

А.А. Николаев

Справочник проектировщика
Проектирование тепловых сетей

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 528
ББК 38.2
А11

А11 **А.А. Николаев**
Справочник проектировщика: Проектирование тепловых сетей / А.А. Николаев – М.: Книга по Требованию, 2023. – 359 с.

ISBN 978-5-458-25686-5

Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. А. А. Николаева

ISBN 978-5-458-25686-5

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.		Стр.
Предисловие	7	8.5. Регулирование отпуска тепла при двухступенчатых схемах включения подогревателей горячего водоснаб- жения	97
РАЗДЕЛ I		8.6. Скорректированные графики регулирования для от- крытых систем тепловых сетей	102
ОБЩАЯ ЧАСТЬ		Глава 9	
Глава 1		Гидравлические расчеты трубопроводов	
Общие справочные материалы		9.1. Основные положения	105
1.1. Давления условные, пробные и рабочие	8	9.2. Основные расчетные формулы	107
1.2. Условные проходы арматуры, фитингов и трубопро- водов	9	9.3. Расчетные расходы теплоносителя	109
1.3. Климатологические данные по некоторым городам СССР	12	9.4. Гидравлический расчет трубопроводов водяных теп- ловых сетей	116
1.4. Свойства воды и водяного пара	12	9.5. Гидравлический расчет паропроводов	133
Глава 2		9.6. Гидравлический расчет конденсатопроводов	151
Трубы и детали трубопроводов		9.7. Графики давлений	161
2.1. Условия выбора труб	17	Глава 10	
2.2. Сортамент труб тепловых сетей	19	Расчет трубопроводов на прочность и на компенсацию тепловых удлинений	
2.3. Основные типоразмеры труб	22	10.1. Расчет трубопроводов тепловых сетей на прочность	169
2.4. Детали трубопроводов	27	10.2. Способы компенсации тепловых удлинений трубо- проводов	182
Глава 3		10.3. Расчет плоских участков трубопроводов на компен- сацию тепловых удлинений при гибких компенсато- рах и самокомпенсации	183
Опоры трубопроводов		10.4. Расчет на компенсацию тепловых удлинений плоских участков трубопроводов различной конфигурации	194
3.1. Подвижные опоры	29	10.5. Расчет на компенсацию тепловых удлинений участ- ков трубопровода с П-образными компенсаторами	206
3.2. Неподвижные опоры	36	Глава 11	
3.3. Опоры трубопроводов, прокладываемых на трубах	41	Нагрузки на опоры трубопроводов	
Глава 4		11.1. Нагрузки на подвижные опоры	230
Арматура, фланцевые соединения, сальниковые и волнистые компенсаторы		11.2. Нагрузки на неподвижные опоры	—
4.1. Общие положения	45	РАЗДЕЛ III	
4.2. Запорная арматура, обратные и приемные клапаны	46	ПРОКЛАДКА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ	
4.3. Фланцевые соединения	46	Глава 12	
4.4. Заглушки	56	Общие вопросы прокладки	
4.5. Сальниковые компенсаторы	—	12.1. Общие положения	243
4.6. Волнистые компенсаторы	60	12.2. Трасса и продольный профиль тепловых сетей	246
Глава 5		12.3. Конструирование трубопроводов	249
Дренажные устройства трубопроводов		12.4. Вентиляция проходных каналов	253
5.1. Дренаж водяных тепловых сетей	61	Глава 13	
5.2. Дренаж паропроводов	65	Тепловая изоляция	
5.3. Конденсационные горшки и конденсатоотводчики	68	13.1. Материалы	256
5.4. Промывка трубопроводов водяных тепловых сетей	71	13.2. Определение термических сопротивлений и толщин изоляционных конструкций	259
5.5. Грязевики	74	13.3. Определение температуры в различных точках тем- пературного поля изолированного трубопровода	263
РАЗДЕЛ II		Глава 14	
СХЕМЫ И РАСЧЕТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ		Защита трубопроводов от электрокоррозии	265
Глава 6		Глава 15	
Схемы тепловых сетей		Строительные конструкции	
Глава 7		15.1. Основные положения	271
Определение расходов тепла		15.2. Подземная прокладка	—
7.1. Часовые расходы тепла на отопление и вентиляцию	82		
7.2. Часовые расходы тепла на бытовое горячее водо- снабжение	84		
7.3. Годовые расходы тепла жилищным и общественными зданиями	88		
Глава 8			
Регулирование отпуска тепла			
8.1. Общие положения и условные обозначения	89		
8.2. Регулирование отпуска тепла на отопление	90		
8.3. Регулирование отпуска тепла на вентиляцию	94		
8.4. Регулирование отпуска тепла на горячее водоснаб- жение	95		

