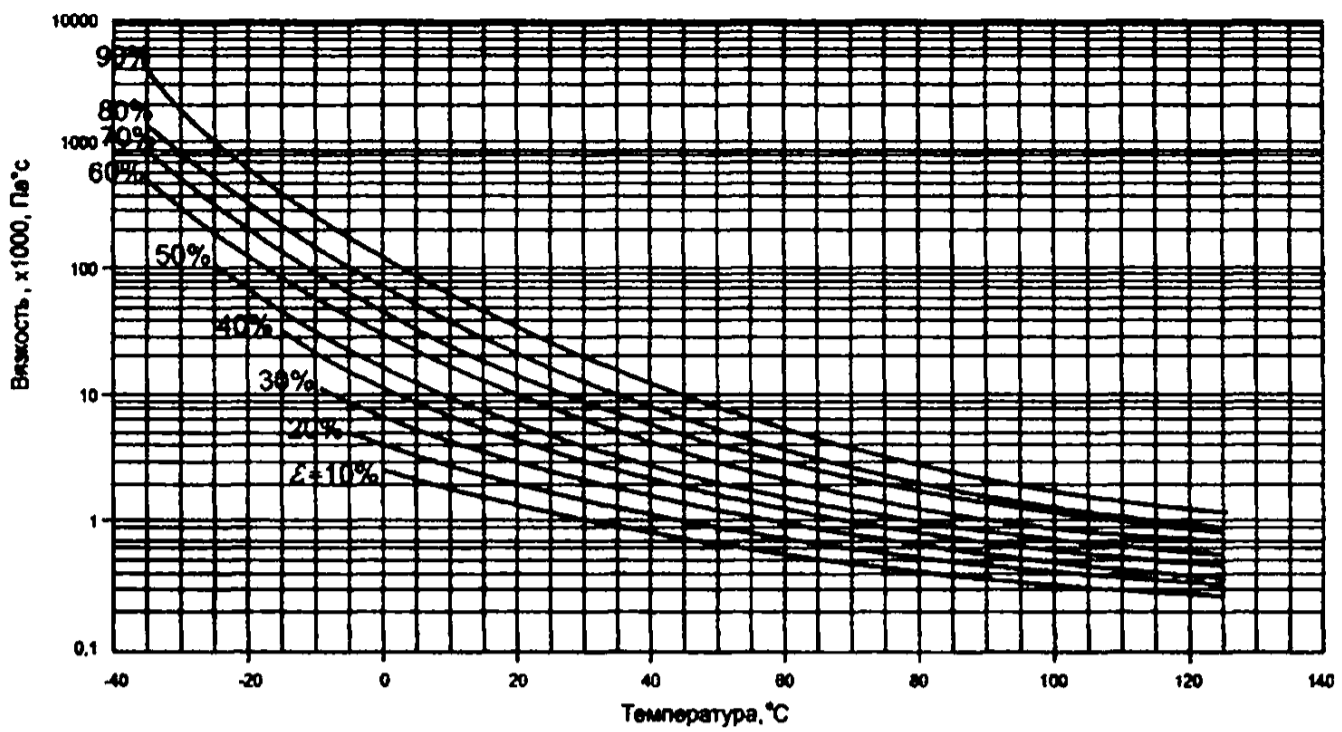


Рис. П.1.11. Зависимость динамической вязкости водного раствора пропиленгликоля от температуры и массовой концентрации ϵ

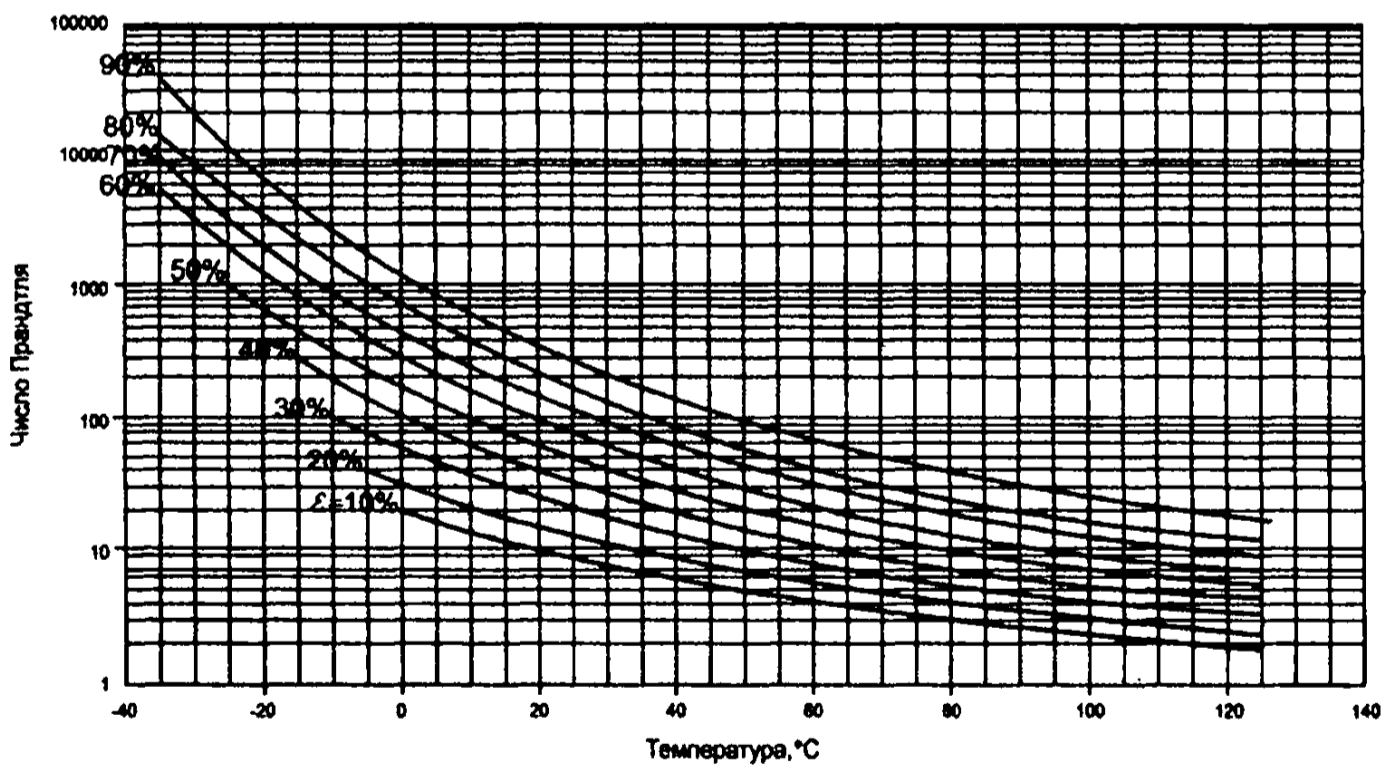


Рис. П.1.12. Зависимость чисел Прандтля водного раствора пропиленгликоля от температуры и массовой концентрации ϵ

ЗАВИСИМОСТЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ ВЯЗКОСТИ ВОДНОГО РАСТВОРА ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ
ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

T, °C	$\varepsilon, \%$								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	$\mu \cdot 10^3, \text{Па}\cdot\text{с}$								
-35						524	916	1434	3813
-30						330	551	908,5	2071
-25					111	211	340	575,9	1176
-20					73	138	216	368,8	696,1
-15				33,2	49,7	92	141	239,9	428,2
-10			11,9	23,3	34,8	62,8	94,2	159	272,9
-5		4,98	9,08	16,8	25	43,8	64,8	107,6	179,8
0	2,68	4,05	7,08	12,4	18,4	31,3	45,7	74,45	122
5	2,23	3,34	5,61	9,35	13,9	22,9	33	52,63	85,15
10	1,89	2,79	4,52	7,22	10,7	17,1	24,4	37,99	60,93
15	1,63	2,36	3,69	5,69	8,34	13	18,4	28	44,62
20	1,42	2,02	3,06	4,57	6,65	10	14,2	21,04	33,38
25	1,25	1,74	2,57	3,73	5,39	7,91	11,1	16,1	25,45
30	1,11	1,52	2,18	3,09	4,43	6,34	8,81	12,55	19,76
35	0,99	1,34	1,88	2,6	3,69	5,15	7,12	9,94	15,6
40	0,89	1,18	1,63	2,21	3,11	4,25	5,84	7,99	12,49
45	0,81	1,06	1,43	1,91	2,65	3,55	4,85	6,52	10,15
50	0,73	0,95	1,26	1,66	2,29	3	4,08	5,39	8,35
55	0,67	0,86	1,13	1,47	1,99	2,57	3,46	4,51	6,95
60	0,62	0,78	1,01	1,3	1,75	2,22	2,98	3,82	5,85
65	0,57	0,71	0,91	1,17	1,55	1,93	2,58	3,28	4,97
70	0,53	0,66	0,83	1,06	1,38	1,7	2,26	2,83	4,26
75	0,49	0,6	0,76	0,96	1,24	1,51	1,99	2,47	3,69
80	0,46	0,56	0,7	0,88	1,12	1,35	1,77	2,18	3,22
85	0,43	0,52	0,65	0,81	1,02	1,22	1,59	1,94	2,83
90	0,4	0,49	0,61	0,75	0,93	1,1	1,43	1,73	2,5
95	0,38	0,45	0,57	0,7	0,86	1,01	1,3	1,56	2,23
100	0,35	0,43	0,53	0,66	0,79	0,92	1,18	1,42	2
105	0,33	0,4	0,5	0,62	0,74	0,85	1,08	1,29	1,8
110	0,32	0,38	0,47	0,59	0,69	0,79	1	1,19	1,63
115	0,3	0,36	0,45	0,56	0,64	0,74	0,93	1,09	1,48
120	0,28	0,34	0,43	0,53	0,6	0,69	0,86	1,02	1,35
125	0,27	0,32	0,41	0,51	0,57	0,65	0,8	0,95	1,24

