

коэффициент часовой неравномерности ее потребления принимают 1,7–2,2.

При определении расчетных расходов теплоты и горячей воды по проектным материалам используют задаваемый в проекте максимальный часовой расход теплоты на горячее водоснабжение здания. Среднечасовой расход теплоты за сутки наибольшего водопотребления для здания определяют делением заданного максимального расхода на коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды в здании, принимаемый по табл. 1.14. Средне часовую расход теплоты по системе теплоснабжения находят суммированием среднечасовых расходов теплоты потребителями, максимальный расход теплоты умножением среднечасового расхода теплоты по системе на коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды в системе теплоснабжения (1,7–2,2).

Расчетные расходы воды на горячее водоснабжение здания или в системе теплоснабжения определяют делением соответствующего расхода теплоты на разность температур горячей и холодной воды в системах горячего водоснабжения. Для закрытой системы теплоснабжения принимают среднюю температуру горячей воды 55 °С, для открытой – 65 °С.

Среднечасовые расчетные расходы воды и теплоты на горячее водоснабжение в летний период находят по формулам:

$$G_{гв}^{р} = \rho G_{гт}^{р};$$

$$Q_{гт}^{р} = \rho Q_{гв}^{р} \cdot \frac{t_{г,л} - t_{х,л}}{t_{г} - t_{х}},$$

где $t_{г,л}$ и $t_{х,л}$ – принятые температуры горячей и холодной воды в летний период, °С; при отсутствии данных принимают $t_{х,л} = 15$ °С; ρ – коэффициент, учитывающий снижение среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение в летний период, при отсутствии данных принимается равным 0,8, а для предприятий, курортов и курортных городов $\rho = 1$.

4.4. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ

Для расчета режимов регулирования от пуска теплоты приняты следующие условные обозначения:

$Q_{от}$ – расход теплоты на отопление, Гкал/ч;

$Q_{гв}$ – расход теплоты на горячее водоснабжение, Гкал/ч;

$G_{гв}$ – расход сетевой воды на отопление, т/ч;

$G_{гт}$ – расход сетевой воды на горячее водоснабжение в закрытой системе теплоснабжения, т/ч;

$G_{гв}$ – расход воды, поступающей в систему горячего водоснабжения, т/ч;

$G_{гв}$ – расход сетевой воды на тепловой пункт, т/ч;

$G_{гв,л}, G_{гв,об}$ – расход воды на подающей и обратной линиях тепловой сети, т/ч;

g – удельный расход сетевой воды на 1 Гкал/ч нагрузки горячего водоснабжения, т/Гкал;

$t_{г}, t_{х}$ – температура воды, соответственно в подающей и обратной линиях сети, °С;

t_1, t_2, t_3 – температура воды соответственно перед элеватором, в обратной и подающей линиях системы отопления (без дополнительных индексов – текущие температуры по отопительному графику качественного регулирования), °С;

$\Delta t_{от} = t_1 - t_2$ – разность температур сетевой воды перед элеватором и после системы отопления, соответствующая графику качественного регулирования, °С;

$t_{ср} = \frac{t_3 + t_2}{2}$ – средняя температура нагревательного прибора, соответствующая графику качественного регулирования, °С;

$t_{в}$ – расчетная температура воздуха внутри помещений, °С;

$t_{н}$ – температура наружного воздуха, °С;

$t_{х}, t_{г}$ – температуры холодной водопроводной воды и горячей воды, поступающей в систему горячего водоснабжения, °С;

$t_{г}$ – температура обратной воды за подогревателями горячего водоснабжения, °С.

Индексы указанных обозначений

и – точка излома температурного графика;

ср – средняя нагрузка горячего водоснабжения;

макс – максимальная нагрузка горячего водоснабжения;

р – расчетные условия;

л – летний режим;

штрих – скорректированный график температур в открытой системе теплоснабжения или повышенный график в закрытой системе.

Обозначения относительных величин:

$\alpha = Q_{гв}^{р} / Q_{от}^{р}$ – отношение среднечасовой нагрузки горячего водоснабжения к расчетной отопительной нагрузке;

- $\beta = \frac{Q_T^{\max}}{Q_T^{\text{ср}}}$ — отношение максимальной нагрузки горячего водоснабжения к ее средней величине;
- $r = \frac{G_y}{G_T^{\text{ср}}}$ — относительный расход сетевой воды на ввод (в закрытой системе теплоснабжения);
- $y = \frac{G_c}{G_T^{\text{ср}}}$ — относительный расход сетевой воды на отопление;
- $\Delta = \Delta t_{2-p} / \Delta t_c$ — отношение расчетной разности температур сетевой воды перед элеватором и после системы отопления к разности температур нагретой и холодной воды в системе горячего водоснабжения;
- ρ — отношение величины отбора воды на подающей линии к общему водопотреблению;
- κ — коэффициент смещения элеватора;
- ω_n, ω_p, ν — соответственно отношение расчетных потерь напора по подающей (включая источник теплоты) и обратной линиям тепловой сети и у потребителя к расчетному напору сетевых насосов;
- $q = Q_{\text{от}} / Q_{\text{от}}^{\text{пр}}$ — отношение расхода теплоты системой отопления при текущей температуре наружного воздуха к ее расчетному теплоснабжению.

При наладке систем централизованного теплоснабжения за основу принимают проектный режим отпуска теплоты. Однако при изменении проектных условий в системе теплоснабжения — отношения суммарного среднечасового расхода теплоты на горячее водоснабжение к суммарному максимальному часовому расходу теплоты на отопление, расчетной температуры наружного воздуха, оборудования тепловых пунктов и т. п. проектный режим должен быть откорректирован с учетом этих изменений и разработан новый график температур сетевой воды.

Центральное качественное регулирование по отопительному графику предусмотрено для двухтрубных водяных тепловых сетей с преобладающей тепловой нагрузкой на отопление и вентиляцию. При наличии нагрузки на горячее водоснабжение график температур воды в подающей линии в теплый период отопительного сезона спрямляют так, чтобы была обеспечена необходимая температура потребителем горячей воды. При одновременной подаче

теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение жилых районов вентиляционную тепловую нагрузку при выборе режима регулирования не учитывают. На выбор режима регулирования нагрузка горячего водоснабжения может влиять при определенных схемах тепловых пунктов.

Регулирование отпуска теплоты по повышенному температурному графику предусмотрено в закрытых системах теплоснабжения жилых районов, когда не менее 80 % жилых зданий имеет системы горячего водоснабжения с двухступенчатой последовательной схемой включения подогревателей, а соотношение нагрузок горячего водоснабжения и отопления у них примерно одинаковое.

Регулирование отпуска теплоты по скорректированному графику температур предусмотрено в открытых системах теплоснабжения, если не менее 80 % жилых зданий имеет примерно одинаковое соотношение нагрузок горячего водоснабжения и отопления (характерные потребители). При этом на вводах потребителей устанавливают дроссельные диафрагмы.

При соотношении среднечасового расхода теплоты на горячее водоснабжение и расчетного расхода теплоты на отопление α , лежащего в пределах от 0,1 до 0,2—0,3, вводят повышенный скорректированный температурный график. При $\alpha < 0,1$ можно не учитывать влияние водоразбора на режим систем отопления. При $\alpha > 0,2—0,3$ следует учитывать величину водоразбора при гидравлическом расчете подающей линии тепловой сети и применять пониженный скорректированный график температур. Если в системе теплоснабжения не удается выделить группу характерных потребителей, то на вводах диафрагмы не устанавливают, а влияние водоразбора компенсируют расходом сетевой воды.

График температуры воды при центральном качественном регулировании по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения рассчитывают в зависимости от значения соотношения среднечасового расхода теплоты на горячее водоснабжение к суммарному максимальному часовому расходу теплоты на отопление жилых зданий района (города). При расчете графиков температур принимают: начало и конец отопительного сезона при температуре наружного воздуха $t_n = -8^\circ\text{C}$; температуру внутреннего воздуха отапливаемых зданий для

жилых районов $t_0 = 18^\circ\text{C}$ при расчетной наружной температуре для отопления $t_{нр} \geq 30^\circ\text{C}$ и $t_0 = 20^\circ\text{C}$ — при $t_{нр} < -30^\circ\text{C}$.

Тепловыделения в зданиях, а также отличие внутренней температуры воздуха в помещениях от принятой при построении графика центрального регулирования учитывают в схеме местного регулирования систем теплоотребления. При расчете графика температуры воды в подающем трубопроводе следует вводить поправку, учитывающую влияние ветра (при скорости его V_w более 5 м/с) на тепловые потери здания. С учетом этой поправки температура воды в подающем трубопроводе $t_{вп}$ должна быть равной:

$$t_{вп} = t_0 + (t_r - t_2) \frac{V_w - 5}{100}$$

Отопительный график качественного регулирования. При качественном регулировании отпуска теплоты для отопительных систем график температур воды до и после элеватора и температуры воды, поступающей в тепловую сеть из отопительной системы, строят по результатам расчета по формулам:

$$t_1 = (1 + u_p)t_3 - u_p t_2;$$

$$t_3 = t_0 + 0,5(t_{нр} - t_{2п}) \frac{t_0 - t_0}{t_2 - t_{нр}} +$$

$$+ 0,5(t_{1п} + t_{2п} + 2t_3) \left(\frac{t_0 - t_0}{t_3 - t_{нр}} \right) \frac{1}{1 + \alpha}$$

$$t_2 = t_3 - (t_{нр} - t_{2п}) \frac{t_0 - t_0}{t_2 - t_{нр}}$$

Для систем отопления, оборудованных наиболее распространенными типами конвективно-излучающих нагревательных приборов, в показателе степени $\alpha = 0,25$. Для систем теплоотребления, оборудованных конвективно-излучающими приборами и подключенных к тепловой сети непосредственно, $U_p = 0$ и $t_3 = t_1$. Необходимые данные для построения отопительного графика качественного регулирования отпуска теплоты для отопления жилых и общественных зданий приведены в табл. 4.3–4.7.

Для калориферных установок температурные данные для построения графика при качественном регулировании находят по формулам:

$$t_1 = (t_{1п} - t_0) \frac{t_0 - t_0}{t_3 - t_{нр}} + t_0;$$

$$t_2 = (t_{2п} - t_0) \frac{t_0 - t_0}{t_2 - t_{нр}} + t_0;$$

Текущие значения температуры воды после элеватора и обратной от систем отопления в диапазоне сжимания температурного графика при неизменном располагаемом напоре источника теплоты определяют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} t_3 &= t_1 - \frac{t_1 - t_0}{t_3 - t_0} (t_1 - t_2); \\ t_2 &= t_1 - \frac{t_1 - t_0}{t_1 - t_0} (t_1 - t_2). \end{aligned} \right\} (4.12)$$

При недостаточной мощности источника теплоты при наружных температурах, близких к $t_{нр}$, температуру воды в подающем трубопроводе задают ниже принятой по графику. Значения температур воды до и после систем отопления в этом случае определяют по формулам (4.12).

Температура воды, выходящей из тепловых пунктов с подогревательными установками горячего водоснабжения при отопительном графике. Для тепловых пунктов со смешанной, последовательной и параллельной схемами включения подогревателей горячего водоснабжения при отопительном графике среднесуточную температуру обратной воды, выходящей из тепловых пунктов, определяют при средней нагрузке горячего водоснабжения по графикам и номограммам.

При смешанной схеме включения подогревателей горячего водоснабжения температуру обратной воды и отопительный расход сетевой воды, подаваемой на тепловой пункт, определяют по графикам и номограммам (рис. 4.10 и 4.11) в зависимости от соотношения нагрузок горячего водоснабжения и отопления α и коэффициента часовой неравномерности нагрузки горячего водоснабжения β при различных температурах воды в подающей линии. Величины t_0^* и t_{0c} находят по графикам при следующих температурах наружного воздуха: $t_0 = +10^\circ\text{C}$; $t_0 = t_{нр}$ (в точке излома температурного графика); $t_0 = t_{нр}$ при расчетной температуре наружного воздуха, а также при такой температуре, при которой температура воды в подающей линии по качественному графику равна 100°C (при $t_{нр} = 130^\circ\text{C}$) или 110°C (при $t_{нр} = 150^\circ\text{C}$).

Температуры t_0 , соответствующие точке излома температурного графика и условиям $t_1 = 100$ или 110°C , определяют по номограммам

Таблица 4.3. ТЕМПЕРАТУРА СЕТЕВОЙ ВОДЫ t В ПОДАЮЩЕМ ТРУБОВОДЕ, °С, ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ 18 °С, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАФИК 130—70 °С

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Температура наружного воздуха, °С								
	10	5	0	5	-10	-15	-20	-25	30
0	72,8	102,0	130,0	-	-	-	-	-	-
1	70,3	98,1	124,8	-	-	-	-	-	-
2	68,0	94,6	120,0	-	-	-	-	-	-
3	65,9	91,4	115,7	-	-	-	-	-	-
4	64,0	88,4	111,8	-	-	-	-	-	-
5	62,2	85,7	108,2	130,0	-	-	-	-	-
6	60,6	83,2	104,9	125,0	-	-	-	-	-
7	59,1	80,9	101,8	122,0	-	-	-	-	-
8	57,7	78,8	98,9	118,5	-	-	-	-	-
9	56,4	76,8	96,3	115,2	-	-	-	-	-
10	55,2	75,0	93,8	112,1	130,0	-	-	-	-
11	54,1	73,2	91,5	109,3	126,6	-	-	-	-
12	53,1	71,6	89,4	106,6	123,4	-	-	-	-
13	52,1	70,1	87,3	104,0	120,4	-	-	-	-
14	51,2	68,7	85,4	101,7	117,5	-	-	-	-
15	50,3	67,3	83,6	99,4	114,9	130,0	-	-	-
16	49,4	66,1	81,9	97,3	112,3	127,1	-	-	-
17	48,7	64,8	80,3	95,3	110,0	124,3	-	-	-
18	47,9	63,7	78,8	93,4	107,7	121,7	-	-	-
19	47,2	62,6	77,4	91,6	105,6	119,2	-	-	-
20	46,5	61,6	76,0	89,9	103,5	116,9	130,0	-	-
21	45,9	60,6	74,7	88,3	101,6	114,6	127,5	-	-
22	45,3	59,7	73,4	86,7	99,7	112,5	125,0	-	-
23	44,7	58,8	72,2	85,3	98,0	110,4	122,7	-	-
24	44,2	57,9	71,1	83,9	96,3	108,5	120,5	-	-
25	43,6	57,1	70,0	82,5	94,7	106,6	118,4	130,0	-
26	43,1	56,4	69,0	81,2	93,2	104,9	116,4	127,7	-
27	42,6	55,6	68,0	80,0	91,7	103,2	114,5	125,6	-
28	42,2	54,9	67,0	78,8	90,3	101,5	112,6	123,5	-
29	41,7	54,2	66,1	77,7	88,9	100,0	110,8	121,5	-
30	41,3	53,5	65,2	76,6	87,6	98,5	109,1	119,6	130,0

Продолжение табл. 4.3

ТЕМПЕРАТУРА СЕТЕВОЙ ВОДЫ t В ПОДАЮЩЕМ ТРУБОВОДЕ, °С, ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ 20 °С, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАФИК 130—70 °С

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Температура наружного воздуха, °С												
	10	5	0	5	10	-15	20	25	-30	35	40	-45	50
31	46,3	57,5	68,2	78,6	88,8	98,8	108,7	118,5	128,1	-	-	-	-
32	46,8	56,8	67,4	77,6	87,7	97,5	107,2	116,8	126,2	-	-	-	-
33	45,4	56,2	66,6	76,7	86,5	96,2	105,7	115,2	124,5	-	-	-	-
34	45,0	55,6	65,8	75,7	85,4	95,0	104,3	113,6	122,7	-	-	-	-
35	44,6	55,1	65,1	74,9	84,4	93,8	103,0	112,1	121,1	130,0	-	-	-
36	44,2	54,5	64,4	74,0	83,4	92,6	101,7	110,6	119,5	128,3	-	-	-
37	43,9	54,0	63,7	73,2	82,4	91,5	100,4	109,2	117,9	126,6	-	-	-
38	43,5	53,5	63,0	72,4	81,5	90,4	99,2	107,9	116,5	124,9	-	-	-
39	43,2	53,0	62,4	71,6	80,5	89,3	98,0	106,6	115,0	123,4	-	-	-
40	42,8	52,5	61,8	70,8	79,6	88,3	96,9	105,3	113,6	121,8	130,0	-	-
41	42,5	52,0	61,2	70,1	78,8	87,3	95,7	104,0	112,2	120,4	128,4	-	-

Продолжение табл. 4.3.

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Температура наружного воздуха, °С												
	10	5	0	-5	-10	15	-20	-25	-30	35	40	45	-50
-42	42,2	51,6	60,6	69,4	78,0	86,4	94,7	102,8	110,9	118,9	126,8	--	--
-43	41,9	51,1	60,0	68,7	77,1	85,4	93,6	101,7	109,6	117,5	125,3	--	--
-44	41,6	50,7	59,5	68,0	76,4	84,5	92,6	100,6	108,4	116,2	123,9	--	--
-45	41,3	50,3	59,0	67,4	75,6	83,7	91,6	99,5	107,2	114,9	122,5	130,0	--
-46	41,0	49,9	58,4	66,7	72,9	82,8	90,7	98,4	106,0	113,6	121,1	128,5	--
-47	40,7	49,5	57,9	66,1	74,1	82,0	89,7	97,4	104,9	112,4	119,8	127,1	--
-48	40,5	49,1	57,5	65,5	73,4	81,2	88,8	96,4	103,8	111,2	118,5	125,7	--
-49	40,2	48,8	57,0	65,0	72,8	80,4	87,9	95,4	102,7	110,0	117,2	124,3	--
-50	40,0	48,4	56,5	64,4	72,1	79,6	87,1	94,4	101,7	108,9	116,0	123,0	130,0

Таблица 4.4. ТЕМПЕРАТУРА СЕТЕВОЙ ВОДЫ t_1 В ПОДАЮЩЕМ ТРУБОПРОВОДЕ, °С, ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ 18 °С, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАФИК 140—70 °С

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Температура наружного воздуха, °С									
	10	5	0	5	10	15	20	-25	-30	
-0	77,3	109,2	140,0	--	--	--	--	--	--	--
-1	74,5	105,0	134,2	--	--	--	--	--	--	--
2	72,0	101,1	129,0	--	--	--	--	--	--	--
-3	69,7	97,5	124,3	--	--	--	--	--	--	--
-4	67,6	94,3	120,0	--	--	--	--	--	--	--
5	65,7	91,4	116,0	140,0	--	--	--	--	--	--
-6	63,9	88,6	112,4	135,4	--	--	--	--	--	--
-7	62,3	86,1	109,0	131,2	--	--	--	--	--	--
8	60,8	83,8	105,9	127,3	--	--	--	--	--	--
-9	59,4	81,6	103,0	123,7	--	--	--	--	--	--
-10	58,1	79,6	100,3	120,3	140,0	--	--	--	--	--
-11	56,9	77,7	97,7	117,2	136,2	--	--	--	--	--
12	55,7	76,6	95,4	114,2	132,7	--	--	--	--	--
-13	54,7	74,3	93,1	111,5	129,4	--	--	--	--	--
-14	53,7	72,7	91,0	108,9	126,3	--	--	--	--	--
-15	52,7	71,3	89,1	106,4	123,3	140,0	--	--	--	--
16	51,8	69,9	87,2	104,1	120,6	136,8	--	--	--	--
-17	50,9	68,6	85,5	101,9	118,0	133,7	--	--	--	--
-18	50,1	67,3	83,8	99,8	115,5	130,9	--	--	--	--
19	49,4	66,1	82,2	97,8	113,1	128,1	--	--	--	--
-20	48,6	65,0	80,7	96,0	110,9	125,6	140,0	--	--	--
-21	48,0	63,9	79,3	94,2	108,8	123,1	137,2	--	--	--
22	47,3	62,9	77,9	92,5	106,7	120,7	134,5	--	--	--
-23	46,7	62,0	76,6	90,9	104,8	118,5	132,0	--	--	--
-24	46,1	61,0	75,4	89,3	103,0	116,4	129,6	--	--	--
25	45,5	60,2	74,2	87,9	101,2	114,3	127,2	140,0	--	--
26	44,9	59,3	73,1	86,4	99,5	112,4	125,0	137,5	--	--
-27	44,4	58,5	72,0	85,1	97,9	110,5	122,9	135,1	--	--
-28	43,9	57,7	70,9	83,8	96,4	108,7	120,9	132,9	--	--
29	43,4	57,0	70,0	82,6	94,9	107,0	118,9	130,7	--	--
30	43,0	56,3	69,0	81,4	93,4	105,3	117,0	128,5	140,0	--

в зависимости от величины $t_{н.р.}$. На рис. 4.12 температурах воды в подающей линии сети показана номограмма, позволяющая найти 130 и 150 °С. График температур обратной температуры обратной воды, поступающей из воды строят по четырем характерным точкам, теплового пункта с последовательной схемой которые соответствуют температурам наруж-включения водоподогревателей, при расчетныхного воздуха, указанным выше.

Продолжение табл. 4.4.

ТЕМПЕРАТУРА СЕТЕВОЙ ВОДЫ t_1 В ПОДАЮЩЕМ ТРУБОПРОВОДЕ, °С, ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ 20 °С, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАФИК 140—70 °С

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Температура наружного воздуха, °С												
	10	5	0	5	-10	-15	20	-25	-30	35	-40	-45	-50
-31	48,3	60,4	72,1	83,5	94,7	105,7	116,6	127,3	137,9	—	—	—	—
-32	47,8	59,7	71,2	82,4	93,4	104,2	114,9	125,4	135,9	—	—	—	—
-33	47,3	59,0	70,4	81,4	92,2	102,8	113,3	123,7	133,9	—	—	—	—
-34	46,9	58,4	69,5	80,4	91,0	101,4	111,8	121,9	132,0	—	—	—	—
-35	46,4	57,8	68,7	79,4	89,8	100,1	110,3	120,3	130,2	140,0	—	—	—
-36	46,0	57,2	68,0	78,5	88,7	98,9	108,8	118,7	128,4	138,1	—	—	—
-37	45,6	56,6	67,2	77,5	87,7	97,6	107,4	117,1	126,7	136,2	—	—	—
-38	45,2	56,1	66,5	76,7	86,6	96,4	106,1	115,6	125,1	134,4	—	—	—
-39	44,9	55,5	65,8	75,8	85,6	95,3	104,8	114,2	123,5	132,7	—	—	—
-40	44,5	55,0	65,1	75,0	84,6	94,1	103,5	112,8	121,9	131,0	140,0	—	—
-41	44,1	54,5	64,5	74,2	83,7	93,1	102,3	111,4	120,4	129,4	138,2	—	—
-42	43,8	54,0	63,8	73,4	82,8	92,0	101,1	110,1	119,0	127,8	136,5	—	—
-43	43,5	53,5	63,2	72,7	81,9	91,0	100,0	108,8	117,6	126,3	134,9	—	—
-44	43,1	53,1	62,6	71,9	81,0	90,0	98,9	107,6	116,2	124,8	133,3	—	—
-45	42,8	52,6	62,0	71,2	80,2	89,1	97,8	106,4	114,9	123,3	131,7	140,0	—
-46	42,5	52,2	61,5	70,5	79,4	88,1	96,7	105,2	113,6	121,9	130,2	138,4	—
-47	42,2	51,7	60,9	69,9	78,6	87,2	95,7	104,1	112,4	120,6	128,7	136,8	—
-48	41,9	51,3	60,4	69,2	77,8	86,3	94,7	103,0	111,2	119,3	127,3	135,2	—
-49	41,7	50,9	59,9	68,6	77,1	85,5	93,7	101,9	110,0	118,0	125,9	133,8	—
-50	41,4	50,5	59,4	68,0	76,4	84,6	92,8	100,9	108,8	116,7	124,5	132,3	140,0

Таблица 4.4а. ТЕМПЕРАТУРА СЕТЕВОЙ ВОДЫ t_1 В ПОДАЮЩЕМ ТРУБОПРОВОДЕ, °С, ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ 18 °С, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАФИК 150—70 °С

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Температура наружного воздуха, °С									
	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	30
0	81,7	116,5	150,0	—	—	—	—	—	—	—
-1	78,7	111,8	143,7	—	—	—	—	—	—	—
-2	76,0	107,6	138,0	—	—	—	—	—	—	—
-3	73,5	103,7	132,9	—	—	—	—	—	—	—
-4	71,3	100,2	128,2	—	—	—	—	—	—	—
-5	69,2	97,0	123,8	150,0	—	—	—	—	—	—
-6	67,3	94,1	119,9	145,0	—	—	—	—	—	—
-7	65,5	91,3	116,2	140,4	—	—	—	—	—	—
-8	63,9	88,8	112,8	136,2	—	—	—	—	—	—
-9	62,4	86,4	109,6	132,2	—	—	—	—	—	—
-10	61,0	84,3	106,7	128,6	150,0	—	—	—	—	—
-11	59,6	82,2	103,9	125,1	145,9	—	—	—	—	—
-12	58,4	80,3	101,4	121,9	142,0	—	—	—	—	—
-13	57,2	78,5	98,9	118,9	138,4	—	—	—	—	—
-14	56,2	76,8	96,7	116,0	135,0	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 4.4