	Стр.		Стр.
15.3. Надземная прокладка	285	Глава 19	
15.4. Переходы тепловых сетей через препятствия	289	Тепловые пункты	329
15.5. Расчеты специальных сооружений тепловых сетей .	293		
РАЗДЕЛ IV		РАЗДЕЛ V	
НАСОСНЫЕ И ПОДОГРЕВАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ, ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ		ТЕПЛОВОЙ КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИКА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ	
Глава 16		Глава 20	
Качество и количество подпиточной воды водяных тепловых сетей		Тепловой контроль и автоматика	
16.1. Нормативные требования к качеству подпиточной воды	299	20.1. Тепловой контроль тепловых сетей	336
16.2. Количество подпиточной воды и производительность водоподготовки	301	20.2. Принципиальные схемы автоматизации основных уз- лов тепловых сетей	340
16.3. Центральные баки-аккумуляторы	302	20.3. Основные типы регуляторов применяемых в тепло- вых сетях	346
16.4. Приложения	—	20.4. Телемеханизация тепловых сетей	351
Глава 17		РАЗДЕЛ VI	
Насосные установки		ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ	
17.1. Основные характеристики насосных установок . . .	303	Глава 21	
17.2. Оборудование насосных установок	309	Укрупненные технико-экономические показатели	
Глава 18		Литература	358
Подогревательные установки			
18.1. Основные положения	313		
18.2. Тепловой расчет подогревателей	320		
18.3. Потери напора воды в подогревателях	327		

ПРЕДИСЛОВИЕ

Быстрыми темпами развивается промышленность и ведется в больших масштабах новое жилищное строительство, вытесняя устаревший жилой фонд как в городах, так и в поселках сельской местности, что приводит к росту концентрированного теплового потребления, создавая благоприятные условия для широкого развития систем централизованного теплоснабжения.

Дальнейшее значительное развитие получит теплофикация, базирующаяся на тепловых нагрузках крупных теплоемких предприятий и жилых районов городов.

В городах и поселках, не охваченных теплофикацией, и в поселках сельской местности значительное развитие получат системы централизованного теплоснабжения от районных котельных.

Некоторое развитие получат системы теплоснабжения от геотермальных источников.

Развитие систем централизованного теплоснабжения в промышленности, городах и поселках связано с большим объемом строительства тепловых сетей различного назначения.

В настоящем справочнике, на основе обобщения и систематизации накопившегося опыта по проектированию тепловых сетей, впервые сделана попытка дать необходимые для проектировщика материалы, которые помогут в практической работе.

Некоторые вопросы, получившие в литературе достаточное освещение, приведены в кратком изложении.

Собранные нормативные, расчетные и руководящие материалы могут быть использованы на всех стадиях проектирования тепловых сетей.

В основу справочника положены руководящие материалы и методические работы Теплоэлектропроекта.

Использованы также опубликованные руководящие материалы Ленпроекта, Мосинжпроекта, Мосэнергопроекта, Промстройпроекта и других проектных организаций, а также нормативный материал союзного значения — СНиП, ГОСТы, МН и пр.

Отдельные главы написаны следующими авторами: инж. Александровым И. П. — гл. 12 и 19; инженерами Беляйкиной И. В. и Игнатьевой Н. Г. — гл. 2, 3, 4, 7, 8, 10, 11; инж. Далиным А. М. — гл. 6, 17, 18 и 20; инж. Зеликсоном Н. М. — гл. 13; инж. Каленковичем Д. Е. — гл. 14; инж. Нечушкиным А. Ф. — гл. 15; инж. Михальченко А. Ф. — гл. 16; канд. техн. наук Сафоновым А. П. — гл. 8 и 20; инженерами Беляйкиной И. В., Игнатьевой Н. Г. и Шпеер М. Г. — гл. 5; инженерами Беляйкиной И. В., Игнатьевой Н. Г. и Николаевым А. А. — гл. 9; инженерами Беляйкиной И. В. и Шпеер М. Г. — гл. 1.

Рецензирование справочника выполнено группой сотрудников лаборатории теплофикации Всесоюзного теплотехнического института под руководством и при участии проф. д-ра техн. наук Соколова Е. Я. и группой специалистов Мосэнергопроекта, Гипрокоммунэнерго, ВНИИСТ, Теплосети Мосэнерго под руководством и при участии инж. Филиппова М. Ф.

РАЗДЕЛ I

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

ГЛАВА I

ОБЩИЕ СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1.1. ДАВЛЕНИЯ УСЛОВНЫЕ, ПРОБНЫЕ И РАБОЧИЕ

Давления условные, пробные и рабочие для труб, арматуры и соединительных частей трубопроводов тепловых сетей должны приниматься по табл. 1.1.

Под условным давлением понимается давление, на которое рассчитаны труба, арматура и соединительные

части трубопроводов при температуре теплоносителя 0°С, принятое за основное при определении рабочих давлений при более высоких температурах теплоносителя. Условное давление P_y устанавливает связь между рабочим давлением $P_{раб}$ теплоносителя и его температурой. За рабочее давление принимается номинальное эксплуатационное давление теплоносителя, на которое рассчитывается трубопровод.