ЗАВИСИМОСТЬ ЧИСЛА ПРАНДТЛЯ ВОДНОГО РАСТВОРА ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ
ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

T, °C	$\varepsilon, \%$								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Pr								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-35						5480,86	9471,64	14465,94	36427,38
-30						3433,85	5706,18	9226,65	20057,91
-25					1128,76	2191,06	3539,14	5886,93	11591,46
-20					738,61	1425,59	2247,59	3809,67	6949,10
-15				322,84	499,50	947,99	1467,53	2494,36	4330,89
-10			109,00	223,58	347,39	645,10	984,77	1663,88	2807,22
-5		42,79	82,48	159,52	248,09	450,69	680,83	1137,91	1872,77
0	21,24	34,29	63,49	116,82	182,15	321,10	482,67	795,09	1292,27
5	17,44	27,88	49,78	87,78	136,30	234,58	348,99	565,37	913,00
10	14,55	23,01	39,78	67,23	104,50	175,01	259,05	412,19	663,95
15	12,39	19,28	32,15	52,68	81,61	133,09	196,29	306,82	492,16
20	10,66	16,31	26,46	42,08	64,88	103,15	151,57	231,84	374,09
25	9,28	13,92	22,11	34,16	52,44	81,30	119,22	179,14	289,87
30	8,15	12,07	18,61	28,22	43,09	65,19	95,23	140,94	227,62
35	7,21	10,56	15,96	23,67	35,80	53,14	77,57	112,69	182,59
40	6,42	9,24	13,77	20,07	30,17	44,00	63,90	91,44	148,52
45	5,80	8,24	12,02	17,29	25,71	36,77	53,48	75,58	122,02
50	5,19	7,35	10,56	15,02	22,28	31,18	45,17	63,06	101,96
55	4,73	6,62	9,44	13,26	19,36	26,80	38,60	53,25	86,16
60	4,36	5,99	8,42	11,73	17,06	23,29	33,50	45,50	73,32
65	3,99	5,43	7,58	10,57	15,16	20,32	29,22	39,58	63,22
70	3,69	5,04	6,91	9,58	13,53	18,01	25,79	34,45	55,02
75	3,41	4,56	6,32	8,69	12,19	16,05	22,87	30,44	48,37
80	3,19	4,26	5,83	7,98	11,03	14,43	20,50	27,11	42,84
85	2,98	3,96	5,41	7,36	10,10	13,12	18,55	24,43	38,21
90	2,76	3,72	5,09	6,84	9,26	11,90	16,85	22,05	34,25
95	2,63	3,42	4,76	6,40	8,60	11,03	15,43	20,05	31,00
100	2,42	3,28	4,45	6,06	7,94	10,11	14,16	18,48	28,21
105	2,28	3,06	4,21	5,71	7,48	9,42	13,09	16,99	25,75
110	2,22	2,91	3,97	5,47	7,02	8,81	12,21	15,87	23,66
115	2,09	2,77	3,81	5,23	6,57	8,33	11,47	14,72	21,80
120	1,95	2,62	3,66	4,98	6,20	7,83	10,72	13,93	20,16
125	1,89	2,48	3,52	4,82	5,94	7,44	10,11	13,14	18,79

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

*НОМОГРАММНЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА
МЕДНО-АЛЮМИНИЕВЫХ ПЛАСТИНЧАТЫХ
ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ
ТИПА ВНВ243, ВНП243*

1. Структура обозначений типоразмеров теплообменника

В настоящих материалах принята система обозначений, структура которых расшифрована ниже.

Теплообменник

XXXX XXX.X - aaa - bbb - c - d.d - f - e

Условное обозначение типа теплообменника

Условное обозначение конструктивного исполнения поверхности теплообмена

Условное обозначение материала трубок

Условное обозначение материала пластин

Номер конструкторской разработки

1 – встраиваемые

2 – с фланцевым соединением

Индекс стороны теплообменника, параллельной трубкам, см (округлено до целого числа)

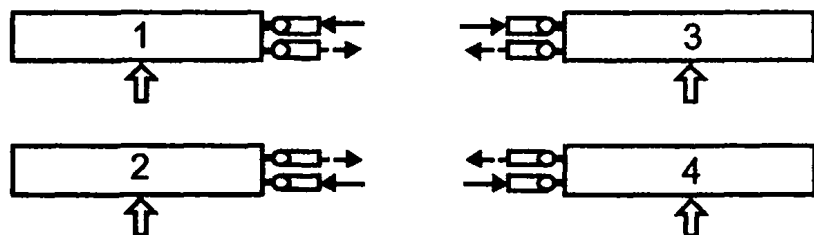
Индекс стороны теплообменника, перпендикулярной трубкам, см

Число рядов медных трубок по ходу движения воздуха

Шаг расположения пластин

Приведенное количество ходов

Исполнение (1–4 для водяных теплообменников; 0 – для паровых)



⇒ Воздух
 → Подвод воды снизу
 ← Отвод воды сверху

Нумерация индекса «-e» в структуре обозначений теплообменника:

1 – правое исполнение с противотоком;

2 – правое исполнение с прямотоком;

3 – левое исполнение с противотоком;

4 – левое исполнение с прямотоком

Условные обозначения типов воздухонагревателей и конструктивного исполнения теплопередающей поверхности принимаются по ГОСТ 27330–87:

– условное обозначение воздухонагревателя, работающего на горячей воде, – ВНВ;

– условное обозначение воздухонагревателя, работающего на пару, – ВНП;

– условное обозначение теплообменника, работающего на холодной воде, – ВОВ.

Пример. Условное обозначение пластинчатого медно-алюминиевого воздухонагревателя, работающего на горячей воде и подсоединяемого фланцами к

воздуховодам, присоединительные размеры которого соответствуют калориферу № 12 по ГОСТ 7201–80 (длина трубок 1655 мм, высота трубной решетки 1503 мм), имеющего два ряда трубок с шагом расположения пластин 2,5 мм и приведенным числом ходов по воде 4 правого исполнения с противоточной схемой подсоединения теплоносителя имеет следующий вид: ВНВ243.2-166-150-2-2,5-04-1.

2. Условные обозначения

В настоящих материалах принята следующая система условных обозначений:

- F_{T_o} – площадь теплопередающей поверхности теплообменника, m^2 ;
- $F_{фр}$ – площадь фронтального сечения, m^2 ;
- F_x – площадь живого сечения для прохода теплоносителя, m^2 ;
- D_x – внутренний диаметр коллектора, мм;
- $D_{к.о}$ – внутренний диаметр отводящего коллектора в паровом теплообменнике, мм;
- s_p – шаг расположения пластин, мм;
- n_p – число рядов трубок по ходу движения воздуха;
- n_x – число ходов теплоносителя;
- A – длина стороны теплообменника, параллельной трубкам, мм;
- B – длина стороны теплообменника, перпендикулярной трубкам, мм;
- $\nu\rho$ – массовая скорость воздуха во фронтальном сечении теплообменника, $kg/(m^2 \cdot c)$;
- K – коэффициент теплопередачи, $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$;
- Q – теплопроизводительность воздухонагревателя, кВт;
- $P = Q/F_{фр}$ – удельная теплопроизводительность воздухонагревателя, $кВт/m^2$;
- L_x – объемный расход воздуха, $m^3/ч$;
- G_x – расход жидкости через теплообменник, $кг/ч$;
- $q_x = G_x / (3,6 \cdot F_{фр} \cdot \rho_x)$ – удельный расход жидкости, $л/с$;
- ρ_x – плотность жидкости, $кг/(m^3 \cdot c)$;
- Δp_x – гидравлическое сопротивление теплообменника, кПа;
- Δp_a – аэродинамическое сопротивление теплообменника, Па;
- $t_{в.в}, t_{в.к}$ – начальная и конечная температуры воздуха, $^\circ C$;
- $t_{ж.в}, t_{ж.к}$ – начальная и конечная температуры жидкости, $^\circ C$;
- $\Delta t_x = t_{ж.в} - t_{ж.к}$ – перепад температур жидкости в воздухонагревателе, $^\circ C$;
- $\Delta t_o = t_{в.в} - t_{в.к}$ – максимальный перепад температур в воздухонагревателе, $^\circ C$;
- $\Delta t_a = t_{в.в} - t_{в.к}$ – перепад температур воздуха в воздухонагревателе, $^\circ C$;
- p_s – давление насыщенного пара, ата, МПа ;
- t_s – температура насыщенного пара на входе в воздухонагреватель, $^\circ C$;
- r_x – теплота парообразования, $кВт/кг$;
- G_k – количество конденсата, $кг/ч$;
- c_a, c_x – удельные теплоемкости воздуха и воды

3. Расчет и подбор теплообменников

Подбор требуемой поверхности воздухонагревателей проводится по общепринятой методике. Расчетные значения температур воздуха на входе в воздухонагреватель и регламентирующие запасы по теплопередающей поверхности должны выбираться в соответствии с рекомендациями действующих СНиП и других нормативных документов.

В настоящих материалах предварительный подбор требуемой поверхности воздухонагревателей и воздухоохладителей осуществляется номограммными методами, которые рекомендуется использовать для проработки возможных технических решений. Окончательное уточнение требуемых величин теплообменных поверхностей и режимных параметров обязательно должно проводиться с использованием компьютерных программ, разработанных ООО «ВЕЗА».