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Температура наружного воздуха, °С								
	10	5	0	5	-10	-15	-20	25	30
-15	65,1	75,2	94,5	113,4	131,8	150,0	--	--	--
-16	54,2	73,7	92,5	110,8	128,8	146,5	--	--	--
-17	53,2	72,3	90,6	108,5	126,0	143,2	--	--	--
-18	52,4	70,9	88,8	106,2	123,3	140,0	--	--	--
-19	51,5	69,7	87,1	104,1	120,7	137,1	--	--	--
-20	50,8	68,4	85,5	102,0	118,3	134,2	150,0	--	--
-21	50,0	67,3	83,9	100,1	115,9	131,5	146,9	--	--
-22	49,3	66,2	82,4	98,2	113,7	129,0	144,0	--	--
-23	48,6	65,1	81,0	96,5	111,6	126,5	141,3	--	--
-24	48,0	64,1	79,7	94,8	109,6	124,3	138,6	--	--
25	47,4	63,2	78,4	93,2	107,7	122,0	136,1	150,0	--
26	46,8	62,3	77,2	91,7	105,9	119,9	133,7	147,3	--
-27	46,2	61,4	76,0	90,2	104,1	117,8	131,3	144,7	--
-28	45,7	60,5	74,9	88,8	102,4	115,9	129,1	142,2	--
-29	45,1	59,7	73,8	87,4	100,8	114,0	127,0	139,8	--
30	44,6	59,0	72,7	86,1	99,3	112,2	124,9	137,5	150,0

Продолжение табл. 4.4а

ТЕМПЕРАТУРА СЕТЕВОЙ ВОДЫ t_1 В ПОДАЮЩЕМ ТРУБОПРОВОДЕ, °С, ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОЗДУХА ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЯ 20 °С, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГРАФИК 150—70 °С

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Температура наружного воздуха, °С												
	10	5	0	-5	-10	15	20	25	30	-35	-40	-45	50
-31	50,2	63,3	76,0	88,4	100,6	112,6	124,4	136,1	147,7	--	--	--	--
-32	49,7	62,6	75,1	87,2	99,2	111,0	122,6	134,1	145,5	--	--	--	--
33	49,2	61,9	74,1	86,1	97,8	109,4	120,8	132,1	143,3	--	--	--	--
-34	48,7	61,2	73,2	85,0	96,6	107,9	119,2	130,3	141,3	--	--	--	--
-35	48,3	60,5	72,4	83,9	95,3	106,5	117,5	128,5	139,3	150,0	--	--	--
-36	47,8	59,9	71,5	82,9	94,1	105,1	116,0	126,7	137,4	147,9	--	--	--
-37	47,4	59,2	70,7	81,9	92,9	103,8	114,4	125,0	135,6	145,9	--	--	--
-38	47,0	58,6	69,9	81,0	91,8	102,5	113,0	123,4	133,7	143,9	--	--	--
-39	46,5	58,1	69,2	80,0	90,7	101,2	111,6	121,8	132,0	142,0	--	--	--
40	46,2	57,5	68,5	79,1	89,6	100,0	110,2	120,3	130,3	140,2	150,0	--	--
41	45,8	56,9	67,7	78,3	88,6	98,8	108,9	118,8	128,0	138,4	148,1	--	--
-42	45,4	56,4	67,1	77,4	87,6	97,7	107,6	117,4	127,1	136,7	146,2	--	--
-43	45,0	55,9	66,4	76,6	86,7	96,6	106,3	116,0	125,5	135,0	144,4	--	--
-44	44,7	55,4	65,7	75,8	85,7	95,5	105,1	114,6	124,0	133,4	142,6	--	--
-45	44,4	54,9	65,1	75,1	84,8	94,4	103,9	113,3	122,6	131,8	140,9	150,0	--
-46	44,0	54,4	64,5	74,3	83,9	93,4	102,8	112,0	121,2	130,3	139,3	148,2	--
47	43,7	54,0	63,9	73,6	83,1	92,4	101,7	110,8	119,8	128,8	137,7	146,5	--
48	43,4	53,5	63,3	72,9	82,3	91,5	100,6	109,6	118,5	127,3	136,1	144,8	--
-49	43,1	53,1	62,8	72,2	81,4	90,6	88,5	108,4	117,2	125,9	134,6	143,2	--
-50	42,8	52,7	62,2	71,5	80,7	89,6	98,6	107,3	116,0	124,6	133,1	141,6	150,0

Таблица 4.5. ТЕМПЕРАТУРА СЕТЕВОЙ ВОДЫ В ОБРАТНОМ ТРУБОПРОВОДЕ t_{2} , °C

Расчетная температура наружного воздуха, °C	Температура наружного воздуха, °C												
	10	5	0	-5	10	-15	-20	25	30	35	40	45	-50
<i>При температуре воздуха внутри помещений 18 °C</i>													
0	46,2	58,7	70,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-1	45,0	57,1	67,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	44,0	55,6	66,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	43,0	54,2	64,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-4	42,2	53,0	62,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	41,4	51,8	61,2	70,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	40,6	50,7	59,9	68,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	39,9	49,7	58,6	66,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	39,3	48,8	57,4	65,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-9	38,7	47,9	56,3	64,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	38,1	47,1	55,3	62,8	70,0	—	—	—	—	—	—	—	—
-11	37,6	46,3	54,3	61,7	68,6	—	—	—	—	—	—	—	—
-12	37,1	45,6	53,4	60,6	67,4	—	—	—	—	—	—	—	—
13	36,6	44,9	52,5	59,5	66,2	—	—	—	—	—	—	—	—
-14	36,2	44,3	51,7	58,5	65,0	—	—	—	—	—	—	—	—
15	35,7	43,7	50,9	57,6	63,9	70,0	—	—	—	—	—	—	—
16	35,3	43,1	50,2	56,7	62,9	68,8	—	—	—	—	—	—	—
17	34,9	42,6	49,5	55,9	62,0	67,7	—	—	—	—	—	—	—
-18	34,6	42,0	48,8	55,1	61,0	66,7	—	—	—	—	—	—	—
-19	34,2	41,5	48,2	54,3	60,1	65,7	—	—	—	—	—	—	—
-20	33,9	41,1	47,6	53,6	59,3	64,8	70,0	—	—	—	—	—	—
21	33,6	40,6	47,0	52,9	58,5	63,9	69,0	—	—	—	—	—	—
-22	33,3	40,2	46,4	52,2	57,7	63,0	68,0	—	—	—	—	—	—
23	33,0	39,8	45,9	51,6	57,0	62,2	67,1	—	—	—	—	—	—
24	32,7	39,4	45,4	51,0	56,3	61,4	66,2	—	—	—	—	—	—
25	32,5	39,0	44,9	50,4	55,6	60,6	65,4	70,0	—	—	—	—	—
-26	32,2	38,6	44,4	49,9	55,0	59,9	64,6	69,1	—	—	—	—	—
27	32,0	38,3	44,0	49,3	54,4	59,2	63,8	68,3	—	—	—	—	—
-28	31,7	37,9	43,6	48,8	53,8	58,5	63,0	67,4	—	—	—	—	—
-29	31,5	37,6	43,1	48,3	53,2	57,6	62,3	66,6	—	—	—	—	—
30	31,3	37,3	42,7	47,8	52,6	57,2	61,6	65,9	70,0	—	—	—	—
<i>При температуре воздуха внутри помещений 20 °C</i>													
-31	34,5	39,8	44,7	49,2	53,5	57,7	61,7	65,5	69,3	—	—	—	—
-32	34,3	39,5	44,3	48,8	53,0	57,1	61,1	64,9	68,6	—	—	—	—
33	34,1	39,2	43,9	48,4	52,6	56,6	60,5	64,2	67,9	—	—	—	—
34	33,9	39,0	43,6	48,0	52,1	56,1	59,9	63,6	67,2	—	—	—	—
35	33,7	38,7	43,3	47,6	51,7	55,6	59,1	63,0	66,5	70,0	—	—	—
36	33,5	38,3	43,0	47,2	51,2	55,1	58,8	62,4	65,9	69,3	—	—	—
37	33,3	38,2	42,7	46,8	50,8	54,6	58,3	61,9	65,3	68,7	—	—	—
-38	33,2	38,0	42,4	46,5	50,4	54,2	57,8	61,3	64,7	68,0	—	—	—
-39	33,0	37,7	42,1	46,1	50,0	53,7	57,3	60,8	64,2	67,4	—	—	—
-40	32,8	37,5	41,8	45,8	49,6	53,3	56,9	60,3	63,6	66,8	70,0	—	—
-41	32,7	37,3	41,5	45,5	49,3	52,9	56,4	59,8	63,1	66,3	69,4	—	—
-42	32,5	37,1	41,2	45,2	48,9	52,5	56,0	59,3	62,5	65,7	68,8	—	—
-43	32,4	36,9	41,0	44,9	48,6	52,1	55,5	58,8	62,0	65,2	68,2	—	—
-44	32,2	36,7	40,7	44,6	48,2	51,7	55,1	58,4	61,5	64,6	67,6	—	—
45	32,1	36,5	40,5	44,3	47,9	51,4	54,7	57,9	61,1	64,1	67,1	70,0	—
-46	31,9	36,3	40,3	44,0	47,6	51,0	54,3	57,5	60,6	63,6	66,5	69,4	—
-47	31,8	36,1	40,0	43,7	47,3	50,6	53,9	57,1	60,1	63,1	66,0	68,9	—
-48	31,6	35,9	39,8	43,5	47,0	50,3	53,5	56,6	59,7	62,6	65,5	68,3	—
49	31,5	35,7	39,6	43,2	46,7	50,0	53,2	56,2	59,2	62,2	65,0	67,8	—
50	31,4	35,5	39,4	43,0	46,4	49,6	52,8	55,9	58,8	61,7	64,5	67,3	70,0

Таблица 4.6. ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ, ПОДАВАЕМОЙ В ОТОПИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ, t_w , °C
ПО ТЕМПЕРАТУРНОМУ ГРАФИКУ 95—70 °C

Расчетная температура наружного воздуха, °C	Текущая температура наружного воздуха, °C												
	10	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	30	-35	-40	-45	-50
<i>При температуре воздуха внутри помещений 18 °C</i>													
0	57,3	76,7	95,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-1	55,6	74,2	91,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-2	54,8	71,8	88,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-3	52,6	69,7	85,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-4	51,3	67,7	83,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-5	50,1	65,9	80,8	95,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-6	48,9	64,3	78,6	92,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-7	47,9	62,7	76,6	89,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-8	47,0	61,3	74,7	87,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-9	46,1	60,0	73,0	85,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
-10	45,2	58,7	71,3	83,4	95,0	—	—	—	—	—	—	—	—
-11	44,5	57,6	69,8	81,5	92,8	—	—	—	—	—	—	—	—
-12	43,7	56,5	68,4	79,7	90,7	—	—	—	—	—	—	—	—
-13	43,1	55,4	67,0	78,1	88,7	—	—	—	—	—	—	—	—
-14	42,4	54,5	65,7	76,5	86,9	—	—	—	—	—	—	—	—
-15	41,8	53,5	64,5	75,0	85,2	95,0	—	—	—	—	—	—	—
-16	41,2	52,7	63,4	73,6	83,5	93,1	—	—	—	—	—	—	—
-17	40,7	51,8	62,3	72,3	82,0	91,3	—	—	—	—	—	—	—
-18	40,1	51,1	61,3	71,1	80,5	89,6	—	—	—	—	—	—	—
-19	39,6	50,3	60,3	69,9	79,1	88,0	—	—	—	—	—	—	—
-20	39,2	49,6	59,4	68,7	77,7	86,5	95,0	—	—	—	—	—	—
-21	38,7	48,9	58,5	67,6	76,5	85,0	93,4	—	—	—	—	—	—
-22	38,3	48,3	57,7	66,6	75,2	83,6	91,8	—	—	—	—	—	—
-23	37,9	47,7	56,9	65,6	74,1	82,3	90,3	—	—	—	—	—	—
-24	37,5	47,1	56,1	64,7	73,0	81,0	88,8	—	—	—	—	—	—
-25	37,1	46,5	55,4	63,8	71,9	79,8	87,5	95,0	—	—	—	—	—
-26	36,8	46,0	54,7	62,9	70,9	78,6	86,2	93,5	—	—	—	—	—
-27	36,4	45,5	54,0	62,1	69,9	77,5	84,9	92,1	—	—	—	—	—
-28	36,1	45,0	53,3	61,3	69,0	76,4	83,7	90,8	—	—	—	—	—
-29	35,8	44,5	52,7	60,5	68,1	75,4	82,5	89,5	—	—	—	—	—
-30	35,5	44,1	52,1	59,8	67,2	74,4	81,4	88,3	95,0	—	—	—	—
<i>При температуре воздуха внутри помещений 20 °C</i>													
-31	39,4	47,2	54,5	61,5	68,2	74,8	81,3	87,6	93,8	—	—	—	—
-32	39,1	46,7	53,9	60,8	67,5	73,9	80,3	86,5	92,6	—	—	—	—
-33	38,8	46,3	53,4	60,2	66,7	73,1	79,3	85,4	91,4	—	—	—	—
-34	38,5	45,9	52,9	59,5	66,0	72,3	78,4	84,4	90,3	—	—	—	—
-35	38,3	45,5	52,4	58,9	65,3	71,5	77,5	83,5	89,3	95,0	—	—	—
-36	38,0	45,1	51,9	58,4	64,6	70,7	76,7	82,5	88,2	93,9	—	—	—
-37	35,7	44,8	51,4	57,8	64,0	70,0	75,9	81,6	87,2	92,8	—	—	—
-38	37,5	44,4	51,0	57,3	63,3	69,3	75,0	80,7	86,3	91,8	—	—	—
-39	37,2	44,1	50,5	56,7	62,7	68,6	74,3	79,9	85,3	90,7	—	—	—
-40	37,0	43,7	50,1	56,2	62,1	67,9	73,5	79,0	84,4	89,8	95,0	—	—
-41	36,8	43,4	49,7	55,7	61,6	67,2	72,8	78,2	83,6	88,8	94,0	—	—
-42	36,5	43,1	49,3	55,3	61,0	66,6	72,1	77,4	82,7	87,9	93,0	—	—
-43	36,3	42,8	48,9	54,8	60,5	66,0	71,4	76,7	81,9	87,0	92,0	—	—
-44	36,1	42,5	48,6	54,3	59,9	65,4	70,7	75,9	81,1	86,1	91,1	—	—
-45	35,9	42,2	48,2	53,9	59,4	64,8	70,1	75,2	80,3	85,3	90,2	95,0	—
-46	35,7	41,9	47,8	53,5	58,9	64,3	69,4	74,5	79,5	84,4	89,3	94,1	—
-47	35,5	41,7	47,5	53,1	58,5	63,7	68,8	73,9	78,8	83,6	88,4	93,1	—
-48	35,3	41,4	47,2	52,7	58,0	63,2	68,2	73,2	78,1	82,9	87,6	92,2	—
-49	35,1	41,2	46,8	52,3	57,5	62,7	67,7	72,6	77,4	82,1	86,8	91,4	—
-50	35,0	40,9	46,5	51,9	57,1	62,1	67,1	71,9	76,7	81,4	86,0	90,5	95,0

Таблица 4.7. ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ, ПОДАВАЕМОЙ В ОТОПИТЕЛЬНУЮ СИСТЕМУ t_w , °С, ПО ТЕМПЕРАТУРНОМУ ГРАФИКУ 105—70 °С

Расчетная температура наружного воздуха, °С	Текущая температура наружного воздуха, °С												
	10	5	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
<i>При температуре воздуха внутри помещений 18 °С</i>													
0	62,1	84,2	105,0										
1	60,2	81,3	101,1										
2	58,4	78,6	97,6										
3	56,8	76,2	94,4										
4	55,3	74,0	91,5										
5	53,9	71,9	88,8	105,0									
6	52,7	70,0	86,3	101,9									
7	51,5	68,3	84,0	99,1									
8	50,5	66,7	81,9	96,5									
9	49,4	65,2	79,9	94,0									
10	48,5	63,7	78,1	91,8	105,0								
11	47,6	62,4	76,3	89,6	102,5								
12	46,8	61,2	74,7	87,6	100,1								
13	46,0	60,0	73,2	85,7	97,9								
14	45,3	58,9	71,7	83,9	95,8								
15	44,6	57,9	70,3	82,3	93,8	105,0							
16	44,0	56,9	69,0	80,7	91,9	102,8							
17	43,3	56,0	67,8	79,2	90,1	100,8							
18	42,8	55,1	66,7	77,7	88,5	98,9							
19	42,2	54,2	65,6	76,4	86,9	97,0							
20	41,7	53,3	64,3	75,1	85,3	95,3	105,0						
21	41,2	52,7	63,5	73,9	83,9	93,6	103,1						
22	40,7	52,0	62,6	72,7	82,5	92,0	101,3						
23	40,2	51,3	61,7	71,6	81,2	90,5	99,6						
24	39,8	50,6	60,8	70,5	79,9	89,1	98,0						
25	39,4	50,0	60,0	69,5	78,7	87,7	96,4	105,0					
26	39,0	49,4	59,2	68,5	77,5	86,3	94,9	103,3					
27	38,6	48,8	58,4	67,6	76,4	85,1	93,5	101,7					
28	38,2	48,2	57,7	66,7	75,4	83,8	92,1	100,2					
29	37,8	47,7	57,0	65,8	74,3	82,7	90,8	98,7					
30	37,5	47,2	56,3	65,0	73,4	81,5	89,5	97,3	105,0				
<i>При температуре воздуха внутри помещений 20 °С</i>													
31	41,8	50,5	58,8	66,7	74,4	82,0	89,3	96,5	103,6				
32	41,4	50,0	58,2	66,0	73,6	81,0	88,2	95,3	102,2				
33	41,1	49,5	57,6	65,3	72,7	80,0	87,1	94,1	100,9				
34	40,8	49,1	57,0	64,6	71,9	79,1	86,1	92,9	99,7				
35	40,4	48,6	56,4	63,9	71,1	78,2	85,0	91,8	98,5	105,0			
36	40,1	48,2	55,9	63,2	70,3	77,3	84,1	90,7	97,3	103,7			
37	38,9	47,8	55,3	62,6	69,6	76,4	83,1	89,7	96,1	102,5			
38	39,6	47,4	54,8	62,0	68,9	75,6	82,2	88,7	95,0	101,3			
39	39,3	47,0	54,3	61,4	68,2	74,8	81,3	87,7	94,0	100,1			
40	39,0	46,6	53,9	60,8	67,5	74,1	80,5	86,7	92,9	99,0	105,0		
41	38,8	46,3	53,4	60,2	66,9	73,3	79,6	85,8	91,9	97,9	103,8		
42	38,5	45,9	52,9	59,7	66,2	72,6	78,8	84,9	90,9	96,9	102,7		
43	38,3	45,6	52,5	59,2	65,6	71,9	78,0	84,1	90,0	95,8	101,6		
44	38,0	45,2	52,1	58,7	65,0	71,2	77,3	83,2	89,1	94,8	100,5		
45	37,8	44,9	51,7	58,2	64,4	70,6	76,5	82,4	88,2	93,9	99,5	105,0	
46	37,6	44,6	51,3	57,7	63,9	69,9	75,8	81,6	87,3	92,9	98,5	103,9	
47	37,4	44,3	50,9	57,2	63,3	69,3	75,1	80,8	86,5	92,0	97,5	102,9	
48	37,1	44,0	50,5	56,7	62,8	68,7	74,4	80,1	85,6	91,1	96,5	101,8	
49	36,9	43,7	50,1	56,3	62,3	68,1	73,8	79,4	84,8	90,3	95,6	100,8	
50	36,7	43,4	49,8	55,9	61,8	67,5	73,1	78,7	84,1	89,4	94,7	99,9	105,0

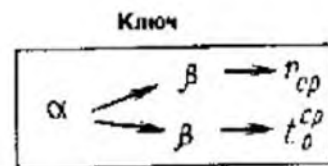
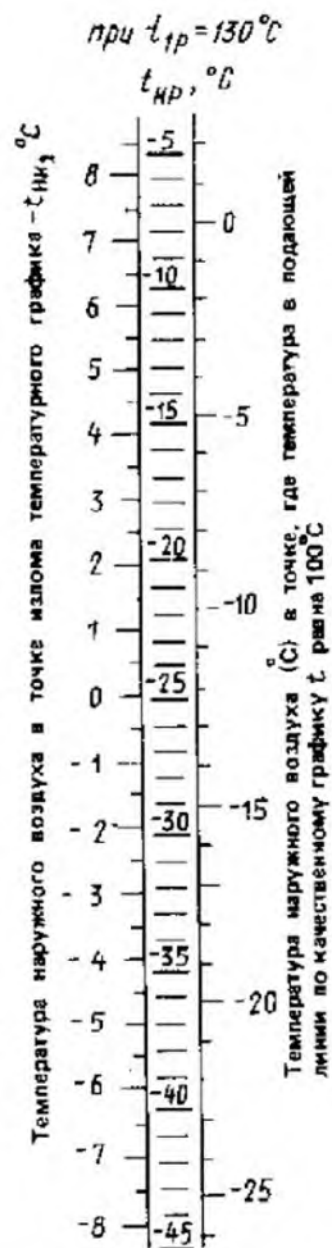
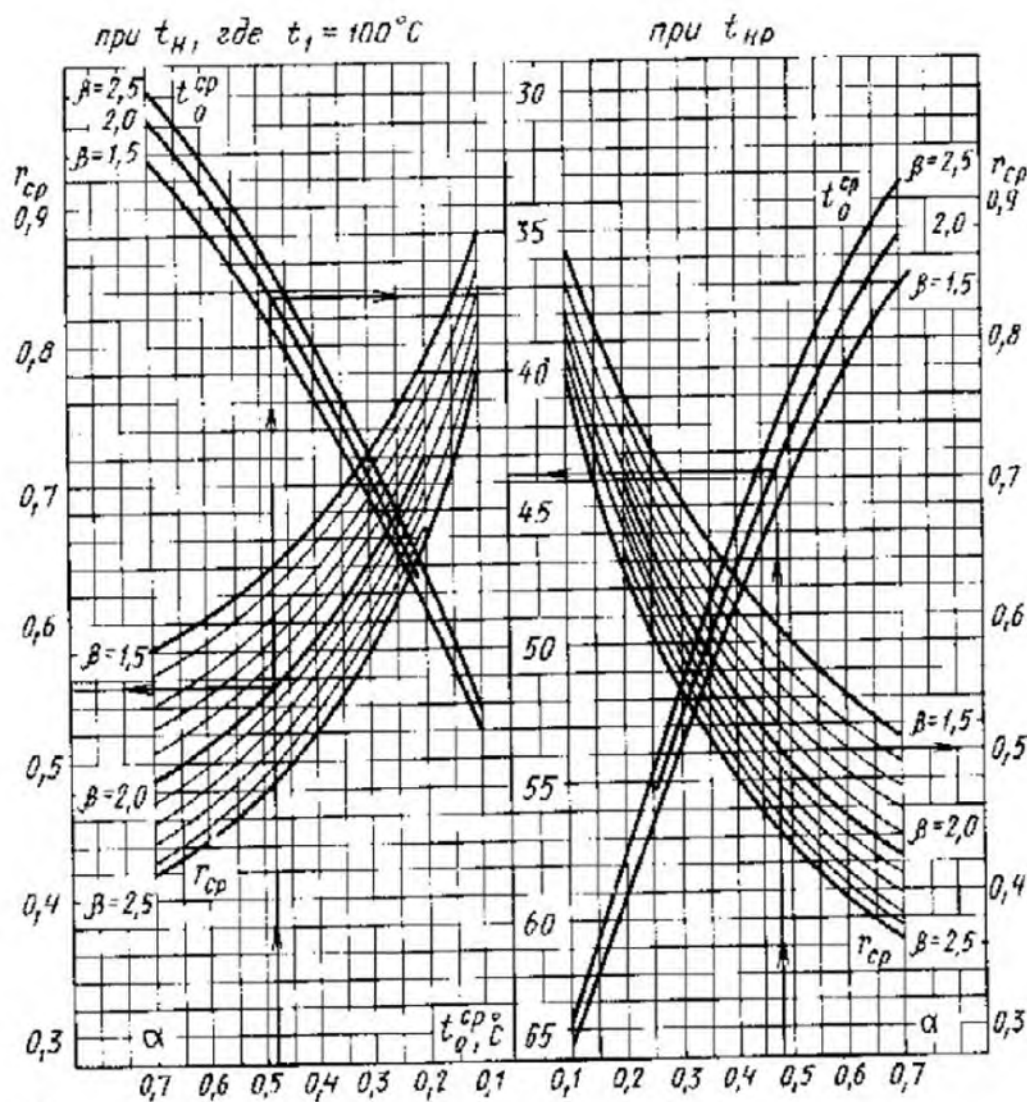
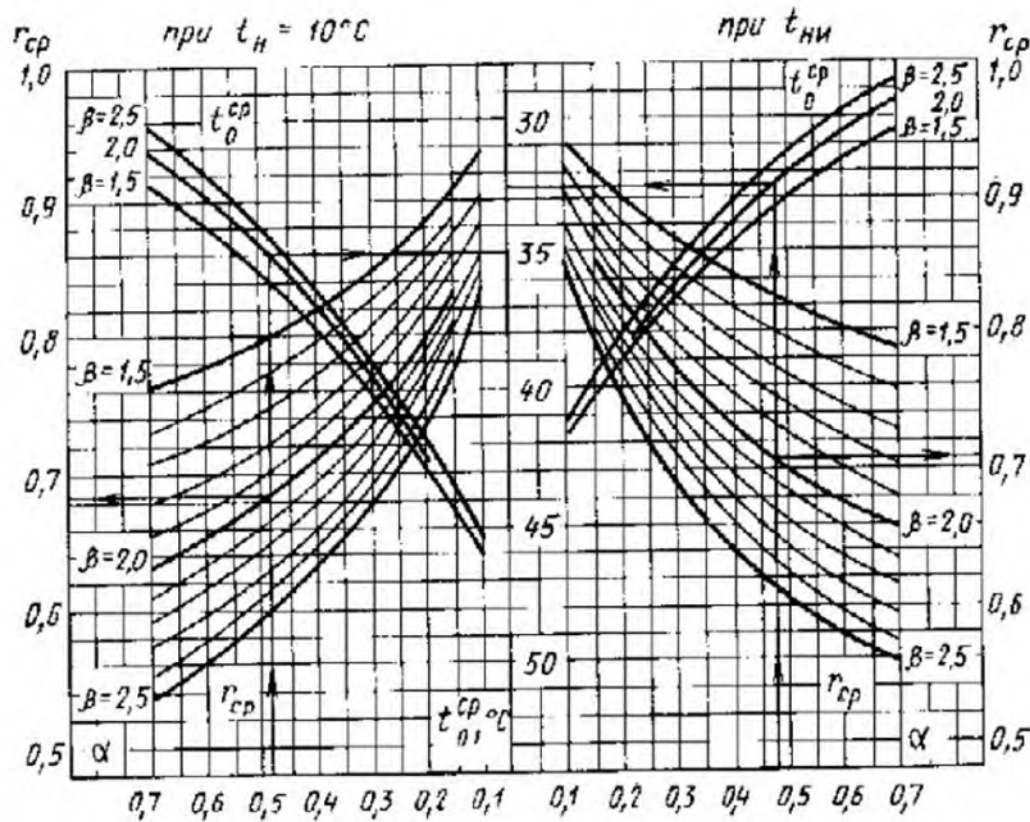