Давления условные, пробные и рабочие в кгс/см²
(избыточные, по ГОСТ 356—59)

Таблица 1.1

Наименование	Условные давления P_y	1	2,5	4	6	10	16	25	40	64
	Пробные давления $P_{пр}$	2	4	6	9	15	24	38	60	95
	Температура среды в °С	Наибольшие рабочие давления $P_{раб}$								
Трубы, арматура и соединительные части из углеродистой стали ($C \leq 0,3$)	До 200	1	2,5	4	6	10	16	25	40	64
	225	1	2,4	3,8	6	9,5	15	24	38	60
	250	0,9	2,2	3,6	5,6	9	14	22	36	56
	275	0,9	2,1	3,4	5,3	8,5	13	21	34	53
	300	0,8	2	3,2	5	8	12,5	20	32	50
	325	0,8	1,9	3	4,8	7,5	12	19	30	48
	350	0,7	1,8	2,8	4,5	7	11	18	28	45
	375	0,7	1,7	2,6	4,2	6,7	10,5	17	26	42
	400	0,6	1,6	2,5	4	6,4	10	16	25	40
	410	0,6	1,5	2,4	3,8	6	9,5	15	24	38
	425	0,6	1,4	2,2	3,6	5,6	9	14	22	36
	430	0,5	1,3	2,1	3,4	5,3	8,5	13	21	34
	435	0,5	1,2	2	3,2	5	8	12,5	20	32
	440	0,5	1,2	1,9	3	4,8	7,5	12	19	30
	445	0,5	1,1	1,8	2,8	4,5	7	11	18	28
	450	—	1	1,7	2,6	4,2	6,7	10,5	17	26
Арматура и соединительные части из чугунов (серого и ковкого)	До 120	1	2,5	4	6	10	16	25	40	—
	200	1	2,5	3,6	5,5	9	15	23	36	—
	250	1	2	3,4	5	8	14	21	34	—
	300	1	2	3,2	5	8	13	20	32	—
	350*	0,8	1,9	3	4,5	7,5	12	18	30	—
	400*	0,7	1,6	2,8	4,2	7	10	16	28	—
То же, из бронзы и латуни	До 120	1	2,5	4	6	10	16	25	40	64
	200	1	2	3,2	5	8	13	20	32	—
	250	0,7	1,7	2,7	4	7	11	17	27	—

Примечания: 1. Звездочкой обозначены температуры только для ковкого чугуна.

2. На трубопроводы в собранном виде ГОСТ 356—59 не распространяется.

3. Рабочие давления для промежуточных значений температуры среды определяются линейной интерполяцией.

4. При определении ступени условного давления допускается превышение фактического рабочего давления в пределах до 5% над указанным для заданной температуры без перехода к высшей ступени условного давления.

1.2. УСЛОВНЫЕ ПРОХОДЫ АРМАТУРЫ, ФИТИНГОВ И ТРУБОПРОВОДОВ

Трубы, арматура, компенсаторы, грязевики, фланцы, заглушки и детали трубопроводов (отводы, переходы, тройники и пр.), а также части оборудования тепловых сетей должны изготавливаться под условные проходы по ГОСТ 355—52 (табл. 1.2) и обозначаться этим условным проходом.

Условный проход для литых труб и арматуры соответствует их действительному внутреннему диаметру, а для стальных труб тепловых сетей — усредненному по толщине стенки внутреннему диаметру.

Условные проходы фланцев и соединительных частей (отводов, переходов и пр.) принимаются по условному проходу тех труб, для которых они предназначены.

Таблица 1.2
Условные проходы арматуры, фитингов и трубопроводов (по ГОСТ 355—52)

Условный проход D_y в мм	Трубная резьба в дюймах	Условный проход D_y в мм	Трубная резьба в дюймах	Условный проход D_y в мм	Трубная резьба в дюймах
15	$1/2$	150	6	450	—
20	$3/4$	175*	7*	500	—
25	1	200	8	600	—
32	$1 1/4$	225*	9*	700	—
40	$1 1/2$	250	10	800	—
50	2	275*	11*	900	—
60*	—	300	12	1000	—
70	$2 1/2$	325*	—	1100*	—
80	3	350	—	1200	—
100	4	375*	—	—	—
125	5	400	—	—	—

* Для трубопроводов тепловых сетей не применяются.

1.3. КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ПО НЕКОТОРЫМ ГОРОДАМ СССР

В табл. 1.3 приводятся климатологические данные по некоторым городам СССР. Температура наружного воздуха, продолжительность отопительного периода и сей-

смичность для этих городов приняты по СНиП II-A 6-62, продолжительность стояния температур наружного воздуха за отопительный период рассчитана по климатологическим справочникам. Данные о средней температуре грунта приведены в табл. 1.4.

Таблица 1.3

Расчетные температуры наружного воздуха, продолжительность стояния температур наружного воздуха за отопительный период, продолжительность отопительного периода и сейсмичность с 7 баллов и выше