Исходными для построения номограмм по расчету воздухонагревателей типа ВНВ243 являются экспериментальные зависимости коэффициентов внешней теплоотдачи для теплообменников ВНВ243.2-078-050-3-1,8-06, ВНВ243.2-078-050-3-2,5-06 и ВНВ243.2-078-050-3-3,5-06:

$$\alpha_s = 22,35 \cdot (\nu\rho)^{0,703} \cdot s_p^{0,121}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

Значение величины теплопередающей поверхности для различных конструктивных исполнений теплообменников может быть подсчитано по формуле

$$F_{уд} = \frac{n_p}{S_1 \cdot s_p} [2 \cdot k_r \cdot (S_1 \cdot S_2 - 0,786 \cdot d_n^2) + \pi \cdot (s_p - \delta_{nn}) \cdot (d_n + 2\delta_{nn})].$$

Приведены типовые номограммы П.2.1–П.2.11 для расчета водяных и паровых воздухонагревателей, а также воздухоохладителей. Имеются два типа номограмм. По номограммам первого типа (П.2.1) определяются требуемые рядности и шаги расположения пластин. По номограммам второго типа (П.2.2) находятся значения гидравлических сопротивлений. Величины аэродинамического сопротивления определяются по табл. П.2.2, П.2.9, П.2.13, П.2.22, приводимым в соответствующих разделах настоящего материала.

Номограммный метод расчета теплообменников типа ВНВ и ВНП

Как указывалось ранее, в целом ряде случаев, когда доступ к ПЭВМ по каким-либо причинам оказывается ограничен, необходимо располагать немеханизированными и одновременно малотрудоемкими (естественно, и несколько менее точными – среднеквадратичная погрешность по теплопроизводительности составляет около 7%) способами расчета теплообменников типа ВНВ и ВНП. В связи с этим наряду с программой «CuAl» на основе материалов гл. 2 и с использованием этой программы был разработан номограммный метод расчета указанных типов теплообменников. Опуская методологические подробности построения расчетных номограмм ввиду их громоздкости, ниже приводим методику решения прямых и основных обратных задач с использованием номограммного метода применительно к базовым номенклатурным рядам теплообменников.

В общем случае процедура решения прямых задач с помощью номограмм состоит в подборе рядности воздухонагревателя и шага установки пластин (кодированные индексы $-c-d,d$), а также определении величины удельной теплопроизводительности P и удельного расхода теплоносителя q_x в расчете на 1 м^2 фронтального сечения воздухонагревателя. Фактические значения величин теплопроизводительности Q и расхода жидкости G_x для реального воздухонагревателя определяются путем умножения удельных значений P и q_x на величину фронтального сечения воздухонагревателя $F_{фр}$. Все указанные величины определяются при помощи номограммы П.2.1. По номограмме П.2.2, зная тип выбранного воздухонагревателя и величину q_x^{ϕ} , находим величину гидравлического сопротивления Δp_x для принятого условного числа ходов f , а по табл. П.2.2, П.2.9, П.2.15, П.2.22 – величину аэродинамического сопротивления Δp_a .

Исходные данные для прямой задачи: $L_n, t_{в,н}, t_{в,к}, t_{ж,н}, t_{ж,к}$, зона обслуживания, тип подсоединения к воздуховоду. В качестве дополнительного исходного данного может быть задано $F_{фр}$, присоединительные и габаритные размеры. При расчете используются следующие материалы, относящиеся к конкретному базовому номенклатурному ряду.

Расчетный материал	Расчетный материал позволяет определить	
	Кодовый индекс	Параметры теплообменника и характеристики режима работы
Таблицы П.2.1, П.2.8, П.2.14, П.2.21	-aaa-bbb	$F_{\text{фр}}$
Номограммы П.2.1, П.2.3, П.2.4, П.2.5, П.2.7, П.2.8, П.2.9	-c-d,d	$q_x, \Delta t_x^\phi$
Номограммы П.2.2, П.2.6, П.2.10	-f	Δp_x
Таблицы П.2.2, П.2.9, П.2.15, П.2.22	-	Δp_s
Таблицы П.2.3, П.2.10, П.2.16, П.2.23	D_s	-
Таблицы П.2.4, П.2.11, П.2.17, П.2.24	-	Δp_x^ϕ
Таблицы П.2.5, П.2.12, П.2.18, П.2.25	-	Габаритные и присоединительные размеры
Таблицы П.2.6, П.2.7, П.2.13, П.2.19, П.2.20, П.2.26	-	Массогабаритные характеристики

Последовательность расчета выглядит следующим образом.

1. В случае, если фронтальное сечение воздухонагревателя не задано, вычисляем требуемую величину фронтального сечения $F_{\text{фр}}$, зная расход воздуха и рекомендуемый диапазон скоростей во фронтальном сечении, и определяем тип воздухонагревателя или воздухонагревателей (кодовые индексы *aaa-bbb*), из которых будет скомпонована калориферная установка.
2. Уточняем значения массовой скорости воздуха во фронтальном сечении:

$$v\rho = L_v \cdot \rho_v / F_{\text{фр}} / 3600. \quad (1)$$
3. Вычисляем величину перегрева воздуха:

$$\Delta t_n = t_{n,k} - t_{n,l}. \quad (2)$$
4. Находим величину расчетного перепада температур по теплоносителю:

$$\Delta t_n = t_{n,n} - t_{n,k}. \quad (3)$$
5. Вычисляем величину максимального температурного напора:

$$t_0 = t_{n,n} - t_{v,n}. \quad (4)$$
6. В зависимости от величины $t_{v,n}$ выбираем тип подсоединения по теплоносителю (прямоток/противоток) и откладываем на оси ординат второго квадранта соответствующей номограммы П.2.1 значение, определенное по п.2 (точка 1).
7. Проводим через точку 1 линию, параллельную оси абсцисс, до ее пересечения с изолинией $\Delta t_n = \text{const}$, найденной по п.3. Точка пересечения этих линий (точка 2) определяет величину P , численное значение которой может быть найдено по оси абсцисс второго квадранта.
8. Из точки 2 опускаем перпендикуляр до пересечения с лучом $\Delta t_0 = \text{const}$, лежащим в третьем квадранте (точка 3), и через эту точку проводим линию, параллельную оси абсцисс.
9. Откладываем на оси ординат первого квадранта номограммы П.2.1 значение Δt_x , определенное по п.4 (точка 4).
10. Проводим через точку 4 линию, параллельную оси абсцисс, до ее пересечения в первом квадранте с изолинией $P = \text{const}$, найденной по п.7 (точка 5).
11. Из точки 5 опускаем перпендикуляр до пересечения с линией по п.8 в поле четвертого квадранта (точка 6). Все кривые четвертого квадранта, характеризующие тепловую эффективность воздухонагревателей с различным числом рядов труб и шагом установки пластин и расположенные над точкой 6, обеспечивают требуемую теплопроизводительность с определенным запасом. Минимальный запас по поверхности соответствует ближайшей из всех кривых, которая и является расчетной. Точка пересечения указанного перпендикуляра с осью абсцисс определяет расчетное значение q_x .
12. Находим ближайшее к точке 6 пересечение отрезка [точка 3 – точка 6] с линиями четвертого квадранта (точка 7). Индекс кривой, которой принадлежит точка 7, соответствует индексу *-c-d,d* выбранного воздухонагревателя.
13. Из точки 7 опускаем вертикаль до пересечения с осью абсцисс четвертого квадранта (точка 8). Точка 8 соответствует искомому значению q_x^ϕ .
14. Восстанавливаем перпендикуляр из точки 7 в первый квадрант до пересечения с изолинией $P = \text{const}$, найденной по п.7 (точка 9).

15. Из точки 9 проводим линию, параллельную оси абсцисс, до пересечения с осью ординат первого квадранта (точка 10). Точка 10 соответствует фактическому значению величины $\Delta t_{\text{ж}}^{\phi}$.

16. Величина запаса по поверхности может быть вычислена по приближенной формуле

$$\frac{F_{\text{т.о}}^{\text{т.м}} - F_{\text{т.о}}^{\text{п}}}{F_{\text{т.о}}^{\text{п}}} 100\% = \left[\left(\frac{q_{\text{ж}}}{q_{\text{ж}}^{\text{т.м}}} \right)^{0,09} \cdot \frac{\ln \left(1 + \frac{\Delta t_0}{\Delta t_{\text{ж}}^{\text{т.м}}} \ln \left(1 - \frac{\Delta t_{\text{ж}}^{\text{т.м}}}{\Delta t_0} \right) \right)}{\ln \left(1 + \frac{\Delta t_0}{\Delta t_{\text{ж}}} \ln \left(1 - \frac{\Delta t_{\text{ж}}}{\Delta t_0} \right) \right)} - 1 \right] \cdot 100\% . \quad (5)$$

17. Зная величину $q_{\text{ж}}$ и кодовый индекс воздухонагревателя -*c-d,d*, по табл. П.2.2, П.2.9, П.2.15, П.2.22 определяем значение аэродинамического сопротивления $\Delta p_{\text{ж}}$.

Для определения $\Delta p_{\text{ж}}$ воздухонагревателя с использованием номограммы П.2.2 необходимо выполнить следующую последовательность действий.