Рис. 4.10. Номограмма для построения графика температур обратной воды, поступающей из теплового пункта, и определения относительного расхода сетевой воды при смешанной схеме включения подогревателей, при среднечасовой нагрузке горячего водоснабжения и отопительном графике ($t_{1р} = 130^\circ\text{C}$)

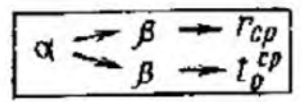
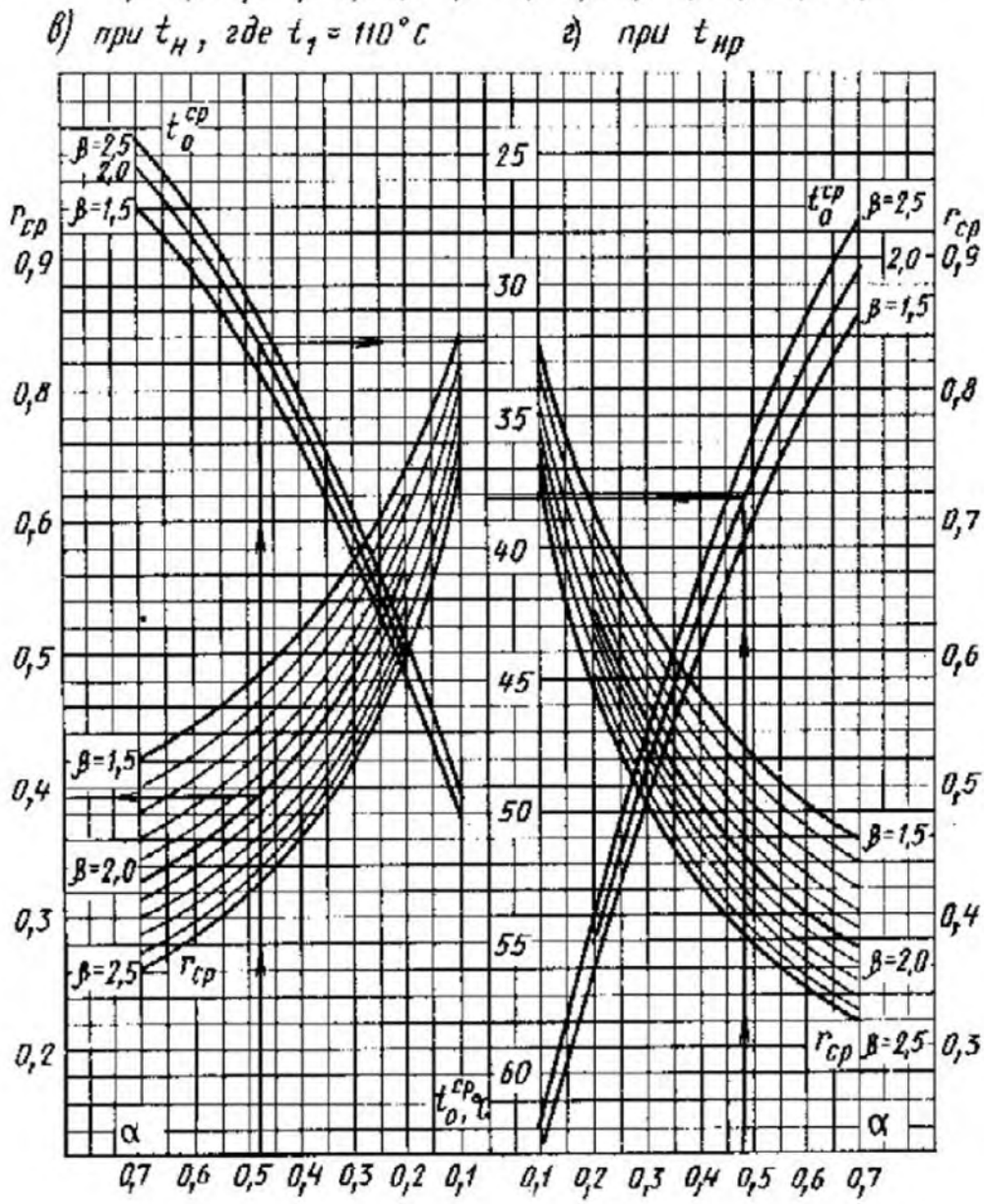
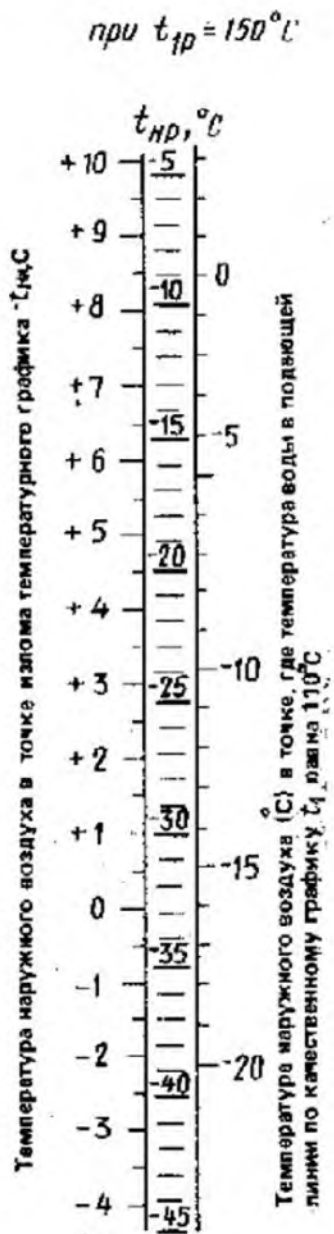
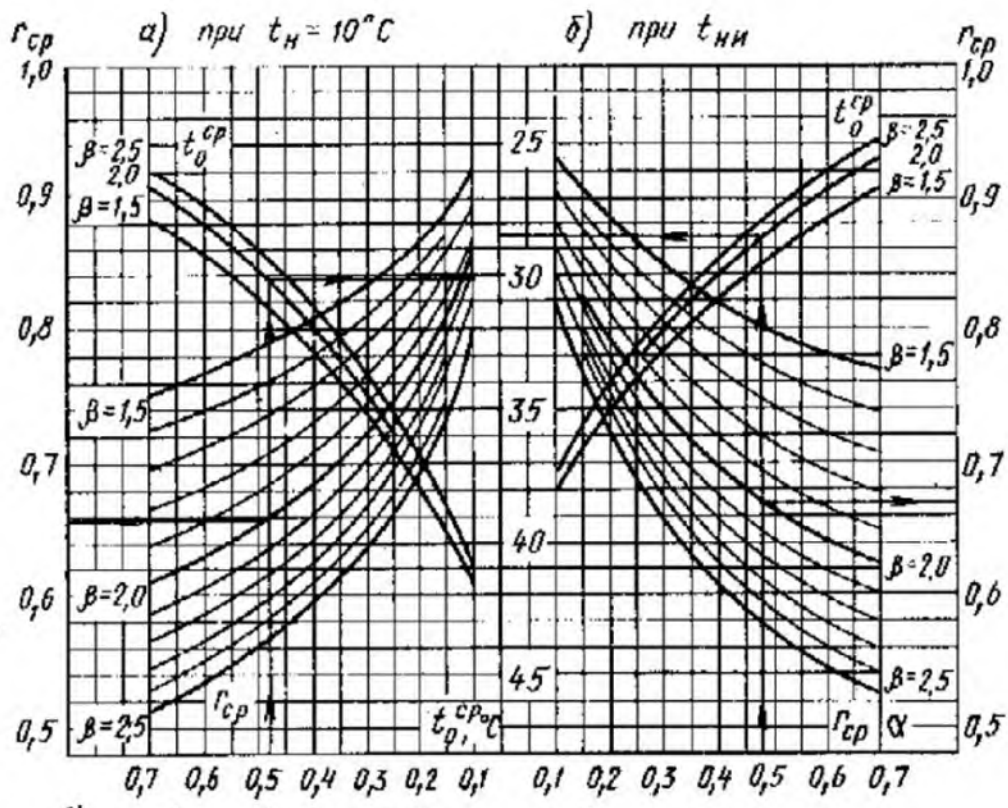


Рис. 4.11. Номограмма для построения графика температур обратной воды, поступающей из теплового пункта, и определения относительного расхода сетевой воды при смешанной схеме включения подогревателей, при среднечасовой нагрузке горячего водоснабжения и отопительном графике ($t_{HP} = 150^\circ\text{C}$)

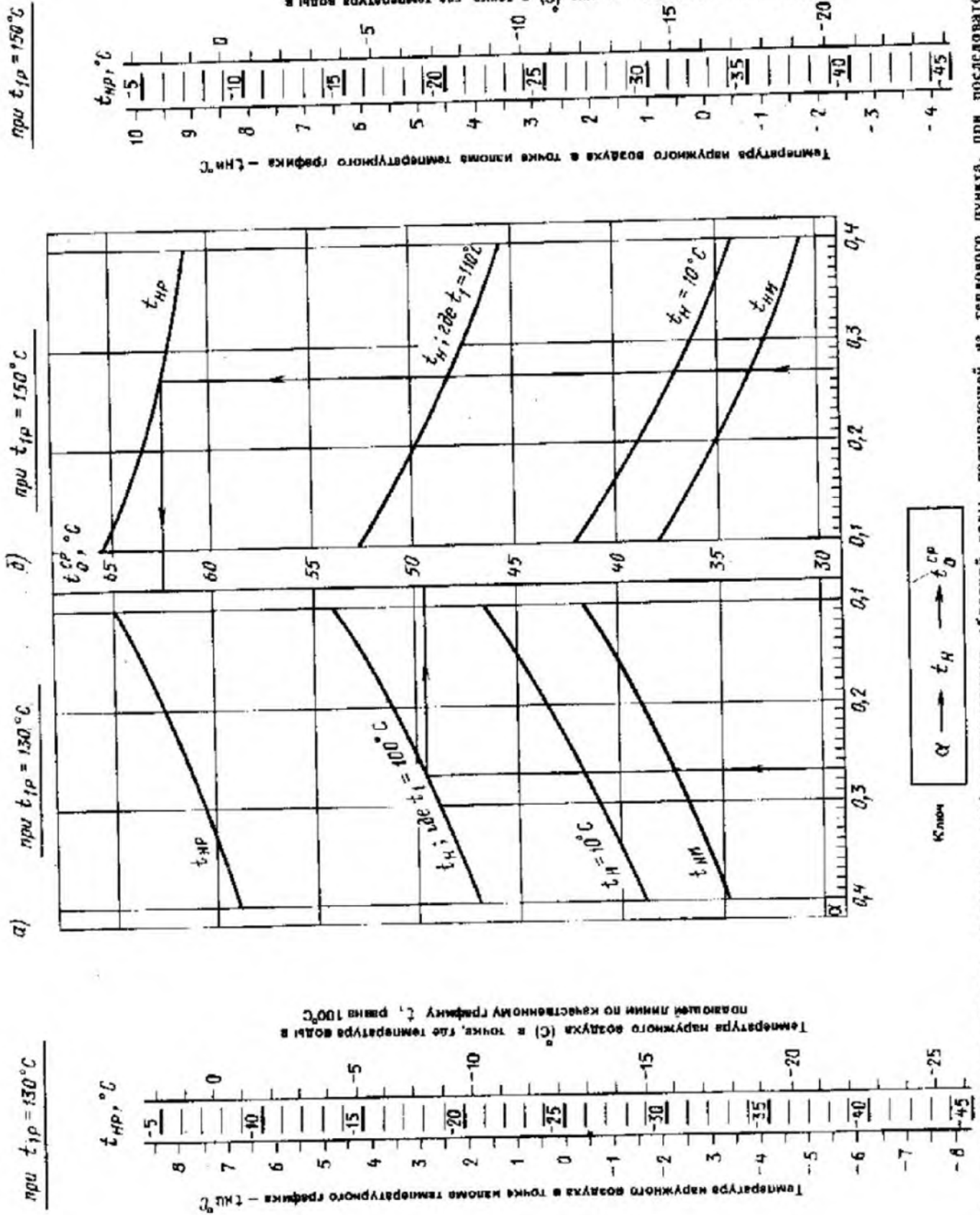


Рис. 4.12. Нограмма для построения графика температур обратной воды, поступающей из теплового пункта, при последовательной схеме включения подогревателей при среднечасовой нагрузке горячего водоснабжения и качественном отопительном графике

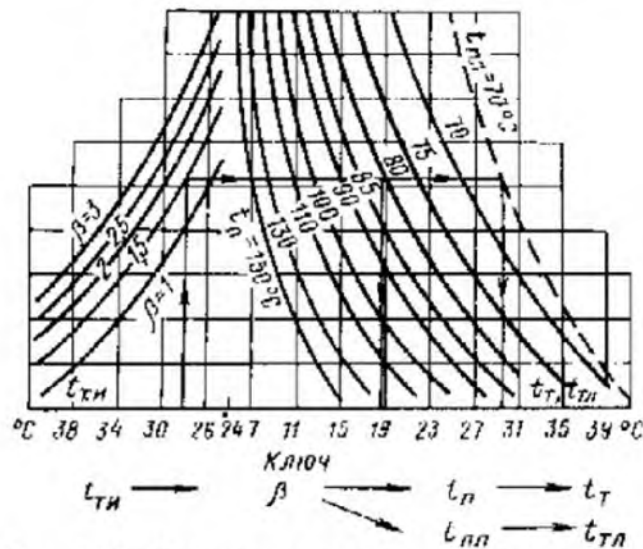


Рис. 4.13. Номограмма для построения графика температур обратной воды, поступающей из подогревателей горячего водоснабжения, при параллельной схеме их включения, средней нагрузке горячего водоснабжения и отопительном графике

При параллельной схеме включения горячего водоснабжения график температур обратной воды может быть построен с помощью номограммы, приведенной на рис. 4.13. Температуру сетевой воды после подогревателя $t_{с.в.}$ определяют в зависимости от расчетной температуры сетевой воды после подогревателя $t_{н.в.}$, от величины β и от температуры воды в подающей линии теплоты. Номограмма (см. рис. 4.13) построена для графика с температурой воды в подающей линии в точке излома $t_{п.л.} = 70$ °C. Температуру обратной воды, поступающей из теплового пункта при параллельной схеме, находят как средневзвешенную от системы отопления и подогревателя горячего водоснабжения.

Повышенный график температур при двухступенчатой последовательной схеме включения подогревателей горячего водоснабжения. Температуру воды в подающем трубопроводе тепловой сети по повышенному графику при последовательной схеме с регуляторами расхода прямого действия определяют по номограммам и графикам, показанным на рис. 4.14. Температуру воды по повышенному графику в диапазоне температур наружного воздуха от точки излома отопительного графика $t_{н.в.}$ до $t_{н.в.} = 8$ °C находят по номограмме в зависимости от соотношения α_x , принимаемого для характерных потребителей, и от расчетной температуры воды в подающей линии.

Температуру наружного воздуха в точке излома повышенного графика (она же соответ-

ствует точке излома отопительного графика) находят по номограмме в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха $t_{н.в.}$. Повышение температуры воды в подающей линии тепловой сети по повышенному графику над отопительным в диапазоне $t_{н.в.} \geq t_{н.в.} \geq t_{н.в.}$ определяют также по номограмме, приведенной на рис. 4.14. График температур обратной воды от теплового пункта с характерным соотношением α_x при повышенном графике и среднечасовой нагрузке на горячее водоснабжение строят по четырем точкам, значения которых определяют по графикам и номограммам, показанным на рис. 4.15.

Скорректированный температурный график для открытых систем теплоснабжения. Температуру воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети при любом виде скорректированного графика для диапазона наружных температур $t_{н.в.} < t_{н.в.}$ определяют по формулам:

$$t'_1 = t_{сн} + (t_1 - t_{сн})/y;$$

$$t'_2 = t'_1 - \Delta t_{от}/y = t_{сн} - (t_{сн} - t_2)/y$$

Относительный расход сетевой воды на отопление y находят из уравнения

$$\omega_n \left(\frac{y + \alpha \Delta' \rho'}{1 + \alpha_n \Delta'} \right) + \epsilon y^2 + \omega_0 y - \alpha \Delta' (1 + \rho')^2 = \quad (4.13)$$

где $\omega_n + \epsilon + \omega_0 = 1$;

$$\rho' = y \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_2} + \frac{1 + y}{2(1 + \alpha_n)}$$

В формуле (4.13) при гидравлическом расчете трубопроводов тепловой сети с учетом среднечасовой нагрузки горячего водоснабжения по подающей линии $\alpha_n = \alpha$. При гидравлическом расчете подающего и обратного трубопроводов только на отопительную нагрузку (без учета нагрузки горячего водоснабжения) величина $\alpha_n = 0$.

В диапазоне наружных температур 8 °C $\geq t_{н.в.} \geq t_{н.в.}$ и при $t'_1 = t'_2 = \text{const}$ и $\Delta' = \Delta$ (водоразбор только из подающей линии) величина y равна ее значению в точке излома скорректированного графика y_n . Температуру воды в обратной линии определяют в этом случае по формуле

$$t'_2 = t'_1 - \frac{(t'_1 - t_n) \Delta t_{от}}{\frac{t_{сн} - t_n}{y} + t_1 - t_{сн}}$$

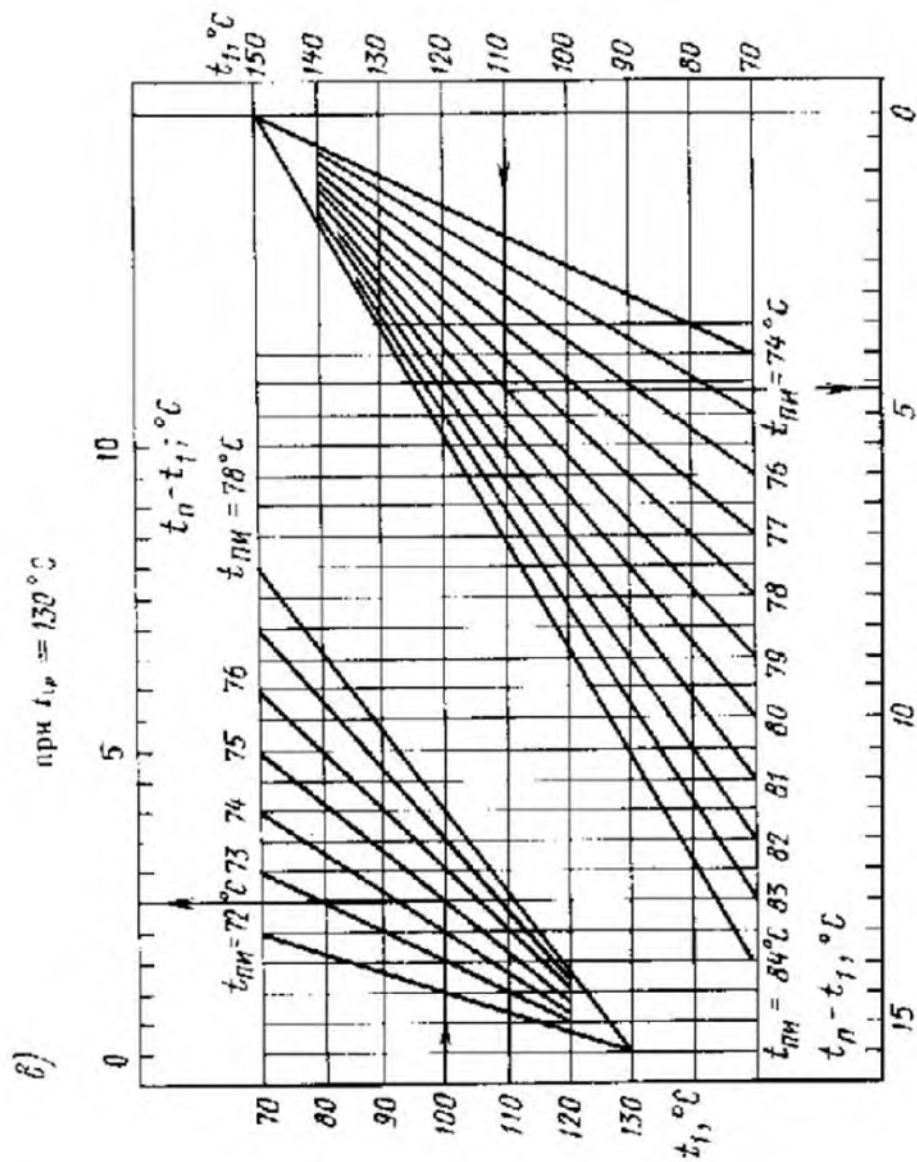
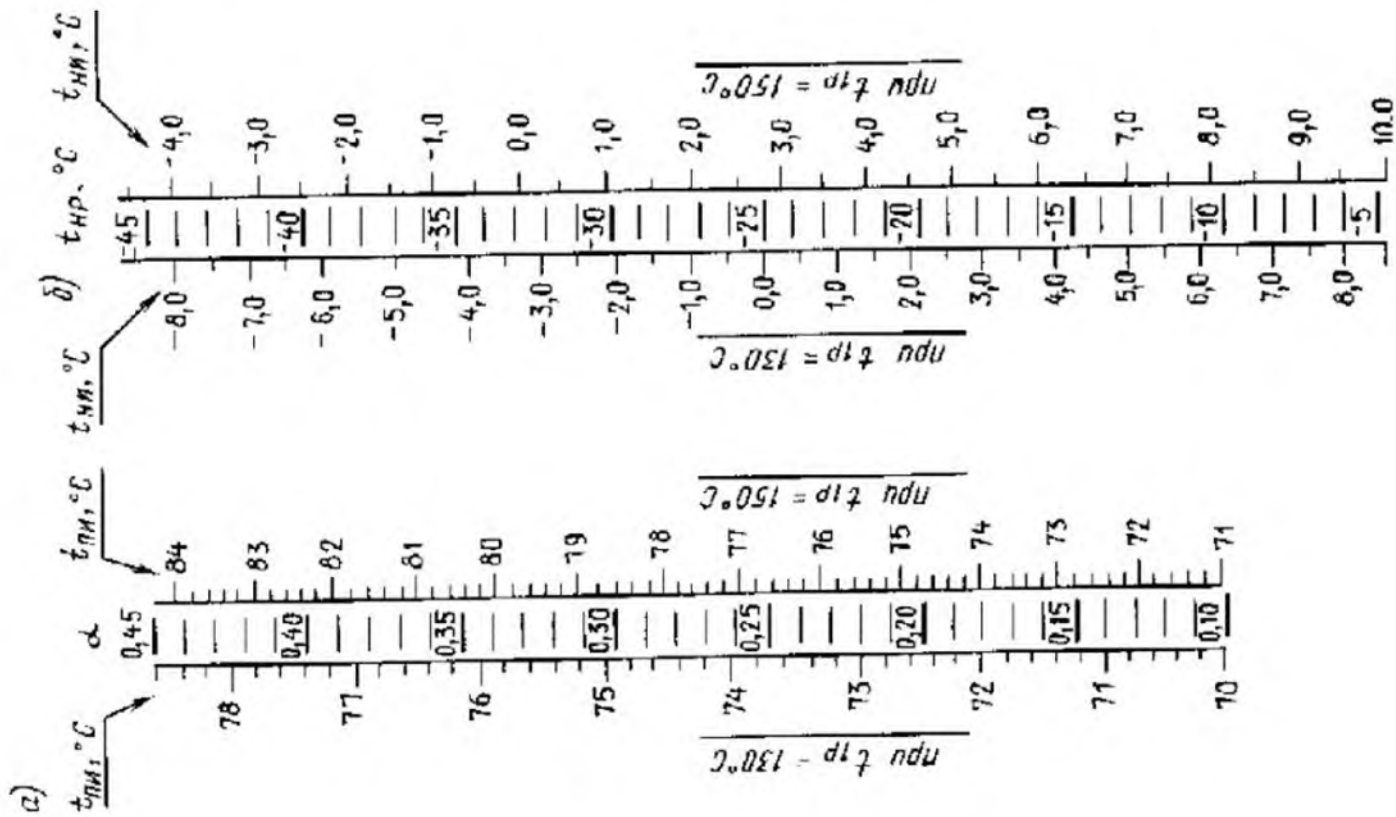


Рис. 4.14. Номограммы для построения повышенного графика температур при последовательной схеме включения подогревателей

а — температура воды в точке излома графика; б — температура наружного воздуха в точке излома графика; в — надыбка к температуре воды в подающем трубопроводе по отопительному графику при повышенном графике

В диапазоне наружных температур, где водоразбор осуществляется из обеих линий сети ($t_1' > t_r > t_2'$), величина Δ' равна Δ . В диапазоне наружных температур, где водоразбор происходит только из обратной линии, величину y находят из уравнения (4.13) при $\rho' = 0$, а величину Δ' вычисляют приближенно по формуле:

$$\Delta' \approx \Delta t_{от.р} / (t_2 - t_r).$$

Скорректированные температурные графики для открытых систем теплоснабжения с регуляторами температуры воды на горячее водоснабжение и с диафрагмами на тепловых вводах строят с помощью таблиц и номограмм, составленных для $t_{1р} = 130^\circ\text{C}$ и $t_{1р} = 150^\circ\text{C}$ при $t_1 = 60^\circ\text{C}$. Скорректированный график строят по пяти характерным точкам, для которых определяют температуру воды в подающей и обратной линиях сети. Характерным точкам соответствуют температуры наружного воздуха:

$$t_{н1} = t_{нр}; t_{н2} = t_{нх}; t_{н3} = t_{нп}; t_{н4} = t_{нн}; t_{н5} = +10^\circ\text{C},$$

где $t_{нх}$ — температура наружного воздуха, при которой температура обратной воды, поступающей из системы отопления (при скорректированном графике) равна расчетной температуре воды для горячего водоснабжения, $^\circ\text{C}$; $t_{нп}$ — температура наружного воздуха в точке излома скорректированного графика, $^\circ\text{C}$; $t_{нн}$ — промежуточная температура наружного воздуха в диапазоне от $t_{нх}$ до $t_{нн}$.