№ п/п	Наименование городов	Температура на- ружного воздуха в °С		Число суток за отопительный период со среднесуточными тем- пературами наружного воздуха в °С													Продолжительность ото- пительного периода в сут- ках	Сейсмичность с 7 баллов и выше
		расчетная для про- ектиро- вания		средняя отопи- тельного периода	ниже —45	—45 —40	—40 —35	—35 —30	—30 —25	—25 —20	—20 —15	—15 —10	—10 —5	—5 0	0 +8			
		отопле- ния	венти- ляции															
Европейская часть СССР																		
1	Архангельск	—32	—17	—4,7	—	0,05	0,3	1,6	4,3	9,4	18,5	31,9	45,4	67,55	75	254	—	—
2	Астрахань	—22	—11	—2	—	—	—	—	0,32	1,54	5,2	13,9	26,5	64,54	59	171	—	—
3	Баку	—3	—1	4,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	110	110	7	—
4	Брянск	—23	—12	—2,2	—	—	—	0,1	0,6	3	11,1	21,6	35,8	60,8	63	196	—	—
5	Вильнюс	—21	—9	—0,7	—	—	—	—	0,12	0,84	4,5	11,8	27,1	77,64	79	201	—	—
6	Витебск	—23	—11	—2	—	—	—	0,05	0,6	2,52	8,1	21,3	35,8	70,63	70	209	—	—
7	Вологда	—28	—16	—4,2	—	—	0,1	1,3	3	7	15,7	28,1	42	62,8	72	232	—	—
8	Воронеж	—25	—14	—3,7	—	—	—	0,3	1,1	4,6	13,6	22,4	35,6	63,4	54	195	—	—
9	Волгоград	—25	—14	—3,6	—	—	—	0,03	0,5	4,7	12,3	21,1	30	60,37	49	178	—	—
10	Горький	—28	—17	—4,9	—	—	0,1	0,93	3,1	7,58	16,9	27,7	40,3	62,39	58	217	—	—
11	Грозный	—16	—8	0,3	—	—	—	—	—	0,2	1,8	6,7	15,4	58,9	73	156	7	—
12	Жданов (Донецкая обл.)	—20	—9	—0,7	—	—	—	—	—	0,5	4,1	10,4	25,6	66,4	68	175	—	—
13	Златоуст (Челябинская обл.)	—32	—20	—6,4	—	—	0,2	1,82	5,9	12,8	25,12	39,5	42,24	47,42	60	235	—	—
14	Иваново	—28	—16	—4,4	—	—	0,23	1,3	2,5	7,2	15	27,6	32,4	71,77	65	223	—	—
15	Казань	—29	—18	—5,9	—	—	0,03	0,82	3,6	9,2	19,23	30,6	39,6	54,92	59	217	—	—
16	Калинин	—25	—14	—3,3	—	—	—	0,6	1,62	4,65	14,8	23,5	39,2	66,63	67	218	—	—
17	Киев	—21	—10	—1,2	—	—	—	—	0,12	0,92	5	13,5	28,6	69,86	73	191	—	—
18	Киров	—31	—19	—5,9	—	—	0,26	2,27	4,7	10,6	22,14	33,2	43,27	52,56	62	231	—	—
19	Кировоград	—21	—9	—0,8	—	—	—	—	0,12	0,94	4,54	12,72	26,12	65,56	70	180	—	—
20	Кишинев	—16	—7	0,6	—	—	—	—	—	0,1	1,8	7,5	16,04	63,56	78	167	—	—
21	Краснодар	—17	—6	1,3	—	—	—	—	0,03	0,6	1,52	5,6	13,1	43,15	85	149	—	—
22	Куйбышев	—29	—18	—5,8	—	—	0,03	0,4	4,3	12	20,4	24,9	36	58,97	51	208	—	—
23	Курск	—25	—13	—3,1	—	—	—	0,12	0,5	3,4	10,3	22,1	36,1	63,48	64	200	—	—
24	Ленинград	—24	—12	—2	—	—	—	0,04	0,5	2,87	8,9	19,44	37,1	74,15	80	223	—	—