- На оси абсцисс первого сектора номограммы П.2.2 откладываем величину $q_{\text{ж}}^{\phi}$, определенную по номограмме П.2.1 (точка 1).
- Из точки 1 восстанавливаем вертикаль до пересечения с линией, индекс которой соответствует кодовому индексу -*c*, определенному по номограмме П.2.1 (точка 2).
- Из точки 2 проводим горизонтальную линию через все сектора номограммы П.2.2.
- Начиная с крайнего правого сектора номограммы ищем пересечение горизонтали по п.3 с линией, индекс которой соответствует кодовому индексу воздухонагревателя -*aaa* (точка 3).
- Из точки 3 опускаем вертикаль на ось абсцисс и определяем $\Delta p_{\text{ж}}$ (точка 4).
- Индекс сектора номограммы, в котором найдена точка 3, соответствует индексу -*f* подбираемого воздухонагревателя.
- По табл. П.2.3, П.2.10, П.2.16, П.2.23 соответствующих разделов, зная кодовые индексы воздухонагревателя -*c*, -*f* и -*bbb*, определяем диаметр коллекторов. (Если требуемая ячейка таблицы содержит «-», то индекс -*f* не может быть принят. Необходимо повторить действия п. 4 для соседнего слева сектора номограммы.)
- По табл. П.2.4, П.2.11, П.2.17, П.2.24, зная кодовые индексы воздухонагревателя -*c*, -*f* и -*bbb*, определяем коэффициент, корректирующий величину $\Delta p_{\text{ж}}$ с учетом отличия реального количества ходов подобранного воздухонагревателя от величины индекса -*f*. Для уточнения $\Delta p_{\text{ж}}$ необходимо величину, определенную по п.5, умножить на корректирующий коэффициент. (Прочерки в ячейках таблиц П.2.4, П.2.11, П.2.17, П.2.24 соответствуют таблицам П.2.3, П.2.10, П.2.16, П.2.23.)

В тех случаях, когда существует ограничение по величине гидравлического сопротивления и величина этого ограничения меньше 50 кПа, необходимо выполнить процедуры по п.4 – 8 с учетом того, что при определении точки пересечения горизонтали, проведенной по п.3, с линией, индекс которой соответствует кодовому индексу воздухонагревателя -*aaa*, следует выбирать сектор номограммы П.2.2, в котором реальные значения $\Delta p_{\text{ж}}^{\phi}$ не превышают величину указанного ограничения по гидравлическому сопротивлению.

- Масса воздухонагревателя вычисляется по формуле

$$M = M_1 F_{\text{фр}} + M_2 \Pi + 2 M_3 H, \quad (5a)$$

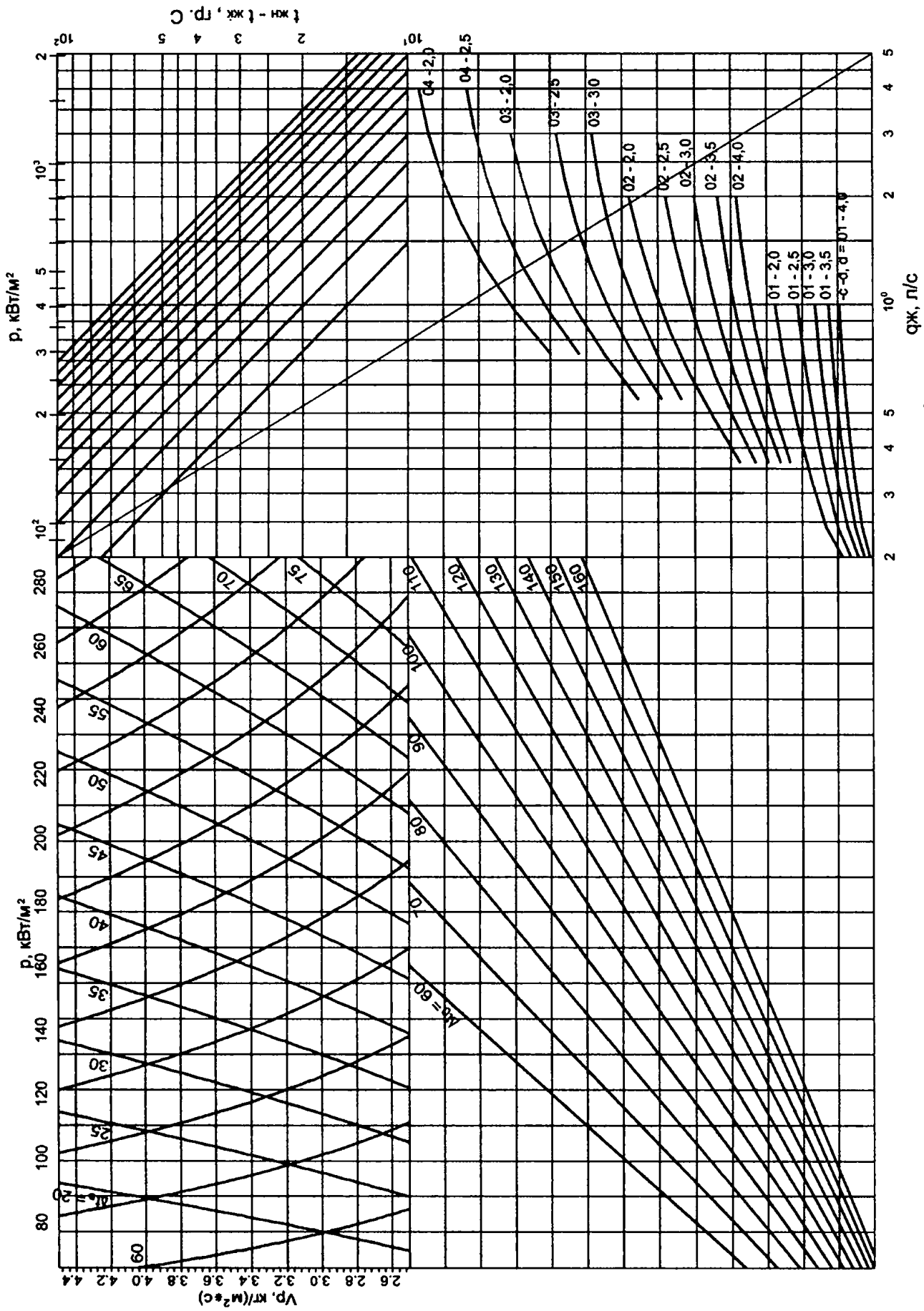
где

M_1, M_2, M_3 – величины, приведенные в табл. П.2.6, П.2.7, П.2.13, П.2.19, П.2.20, П.2.26;

Π – периметр фронтального сечения, м;

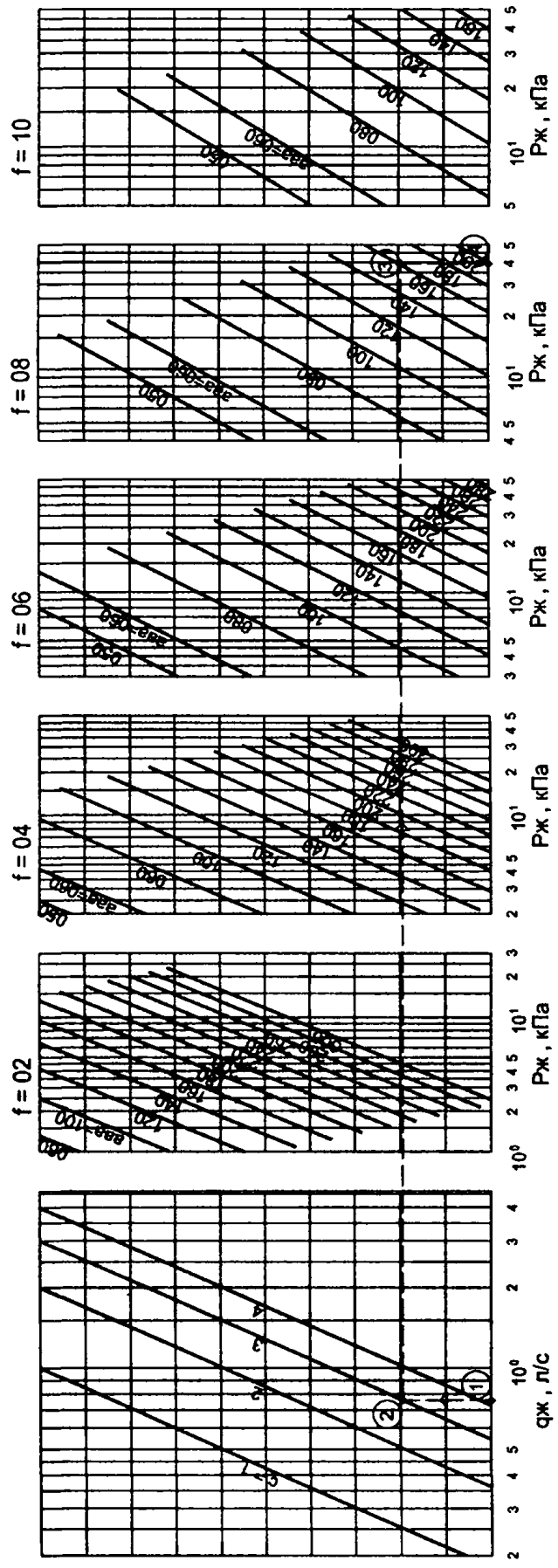
H – высота фронтального сечения, м (соответствует кодовому индексу -*bbb*).

В случаях, когда величина фронтального сечения задана, расчеты проводятся начиная с п.2. Примеры расчетов воздухонагревателей, работающих на воде, приведены в соответствующих разделах настоящих материалов.



Номограмма П.2.1. Противоток (плотность воздуха 1,2 кг/м³)

Пример. Для подбора не использовать.



Номограмма П.2.2

Пример. Для подбора не использовать.

4. Расчет и подбор воздухонагревателей типа ВНП243.2

При расчете паровых воздухонагревателей, как правило, считаются известными количество нагреваемого воздуха, значения его начальной и конечной температуры, давление (или температура) насыщенного пара, зона обслуживания, тип подсоединения к воздуховоду. В качестве дополнительного исходного данного может быть задано $F_{\text{фр}}$, присоединительные и габаритные размеры.

В ходе расчета необходимо определить число рядов воздухонагревателя и шага расположения пластин (коды -с и -d,d), а также количество образующегося конденсата.