Для тепловой сети, рассчитанной с учетом средней нагрузки горячего водоснабжения в подающем трубопроводе $G_{под}^p = G_{от}^p + G_{гв}^p$; $G_{от}^p = G_{гв}^p$ относительные расходы сетевой воды на отопление y в характерных точках находят по табл. 4.8–4.10. По найденным значениям с помощью номограмм рис. 4.16–4.18 определяют температуру воды в подающей и обратной линиях теплосети при скорректированном графике. Значения точки, характеризующей температурой наружного воздуха $t_{нп}$, которая соответствует температурам воды по отопительному графику $t_1 = 80^\circ\text{C}$ при $t_{1р} = 130^\circ\text{C}$ и $t_1 = 90^\circ\text{C}$ при $t_{1р} = 150^\circ\text{C}$, определяют по табл. 4.11.

Значения точки излома отопительного и скорректированного графиков для сети, рассчитанной с учетом средней нагрузки горячего водоснабжения, совпадают. В точке $t_{н} = 10^\circ\text{C}$ тем-

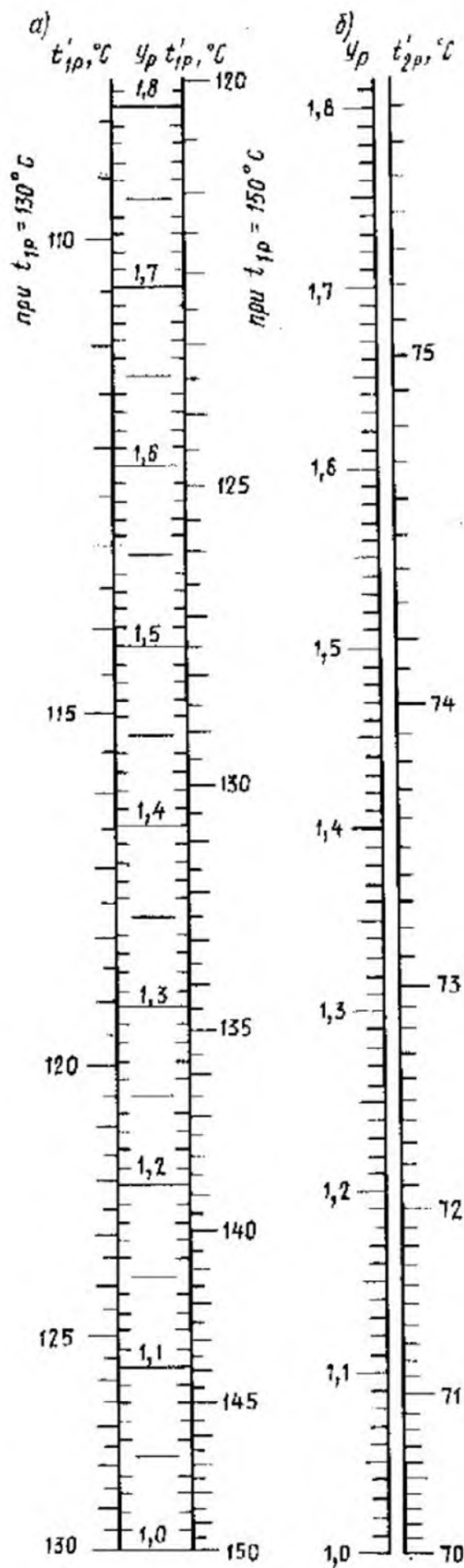


Рис. 4.16. Номограмма для определения температур воды в подающем и обратном трубопроводах при скорректированном графике в точке $t_{нр}$
 а — температура воды в подающей линии по скорректированному графику; б — температура обратной воды по скорректированному графику

Таблица 4.3. ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ РАСХОД СЕТЕВОЙ ВОДЫ НА ОТОПЛЕНИЕ ПРИ СКОРРЕКТИРОВАННОМ ГРАФИКЕ В ТОЧКЕ $t_{\text{ср}}$

x	$\omega_1 = 0,2$			$\omega_1 = 0,3$			$\omega_1 = 0,4$			$\omega_1 = 0,5$			$\omega_1 = 0,6$			$\omega_1 = 0,7$			
	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	
0,1	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,05	1,06	1,07	1,08	1,07	1,08	1,09	1,08	1,09	1,1	1,08	1,09	1,1
0,2	1,05	1,07	1,07	1,09	1,09	1,11	1,09	1,11	1,13	1,15	1,13	1,15	1,18	1,16	1,18	1,2	1,16	1,18	1,2
0,3	1,07	1,1	1,1	1,13	1,13	1,16	1,13	1,16	1,19	1,22	1,19	1,22	1,25	1,23	1,26	1,3	1,23	1,27	1,3
0,4	1,09	1,12	1,12	1,16	1,16	1,2	1,16	1,2	1,24	1,29	1,24	1,29	1,34	1,29	1,34	1,39	1,3	1,35	1,4
0,5	1,1	1,15	1,14	1,19	1,19	1,24	1,19	1,24	1,29	1,35	1,29	1,35	1,41	1,36	1,42	1,49	1,36	1,43	1,5
0,6	1,12	1,17	1,16	1,22	1,22	1,28	1,2	1,28	1,34	1,41	1,34	1,41	1,49	1,42	1,5	1,58	1,42	1,5	1,6

При $t_{\text{ср}} = 130^\circ\text{C}$

Таблица 4.9. ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ РАСХОД СЕТЕВОЙ ВОДЫ НА ОТОПЛЕНИЕ y , ПРИ СКОРРЕКТИРОВАННОМ ГРАФИКЕ ДЛЯ ТОЧКИ $t_{\text{ср}}$, ПРИ КОТОРОЙ $t_{\text{ср}} - t_{\text{н}} = 60^\circ\text{C}$

x	$\omega_1 = 0,2$			$\omega_1 = 0,3$			$\omega_1 = 0,4$			$\omega_1 = 0,5$			$\omega_1 = 0,6$			$\omega_1 = 0,7$			
	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	
0,1	1,05	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,05	1,05	1,07	1,08	1,07	1,08	1,09	1,07	1,08	1,1	1,08	1,1	1,11
0,2	1,06	1,08	1,08	1,1	1,1	1,12	1,1	1,12	1,14	1,17	1,14	1,17	1,19	1,14	1,16	1,19	1,16	1,19	1,22
0,3	1,08	1,11	1,11	1,14	1,14	1,17	1,13	1,17	1,21	1,24	1,2	1,24	1,28	1,2	1,24	1,28	1,24	1,28	1,33
0,4	1,1	1,14	1,13	1,18	1,18	1,22	1,17	1,22	1,27	1,32	1,21	1,26	1,38	1,26	1,31	1,37	1,31	1,37	1,44
0,5	1,11	1,16	1,15	1,21	1,21	1,27	1,2	1,25	1,32	1,39	1,25	1,32	1,46	1,31	1,38	1,46	1,37	1,46	1,54
0,6	1,12	1,18	1,17	1,24	1,24	1,31	1,22	1,3	1,38	1,46	1,28	1,36	1,45	1,35	1,44	1,54	1,37	1,46	1,54

При $t_{\text{ср}} = 130^\circ\text{C}$

При $t_{\text{ср}} = 150^\circ\text{C}$

0,1	1,04	1,05	1,05	1,07	1,07	1,08	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
0,2	1,07	1,1	1,1	1,12	1,12	1,15	1,16	1,19	1,22	1,25	1,15	1,16	1,22	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,29
0,3	1,1	1,14	1,13	1,18	1,18	1,22	1,2	1,27	1,32	1,38	1,21	1,26	1,38	1,26	1,31	1,37	1,31	1,37	1,44
0,4	1,12	1,17	1,16	1,22	1,22	1,28	1,21	1,34	1,42	1,49	1,26	1,38	1,49	1,32	1,4	1,49	1,38	1,48	1,58
0,5	1,13	1,2	1,18	1,25	1,25	1,33	1,24	1,41	1,51	1,61	1,31	1,4	1,61	1,38	1,48	1,6	1,47	1,59	1,73
0,6	1,14	1,22	1,2	1,28	1,28	1,38	1,27	1,47	1,59	1,72	1,34	1,45	1,72	1,43	1,56	1,73	1,47	1,59	1,73

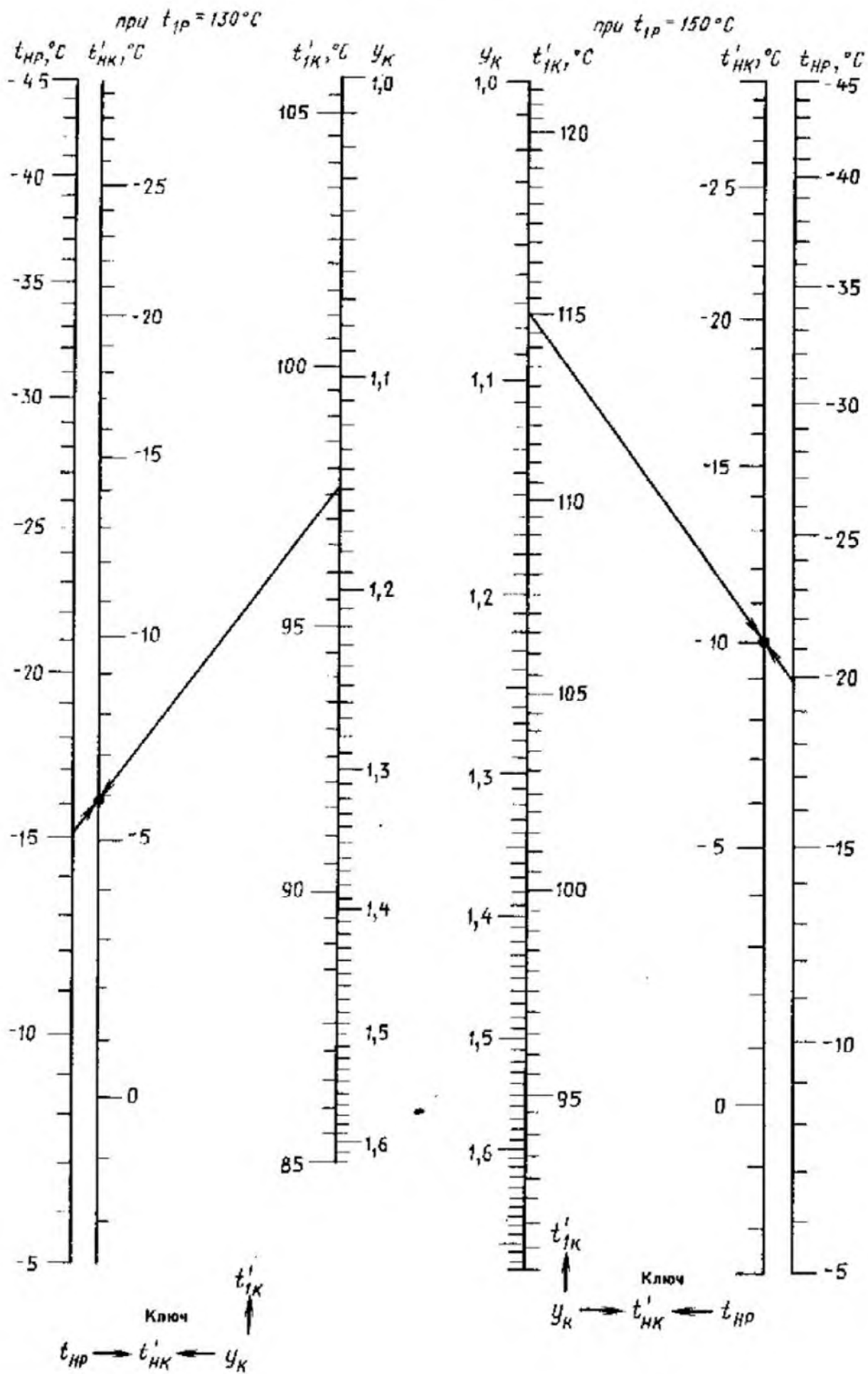


Рис. 4.17. Номограмма для определения температуры наружного воздуха t'_{HK} , и соответствующей ей температуры воды в подающем трубопроводе t_{HK} при скорректированном графике

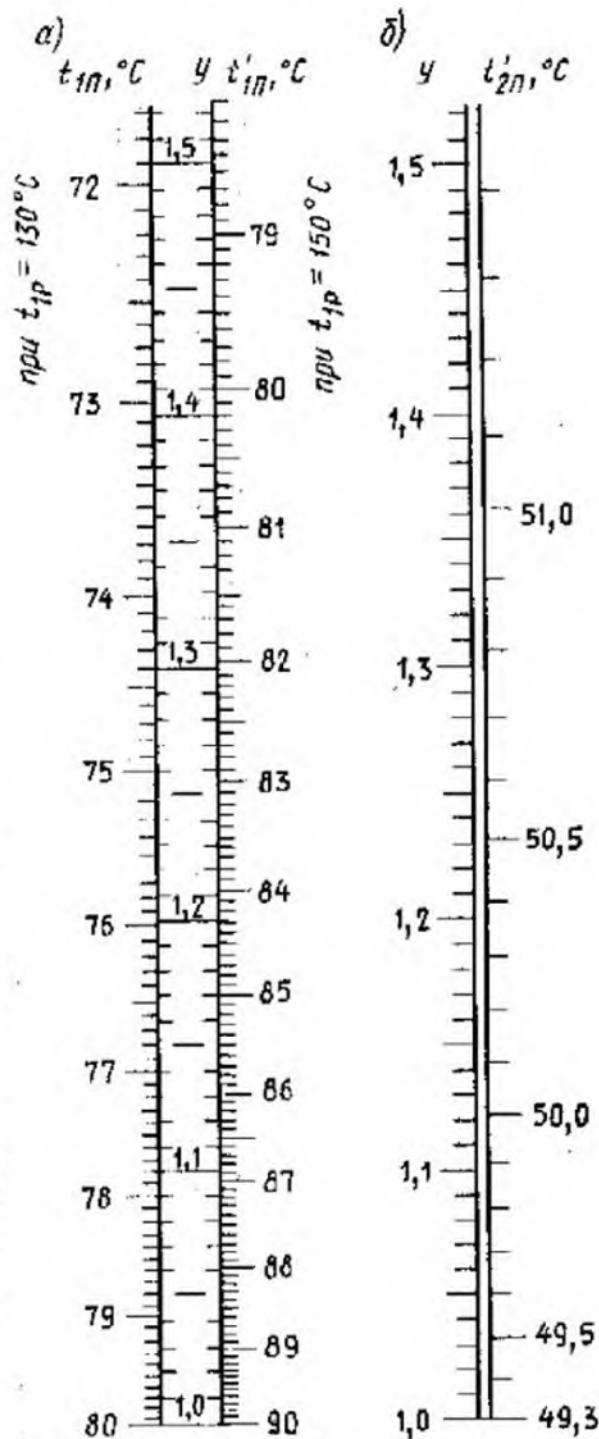


Рис. 4.18. Номограмма для определения температуры воды при скорректированном графике в точке t_{10} а) в подающем трубопроводе, t_{10} ; б) — в обратном трубопроводе, t_{20} .

температуру обратной воды находят по графику, показанному на рис. 4.19 при $y=1$.

Для тепловой сети, рассчитанной на отопительно-вентиляционную нагрузку без учета расхода сетевой воды на горячее водоснабжение, скорректированный график строят по характерным точкам, определяемым по номограммам, показанным на рис. 4.19—4.23. Относительный

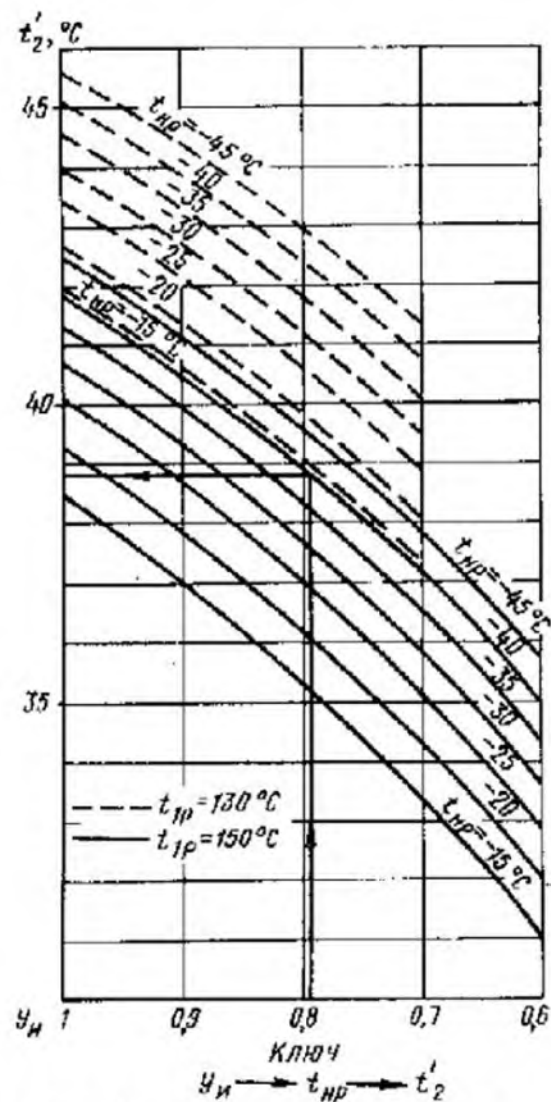


Рис. 4.19. Номограмма для определения температуры обратной воды при скорректированном графике в точке $t_{10} = +10^\circ\text{C}$.

расход сетевой воды для системы отопления и температуру воды по скорректированному графику при расчетной температуре наружного воздуха определяют по графикам, показанным на рис. 4.20). Эти величины находят в зависимости от значений α для характерных потребителей и показателей гидравлической устойчивости ω_0 . Величины y и t'_1 при скорректированном графике в точке t'_{10} (где $t_2 = t_r$) находят по графикам и номограммам, показанным на рис. 4.21).

Точку пересечения отопительного и скорректированного графиков температур t_{10} определяют по графикам и номограммам, приведенным на рис. 4.22. Точку излома скорректированного графика t'_{10} (где $t_{10} = t_r$), температуру обратной воды при t'_{10} и относительный расход сетевой воды на системы отопления y_0 находят по данным рис. 4.23. По относительному расходу сетевой воды с помощью графика (см.

Рис. 4.20. Номограмма для определения температур воды в подающем и обратном трубопроводах по скорректированному графику в точке t_{1p}

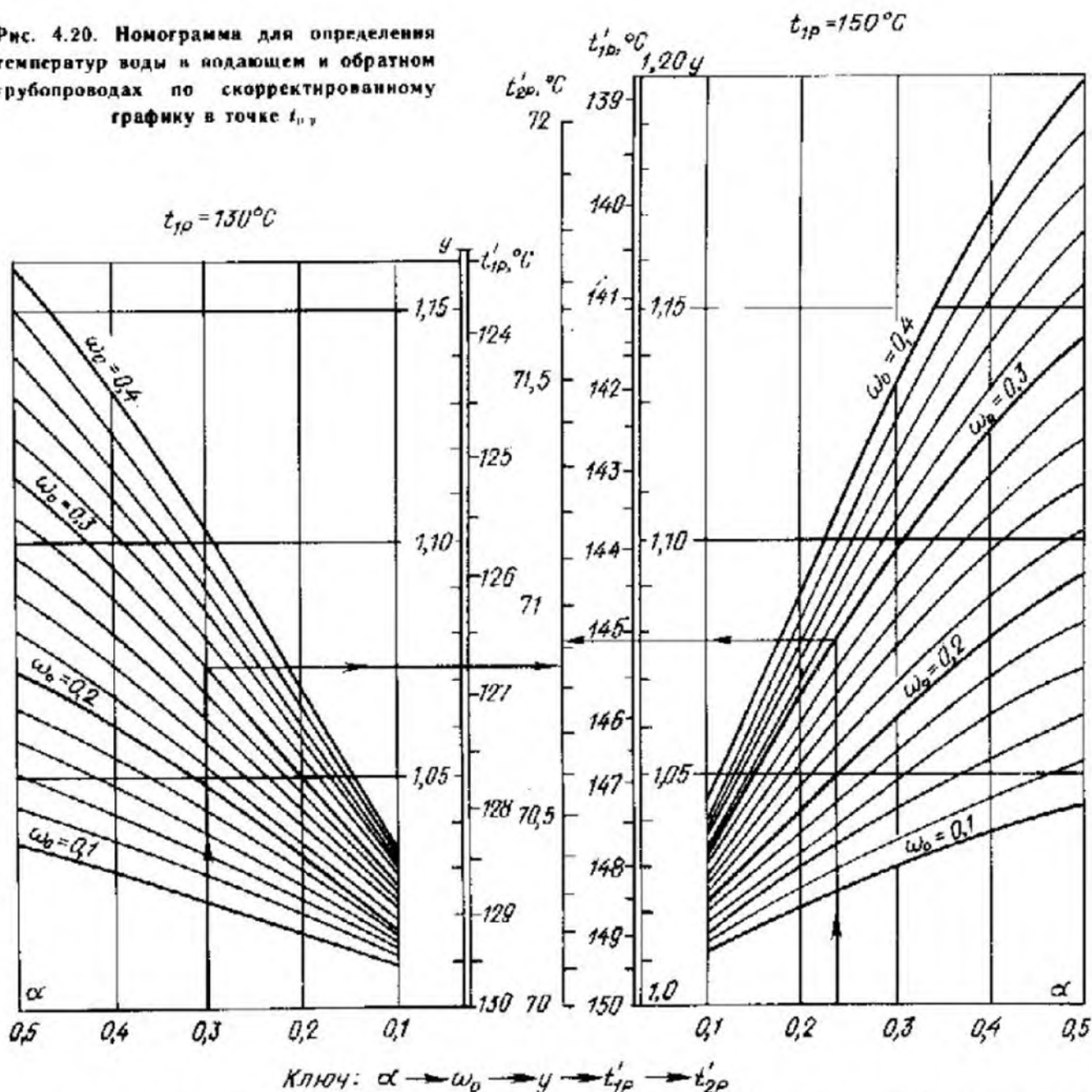


рис. 4.19) определяют температуру обратной воды при $t_1 = 10^\circ\text{C}$.

График средневзвешенной температуры обратной воды строит по графикам температур обратной воды для отдельных видов нагрузок при заданной температуре воды в подающем трубопроводе. Так, например, при параллельной схеме включения подогревателей горячего водоснабжения и при наличии отопительно-вентиляционной нагрузки средневзвешенную температуру обратной воды определяют по формуле:

$$t_b = (G_w t_2 + G_v t_{2v} + G_t t_1) / (G_w + G_v + G_t),$$

где G_w - расход воды на отопление, т/ч; t_b - температура обратной воды от системы отопления, $^\circ\text{C}$.