Продолжение табл. 1.3

№ п/п	Наименование городов	Температура на- ружного воздуха в °С			Число суток за отопительный период со среднесуточными тем- пературами наружного воздуха в °С													Продолжительность ото- пительного периода в сут- ках	Сейсмичность с 7 баллов и выше
		расчетная для про- ектиро- вания		средняя отопи- тельного периода	ниже —45	—45 —40	—40 —35	—35 —30	—30 —25	—25 —20	—20 —15	—15 —10	—10 —5	—5 0	0 +8				
		отопле- ния	венти- ляция																
25	Лиепая (Латвийская ССР)	-17	-6	1,2	—	—	—	—	0,02	0,14	1,4	6,5	16,82	75,12	104	204	—		
26	Луганск	-22	-11	-1,7	—	—	—	0,06	0,29	2,2	6,7	15,94	27,72	62,09	65	180	—		
27	Львов	-16	-7	0,2	—	—	—	—	0,06	0,21	1,4	7	20,71	64,62	91	185	—		
28	Магнитогорск	-33	-22	-7,7	—	0,3	0,8	1,6	5,2	15,6	28,8	54	35	29,7	50	221	—		
29	Махачкала	-13	-4	2,4	—	—	—	—	—	0,12	0,56	2,32	7,8	32,2	109	152	—		
30	Минск	-22	-10	-1,4	—	—	—	—	0,35	1,83	6,8	15,52	30,1	79,4	72	200	—		
31	Москва	-26	-15	-3,7	—	—	0,02	0,45	2,04	5,4	13,82	24,7	39,3	63,27	60	212	—		
32	Мурманск	-26	-14	-3,2	—	0,04	0,3	1,1	3,9	9,1	18,1	31,9	48,4	74,16	94	281	—		
33	Нижний Тагил (Свердловская обл.)	-33	-21	-6,5	—	0,2	0,6	1,3	4,3	12,9	23,7	55	39	33	63	233	—		
34	Николаев	-18	-7	0,5	—	—	—	—	0,02	0,3	2,22	9,2	18,7	59,56	75	165	—		
35	Новгород	-24	-12	-2,9	—	—	0,2	0,9	1,9	5,6	14	27,9	42,6	52,9	79	225	—		
36	Новороссийск	-12	-4	4,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	125	125	—		
37	Одесса	-15	-7	1,1	—	—	—	—	—	0,2	0,87	5,42	16,1	58,41	79	160	—		
38	Оренбург	-28	-20	-6,8	—	—	0,2	1,24	5,5	13,9	23,3	31,4	34,6	46,86	47	204	—		
39	Орск (Оренбургская обл.)	-31	-22	-7,7	—	—	0,14	1,1	7,24	17,4	26	31,6	30,9	47,62	48	210	—		
40	Пенза	-28	-17	-4,7	—	—	0,07	0,4	1,82	7,37	18,2	31,3	40,4	53,44	58	211	—		
41	Пермь	-31	-20	-6,4	—	0,12	0,52	2,5	6	11,9	21,8	33,7	42,62	50,84	56	226	—		
42	Петрозаводск	-26	-14	-2,9	—	—	—	0,17	1,52	5,45	12,9	24,52	41,92	75,52	78	237	—		
43	Псков	-23	-11	-1,8	—	—	—	0,03	0,8	2,63	7,5	18,5	31,2	78,34	73	212	—		
44	Рига	-19	-8	-0,4	—	—	—	—	0,1	0,5	3,33	11,2	23,84	81,03	92	212	—		
45	Ростов-на-Дону	-22	-10	-1,4	—	—	—	—	0,2	1,5	5,7	13,1	26,65	65,85	62	175	—		
46	Рязань	-27	-15	-4	—	—	0,03	0,5	1,9	5,33	14,5	26,2	38	64,54	53	209	—		
47	Саратов	-28	-17	-4,5	—	—	—	0,1	1,5	8,1	18	27,3	36,8	57,2	47	196	—		
48	Свердловск	-32	-21	-6,5	—	0,02	0,42	1,82	6	12,2	24,14	38,0	43,26	44,14	63	233	—		
49	Смоленск	-24	-13	-2,6	—	—	—	0,1	0,83	3,4	10,33	20,9	36	73,44	68	213	—		
50	Сыктывкар (Коми АССР)	-32	-20	-6,1	—	0,4	1,4	3,8	7,5	12	20,5	32,9	43,6	53,9	69	245	—		
51	Таллин	-21	-10	-0,6	—	—	—	—	0,02	0,7	4,0	13,8	30,9	84,58	90	224	—		
52	Тбилиси	-7	-2	2,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150	150	—		
53	Тула	-26	-14	-3,4	—	—	0,1	0,3	0,6	1,9	5,7	10,4	83,0	44	65	211	—		
54	Ульяновск	-29	-18	-5,4	—	—	—	0,5	3,4	9,9	19,6	30,2	37,3	52,1	60	213	—		
55	Уральск (Западно-Казахстанская обл.)	-28	-19	-6,3	—	—	0,1	0,6	3,4	11	20,5	29,7	34,6	51,1	50	201	—		
56	Уфа	-31	-19	-6,2	—	—	0,22	1,4	5,04	11,4	22,8	33,2	41,1	46,84	56	218	—		
57	Харьков	-23	-11	-2,5	—	—	—	0,02	0,4	1,9	7,9	17,2	31,6	67,98	63	190	—		
58	Челябинск	-32	-21	-6,8	—	—	0,3	1,32	5,3	14,8	24,6	34,9	40,63	41,15	59	222	—		
Азиатская часть СССР																			
59	Актюбинск	-29	-21	-7,1	—	—	0,03	0,9	5,5	13,6	24,3	29,2	35	49,46	48	205	—		
60	Алма-Ата	-24	-13	-3	—	—	—	—	0,4	2,8	7,6	19	36,1	58,1	55	179	9		
61	Барнаул	-38	-23	-8,1	0,04	0,44	1,7	4,9	10,2	16,7	25,8	34,1	36,4	41,72	52	224	—		
62	Владивосток	-24	-16	-4,7	—	—	—	—	0,1	3,7	17,8	34,9	36,1	45,4	67	205	—		
63	Иркутск	-35	-23	-8,8	—	0,3	2,1	4,8	11,9	16,9	36	36	29,6	42,4	63	243	8		
64	Караганда	-32	-20	-7,2	—	0,14	1,3	3,1	6,9	12,85	20,25	31,9	40,2	53,35	47	217	—		
65	Красноярск	-37	-22	-7,5	0,02	0,72	2,7	5,3	10,8	14,9	22,1	31,6	37,1	42,76	63	231	—		
66	Кустанай	-35	-23	-8,4	—	0,13	0,2	2,8	10,1	19,2	27,13	32,9	36	40,54	48	217	—		
67	Ленинск-Кузнецкий (Кемеровская обл.)	-38	-23	-7,7	—	0,15	2,4	4,54	9,7	15,3	24,44	30,3	40,5	50,67	49	227	—		
68	Минусинск (Красноярский край)	-40	-25	-8,2	—	1,1	3,3	7,3	13,3	19,4	24,8	30,4	31,1	42,3	57	230	—		
69	Новосибирск	-39	-24	-8,9	—	0,63	3,1	4,8	11,8	17,63	26,9	36,1	36,2	40,84	50	228	—		
70	Омск	-36	-24	-8,9	0,02	0,21	2,44	5,4	12,1	19,5	29,6	34,2	34,4	39,13	50	227	—		
71	Павлодар (Целинный край)	-35	-23	-8,9	0,04	0,23	0,9	3,4	11,7	23,14	29,1	33	33	34,49	43	212	—		
72	Петропавловск (Целинный край)	-36	-24	-8,8	—	0,13	0,9	3,8	10,5	21	29,2	35,8	36,23	37,44	50	225	—		
73	Самарканд	-12	3	2,9	—	—	—	—	—	—	0,4	2,7	9,3	18,6	93	124	7		
74	Семипалатинск	-36	-21	-7,5	—	0,25	1,8	3,4	7,9	15,4	24,6	29,9	35,4	42,35	49	210	—		