При расчете используются следующие материалы каталога.

Расчетный материал	Расчетный материал позволяет определить	
	Кодовый индекс	Параметры теплообменника и характеристики режима работы
Таблицы П.2.1, П.2.8, П.2.14, П.2.21	-aaa-bbb	$F_{\text{фр}}$
Номограмма П.2.3	-с-d,d	Δt_n°
Таблицы П.2.2, П.2.9, П.2.15, П.2.22	-	Δp_n
Таблицы П.2.3, П.2.10, П.2.16, П.2.23	D_1 и D_2	-
Таблицы П.2.4, П.2.11, П.2.17, П.2.24	-	Габаритные и присоединительные размеры
Таблицы П.2.5, П.2.6, П.2.12, П.2.13, П.2.18, П.2.19, П.2.25, П.2.26	-	Массогабаритные характеристики

Последовательность расчета с помощью номограмм выглядит следующим образом.

1. В случае, если фронтальное сечение воздухонагревателя не задано, вычисляем требуемую величину фронтального сечения $F_{\text{фр}}$, зная расход воздуха и рекомендуемый диапазон скоростей во фронтальном сечении, и определяем тип воздухонагревателя или воздухонагревателей (кодовые индексы *aaa* и *bbb*), из которых будет скомпонована калориферная установка.
2. Уточняем значение массовой скорости воздуха во фронтальном сечении по формуле (1).
3. Откладываем на оси ординат первого квадранта номограммы П.2.1 заданную величину p , (точка 1).
4. Из точки 1 проводим прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с кривой $t_c(p)$ в первом квадранте (точка 2).
5. Из точки 2 восстанавливаем вертикаль к оси абсцисс первого квадранта (точка 3). Точка 3 определяет величину t_c .
6. Находим пересечение отрезка [точка 1 – точка 2] с кривой r_n в первом квадранте (точка 4).
7. Из точки 4 восстанавливаем вертикаль к оси абсцисс первого квадранта (точка 5). Точка 5 определяет величину r_n .
8. Вычисляем величину перегрева воздуха $\Delta t_n = t_{n,x} - t_{n,n}$.
9. Находим величину максимального температурного напора $\Delta t_0 = t_c - t_{n,n}$.
10. Откладываем на оси абсцисс третьего квадранта номограммы П.2.3 значение t_n , определенное по п.8 (точка 6).
11. Масса воздухонагревателя вычисляется по формуле

$$M = M_1 F_{\text{фр}} + M_2 \Pi + (M_{31} + M_{32}) H, \quad (56)$$

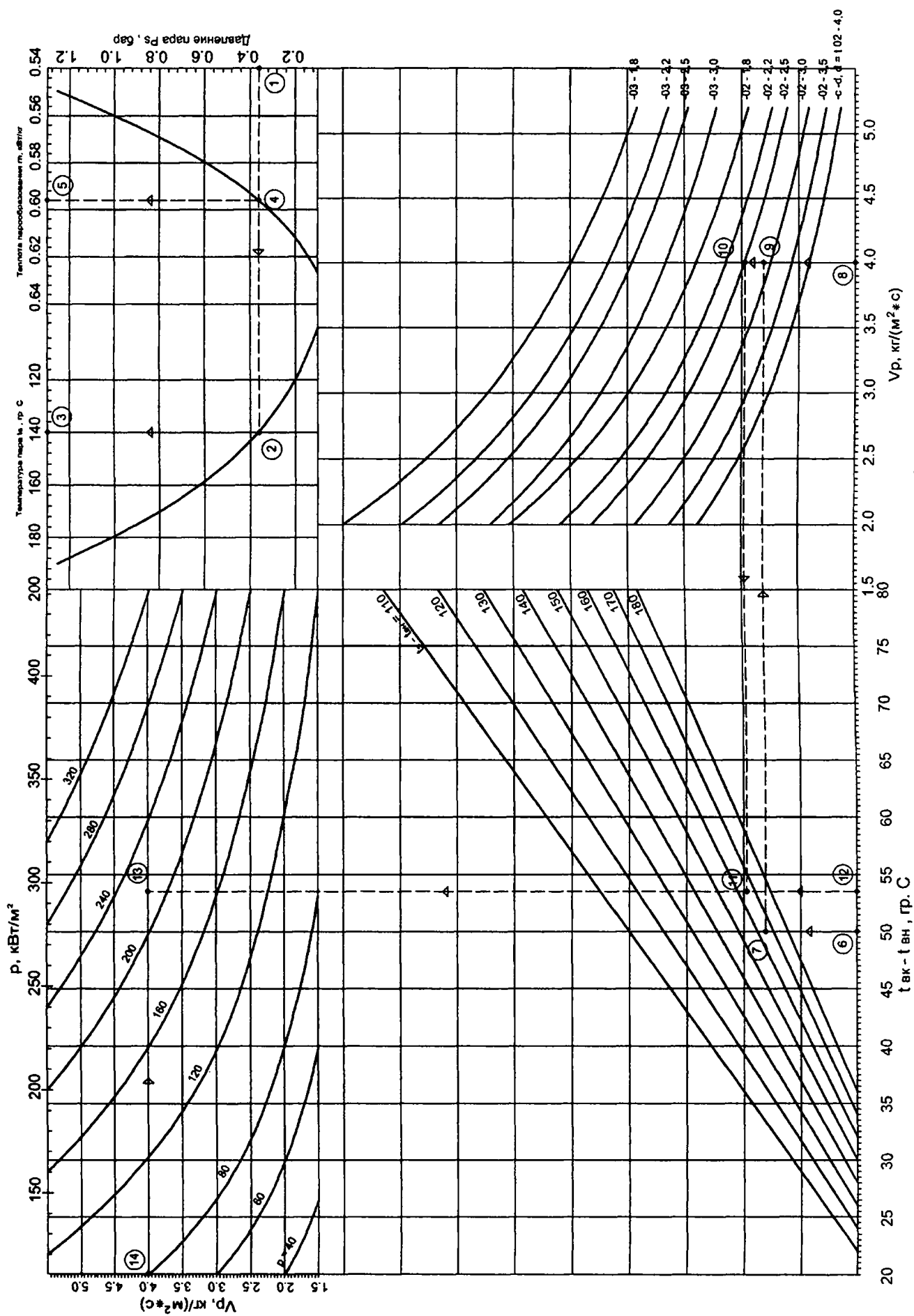
где

M_1, M_2 – величины, приведенные в табл. П.2.6, П.2.13, П.2.19, П.2.26;

M_{31}, M_{32} – массы питающего и отводящего коллекторов в расчете на 1 п.м длины коллектора, приведенные в табл. П.2.6, П.2.13, П.2.19, П.2.26;

Π – периметр фронтального сечения, м;

H – высота фронтального сечения, м, соответствует кодовому индексу -*bbb*.



Номограмма П.2.3 (плотность воздуха 1,2 кг/м³)

Пример. Для подбора не использовать.

12. Из точки 6 восстанавливаем перпендикуляр до пересечения в третьем квадранте с лучом $\Delta t_0 = \text{const}$, где Δt_0 определено по п.9 (точка 7).
13. Из точки 7 проводим линию, параллельную оси абсцисс.
14. Откладываем на оси абсцисс четвертого квадранта номограммы П.2.3 значение $u\rho$, определенное по п.2 (точка 8).
15. Из точки 8 восстанавливаем вертикаль до пересечения в четвертом квадранте с линией по п.12 (точка 9).
16. Все кривые четвертого квадранта, характеризующие тепловую эффективность воздухонагревателей с различным числом рядов труб и шагом установки пластин и расположенные над точкой 9, обеспечивают требуемую теплопроизводительность с определенным запасом. Минимальный запас по поверхности соответствует ближайшей из всех кривых, которая и является расчетной.
17. Из точки 9 восстанавливаем вертикаль до пересечения с ближайшей верхней кривой четвертого квадранта (точка 10). Индекс кривой, которой принадлежит точка 10, соответствует индексу $-c-d,d$ выбранного воздухонагревателя.
18. Из точки 10 проводим линию, параллельную оси абсцисс, до пересечения в третьем квадранте с лучом $\Delta t_0 = \text{const}$, где Δt_0 определено по п.9 (точка 11).
19. Из точки 11 опускаем перпендикуляр на ось абсцисс третьего квадранта (точка 12), значение на оси абсцисс соответствует фактической величине $\Delta t_0^{\text{ф}}$, обеспечиваемой выбранным воздухонагревателем.
20. Из точки 12 восстанавливаем вертикаль в поле второго квадранта номограммы П.2.3.
21. На оси ординат второго квадранта откладываем значение, определенное по п.2 (точка 14).
22. Из точки 14 проводим линию, параллельную оси абсцисс, до пересечения во втором квадранте с линией по п.19 (точка 13). Точка 13 определяет величину P , численное значение которой может быть найдено по оси абсцисс второго квадранта.
23. Определяем действительную теплопроизводительность воздухонагревателя

$$Q = P \cdot F_{\text{фр}} \quad (6)$$
24. Вычисляем количество конденсата, используя значение r_n , найденное по п.7:

$$G_x = Q / r_n \quad (7)$$
25. Зная величину и кодированный индекс воздухонагревателя $-c-d,d$, по табл. П.2.2, П.2.9, П.2.15, П.2.22 определяем значение аэродинамического сопротивления Δp_a , Па.
26. В случаях, когда величина фронтального сечения задана, расчеты проводятся начиная с п.2. Примеры расчета воздухонагревателей, работающих на пару, приведены в соответствующих разделах настоящего материала.