Температурный режим тепловых пунктов в летний период. Задачей расчета летнего температурного режима тепловых пунктов является

определение температуры воды за подогревательной установкой при средней нагрузке горячего водоснабжения, которую определяют по формуле:

$$t_{1p} = t_{1л} - 10^4 / g_{1л}^2,$$

где $t_{1л}$ - температура воды в подающей линии тепловой сети в летний период; $g_{1л}^2$ - удельный расход сетевой воды на 1 Гкал средней летней нагрузки горячего водоснабжения.

Удельный расход $g_{1л}^2$ и температуру $t_{1л}$ определяют по графикам и номограммам, показанным на рис. 4.24 и 4.25 для смешанной и последовательной схем включения подогревателей при температуре воды в подающей линии $t_{1л} = 70$ и 80°C . Температуру обратной воды при параллельной схеме включения подогревателей в летний период при средней нагрузке горячего водоснабжения и $t_{1л} = 70^\circ\text{C}$ находят по номограмме (см. рис. 4.13).

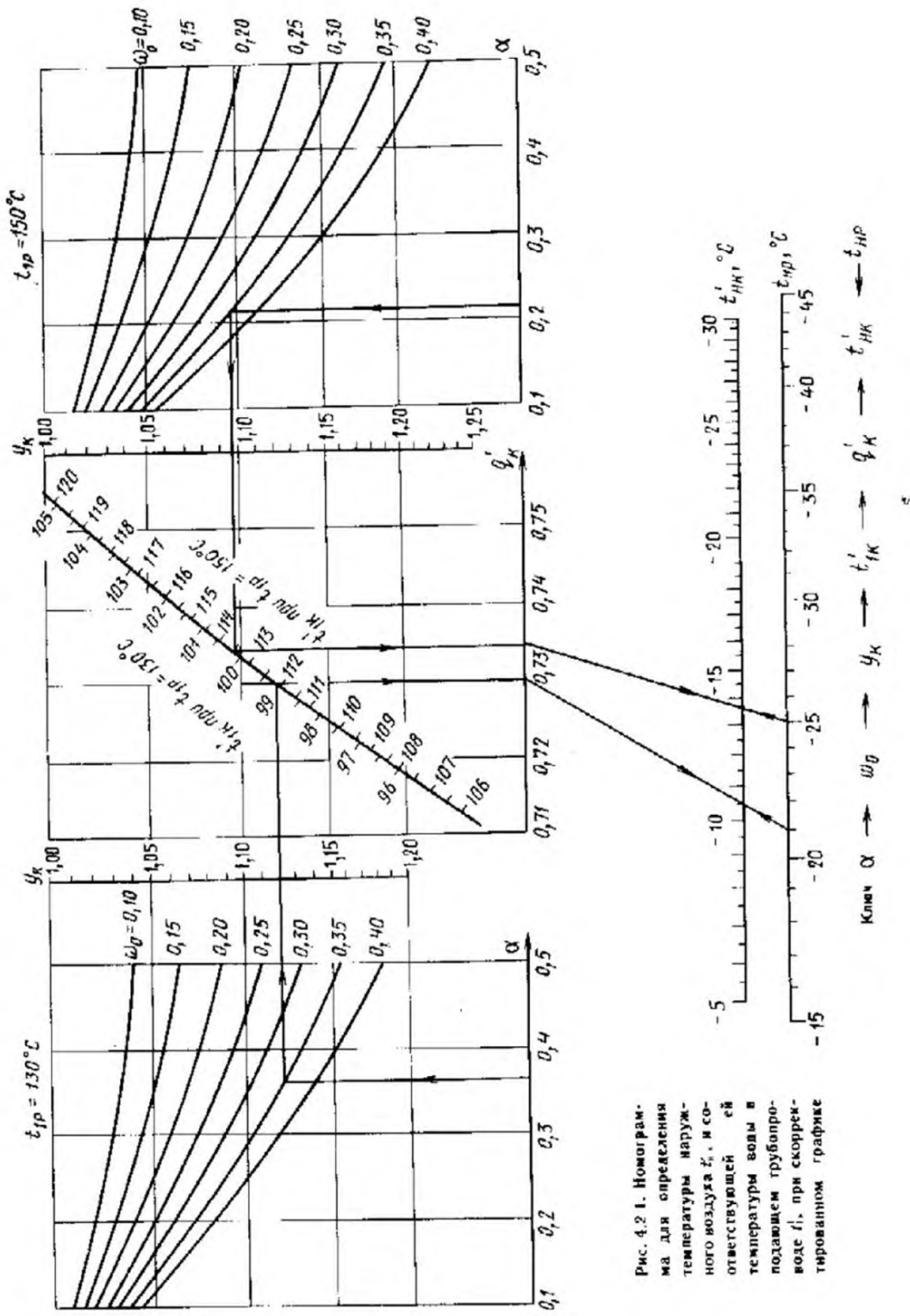


Рис. 4.2.1. Номограмма для определения температуры наружного воздуха t'_a и соответствующей ей температуры воды в подающем трубопроводе t'_w , при скорректированном графике

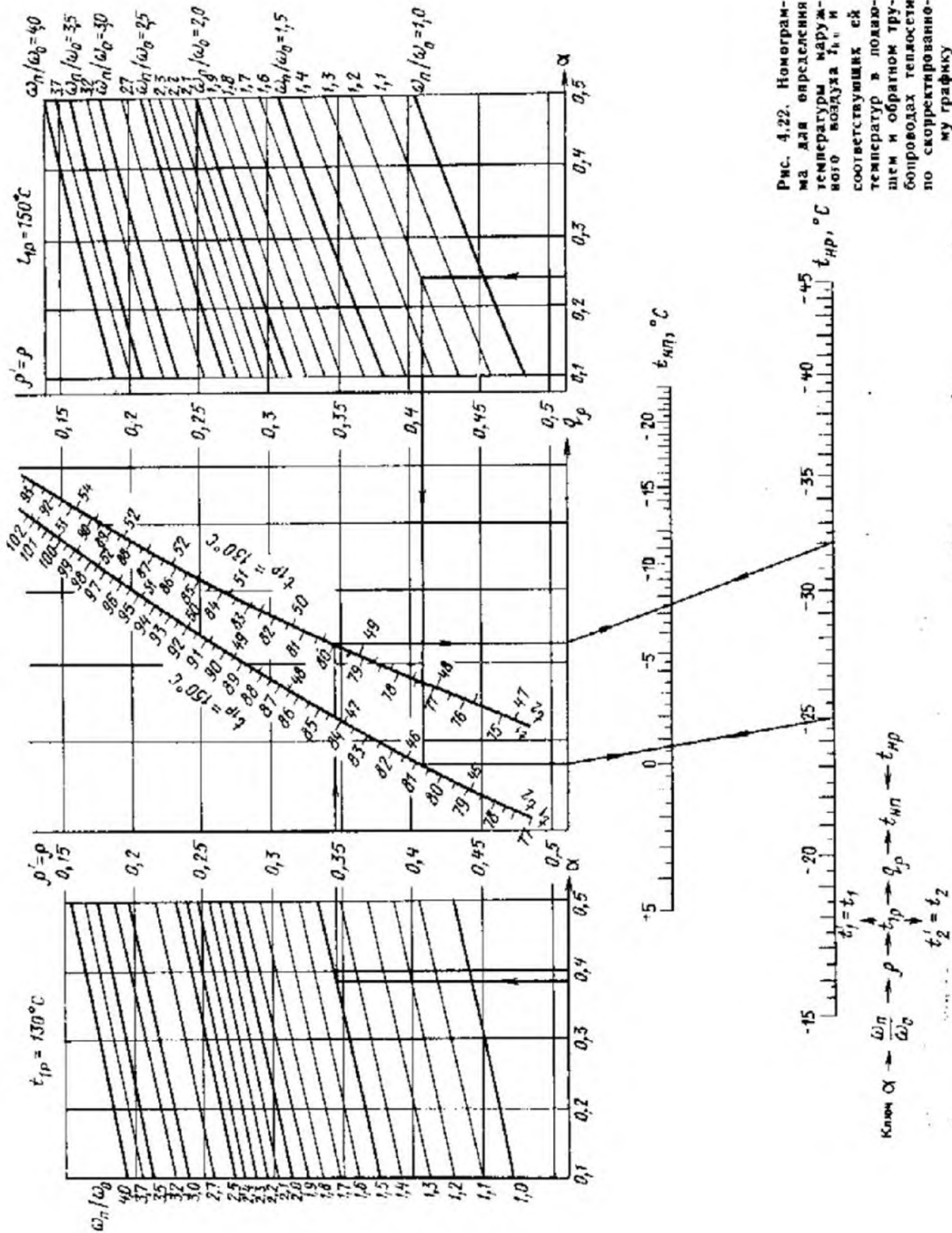
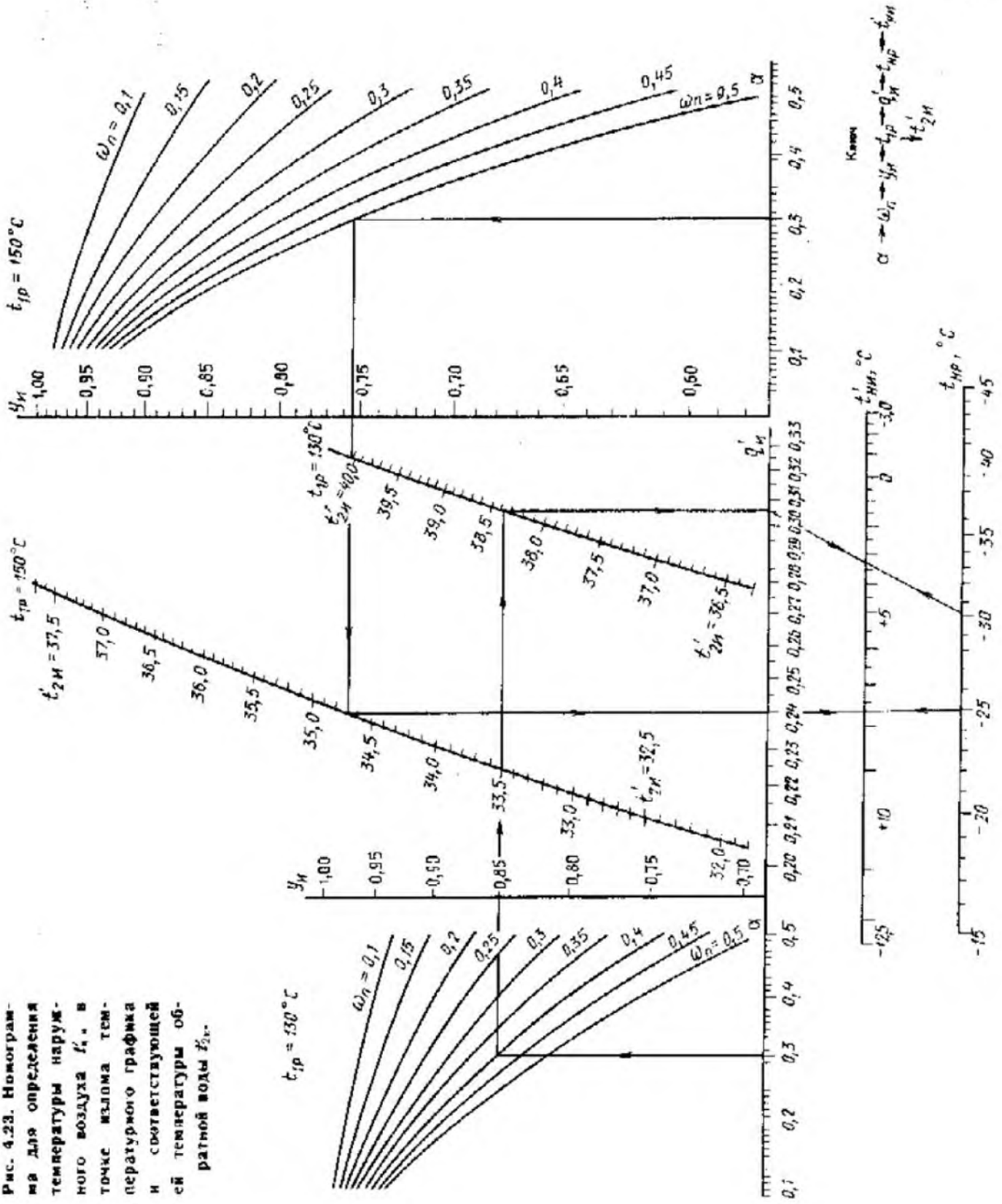


Рис. 4.22. Номерама для определения температуры наружного воздуха t_n и соответствующих ей температур в подающем и обратном трубопроводах теплосети по графику



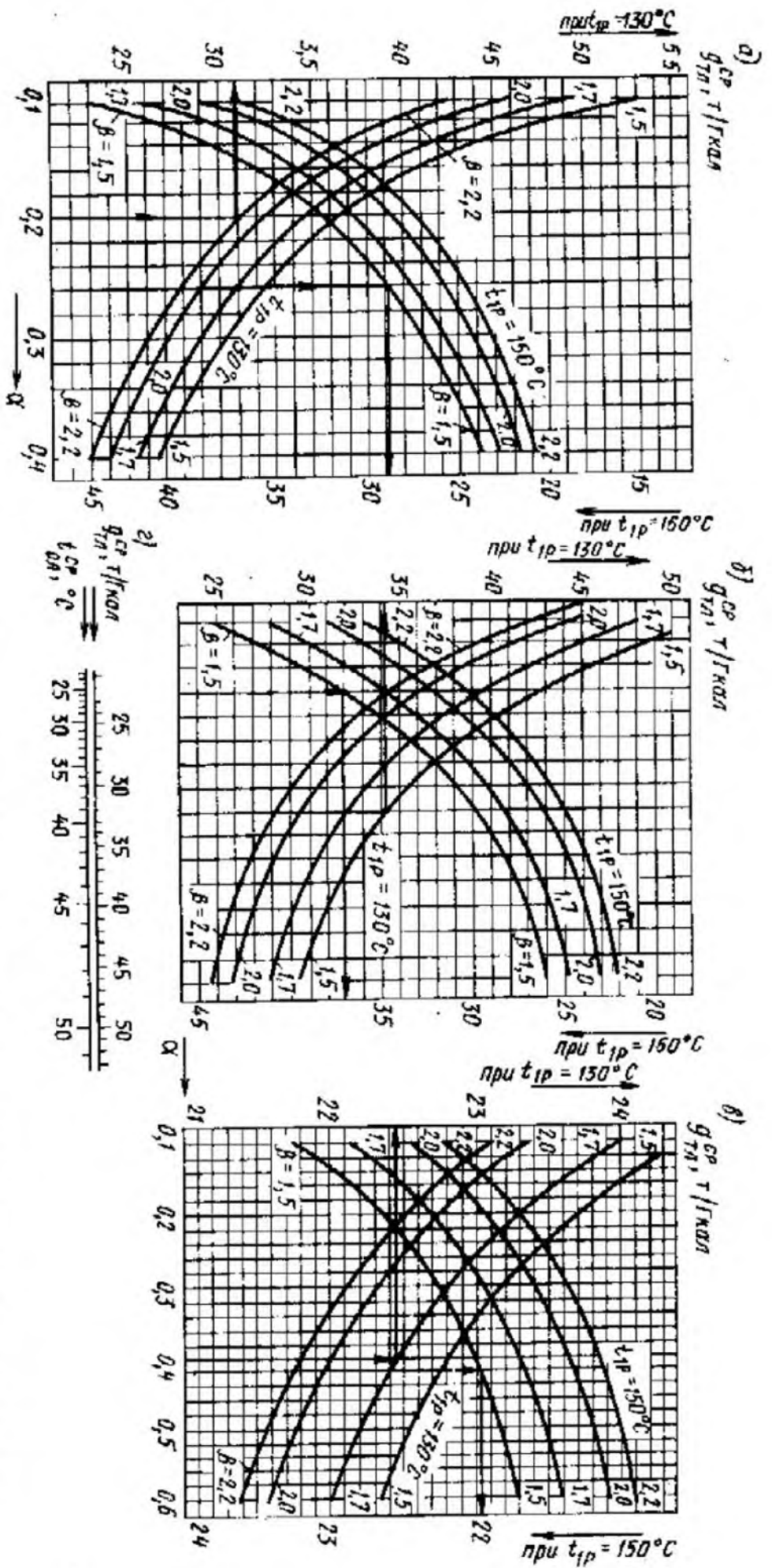


Рис. 4.24. Графики для определения удельного расхода сетевой воды на 1 ккал/ч средней летней нагрузки горячей водоснабжения и температуры обратной воды, поступающей из подогревателей при $t_{ip} = 70^{\circ}\text{C}$

а — для последовательной схемы при повышенном графике; б — для последовательной схемы при отопительном графике; в — для смешанной схемы при отопительном графике; г — температура t_{cp} в зависимости от α

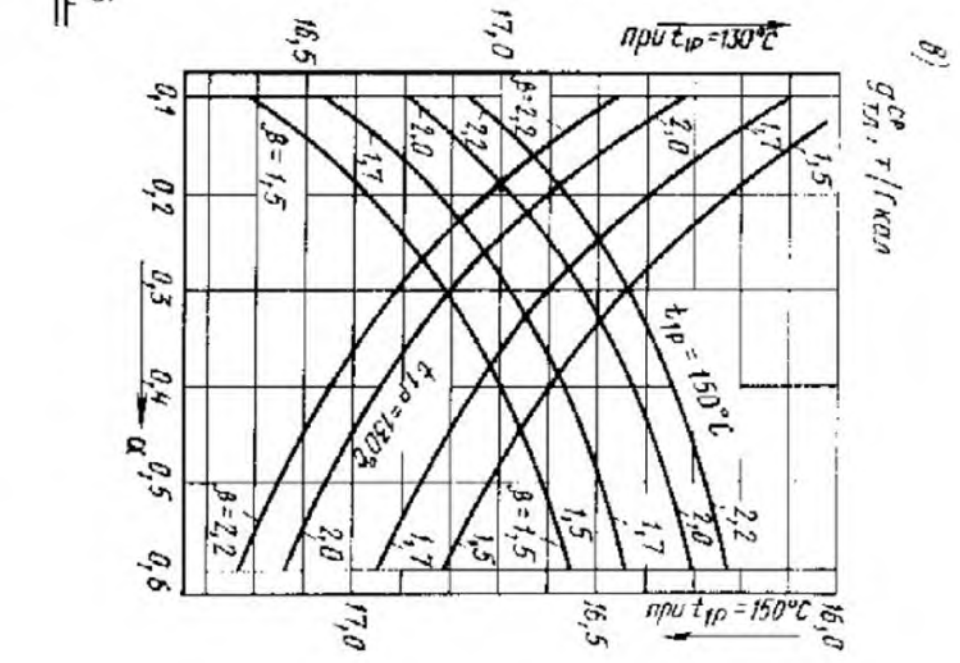
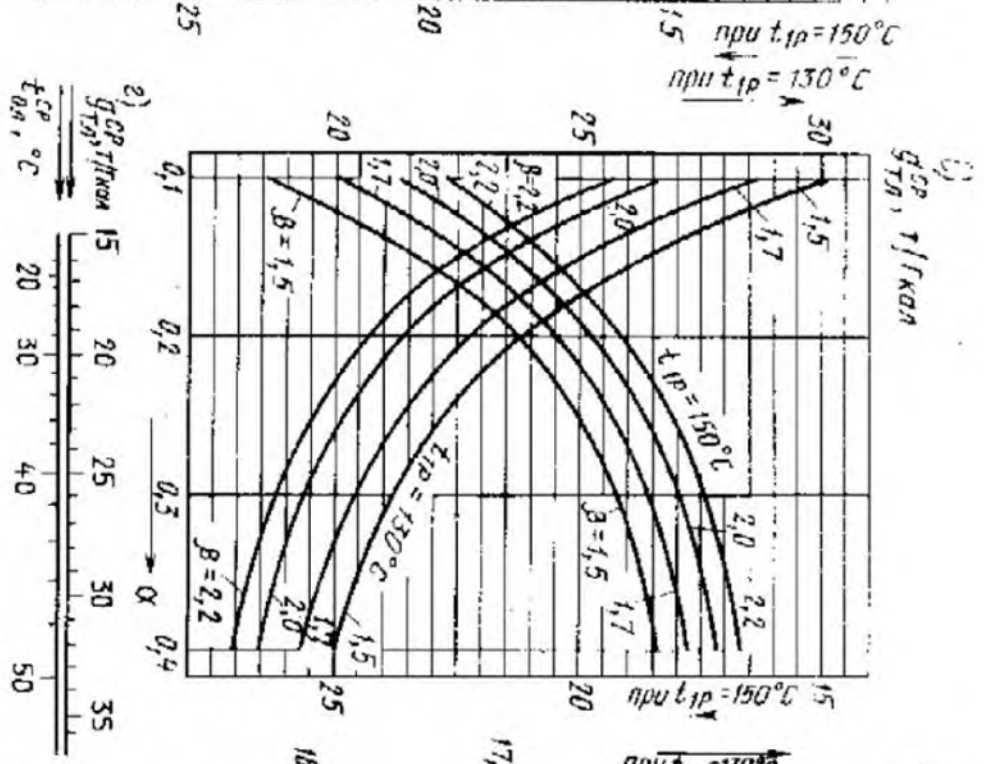
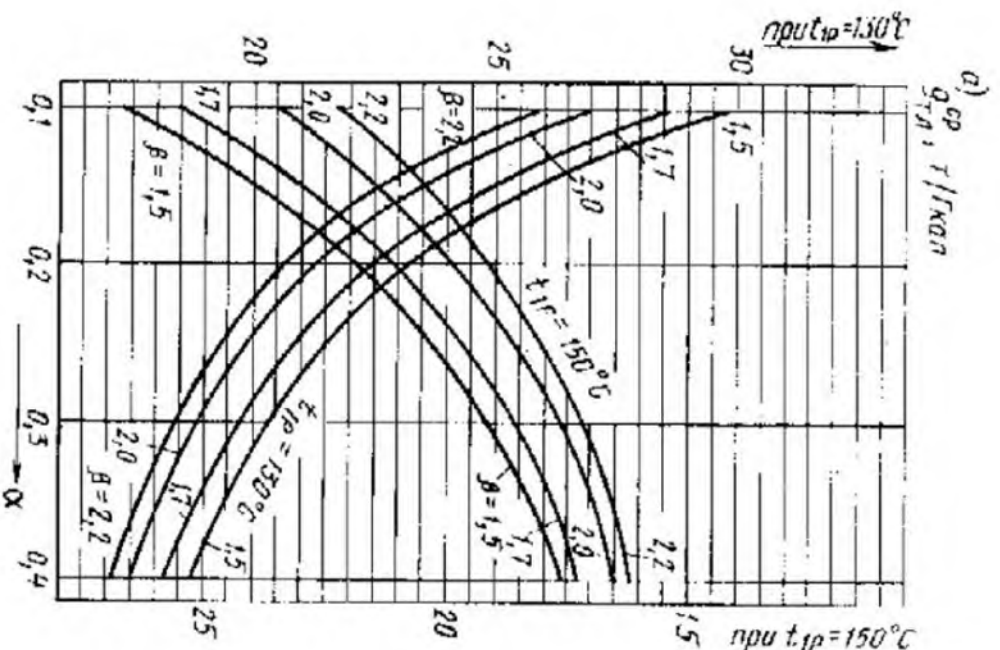


Рис. 4.25. Графики для определения удельного расхода сетевой воды на 1 Гкал/ч средней легкой нагрузки горячего водоснабжения и температур обратной воды, поступающей из подогревателей при $t_{г.г.} = 80^\circ\text{C}$

а — для последовательной схемы при повышенном графике; б — для последовательной схемы при отопительном графике; в — для смешанной схемы при отопительном графике; г — температура t_{cp} в зависимости от α

4.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Расчетные расходы теплоносителя в местных системах и в тепловой сети определяют по соответствующей расчетной тепловой нагрузке и температурным параметрам системы теплопотребления.

Расход воды на отопление и вентиляцию. Расчетные расходы воды на отопление и calorиферы приточно-вентиляционных установок, запроектированных на расчетную температуру наружного воздуха для отопления, рассчитывают по формуле:

$$G_c^p = \frac{Q_{0,т(в)}^p}{t_{1p} - t_{2p}} 10^3,$$

где $Q_{0,т(в)}^p$ — расчетная тепловая нагрузка на отопление или вентиляцию, Гкал/ч; t_{1p} и t_{2p} — расчетная температура воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, °С.

Для приточно-вентиляционных установок, запроектированных на расчетную наружную температуру для вентиляции, расчетный расход воды определяют по формуле:

$$G_v^p = \frac{Q_v^p}{t_{1в} - t_{2в}} 10^3,$$

где Q_v^p — расчетная тепловая нагрузка на вентиляцию, Гкал/ч; $t_{1в}$ и $t_{2в}$ — температура воды соответственно в подающем и обратном трубопроводах сети по принятому графику при температуре наружного воздуха, равной расчетной для проектирования вентиляции, °С.

Расчетный расход воды в системе отопления, присоединенной к тепловой сети посредством подмешивающего устройства — элеватора или насоса, находят по формуле:

$$G_{от}^p = \frac{Q_{от}^p}{t_{3p} - t_{2p}} 10^3,$$

где t_{3p} — расчетная температура воды на входе в систему отопления, °С.