Продолжение табл. 1.3

№ п/п	Наименование городов	Температура на- ружного воздуха в °С			Число суток за отопительный период со среднесуточными температурами наружного воздуха в °С										Продолжительность ото- пительного периода в сутках	Сейсмичность с 7 баллов и выше	
		расчет- ная для проекти- рования		средняя отопи- тельного периода	ниже -45	-45 -40	-40 -35	-35 -30	-30 -25	-25 -20	-20 -15	-15 -10	-10 -5	-5 0			0 +8
		отопле- ния	венти- ляции														
75	Ташкент	-13	-4	2	—	—	—	—	—	—	1,3	4,8	11,6	23,3	90	131	—
76	Тобольск (Тюменская обл.)	-35	-24	-8,1	—	0,24	1,54	4,8	9,5	18,2	28,3	35,6	38,8	33,02	65	235	—
77	Томск	-39	-25	-8,7	0,14	0,57	2,7	6,1	11,3	18,14	28	37	36,6	43	55	238	—
78	Тюмень	-33	-22	-7,2	—	0,2	0,84	3,9	7,3	15,8	24,8	35,6	38,9	41,66	57	226	—
79	Хабаровск	-33	-25	-9,3	—	—	0,1	2,1	12,3	28,2	35,8	29,8	26,6	27,1	58	220	—
80	Чита	-38	-30	-11,7	—	0,9	5,2	13,8	23,9	31,1	30,8	26,1	28,1	24,1	59	243	—

Примечания: 1. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления принята как средняя наиболее холодной пятидневки из восьми зим, взятых за 50 лет.

2. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции принята как средняя температура воздуха наиболее холодного периода, составляющего 15% общей продолжительности всего отопительного периода.

3. Продолжительность отопительного периода определена по числу дней с устойчивой среднесуточной температурой наружного воздуха $+8^{\circ}\text{C}$ и ниже.

4. Средняя температура наружного воздуха отопительного периода принята как средняя алгебраическая за отопительный период.

5. Интенсивность землетрясений в баллах оценивается по ГОСТ 6249—52.

Таблица 1.4

Средняя температура грунта в °С для некоторых пунктов СССР

Наименование городов	Зимняя		Летняя		Годовая		Наименование городов	Зимняя		Летняя		Годовая	
	Глубина грунта в м							Глубина грунта в м					
	0,8	1,6	0,8	1,6	0,8	1,6		0,8	1,6	0,8	1,6	0,8	1,6
Брест	1,2	3,1	19,1	16,4	9,7	9,6	Москва	1	1,6	14,4	13,4	6,5	6,5
Бежецк	0,5	1,9	17,4	15,4	8,3	8,2	Минск	1	2,9	11,8	10,7	8,5	8,4
Вологда	1	2	13,2	10,9	5,9	5,9	Одесса	3,2	5,5	23	19,6	12,7	12,5
Волгоград	—1,9	0,7	23,7	19,5	10,1	10,2	Орел	0	1,8	17,2	14,8	7,5	7,6
Гродно	0,3	1,5	19,4	16,1	8,4	8,3	Оренбург	—1,1	1,9	15,6	12,5	6,8	7,1
Даугавпилс	—1,6	—0,1	18,5	17,7	5,5	5,8	Ростов-на-Дону . . .	0,8	4,8	20,2	16,6	10,4	10,7
Иваново	—0,1	1,3	15	13,3	6,2	6,3	Рига	—1,3	—0,3	16,5	16,2	6,2	6,3
Киев	1	2,7	17,3	15,1	8,5	8,5	Свердловск	0,75	2,7	12	9,1	6	5,5
Ленинград	—2,5	0,7	16,3	13,7	5,4	5,9	Харьков	1,5	2,7	17,1	15,7	8,8	8,9

1.4. СВОЙСТВА ВОДЫ И ВОДЯНОГО ПАРА

В табл. 1.5—1.7 приведены основные термодинамические и физические свойства воды и водяного пара, составленные по данным справочной литературы.