РАЗДЕЛ 1. Руководство по расчету и подбору воздухонагревателей типа ВНВ243, работающих на горячей воде, с фронтальными сечениями по ГОСТ 7201–80

В настоящем разделе содержатся материалы по расчету и подбору пластинчатых медно-алюминиевых воздухонагревателей типа ВНВ243.1(2) с фронтальными и присоединительными размерами, соответствующими ГОСТ 7201–80 (рис. П.2.1). Теплоноситель – горячая вода.

Расчет и подбор воздухонагревателей типа ВНВ243.1(2)

Предварительный подбор требуемой поверхности в настоящих материалах проводится с помощью номограмм.

Примеры подбора воздухонагревателя с помощью номограмм

Пример 1.

Задано: $L_n = 18000 \text{ м}^3/\text{ч}$; $t_{в,н} = -10 \text{ °C}$; $t_{в,к} = 24 \text{ °C}$; $t_{ж,н} = 130 \text{ °C}$, $t_{ж,к} = 70 \text{ °C}$. Зона обслуживания справа, подсоединение к воздуховоду фланцевое.

Необходимо определить: код воздухонагревателя, величины $F_{фр}$, Q , $G_{ж}$, $t_{ж,к}$, $\Delta p_{ж}$ и Δp_n .

Порядок расчета.

1. Исходя из рекомендуемого диапазона массовой скорости во фронтальном сечении воздухонагревателя $\nu\rho = 3,0 + 4,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ по табл. П.2.1 подбираем воздухонагреватель с фронтальным сечением $F_{фр} = 1,66 \text{ м}^2$, имеющий кодовый индекс *-aaa-bbb* = -166-100.

2. Массовая скорость воздуха $\nu\rho$ во фронтальном сечении

$$\nu\rho = L_n \cdot \rho_n / F_{фр} / 3600 = 18000 \cdot 1,2 / 1,66 / 3600 = 3,63 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}).$$

3. Перегрев воздуха

$$\Delta t_v = t_{в,к} - t_{в,н} = 24 - (-10) = 34 \text{ °C}.$$

4. Расчетный перепад температур по теплоносителю

$$\Delta t_{ж} = t_{ж,н} - t_{ж,к} = 130 - 70 = 60 \text{ °C}.$$

5. Максимальный температурный напор

$$\Delta t_0 = t_{ж,н} - t_{в,н} = 130 - (-10) = 140 \text{ °C}.$$

6. Выбираем противоточную схему подсоединения теплоносителя. По номограмме П.2.4 для противотока определяем кодовый индекс воздухонагревателя, удельный расход жидкости $q_{ж}^{\phi}$, удельную теплопроизводительность P и фактический перепад температур теплоносителя $\Delta t_{ж}^{\phi}$. Следуя ключу номограммы П.2.4, имеем:

кодовый индекс *-c-d,d* = -2-3,0; $q_{ж}^{\phi} = 0,45 \text{ л}/\text{с}$; $P = 124 \text{ кВт}/\text{м}^2$; $\Delta t_{ж}^{\phi} = 68,9 \text{ °C}$.

Запас величины теплопередающей поверхности составил 7,0 %.

7. Действительная теплопроизводительность воздухонагревателя

$$Q = P \cdot F_{фр} = 124 \cdot 1,66 = 206 \text{ кВт}.$$

8. Массовый расход жидкости через воздухонагреватель, принимая значение плотности жидкости при средней температуре 110 °C , равное $951 \text{ кг}/\text{м}^3$, будет таким:

$$G_{ж} = q_{ж}^{\phi} \cdot F_{фр} \cdot \rho_{ж} \cdot 3,6 = 0,45 \cdot 1,66 \cdot 951 \cdot 3,6 = 2557 \text{ кг}/\text{ч}.$$

9. По номограмме П.2.6, зная величину $q_{ж}^{\phi}$ и кодовые индексы *-c* и *-aaa* воздухонагревателя, находим кодовый индекс *-f-08* и величину $\Delta p_{ж} = 39,4 \text{ кПа}$.

10. По табл. П.2.4 определяем корректирующий коэффициент для известных кодовых индексов воздухонагревателя *-bbb*, *-c* и *-f*, который для этого случая равен 1, и вычисляем величину гидравлического сопротивления:

$$\Delta p_{ж}^{\phi} = 1 \cdot 39,4 = 39,4 \text{ кПа}.$$

11. По табл. П.2.3 определяем диаметр коллекторов для известных кодовых индексов воздухонагревателя *-bbb*, *-c* и *-f*: $D_k = 25 \text{ мм}$.

12. Зная величину $\nu\rho$ и кодовый индекс воздухонагревателя *-c-d,d*, по табл. П.2.2 вычисляем значение аэродинамического сопротивления: $\Delta p_n = 32,6 \text{ Па}$.

Таким образом, для реализации условий, приведенных в примере расчета, необходимо заказать воздухонагреватель ВНВ243.2-166-100-2-3,0-08-1, $D_k = 25 \text{ мм}$.

Пример 2.

Задано: $L_n = 6100 \text{ м}^3/\text{ч}$; $t_{в,н} = -26 \text{ °C}$; $t_{в,к} = 20 \text{ °C}$; $t_{ж,н} = 110 \text{ °C}$, $t_{ж,к} = 70 \text{ °C}$. Кодовые индексы воздухонагревателя *-aaa-bbb* = -116-050. Зона обслуживания слева, подсоединение к воздуховоду фланцевое.

Необходимо определить: код воздухонагревателя, величины Q , $G_{ж}$, $t_{ж,к}$, $\Delta p_{ж}$ и Δp_n .

Порядок расчета.

1. Массовая скорость воздуха $\nu\rho$ во фронтальном сечении

$$\nu\rho = L_n \cdot \rho_n / F_{фр} / 3600 = 6100 \cdot 1,2 / 0,581 / 3600 = 3,51 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}).$$

2. Перегрев воздуха

$$\Delta t_v = t_{в,к} - t_{в,н} = 20 - (-26) = 46 \text{ °C}.$$

3. Расчетный перепад температур по теплоносителю

$$\Delta t_{\text{ж}} = t_{\text{жн}} - t_{\text{жк}} = 110 - 70 = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

4. Максимальный температурный напор

$$\Delta t_0 = t_{\text{жн}} - t_{\text{нн}} = 110 - (-26) = 136 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

5. Выбираем прямоточную схему подсоединения теплоносителя. По номограмме П.2.5 для прямого тока определяем кодовый индекс воздухонагревателя, удельный расход жидкости $q_{\text{ж}}^{\Phi}$, удельную теплопроизводительность P и фактический перепад температур теплоносителя $\Delta t_{\text{ж}}^{\Phi}$. Следуя ключу номограммы П.2.5, имеем :

$$\text{кодовый индекс } -c-d,d = -2-2,0; q_{\text{ж}}^{\Phi} = 0,76 \text{ л/с}; P = 162 \text{ кВт/м}^2; \Delta t_{\text{ж}}^{\Phi} = 53 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Запас величины теплопередающей поверхности составил 9,0 %.

6. Действительная теплопроизводительность воздухонагревателя

$$Q = P \cdot F_{\text{фр}} = 162 \cdot 0,581 = 93,8 \text{ кВт}.$$

7. Массовый расход жидкости через воздухонагреватель, принимая значение плотности жидкости при средней температуре 110 $^{\circ}\text{C}$, равное 951 кг/м^3 , будет таким:

$$G_{\text{ж}} = q_{\text{ж}}^{\Phi} \cdot F_{\text{фр}} \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot 3,6 = 0,76 \cdot 0,581 \cdot 951 \cdot 3,6 = 1512 \text{ кг/ч}.$$

8. По номограмме П.2.6, зная величину $q_{\text{ж}}^{\Phi}$ и кодовые индексы $-c$ и $-aaa$ воздухонагревателя, находим кодовый индекс $-f=08$ и величину $\Delta p_{\text{ж}} = 38 \text{ кПа}$.

9. По табл. П.2.4 определяем корректирующий коэффициент для известных кодовых индексов воздухонагревателя $-bbb$, $-c$ и $-f$, который для этого случая равен 0,57, и вычисляем величину гидравлического сопротивления:

$$\Delta p_{\text{ж}}^{\Phi} = 0,57 \cdot 38 = 21,5 \text{ кПа}.$$

10. По табл. П.2.3 определяем диаметр коллекторов для известных кодовых индексов воздухонагревателя $-bbb$, $-c$ и $-f$: $D_{\text{к}} = 25 \text{ мм}$.

11. Зная величину $\Delta p_{\text{ж}}^{\Phi}$ и кодовый индекс воздухонагревателя $-c-d,d$, по табл. П.2.2 определяем значение аэродинамического сопротивления: $\Delta p_{\text{а}} = 42,6 \text{ Па}$.

Таким образом, для реализации условий, приведенных в примере расчета, необходимо заказать воздухонагреватель ВНВ243.2-116-050-2-2,0-08-4, $D_{\text{к}}=25 \text{ мм}$.

Таблица П.2.1

ТИПОРАЗМЕРЫ – ПЛОЩАДЬ ФРОНТАЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Кодовые индексы	-053	-066	-078	-091	-116	-166	$B, \text{ мм} \downarrow$
$-aaa \rightarrow$ $-bbb \downarrow$							
-040*	0,212	0,262	0,312	0,362	0,462	-	400
-050	0,267	0,329	0,392	0,455	0,581	-	503
-100	-	-	-	-	-	1,660	1003
-150	-	-	-	-	-	2,487	1503
$A, \text{ мм} \rightarrow$	530	655	780	905	1155	1655	

* С целью улучшения эксплуатационных характеристик воздухонагревателя по ГОСТ 7201-80 будут выпускаться с размером $B = 400 \text{ мм}$.