Расчетные расходы воды из тепловой сети G_c^p и по системе отопления $G_{от}^p$ связаны между собой через коэффициент смешения:

$$G_{от}^p = G_c^p (1 + u_p),$$

где u_p — расчетный коэффициент смешения, равный отношению расчетного расхода подмешиваемой воды к расчетному расходу сетевой воды.

Расчетный коэффициент смешения при заданных расчетных температурах сетевой воды до подмешивающего устройства t_{1p} , на входе в систему отопления t_{3p} и после нее t_{2p} вычисляют по формуле:

$$u_p = (t_{1p} - t_{3p}) / (t_{3p} - t_{2p}).$$

При присоединении местных систем отопления и вентиляции по независимой схеме через водонагреватель расчетную температуру воды в обратном трубопроводе тепловой сети после водонагревателя принимают на 10 °С выше расчетной температуры воды в обратном трубопроводе, идущем от систем отопления и вентиляции.

Расчетный расход сетевой воды на отопление и вентиляцию, запроектированную на $t_{н,р}$, может быть определен также исходя из удельных расходов теплоносителя на 1 Гкал/ч расчетного теплового потребления, зависящих только от расчетных температур теплоносителя:

$$G_c^p = g_c^p Q_{0,т(в)}^p,$$

где g_c^p — расчетный удельный расход воды на 1 Гкал/ч тепловой нагрузки системы отопления (вентиляции) или теплопотребляющего прибора.

В табл. 4.12 приведены значения g_c^p в зависимости от расчетного перепада температур воды в тепловых сетях или местных системах.

Расход сетевой воды на горячее водоснабжение. Расчетные расходы сетевой воды на горячее водоснабжение, учитываемое при гидравлическом расчете тепловых сетей, определяют в зависимости от наличия на тепловых пунктах автоматических регуляторов расхода воды на отопление.

Часовой расход воды при параллельной схеме включения подогревателей горячего водоснабжения. При установке на тепловых пунктах регуляторов постоянства расхода воды на отопление и температуры воды на горячее водоснабжение расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение определяют в точке излома температурного графика по максимальной нагрузке горячего водоснабжения:

$$G_г^p = \frac{Q_г^{max}}{t_{1н} - t_{гн}} 10^3,$$

где $t_{1н}$ — температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома температурного графика, °С; $t_{гн}$ — температура сетевой воды после подогревателя в точке излома графика, °С; в проектах $t_{гн}$ обычно принимается в пределах 20—40 °С, при отсутствии проектных данных можно принимать $t_{гн} = 30$ °С; $Q_г^{max}$ — величина максимальной нагрузки горячего водоснабжения, определяемая по среднечасовой нагрузке с коэффициентом часовой неравномерности β , для района теплоснабжения $\beta = 1,7 - 2,2$:

$$Q_г^{max} = \beta Q_г^{cp}.$$

При оборудовании тепловых пунктов только регуляторами постоянства температуры горячей

Таблица 4.12. УДЕЛЬНЫЕ РАСХОДЫ СЕТЕВОЙ ВОДЫ НА ОТОПЛЕНИЕ

Расчетный перепад температур (по графику) $t_{1p} - t_{2n}$, °C	Удельный расход воды G_p^0 , т/Гкал	Расчетный перепад температур (по графику) $t_p - t_{2p}$, °C	Удельный расход воды G_p^0 , т/Гкал
150—70=80	12,5	130—80=50	20
150—80—70	14,3	105—70=35	28,6
140—70=70	14,3	95—70=25	40
130—70=60	16,7		

воды расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение определяют в точке излома температурного графика по балансовой нагрузке горячего водоснабжения:

$$G_p^0 = \frac{Q_p^0}{t_{1n} - t_{2n}} 10^3,$$

где Q_p^0 — балансовый часовой расход тепла на горячее водоснабжение, Гкал/ч, при котором обеспечивается суточный баланс теплоты на отопление, несмотря на неравномерность суточного графика горячего водоснабжения. Балансовый расход теплоты несколько превышает среднюю нагрузку горячего водоснабжения и равен для параллельной схемы $1,15 Q_p^0$.

Расчетный расход сетевой воды по тепловой сети и на тепловой пункт при параллельной схеме включения водоподогревателей складывается из расчетного расхода ее на отопление и на горячее водоснабжение.

Часовой расход воды при смешанной схеме включения подогревателей горячего водоснабжения. При наличии на тепловых пунктах автоматических регуляторов, поддерживающих постоянный расход воды на отопление и постоянную температуру воды для горячего водоснабжения, расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение определяют в точке излома температурного графика по максимальной нагрузке горячего водоснабжения:

$$G_p^0 = \frac{(t_r - t_{2n} + \delta_n) Q_p^{\max}}{(t_r - t_s)(t_{1n} - t_{2n})} 10^3,$$

где t_{2n} — температура обратной воды, поступающей из систем отопления в точке излома температурного графика, °C; t_r — температура горячей воды в системах горячего водоснабжения, °C; t_s — температура водопроводной воды, °C; δ_n — величина недогрева водопроводной воды до температуры обратной воды, поступающей из систем отопления, в 1 ступени водонагревательной установки, °C (для автоматизированного теплового пункта $\delta_n = 10$ °C).

При отсутствии на тепловых пунктах регуляторов постоянства расхода воды на отопление, но при установке регуляторов температуры горячей воды расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение определяют в точке

излома температурного графика по балансовой нагрузке горячего водоснабжения:

$$G_p^0 = \frac{(t_r - t_{2n} + \delta_n) Q_p^0}{(t_r - t_s)(t_{1n} - t_{2n})} 10^3.$$

Балансовая нагрузка горячего водоснабжения при смешанной схеме $Q_p^0 = 1,1 Q_p^0$. В отличие от полностью автоматизированного теплового пункта величину δ_n в этом случае следует принимать 5 °C. Расчетный расход сетевой воды в тепловой сети и на тепловом пункте при смешанной схеме включения водоподогревателей горячего водоснабжения равен сумме расчетного расхода ее на отопление и на горячее водоснабжение.

Часовой расход воды при последовательной схеме включения подогревателей горячего водоснабжения. При наличии на тепловых пунктах автоматических регуляторов, поддерживающих постоянный расход сетевой воды и постоянную температуру воды для горячего водоснабжения, расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение определяют в точке излома температурного графика по балансовой нагрузке горячего водоснабжения:

при отопительном температурном графике регулирования

$$G_p^0 = \frac{(t_r - t_{2n} + \delta_n) Q_p^0}{(t_r - t_s)(t_{1n} - t_{2n})} 10^3,$$

при повышенном температурном графике (регулирование по суммарной нагрузке отопления и горячего водоснабжения) величина $G_p^0 = 0$. Величину δ_n обычно принимают равной 5°; при $t_{1p} = 150^\circ$ принимают $t_{2n} = 41,7$ °C; при $t_{1p} = 130$ °C — $t_{2n} = 44,8$ °C. Балансовая нагрузка горячего водоснабжения при последовательной схеме $Q_p^0 = 1,25 Q_p^0$.

При установке на тепловых пунктах большинства потребителей (80—90 % тепловой нагрузки) автоматических регуляторов постоянства расхода прямого действия расчетный суммарный расход сетевой воды по тепловой сети и на тепловой пункт следует определять с коэф-

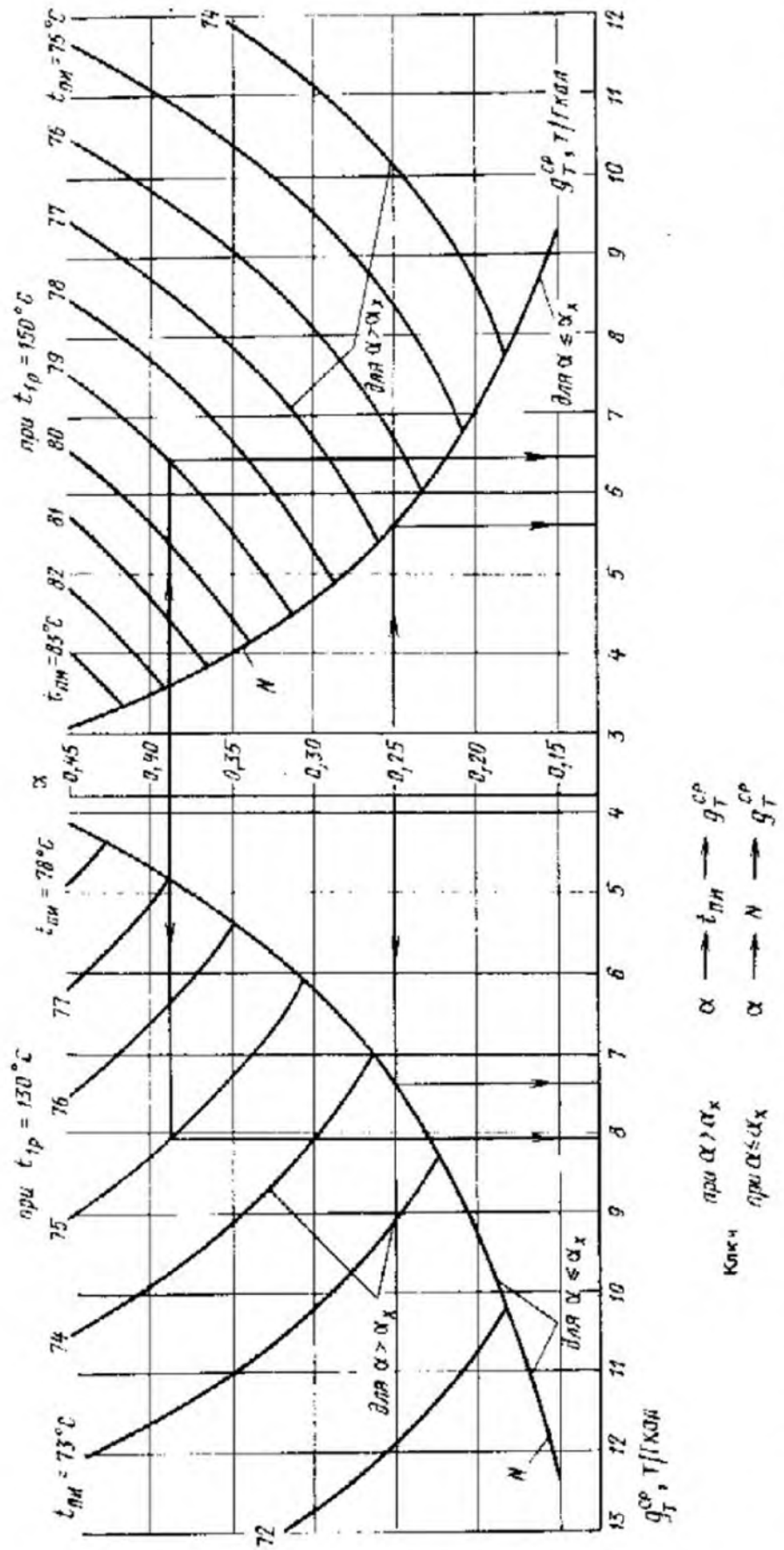


Рис. 4.26. Номограмма для определения удельных расходов сетевой воды на 1 Гкал/ч средней нагрузки горячего водоснабжения при последовательной схеме включения подогревателей и повышенном графике температур

Таблица 4.13. УДЕЛЬНЫЕ РАСХОДЫ СЕТОВОЙ ВОДЫ НА ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ В ЗАКРЫТОЙ СИСТЕМЕ g^p , Т/ГКАЛ, СРЕДНЕЧАСОВОЙ НАГРУЗКИ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Вид регулятора	Параллельная схема		Сменная схема			Последовательная схема при качественном графике		
	балансовый коэффициент	при различных значениях $t_{гр}$	балансовый коэффициент	$t_{гр} = 130^\circ\text{C}$	$t_{гр} = 150^\circ\text{C}$	балансовый коэффициент	$t_{гр} = 130^\circ\text{C}$	$t_{гр} = 150^\circ\text{C}$
Регулятор расхода и температуры		25	—	18,2 β	18,2 β	1,25	18,1	18,7
Регулятор температуры	1,15	28,8	1,1	16	16,5	—		

Примечания: 1. При гидравлическом расчете тепловой сети или расчете тепловых пунктов принимают соответствующие коэффициенты часовой неравномерности. 2. Для последовательной схемы включения подогревателей при установке у большинства потребителей регуляторов расхода прямого действия расхода теплоносителя по тепловой сети принимают с коэффициентом 1,1. 3. Величины удельных расходов сетевой воды на горячее водоснабжение соответствуют значениям температур воды, приведенным для различных схем в настоящем разделе.

коэффициентом 1,1 как при отопительном, так и при повышенном графике температур. Для потребителей с отношением α , отличным от α_d , принятого для построения повышенного температурного графика, расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение (добавку к расходу воды на отопление) можно определить с помощью номограммы рис. 4.26, в которой учтена неравномерность регуляторов постоянства расхода прямого действия. Расчетный расход воды по тепловой сети на тепловой пункт при последовательной схеме складывается из расчетного расхода ее на отопление и на горячее водоснабжение.

Расходы сетевой воды на горячее водоснабжение в закрытой системе теплоснабжения удобно определять исходя из удельных расходов теплоносителя на 1 Гкал/ч средней нагрузки горячего водоснабжения:

$$G_r^p = g^p Q_r^p,$$

где g^p — удельный расход сетевой воды на горячее водоснабжение, т/Гкал, зависящий только от температур нагреваемой и сетевой воды в точке излома температурного графика.

Удельные расходы сетевой воды на горячее водоснабжение в закрытой системе теплоснабжения приведены в табл. 4.13.

Часовой расход воды при непосредственном водоразборе из тепловой сети. Для тепловых пунктов, оборудованных регуляторами температуры воды на горячее водоснабжение, при отсутствии регуляторов постоянства расхода расчетный расход воды на горячее водоснабжение определяют в зависимости от соотношения среднесуточного теплопотребления системами

горячего водоснабжения Q_r^p и расчетного теплопотребления отопительных систем $Q_{от}^p$.

При величине $\alpha = \frac{Q_r^p}{Q_{от}^p} < 0,1$ расход воды на горячее водоснабжение при гидравлическом расчете не учитывают и поправку на температурный график не вводят. При значении коэффициента $0,1 < \alpha < 0,2 - 0,3$ расход воды на горячее водоснабжение при гидравлическом расчете также не учитывают, но температурный график корректируют в соответствии с величиной α . При значении $\alpha > 0,2 - 0,3$ расчетные расходы сетевой воды по подающей и обратной линиям тепловой сети равны:

$$G_{под}^p = G_{от}^p + G_r^p;$$

$$G_{обр}^p = G_{от}^p,$$

где $G_{от}^p$ — расчетный расход сетевой воды на отопление и вентиляцию, т/ч, G_r^p — расход сетевой воды при среднем тепловом потреблении систем горячего водоснабжения, т/ч:

$$G_r^p = \frac{Q_r^p}{t_r - t_c} 10^4, \quad (4.14)$$

где t_r — температура горячей воды в системах горячего водоснабжения с непосредственным водоразбором, равная обычно 60°C , t_c — температура водопроводной воды, принимаемая 5°C .

Расход сетевой воды на горячее водоснабжение находят по удельным расходам сетевой воды на 1 Гкал тепловой нагрузки:

$$G_r^p = g^p Q_r^p,$$

где $g^p = 18,2$ т/Гкал (при $t_r = 60^\circ\text{C}$ и $t_c = 5^\circ\text{C}$).

При значении $\alpha > 0,2 - 0,3$ и при подключении к одной магистрали не менее половины тепловых пунктов с непосредственным водоразбором, выполненных по схеме рис. 3.21, расход сетевой воды на горячее водоснабжение не учи-

$$\text{ар. 5} \rightarrow 9.81 \text{ Па} = \frac{\text{кгс}}{\text{м}^2} = \text{мм ВС}$$

тывают, а при подключении 100 % тепловых пунктов с указанной схемой расчетные расходы сетевой воды по этой магистрали принимают равными:

$$G_{\text{под}}^{\text{в}} = G_{\text{от}}^{\text{в}};$$

$$G_{\text{от}}^{\text{в}} = G_{\text{от}}^{\text{г}} - G_{\text{г}}^{\text{в}}.$$

Во всех случаях температурный график корректируют в соответствии с величиной α согласно указаниям по построению скорректированных температурных графиков для открытых систем теплоснабжения.

Расход сетевой воды на горячее водоснабжение в летний период. В закрытой системе теплоснабжения расход сетевой воды на горячее водоснабжение в летний период для всех схем подогревателей определяют по формуле

$$G_{\text{г}}^{\text{в}} = \frac{0,8 Q_{\text{г}}^{\text{в}} (t_{\text{г}} - t_{\text{г,л}}) 10^3}{(t_{\text{г}} - t_{\text{г}})(t_{\text{г,л}} - t_{\text{г,л}}^{\text{в}})},$$

где $t_{\text{г,л}}$ — температура воды в подающей линии в летний период, °C; $t_{\text{г,л}}^{\text{в}}$ — температура воды за подогревателем горячего водоснабжения, °C; $t_{\text{г,л}}$ — температура водопроводной воды в летний период, °C.

При непосредственном водоразборе расход воды на горячее водоснабжение в летний период вычисляют по формуле (4.14) с коэффициентом 0,8.

4.6. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

При гидравлическом расчете тепловых сетей определяют потери давления на участках трубопроводов для последующей разработки гидравлического режима и выявления раскладываемых напоров на тепловых пунктах потребителей. При гидравлическом расчете трубопроводов определяют суммарный расчетный расход сетевой воды, складывающийся из расчетных расходов на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Перед гидравлическим расчетом составляют расчетную схему тепловой сети с нанесением на ней длин и диаметров трубопроводов, местных сопротивлений и расчетных расходов теплоносителя по всем участкам сети.

Потери давления на участке трубопровода складываются из линейных потерь (на трение) и потерь в местных сопротивлениях:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м}}.$$

Линейные потери давления пропорциональны длине труб и равны:

$$\Delta p_{\text{тр}} = Rl,$$

где l — длина трубопровода, м; R — удельные потери при давлении на трение, кгс/м² [кгс/м²].

$$R = \lambda \frac{v^2 \gamma}{2gD_n} = 0,00638 G^2 / D_n^5 \gamma, \quad [\text{мм}]$$

где λ — коэффициент гидравлического трения; v — скорость теплоносителя, м/с; γ — плотность теплоносителя на рассчитываемом участке трубопровода, кгс/м³; g — ускорение свободного падения, м/с²; D_n — внутренний диаметр трубы, м; G — расчетный расход теплоносителя на рассчитываемом участке, т/ч.

Потери давления в местных сопротивлениях находят по формуле

$$\Delta p_{\text{м}} = \sum \xi v^2 \gamma / 2g,$$

где $\sum \xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений.

Потери давления на участке трубопровода определяют также по формуле

$$\Delta p = Rl_{\text{пр}};$$

$$l_{\text{пр}} = l + l_{\text{экв}},$$

где $l_{\text{пр}}$ — приведенная длина трубопровода, м; $l_{\text{экв}}$ — эквивалентная длина местных сопротивлений, определяемая по формуле

$$l_{\text{экв}} = \sum \xi D_n / \lambda.$$

Коэффициент гидравлического трения λ зависит от характера движения жидкости (ламинарное или турбулентное).

Тепловые сети, как правило, работают при турбулентном режиме движения теплоносителя в квадратичной области, поэтому коэффициент гидравлического трения определяется формулой Прандтля-Никурадзе

$$\lambda = \frac{1}{(1,14 + 21g \frac{D_n}{K_{\text{эв}}})^2},$$

где $K_{\text{эв}}$ — эквивалентная шероховатость трубы, принимаемая для вновь прокладываемых труб водяных тепловых сетей $K_{\text{эв}} = 0,5$ мм.

Величину эквивалентной шероховатости труб действующих тепловых сетей определяют при гидравлических испытаниях. При значениях эквивалентной шероховатости трубопроводов, отличных от $K_{\text{эв}} = 0,5$ мм, на величину удельных потерь давления вводится поправочный коэффициент β . В этом случае

$$\Delta p = \beta Rl + \Delta p_{\text{м}}$$

или

$$\Delta p = R(\beta l + l_{\text{экв}}).$$

Значения поправочных коэффициентов β в зависимости от величины $K_{\text{эв}}$ приведены в табл. 4.11. Величина эквивалентной шероховатости, определенная при гидравлическом испы-

Таблица 4.14. ПОПРАВочНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ β К ВЕЛИЧИНЕ
УДЕЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ

Условный диаметр трубы-провода, мм	Внутренний диаметр трубы-провода, мм	Эквивалентная шероховатость, мк						
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
25	27	1,00	1,07	1,14	1,20	1,26	1,32	1,38
32	32	1,00	1,07	1,14	1,20	1,26	1,31	1,37
40	39	1,00	1,07	1,13	1,19	1,24	1,30	1,35
50	50	1,00	1,06	1,12	1,18	1,23	1,28	1,33
70	69	1,00	1,06	1,12	1,17	1,22	1,27	1,31
80	81	1,00	1,06	1,11	1,16	1,21	1,26	1,30
100	100	1,00	1,06	1,11	1,16	1,20	1,25	1,29
125	125	1,00	1,06	1,11	1,15	1,20	1,24	1,28
150	150	1,00	1,05	1,10	1,15	1,19	1,23	1,27
175	182	1,00	1,05	1,10	1,14	1,19	1,22	1,26
200	203	1,00	1,05	1,10	1,14	1,18	1,22	1,26
250	255	1,00	1,05	1,10	1,14	1,18	1,21	1,25
300	305	1,00	1,05	1,09	1,13	1,17	1,21	1,24
350	357	1,00	1,05	1,09	1,13	1,17	1,20	1,23
400	408	1,00	1,05	1,09	1,13	1,16	1,20	1,23
450	460	1,00	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,23
500	511	1,00	1,05	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22
600	610	1,00	1,04	1,08	1,12	1,16	1,19	1,22
700	698	1,00	1,04	1,08	1,12	1,15	1,18	1,21
800	796	1,00	1,04	1,08	1,12	1,15	1,18	1,21
900	894	1,00	1,04	1,08	1,12	1,15	1,18	1,21
1000	992	1,00	1,04	1,08	1,11	1,15	1,18	1,20
1200	1196	1,00	1,04	1,08	1,11	1,14	1,17	1,20
1400	1392	1,00	1,04	1,08	1,11	1,14	1,17	1,20

Продолжение табл. 4.14

Условный диаметр трубы-провода, мм	Внутренний диаметр трубы-провода, мм	Эквивалентная шероховатость, мк						
		1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
25	27	1,43	1,49	1,54	1,59	1,64	1,69	1,74
32	32	1,42	1,47	1,52	1,57	1,61	1,66	1,70
40	39	1,40	1,45	1,49	1,54	1,58	1,63	1,67
50	50	1,38	1,42	1,47	1,51	1,55	1,59	1,63
70	69	1,35	1,39	1,43	1,47	1,51	1,55	1,58
80	81	1,34	1,38	1,42	1,46	1,49	1,53	1,56
100	100	1,33	1,37	1,40	1,44	1,47	1,51	1,54
125	125	1,32	1,35	1,39	1,42	1,45	1,48	1,51
150	150	1,31	1,34	1,37	1,41	1,44	1,47	1,50
175	182	1,30	1,33	1,36	1,39	1,42	1,45	1,48
200	203	1,29	1,32	1,35	1,38	1,41	1,44	1,47
250	255	1,26	1,31	1,34	1,37	1,40	1,42	1,45
300	305	1,27	1,30	1,33	1,36	1,39	1,41	1,44
350	357	1,27	1,29	1,32	1,35	1,38	1,40	1,43
400	408	1,26	1,29	1,32	1,34	1,37	1,39	1,42
450	460	1,26	1,28	1,31	1,34	1,36	1,39	1,41
500	511	1,25	1,28	1,31	1,33	1,36	1,38	1,40
600	610	1,25	1,27	1,30	1,32	1,35	1,37	1,39
700	698	1,24	1,27	1,29	1,32	1,34	1,36	1,38
800	796	1,24	1,26	1,29	1,31	1,33	1,35	1,38
900	894	1,23	1,26	1,28	1,31	1,33	1,35	1,37
1000	992	1,23	1,25	1,28	1,30	1,32	1,34	1,36
1200	1196	1,22	1,25	1,27	1,29	1,31	1,34	1,35
1400	1392	1,22	1,24	1,27	1,29	1,31	1,33	1,35

Продолжение табл. 4.14

Условный диаметр трубопровода, мм	Внутренний диаметр трубопровода, мм	Эквивалентная шероховатость, мм						
		1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
25	27	1,79	1,83	1,88	1,93	1,97	2,02	2,06
32	32	1,75	1,79	1,84	1,88	1,92	1,97	2,01
40	39	1,71	1,75	1,79	1,83	1,87	1,91	1,95
50	50	1,67	1,71	1,74	1,78	1,82	1,85	1,89
70	69	1,62	1,65	1,69	1,72	1,75	1,78	1,82
80	81	1,60	1,63	1,66	1,69	1,72	1,75	1,78
100	100	1,57	1,60	1,63	1,66	1,69	1,72	1,75
125	125	1,54	1,57	1,60	1,63	1,66	1,68	1,71
150	150	1,53	1,55	1,58	1,61	1,63	1,66	1,68
175	182	1,51	1,53	1,56	1,58	1,61	1,63	1,66
200	203	1,50	1,52	1,55	1,57	1,60	1,62	1,64
250	255	1,48	1,50	1,52	1,55	1,57	1,59	1,62
300	305	1,46	1,49	1,51	1,53	1,55	1,57	1,60
350	357	1,45	1,47	1,49	1,52	1,54	1,56	1,58
400	408	1,44	1,46	1,48	1,50	1,53	1,55	1,57
450	460	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53	1,55
500	511	1,42	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53	1,54
600	610	1,41	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53
700	698	1,40	1,42	1,44	1,46	1,48	1,50	1,52
800	796	1,40	1,42	1,44	1,45	1,47	1,49	1,51
900	894	1,39	1,41	1,43	1,45	1,46	1,48	1,50
1000	992	1,38	1,40	1,42	1,44	1,46	1,47	1,49
1200	1196	1,37	1,39	1,41	1,43	1,44	1,46	1,48
1400	1392	1,37	1,38	1,40	1,42	1,43	1,45	1,47