Таблица 1.5

Термодинамические свойства сухого насыщенного пара и воды на линии насыщения

Давление P в кгс/см ²	Температура насыщения t_s в °C	Сухой насыщенный пар		Вода на линии насыщения		Скрытая теплота парообразования r в ккал/кг	Давление P в кгс/см ²	Температура насыщения t_s в °C	Сухой насыщенный пар		Вода на линии насыщения		Скрытая теплота парообразования r в ккал/кг
		удельный вес γ'' в кгс/м ³	энтальпия i'' в ккал/кг	удельный вес γ' в кгс/м ³	энтальпия i' в ккал/кг				удельный вес γ'' в кгс/м ³	энтальпия i'' в ккал/кг	удельный вес γ' в кгс/м ³	энтальпия i' в ккал/кг	
1	99,09	0,5797	638,8	958	99,19	539,6	3,4	137,18	1,823	652,1	930	137,8	514,3
1,1	101,76	0,6337	639,8	957	101,87	537,9	3,5	138,19	1,873	652,4	929	138,9	513,5
1,2	104,25	0,6873	640,7	955	104,38	536,3	3,6	139,18	1,923	652,7	929	139,9	512,8
1,3	106,56	0,7407	641,6	955	106,72	534,9	3,7	140,15	1,974	653	927	140,9	512,1
1,4	108,74	0,7943	642,3	952	108,92	533,4	3,8	141,09	2,024	653,3	925	141,8	511,5
1,5	110,79	0,8467	643,1	951	110,99	532,1	3,9	142,02	2,074	653,6	925	142,8	510,8
1,6	112,73	0,9001	643,8	950	112,95	530,8	4	142,92	2,124	653,9	925	143,7	510,2
1,7	114,57	0,9524	644,5	949	114,81	529,7	4,1	143,81	2,173	654,1	924	144,6	509,5
1,8	116,33	1,0046	645,1	947	116,6	528,5	4,2	144,68	2,223	654,4	922	145,5	508,9
1,9	118,01	1,057	645,7	946	118,3	527,4	4,3	145,54	2,273	654,7	922	146,4	508,3
2	119,62	1,109	646,3	945	119,94	526,4	4,4	146,38	2,323	654,9	921	147,3	507,6
2,1	121,16	1,161	646,8	944	121,9	525,3	4,5	147,2	2,373	655,2	920	148,1	507,1
2,2	122,65	1,212	647,3	941	123	524,3	4,6	148,01	2,422	655,4	920	149	506,5
2,3	124,08	1,264	647,8	940	124,5	523,3	4,7	148,81	2,472	655,6	920	149,8	505,8
2,4	125,46	1,315	648,3	940	125,9	522,4	4,8	149,59	2,521	655,9	919	150,6	505,3
2,5	126,79	1,367	648,7	939	127,2	521,5	4,9	150,36	2,571	656,1	918	151,4	504,7
2,6	128,08	1,417	649,2	938	128,5	520,7	5	151,11	2,62	656,3	916	152,1	504,2
2,7	129,34	1,469	649,6	937	129,8	519,8	5,2	152,59	2,718	656,7	915	153,7	503
2,8	130,55	1,52	650	936	131,1	518,9	5,4	154,02	2,817	657,1	914	155,1	502
2,9	131,73	1,57	650,3	935	132,3	518	5,6	155,41	2,915	657,5	912	156,6	500,9
3	132,88	1,621	650,7	934	133,4	517,3	5,8	156,76	3,013	657,9	912	158	499,9
3,1	134	1,672	651,1	932	134,6	516,5	6	158,08	3,111	658,3	910	159,3	498,9
3,2	135,08	1,722	651,4	930	135,7	515,7	6,2	159,39	3,209	658,6	909	160,7	497,9
3,3	136,14	1,772	651,8	930	136,8	515	6,4	160,61	3,307	659	906	162	497

Продолжение табл. 15

Давление P в кгс/см^2	Температура насыщения t_s в $^{\circ}\text{C}$	Сухой насыщенный пар		Вода на линии насыщения		Скрытая теплота парообразования r в ккал/кг	Давление P в кгс/см^2	Температура насыщения t_s в $^{\circ}\text{C}$	Сухой насыщенный пар		Вода на линии насыщения		Скрытая теплота парообразования r в ккал/кг
		удельный вес γ' в кгс/м^3	энтальпия i' в ккал/кг	удельный вес γ'' в кгс/м^3	энтальпия i'' в ккал/кг				удельный вес γ' в кгс/м^3	энтальпия i' в ккал/кг	удельный вес γ'' в кгс/м^3	энтальпия i'' в ккал/кг	
6,6	161,82	3,404	659,3	905	163,2	496,1	13	190,71	6,494	665,6	875	193,6	472
6,8	163,01	3,501	659,6	905	164,5	495,1	13,5	192,45	6,734	665,9	874	195,5	470,4
7	164,17	3,6	659,9	904	165,1	494,2	14	194,13	6,974	666,2	872	197,3	468,9
7,2	165,31	3,697	660,2	903	166,9	493,3	14,5	195,77	7,21	666,4	870	199,1	467,4
7,4	166,42	3,794	660,4	901	168	492,4	15	197,36	7,452	666,7	868	200,7	465,9
7,6	167,51	3,891	660,7	900	169,2	491,5	15,5	198,91	7,692	666,9	866	202,4	464,5
7,8	168,57	3,989	661	899	170,3	490,7	16	200,43	7,93	667,1	865	204	463,1
8	169,61	4,085	661,2	898	171,4	489,8	16,5	201,91	8,17	667,3	864	205,6	461,7
8,2	170,63	4,182	661,4	897	172,4	489	17	203,35	8,41	667,5	861	207,2	460,3
8,4	171,63	4,279	661,7	896	173,4	488,3	17,5	204,76	8,651	667,7	859	208,7	459
8,6	172,61	4,375	661,9	895	174,5	487,4	18	206,14	8,889	667,8	858	210,2	457,6
8,8	173,58	4,472	662,1	894	175,5	486,6	18,5	207,49	9,132	668	855	211,7	456,3
9	174,53	4,568	662,3	893	176,5	485,8	19	208,81	9,372	668,2	854	213,1	455,1
9,2	175,46	4,664	662,5	892	177,5	485	19,5	210,11	9,615	668,3	853	214,5	453,8
9,4	176,38	4,762	662,7	890	178,5	484,2	20	211,38	9,852	668,5	851	215,9	452,6
9,6	177,28	4,859	662,9	890	179,4	483,5	20,5	212,63	10,09	668,6	850	217,3	451,3
9,8	178,16	4,953	663,1	889	180,3	482,8	21	213,85	10,34	668,7	849	218,6	450,1
10	179,04	5,051	663,3	889	181,3	482,1	21,5	215,05	10,57	668,8	846	220	448,8
10,5	181,16	5,291	663,7	887	183,5	480,2	22	216,23	10,82	668,9	845	221,2	447,7
11	183,2	5,531	664,1	884	185,7	478,4	22,5	217,39	11,06	668,9	844	222,5	446,4
11,5	185,17	5,77	664,5	881	187,7	476,8	23	218,53	11,3	669	842	223,8	445,2
12	187,08	6,013	664,9	880	189,8	475,1	23,5	219,65	11,54	669,1	841	225	444,1
12,5	188,92	6,254	665,3	879	191,7	473,6	24	220,75	11,78	669,2	839	226,2	443