Таблица П.2.2

АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ, Па

Кодовый индекс $-c-d,d \downarrow$	Массовая скорость воздуха, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$															
	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
-1-3,5	8	9	10	12	13	14	16	17	19	20	22	24	25	27	29	
-1-3,0	8	9	11	12	13	15	16	18	19	21	23	24	26	28	30	
-1-2,5	9	11	12	13	15	16	18	20	21	23	25	27	29	31	33	
-1-2,0	11	13	15	17	18	20	22	24	27	29	31	33	36	38	41	
-1-1,8	13	15	17	19	21	23	25	28	30	33	35	38	41	44	46	
-2-3,5	16	18	21	23	26	28	31	34	37	40	43	47	50	54	57	
-2-3,0	16	19	21	24	26	29	32	35	38	41	45	48	52	55	59	
-2-2,5	18	21	24	26	29	33	36	39	42	46	50	53	57	61	65	
-2-2,0	23	26	29	33	37	40	44	48	53	57	62	66	71	76	81	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
-2-1,8	26	29	33	37	41	46	50	55	60	65	70	75	81	86	92
-3-2,5	27	31	35	40	44	49	53	58	63	69	74	80	86	91	98
-3-2,0	34	39	44	49	54	60	66	72	79	85	92	99	106	113	121
-3-1,8	39	44	50	56	62	68	75	82	89	97	104	112	120	129	137
-4-2,0	45	51	58	65	72	80	88	96	104	113	122	131	141	151	161
-4-1,8	51	58	66	74	82	91	100	109	119	128	139	149	160	171	183

Таблица П.2.3

ТИПОРАЗМЕРЫ – ДИАМЕТРЫ ТРУБНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ D_x

Кодовые индексы	1					2					3					4				
	-с→																			
-f→	02	04	06	08	10	02	04	06	08	10	02	04	06	08	10	02	04	06	08	10
-bbb↓	Диаметры трубных коллекторов D_x , мм																			
-040	25	25	25	-	-	40	25	-	25	-	40	25	-	25	25	40	40	25	25	25
-050	25	-	25	-	25	40	25	-	25	25	40	40	25	25	25	56	40	40	25	25
-100	40	25	-	25	25	56	40	40	25	25	56	40	40	40	25	80	56	40	40	40
-150	40	40	25	25	25	56	40	40	40	25	80	56	40	40	40	80	56	56	40	40

Таблица П.2.4

КОЭФФИЦИЕНТЫ КОРРЕКТИРОВКИ $\Delta\rho_x$

Кодовые индексы	1					2					3					4				
	-с→																			
-f→	02	04	06	08	10	02	04	06	08	10	02	04	06	08	10	02	04	06	08	10
-bbb↓	Коэффициенты корректировки																			
-040	1	1	-	1	-	1	1	0,67	1	-	1	1	1	1	-	1	1	1,16	1	-
-050	1	-	0,55	-	1	1	1	-	0,58	1	1	1,16	1	0,81	1	1	1	0,84	1	1
-100	1	1	-	0,58	1	1	1	0,84	1	1	1	1	1	1,18	1	1	1	1,06	1	1
-150	1	1,16	1	0,81	1	1	1	1	1,18	1	1	1,05	1	1,05	1	1	1	1	1	1

Таблица П.2.5

ТИПОРАЗМЕРЫ. ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ (рис. П.2.1)

№*	Кодовый индекс -aaa-bbb↓	A	A1	A2	A3**	A4	A5	A6	A7	A8	A9***
		Размеры, мм									
1	-053-040	530	578	600	772	500	400	440	470	375	375
2	-066-040	655	703	725	897	625	400	440	470	375	375
3	-078-040	780	828	850	1022	750	400	440	470	375	375
4	-091-040	905	953	975	1147	875	400	440	470	375	375
5	-116-040	1155	1203	1225	1397	1125	400	440	470	375	375
6	-053-050	530	578	600	772	500	503	551	570	375	475
7	-066-050	655	703	725	897	625	503	551	570	375	475
8	-078-050	780	828	850	1022	750	503	551	570	375	475
9	-091-050	905	953	975	1147	875	503	551	570	375	475
10	-116-050	1155	1203	1225	1397	1125	503	551	570	375	475
11	-166-100	1655	1703	1725	1897	1625	1003	1051	1070	875	975
12	-166-150	1655	1703	1725	1897	1625	1503	1551	1570	1375	1475

* Номер теплообменника по ГОСТ 7201–80.

** Осредненный размер (справочный).

*** Справочный размер.

МАССОГАБАРИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ (рис. П.2.1)

-с→	1					2					3			4	
-d, d→	3,5	3,0	2,5	2,0	1,8	3,5	3,0	2,5	2,0	1,8	2,5	2,0	1,8	2,0	1,8
H, мм*	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Масса M ₁ , кг/м ² **	8,2	8,8	9,5	10,7	11,3	16,5	17,5	19,0	21,3	22,6	28,5	32,0	33,9	42,7	45,3
Объем воды, л/м ² ***	5					7					9			11	
Масса M ₂ , кг/м ****	2,4 / 5-(ВНВ243.1 / ВНВ243.2)														

- * Для замены существующих калориферов воздухонагреватели типа ВНВ243.2 выпускаются с H=180 мм или H=220 мм. По требованию Заказчика воздухонагреватели могут выпускаться с H=55 мм для одно- и двухрядных теплообменников, H= 80 мм для трехрядных и H= 100 мм для четырехрядных.
- ** Масса теплообменной поверхности без воды в расчете на 1 м² площади фронтального сечения воздухонагревателя.
- *** Объем воды в расчете на 1 м² площади фронтального сечения воздухонагревателя.
- **** Масса корпуса воздухонагревателя в расчете на 1 п.м периметра фронтального сечения.

МАССОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диаметры трубных коллекторов D _к	25	40	56	80
Масса M _к , кг/м*	0,9	1,5	2,1	2,9

- * Масса питающего / отводящего коллектора без воды в расчете на 1 п.м высоты воздухонагревателя.