Продолжение табл. 4.14

Условный диаметр трубопровода, мм	Внутренний диаметр трубопровода, мм	Эквивалентная шероховатость, мм						
		2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2
25	27	2,11	2,15	2,19	2,24	2,28	2,32	2,37
32	32	2,05	2,09	2,13	2,17	2,21	2,25	2,29
40	39	1,99	2,03	2,06	2,10	2,14	2,17	2,21
50	50	1,92	1,96	1,99	2,02	2,06	2,09	2,12
70	69	1,85	1,88	1,91	1,94	1,97	2,00	2,03
80	81	1,81	1,84	1,87	1,90	1,93	1,96	1,98
100	100	1,77	1,80	1,83	1,86	1,88	1,91	1,93
125	125	1,74	1,76	1,79	1,81	1,84	1,86	1,88
150	150	1,71	1,73	1,76	1,78	1,80	1,83	1,85
175	182	1,68	1,70	1,73	1,75	1,77	1,79	1,81
200	203	1,67	1,69	1,71	1,73	1,75	1,77	1,80
250	255	1,64	1,66	1,68	1,70	1,72	1,74	1,76
300	305	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,71	1,73
350	357	1,60	1,62	1,64	1,66	1,67	1,69	1,71
400	408	1,58	1,60	1,62	1,64	1,66	1,68	1,69
450	460	1,57	1,59	1,61	1,63	1,64	1,66	1,68
500	511	1,56	1,58	1,60	1,62	1,63	1,65	1,67
600	610	1,55	1,56	1,58	1,60	1,61	1,63	1,65
700	698	1,53	1,55	1,57	1,58	1,60	1,62	1,63
800	796	1,52	1,54	1,56	1,57	1,59	1,60	1,62
900	894	1,51	1,53	1,55	1,56	1,58	1,59	1,60
1000	992	1,51	1,52	1,54	1,55	1,57	1,58	1,58
1200	1196	1,49	1,51	1,52	1,54	1,55	1,57	1,57
1400	1392	1,48	1,50	1,51	1,52	1,54	1,55	1,56

Продолжение табл. 4.14

Условный диаметр трубыпровода, мм	Внутренний диаметр трубыпровода, мм	Эквивалентная шероховатость, мм						
		3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
25	27	2,41	2,45	2,50	2,54	2,58	2,62	2,67
32	32	2,33	2,37	2,41	2,45	2,49	2,53	2,56
40	39	2,25	2,28	2,32	2,35	2,39	2,42	2,46
50	50	2,16	2,19	2,22	2,25	2,28	2,31	2,35
70	69	2,06	2,08	2,11	2,14	2,17	2,20	2,22
80	81	2,01	2,04	2,06	2,09	2,12	2,14	2,17
100	100	1,96	1,98	2,01	2,03	2,06	2,08	2,10
125	125	1,91	1,93	1,95	1,98	2,00	2,02	2,04
150	150	1,87	1,89	1,91	1,94	1,96	1,98	2,00
175	182	1,83	1,86	1,88	1,90	1,92	1,94	1,96
200	203	1,82	1,84	1,86	1,88	1,89	1,91	1,93
250	255	1,78	1,80	1,82	1,83	1,85	1,87	1,89
300	305	1,75	1,77	1,79	1,80	1,82	1,84	1,86
350	357	1,73	1,75	1,76	1,78	1,80	1,81	1,83
400	408	1,71	1,73	1,74	1,76	1,78	1,79	1,81
450	460	1,70	1,71	1,73	1,74	1,76	1,77	1,79
500	514	1,68	1,70	1,71	1,73	1,74	1,76	1,77
600	610	1,66	1,68	1,69	1,71	1,72	1,74	1,75
700	698	1,65	1,66	1,68	1,69	1,70	1,72	1,73
800	796	1,63	1,65	1,66	1,67	1,69	1,70	1,72
900	894	1,62	1,63	1,65	1,66	1,68	1,69	1,70
1000	992	1,61	1,62	1,64	1,65	1,66	1,68	1,69
1200	1196	1,59	1,61	1,62	1,63	1,64	1,66	1,67
1400	1392	1,58	1,59	1,60	1,62	1,63	1,64	1,65

Продолжение табл. 4.14

Условный диаметр трубыпровода, мм	Внутренний диаметр трубыпровода, мм	Эквивалентная шероховатость, мм						
		4,0	4,6	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
25	27	2,71	2,92	3,13	3,33	3,54	3,75	3,97
32	32	2,60	2,79	2,98	3,17	3,36	3,54	3,73
40	39	2,49	2,67	2,84	3,00	3,17	3,34	3,50
50	50	2,38	2,53	2,68	2,83	2,97	3,12	3,26
70	69	2,25	2,38	2,51	2,64	2,76	2,88	3,00
80	81	2,19	2,32	2,44	2,56	2,67	2,78	2,90
100	100	2,13	2,24	2,35	2,46	2,57	2,67	2,77
125	125	2,07	2,17	2,27	2,37	2,47	2,56	2,65
150	150	2,02	2,12	2,22	2,31	2,40	2,48	2,57
175	182	1,97	2,07	2,16	2,25	2,33	2,41	2,49
200	203	1,95	2,04	2,13	2,21	2,29	2,37	2,45
250	255	1,91	1,99	2,07	2,15	2,22	2,29	2,36
300	305	1,87	1,95	2,03	2,10	2,17	2,24	2,31
350	357	1,84	1,92	2,00	2,07	2,13	2,20	2,26
400	408	1,82	1,90	1,97	2,04	2,10	2,16	2,22
450	460	1,80	1,88	1,95	2,01	2,07	2,13	2,19
500	511	1,79	1,86	1,93	1,99	2,05	2,11	2,16
600	610	1,76	1,83	1,89	1,96	2,01	2,07	2,12
700	698	1,75	1,81	1,87	1,93	1,99	2,04	2,09
800	796	1,73	1,79	1,85	1,91	1,96	2,01	2,06
900	894	1,71	1,78	1,83	1,89	1,94	1,99	2,04
1000	992	1,70	1,76	1,82	1,87	1,92	1,97	2,02
1200	1196	1,68	1,74	1,79	1,84	1,89	1,94	1,99
1400	1392	1,66	1,72	1,77	1,82	1,87	1,92	1,96

Условный диаметр трубопровода, мм	Внутренний диаметр трубопровода, мм	Эквивалентная шероховатость, мм						
		7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	15,0
25	27	4,18	4,39	4,61	4,83	5,06	5,29	—
32	32	3,92	4,11	4,30	4,49	4,69	4,88	6,99
40	39	3,67	3,83	4,00	4,16	4,33	4,50	6,25
50	50	3,40	3,54	3,68	3,82	3,96	4,10	5,53
70	69	3,12	3,24	3,36	3,47	3,59	3,70	4,83
80	81	3,00	3,11	3,22	3,33	3,43	3,53	4,55
100	100	2,87	2,97	3,06	3,16	3,25	3,34	4,24
125	125	2,74	2,83	2,92	3,00	3,09	3,17	3,96
150	150	2,65	2,73	2,81	2,89	2,97	3,05	3,77
175	182	2,57	2,64	2,71	2,79	2,86	2,93	3,58
200	203	2,52	2,59	2,66	2,73	2,80	2,87	3,48
250	255	2,43	2,50	2,56	2,63	2,69	2,75	3,31
300	305	2,37	2,43	2,49	2,55	2,61	2,67	3,19
350	357	2,32	2,38	2,44	2,49	2,55	2,60	3,09
400	408	2,28	2,34	2,39	2,45	2,50	2,55	3,02
450	460	2,25	2,30	2,35	2,41	2,46	2,50	2,95
500	511	2,22	2,27	2,32	2,37	2,42	2,47	2,90
600	610	2,17	2,22	2,27	2,32	2,36	2,41	2,82
700	698	2,14	2,19	2,24	2,28	2,33	2,37	2,76
800	796	2,11	2,16	2,20	2,25	2,29	2,33	2,70
900	894	2,09	2,13	2,17	2,22	2,26	2,30	2,66
1000	992	2,06	2,11	2,15	2,19	2,23	2,27	2,62
1200	1196	2,03	2,07	2,11	2,15	2,19	2,22	2,55
1400	1392	2,00	2,04	2,08	2,12	2,15	2,19	2,50

Продолжение табл. 4.14

Условный диаметр трубопровода, мм	Внутренний диаметр трубопровода, мм	Эквивалентная шероховатость, мм						
		20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
25	27	—	—	—	—	—	—	—
32	32	—	—	—	—	—	—	—
40	39	—	—	—	—	—	—	—
50	50	7,05	—	—	—	—	—	—
70	69	5,98	7,19	8,46	—	—	—	—
80	81	5,57	6,62	7,70	8,85	10,06	—	—
100	100	5,12	6,00	6,90	7,83	8,80	9,81	10,86
125	125	4,72	5,47	6,22	6,99	7,77	8,57	9,40
150	150	4,45	5,11	5,77	6,43	7,09	7,77	8,47
175	182	4,19	4,78	5,36	5,93	6,50	7,08	7,66
200	203	4,07	4,62	5,15	5,68	6,21	6,74	7,27
250	255	3,83	4,31	4,78	5,24	5,69	6,13	6,58
300	305	3,66	4,10	4,53	4,94	5,34	5,74	6,13
350	357	3,53	3,94	4,33	4,70	5,07	5,43	5,78
400	408	3,43	3,81	4,18	4,53	4,86	5,20	5,52
450	460	3,35	3,71	4,05	4,38	4,70	5,01	5,31
500	511	3,28	3,62	3,95	4,26	4,56	4,85	5,14
600	610	3,17	3,49	3,79	4,08	4,35	4,61	4,87
700	698	3,09	3,40	3,68	3,95	4,20	4,45	4,69
800	796	3,02	3,31	3,58	3,83	4,07	4,31	4,53
900	894	2,96	3,24	3,50	3,74	3,97	4,19	4,40
1000	992	2,91	3,18	3,43	3,66	3,88	4,09	4,29
1200	1196	2,83	3,08	3,31	3,52	3,73	3,92	4,11
1400	1392	2,77	3,01	3,22	3,42	3,61	3,80	3,97

**Таблица 4.15. КОЭФФИЦИЕНТЫ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ
В ТРУБОПРОВОДАХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ**

Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления	Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления
Задвижка нормальная	0,5	То же, трехшовные под углом 90°	0,5
Вентиль с косым шпинделем	0,5	Отводы глухие гладкие под углом 90°:	
Вентиль с вертикальным шпинделем	6,0	$R = d_{тр}$	1,0
Обратный клапан нормальный	7,0	$R = 3d_{тр}$	0,5
Компенсатор сальниковый	0,3	$R = 4d_{тр}$	0,3
Компенсатор П-образный	2,8	Тройник при слиянии потока:	
Отводы глухие под углом 90° со складками:		проход	1,2
$R = 3d_{тр}$	0,8	ответвление	1,8
$R = 4d_{тр}$	0,5	Тройник при разветвлении потока:	
Отводы сварные одношовные под углом:		проход	1,0
60°	0,7	ответвление	1,5
45°	0,3	Тройник при встречном потоке	3,0
30°	0,2	Внезапное расширение	1,0
Отводы сварные, двухшовные под углом 90°	0,6	Внезапное сужение	0,5
		Грязевик	10,0

**Таблица 4.16. УДЕЛЬНЫЕ ПОТЕРИ НАПОРА В МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЯХ
ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ПРИ $\xi = 1$**

Скорость воды, м/с	Δh , мм	Скорость воды, м/с	Δh , мм	Скорость воды, м/с	Δh , мм	Скорость воды, м/с	Δh , мм
						3,55	642
0,02	0,02	0,35	6,26	0,62	19,6	3,6	663
0,03	0,04	0,36	6,64	0,63	20,2	3,65	680
0,04	0,08	0,37	7	0,64	20,9	3,7	700
0,05	0,13	0,38	7,39	0,65	21,6	3,75	717
0,06	0,19	0,39	7,79	0,66	22,2	3,8	739
0,07	0,25	0,39	7,79	0,67	23	3,85	756
0,08	0,31	0,4	8,18	0,68	23,6	3,9	778
0,09	0,42	0,41	8,6	0,68	23,6	3,9	778
0,1	0,51	0,42	9	0,69	24,4	3,95	795
0,11	0,62	0,43	9,45	0,7	25,1	4	818
0,12	0,74	0,44	9,89	0,71	25,8	4,05	836
0,13	0,87	0,45	10,3	0,72	26,6	4,1	859
0,14	0,99	0,46	10,8	0,73	27,2	4,15	876
0,15	1,15	0,47	11,3	0,74	28	4,2	900
0,16	1,31	0,47	11,3	0,75	28,7	4,25	921
0,17	1,48	0,48	11,8			4,3	945
0,18	1,66	0,49	12,3			4,35	966
0,19	1,85	0,5	12,8			4,4	988
0,2	2,05	0,51	13,3			4,45	1010
0,21	2,26	0,52	13,8			4,5	1031
0,22	2,48	0,53	14,4			4,55	1054
0,23	2,72	0,54	14,9			4,6	1079
0,24	2,94	0,55	15,4			4,65	1100
0,25	3,2	0,56	16			4,7	1120
0,26	3,46	0,57	16,6			4,75	1148
0,27	3,73	0,58	17,2			4,8	1180
0,28	4,01	0,59	17,8			4,85	1197
0,29	4,3	0,6	18,4			4,9	1226
0,3	4,6	0,61	19			4,95	1249
0,31	4,91					5	1276
						5,05	1299

тании, может быть распространена на неиспытанные участки тепловой сети, имеющие аналогичные условия эксплуатации с испытанными участками (срок службы, удаленность от источника теплоты, качество теплоносителя).

Гидравлический расчет трубопроводов выполняется с помощью табл. 4.15 и 4.16 и номограмм (рис. 4.27—4.34). Пример гидравлического расчета приведен в табл. 4.17 и показан на рис. 4.35.

Умножить на 2,81

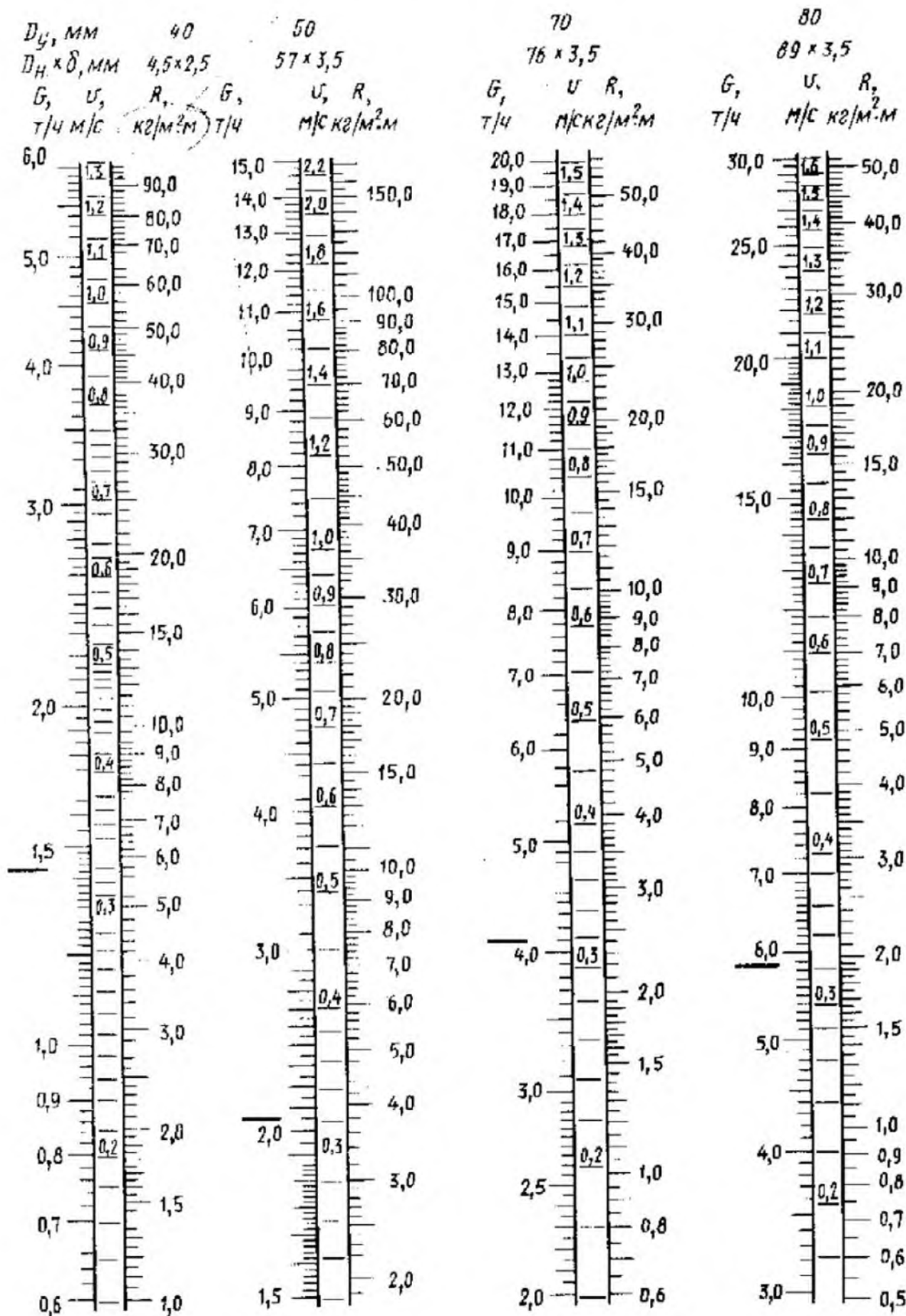


Рис. 4.27. Помограмма для расчета гидравлических потерь в водяных трубопроводах диаметром 40, 50, 70 и 80 мм ($\lambda = 0.5 \text{ мм}$, $\gamma_B = 0.58 \text{ кгс/м}^3$)

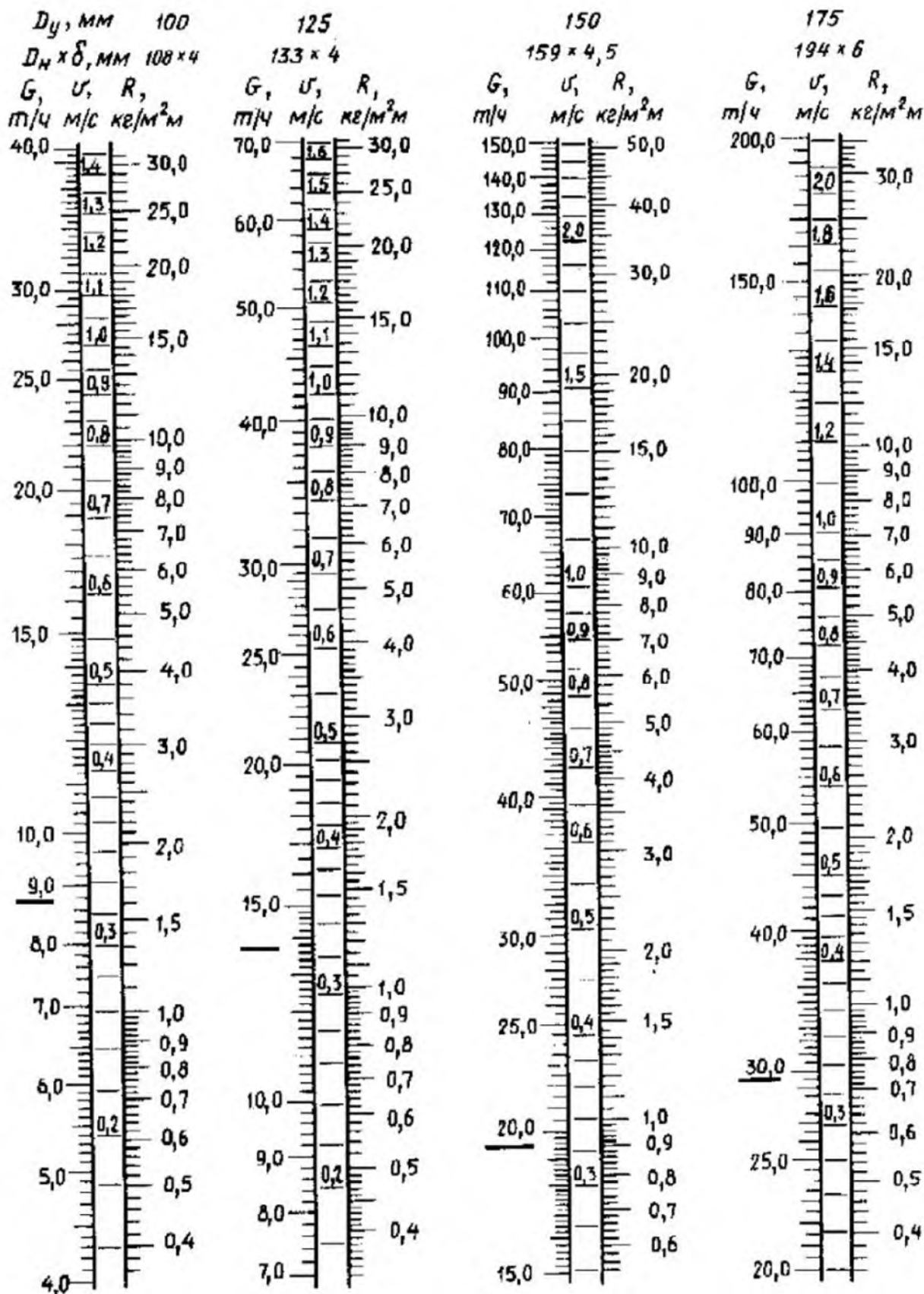


Рис. 4.28. Номограмма для расчета гидравлических потерь в водяных трубопроводах диаметром 100, 125, 150 и 175 мм ($K=0,5$ мм, $\gamma_B=958$ кгс/м³)

$\rightarrow \text{при } \Delta T = 3,81 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{M}$

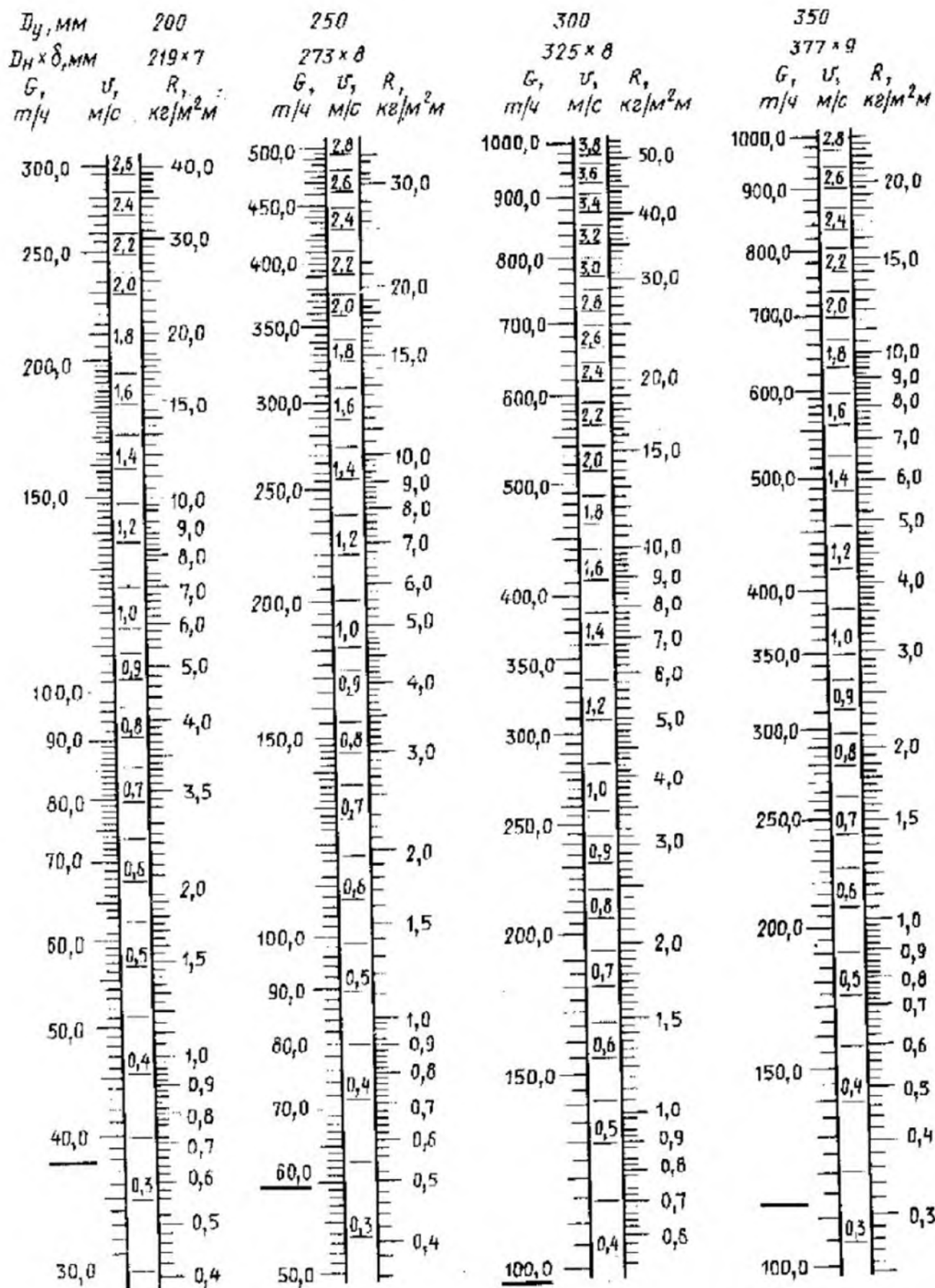


Рис. 4.29 Номограмма для расчета гидравлических потерь в водных трубопроводах диаметром 200, 250, 300 и 350 мм ($K=0,5 \text{ мм}$, $\gamma_B=958 \text{ кгс/м}^3$)