Продолжение табл. 1.5

Давление P в кгс/см ²	Температура насыщения t_s в °С	Сухой насыщенный пар		Вода на линии насыщения		Скрытая теп- лота парооб- разования r в ккал/кг	Давление P в кгс/см ²	Температура насыщения t_s в °С	Сухой насыщенный пар		Вода на линии насыщения		Скрытая теп- лота парооб- разования r в ккал/кг
		удель- ный вес γ'' в кгс/м ³	энталь- пия i'' в ккал/кг	удель- ный вес γ' в кгс/м ³	энталь- пия i' в ккал/кг				удель- ный вес γ'' в кгс/м ³	энталь- пия i'' в ккал/кг	удель- ный вес γ' в кгс/м ³	энталь- пия i' в ккал/кг	
24,5	221,83	12,03	669,2	838	227,4	441,8	42	252,07	21,71	668,8	796	261,8	407
25	222,9	12,27	669,3	836	228,6	440,7	43	253,48	21,22	668,7	795	263,4	405,3
25,5	223,95	12,51	669,3	835	229,8	439,5	44	254,87	21,73	668,5	792	265	403,5
26	224,99	12,76	669,4	834	230,9	438,5	45	256,23	22,25	668,4	790	266,6	401,8
26,5	226,01	13	669,4	833	232,1	437,3	46	257,56	22,76	668,2	788	268,2	400
27	227,01	13,24	669,4	831	233,2	436,2	47	258,88	23,28	668	785	269,8	398,2
27,5	228	13,49	669,5	830	234,3	435,2	48	260,17	23,79	667,9	784	271,3	396,6
28	228,98	13,73	669,5	829	235,4	434,1	49	261,45	24,32	667,7	782	272,8	394,9
28,5	229,94	13,98	669,5	829	236,5	433	50	262,7	24,84	667,5	780	274,3	393,2
29	230,89	14,22	669,5	825	237,5	432	51	263,93	25,36	667,4	779	275,8	391,6
29,5	231,83	14,47	669,6	824	238,6	431	52	265,15	25,89	667,2	777	277,2	390
30	237,76	14,71	669,6	824	239,6	430	53	266,35	26,42	667	775	278,7	388,3
31	234,57	15,2	669,6	821	241,7	427,9	54	267,53	26,95	666,7	772	280,1	386,6
32	236,35	15,7	669,6	820	243,7	425,9	55	268,69	27,48	666,6	770	281,5	385,1
33	238,08	16,19	669,6	817	245,6	423,9	56	269,84	28,02	666,3	768	282,9	383,4
34	239,77	16,68	669,5	815	247,6	421,9	57	270,98	28,56	666,1	767	284,3	381,8
35	241,42	17,18	669,5	812	249,5	420	58	272,1	29,1	665,9	765	285,6	380,3
36	243,04	17,69	669,4	810	251,3	418,1	59	273,2	29,64	665,6	762	287	378,6
37	244,62	18,19	669,3	808	253,1	416,2	60	274,29	30,18	665,4	760	288,3	377,1
38	246,17	18,68	669,2	805	254,9	414,3	61	275,37	30,72	665,1	759	289,7	375,4
39	247,69	19,19	669,2	803	256,7	412,5	62	276,43	31,28	664,8	758	291	373,8
40	249,18	19,7	669	801	258,4	410,6	63	277,48	31,83	664,6	755	292,3	372,3
41	250,64	20,2	668,9	798	260,1	408,8	64	278,51	32,37	664,3	754	293,6	370,8