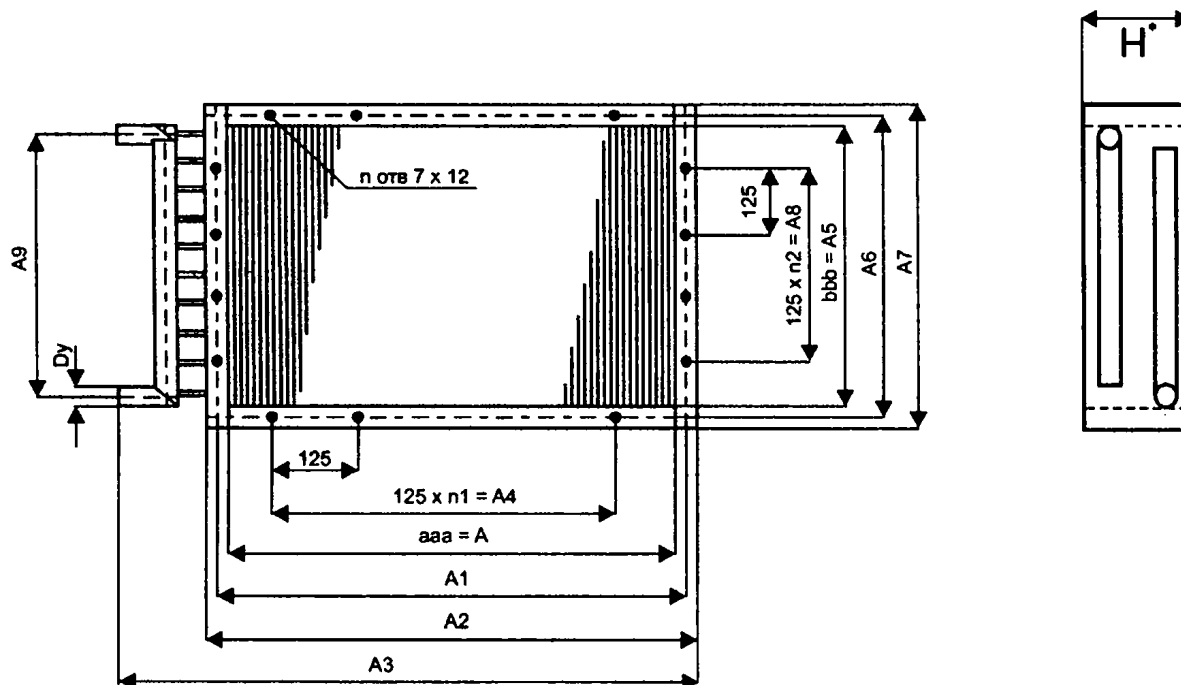
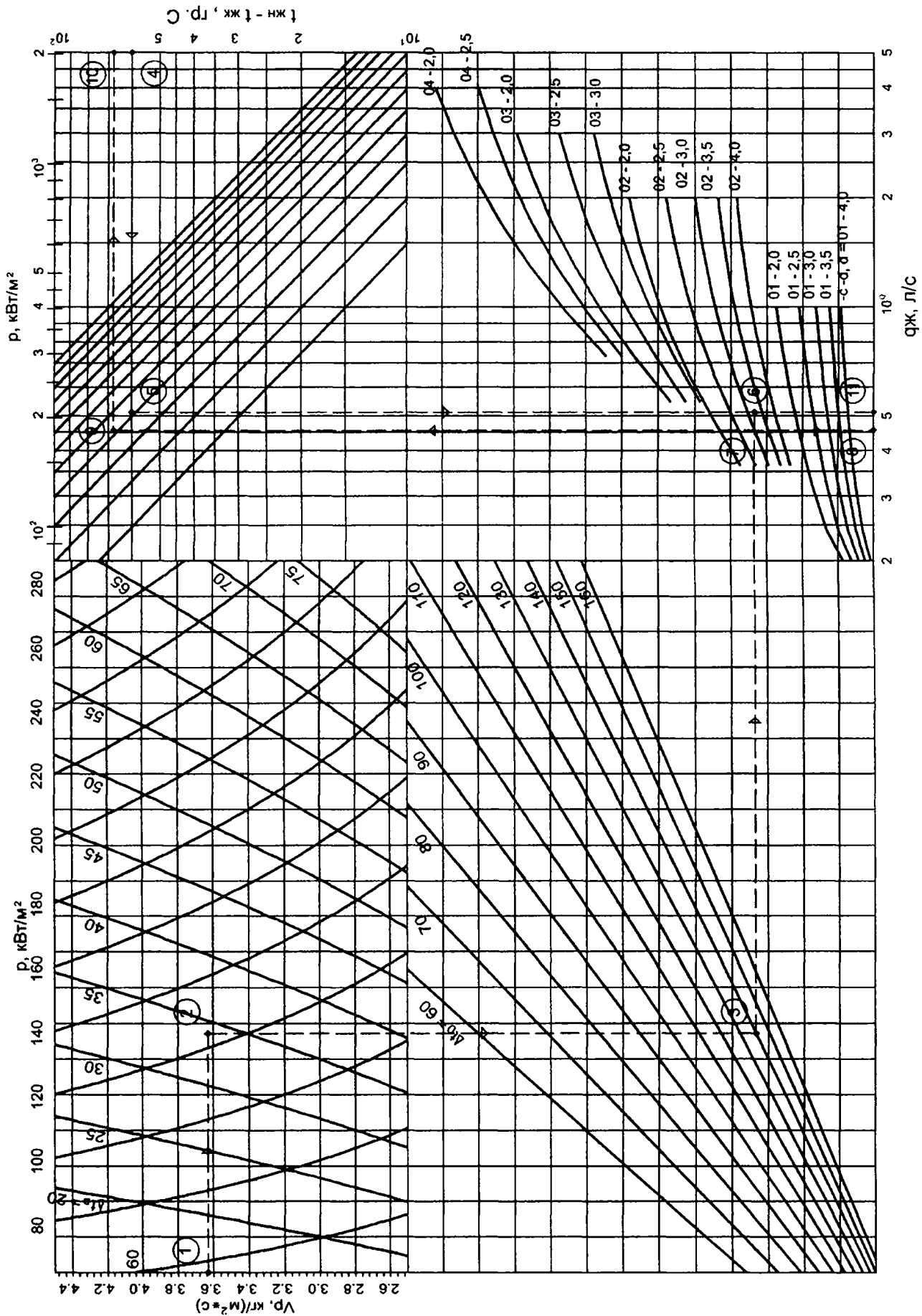
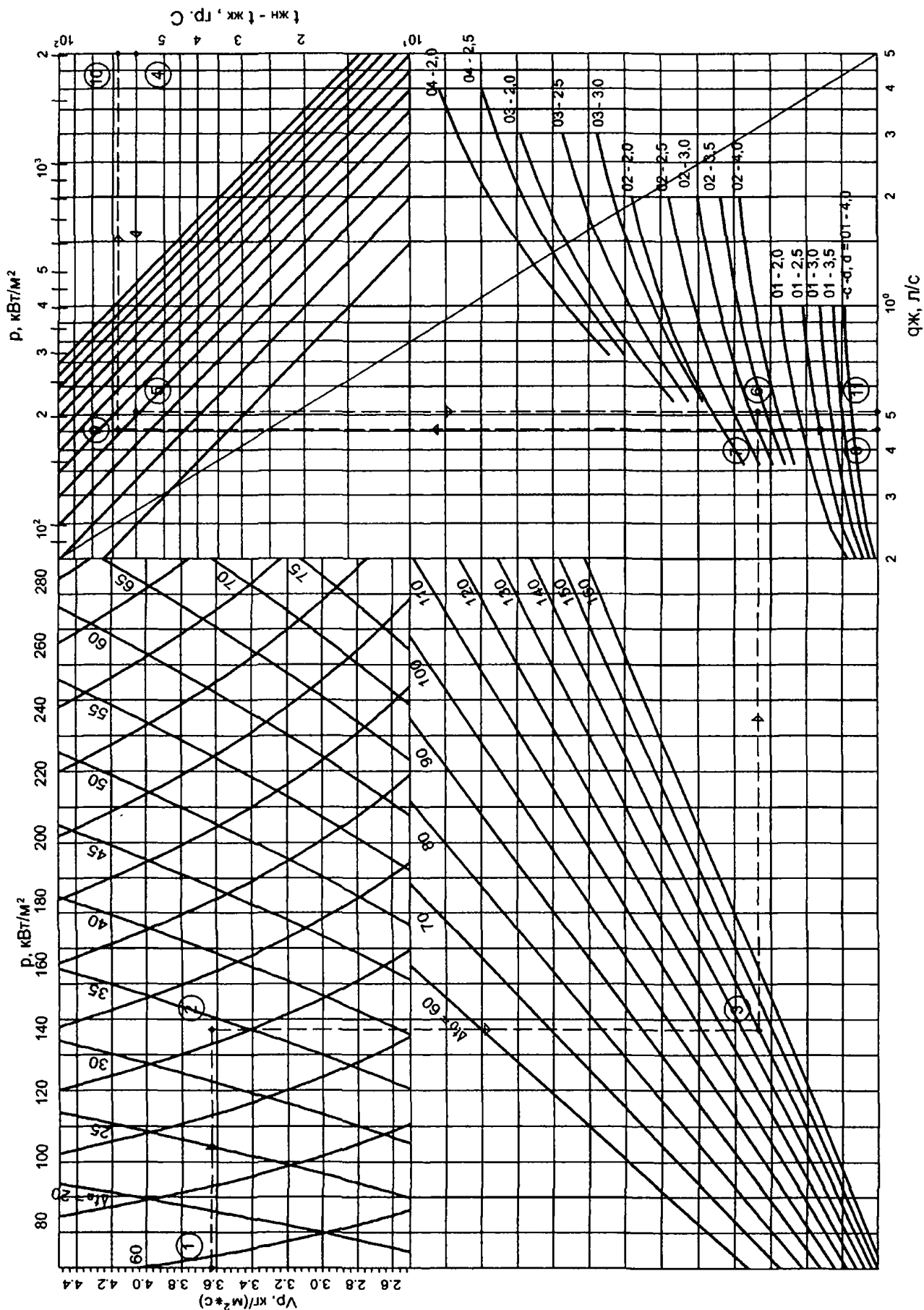


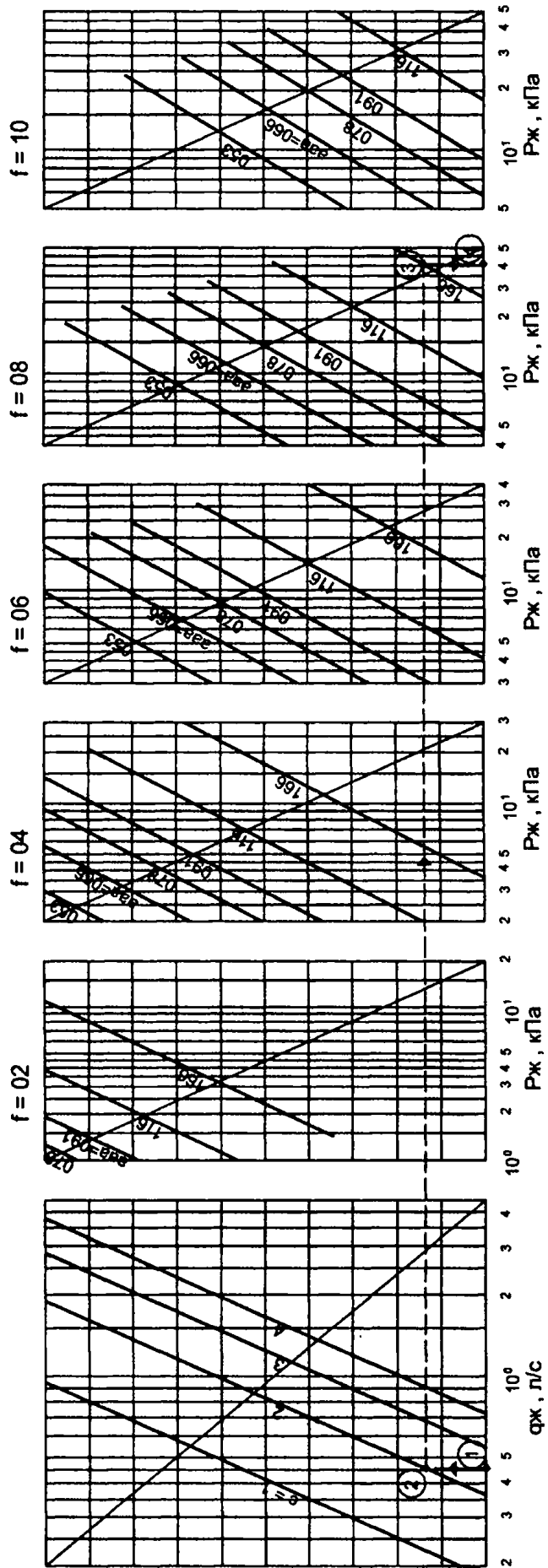
Рис. П.2.1. Габаритные и присоединительные размеры воздухонагревателей ВНВ243.2 с фронтальным сечением по ГОСТ 7201-80 (боковые щитки сняты)



Номограмма П.2.4. Противоток (плотность воздуха 1,2 кг/м³)



Номограмма П.2.5. Прямоток (плотность воздуха 1.2 кг/м^3)



Номограмма П.2.6