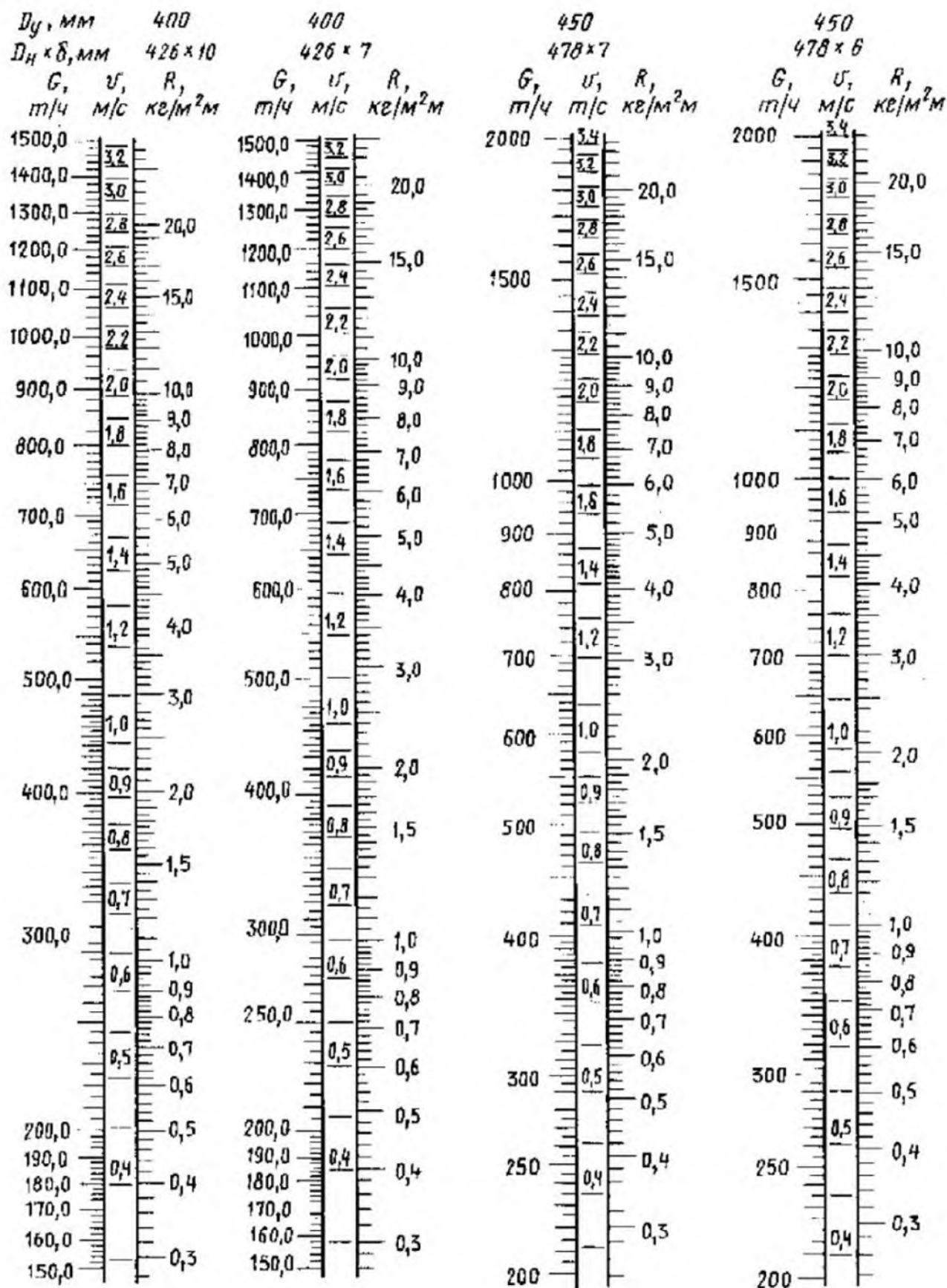


Рис. 4.30. Номограмма для расчета гидравлических потерь в водных трубопроводах диаметром 400 и 450 мм ($K=0.5$ мм, $\gamma_B=958$ кгс/м³)

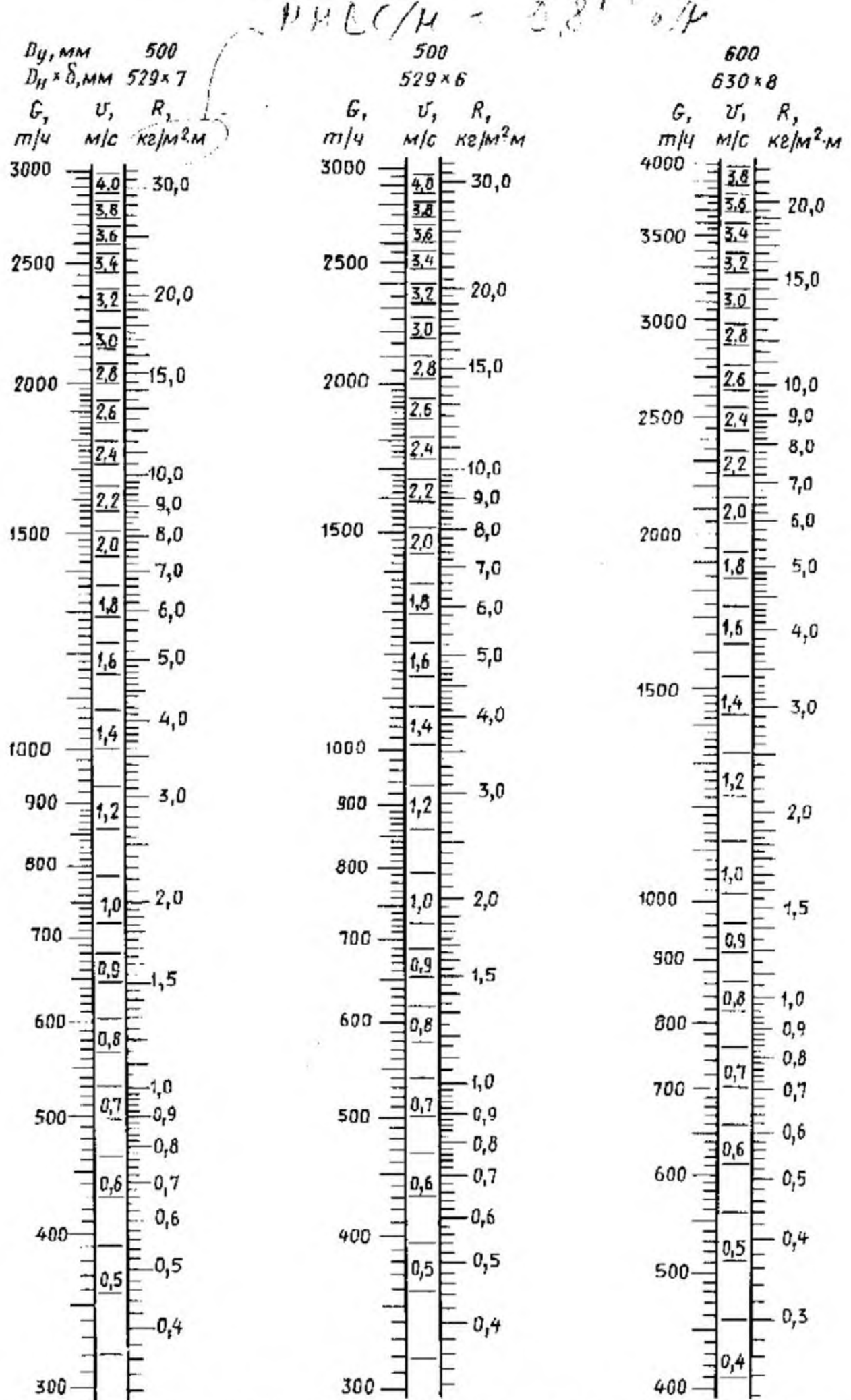


Рис. 4.31. Номограмма для расчета гидравлических потерь в водяных трубопроводах диаметром 500 и 600 мм ($K=0,5$ мм, $\gamma_R=95\text{Н кгс/м}^3$)

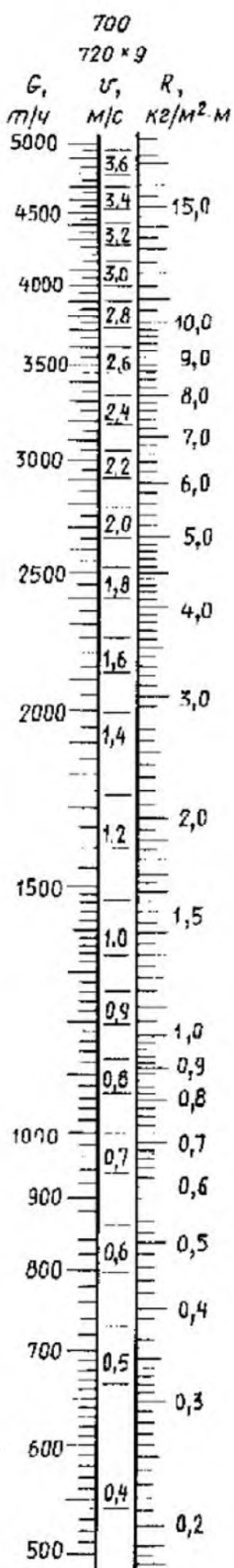
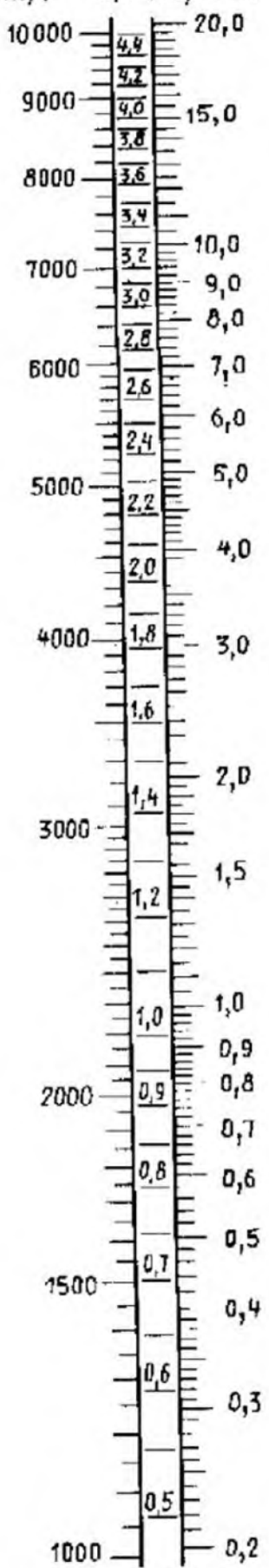


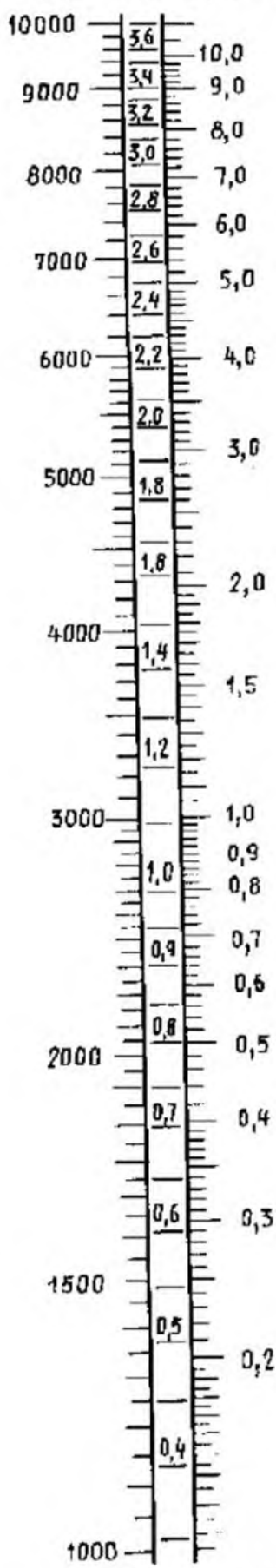
Рис. 4.32. Номограмма для расчета гидравлических потерь в водяных трубопроводах диаметром 600, 700 и 800 мм ($K=0,5 \text{ мм}$, $\gamma_B=958 \text{ кгс/м}^3$)

$$\gamma_{\text{в}} \rho \omega^2 / \mu = 2.8 \cdot 10^{-5}$$

$D_y, \text{мм}$ 900
 $D_H \times \delta, \text{мм}$ 920 x 10
 $G, \nu, R,$
 $\text{т/ч} \quad \text{м/с} \quad \text{кг/м}^2 \cdot \text{м}$



1000
 1020×11
 $G, \nu, R,$
 $\text{т/ч} \quad \text{м/с} \quad \text{кг/м}^2 \cdot \text{м}$



1200
 1220×12
 $G, \nu, R,$
 $\text{т/ч} \quad \text{м/с} \quad \text{кг/м}^2 \cdot \text{м}$

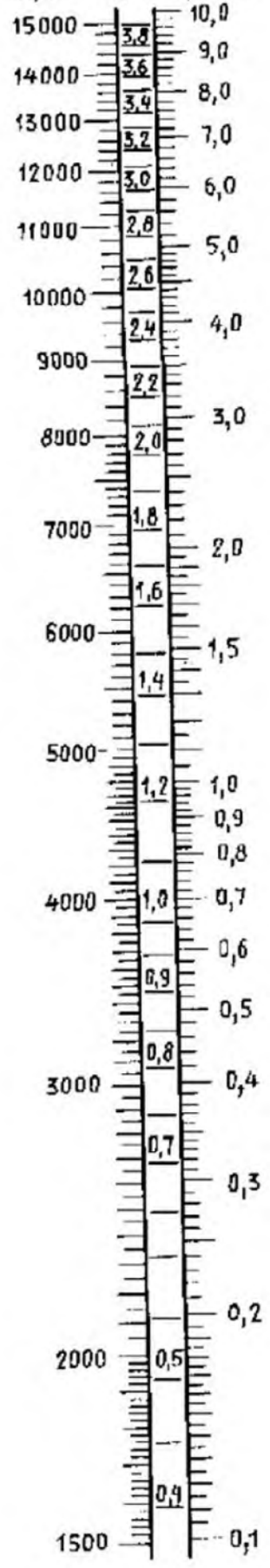


Рис. 4.33. Номограммы для расчета гидравлических потерь в водяных трубопроводах диаметром 900, 1000 и 1200 мм ($K=0.5 \text{ мм}$, $\gamma_{\text{в}}=958 \text{ кгс/м}^3$)

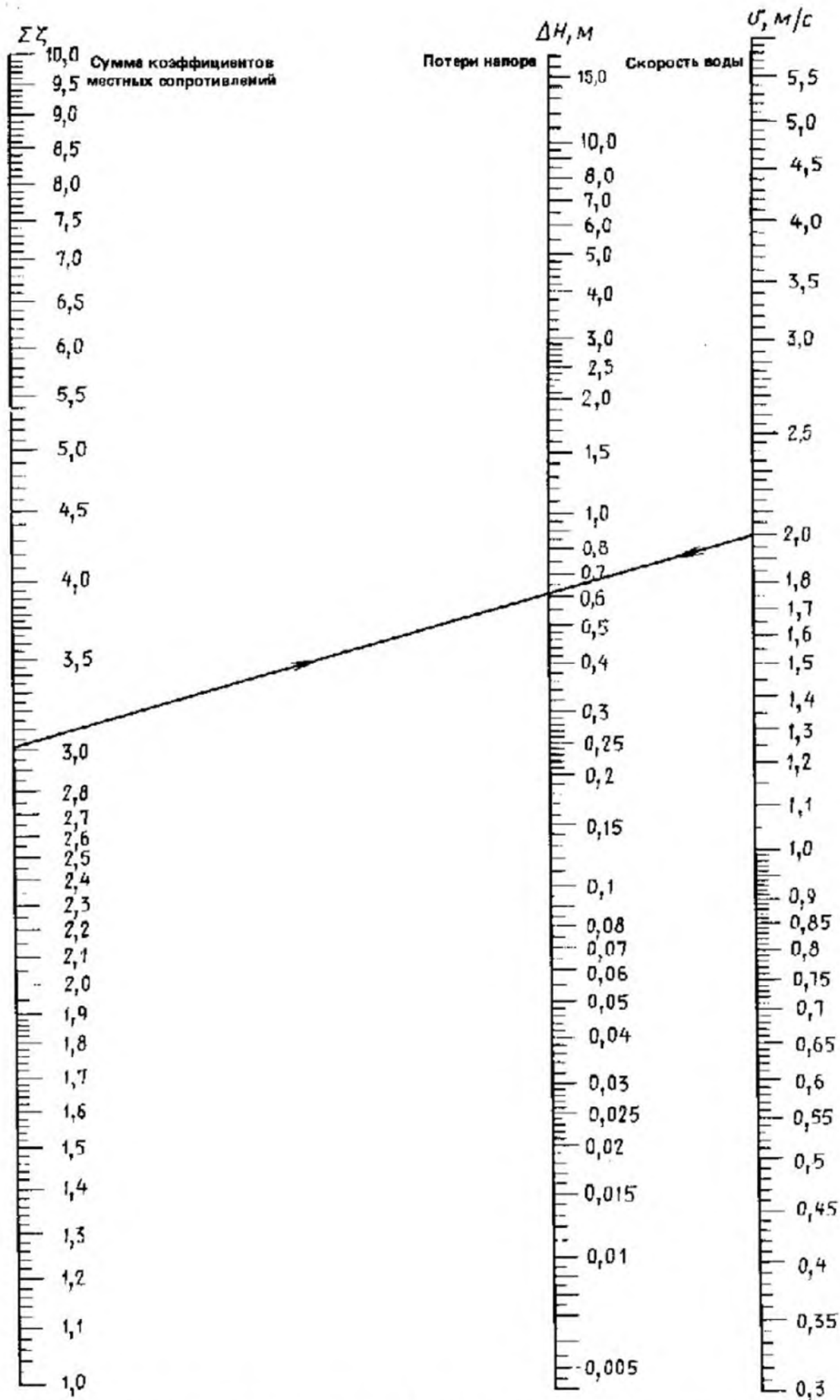


Рис. 4.34. Номограмма для определения потерь напора в местных сопротивлениях

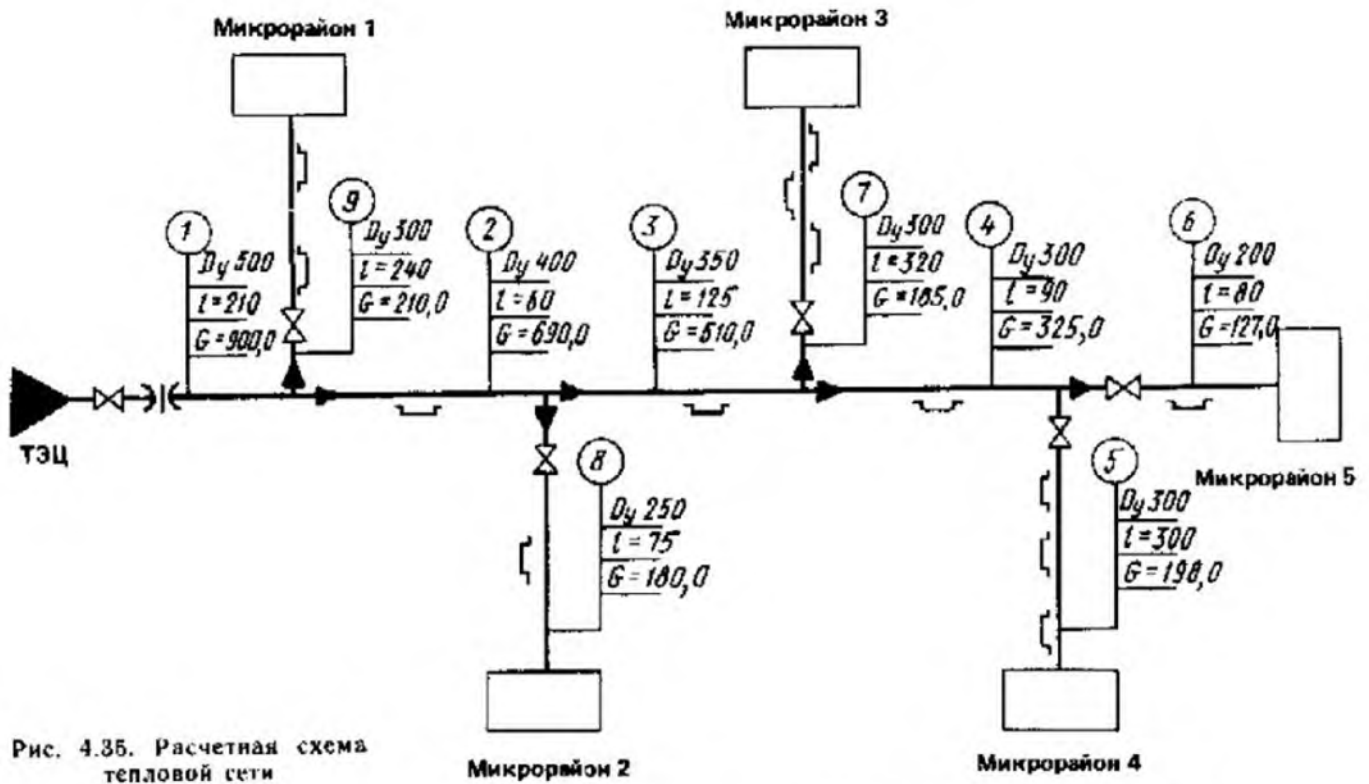


Рис. 4.35. Расчетная схема тепловой сети

Таблица 4.17. ПРИМЕР ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Номер расчетного участка	Номер предыдущего участка	Характеристика участка			Расход сетевой воды G , т/ч	Расчетные данные участка		
		диаметр трубопровода, мм	длина участка L , м	сумма коэффициентов местных сопротивлений, $\sum \xi$		скорость воды W , м/с	удельные потери напора при $K=0,5$ мм мм/м	эквивалентная шероховатость $K_{\text{экв}}$, мм
1	—	500	210	1,1	900,0	1,25	2,90	0,7
2	1	400	60	3,2	690,0	1,10	2,95	0,7
3	2	350	125	5,4	510,0	1,50	6,40	0,7
4	3	300	90	3,2	325,0	1,33	6,00	0,7
5	4	300	300	7,1	198,0	0,80	2,20	0,7
6	4	200	80	3,7	127,0	1,16	7,80	0,7
7	3	300	320	7,6	185,0	0,73	1,90	0,7
8	2	250	75	4,2	180,0	1,03	4,70	0,7
9	1	300	210	5,9	210,0	0,85	2,50	0,7

Продолж. табл. 4.17

Номер расчетного участка	Расчетные данные участка					Потери напора от источника теплоты $\sum \Delta H$, м	Расплаваемый напор в конце участка H_p , м	Примечание	
	поправочный коэффициент к удельным потерям β	расчетное значение удельных потерь, R_p , мм/м	потери напора на участке						всего на двух трубопроводах ΔH_{Σ} , м
			линейные ΔH_l	местные ΔH_m	всего ΔH				
1	1,09	3,16	664	88	752	1,5	38,5	$\Delta H_{\text{н}} = 40$ м	
2	1,09	3,21	193	198	391	0,8	37,7		
3	1,09	6,97	871	623	1494	3,0	34,7		
4	1,10	6,60	594	289	883	1,8	32,9		
5	1,10	2,42	726	232	958	1,9	31,0		
6	1,10	8,58	686	250	936	1,9	31,0		
7	1,10	2,09	669	207	876	1,8	32,9		
8	1,10	5,17	388	227	615	1,2	36,5		
9	1,10	2,75	660	218	878	1,8	36,7		

$L \rightarrow \text{до } r \quad R_p = L + 2 \cdot z \cdot 247$

4.7 РАЗРАБОТКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Гидравлический режим тепловых сетей определяет давление в подающих и обратных трубопроводах, располагаемые напоры на выводах тепловой сети у источника теплоты и на тепловых пунктах потребителей, давление во всасывающих патрубках сетевых и подкачивающих насосов, требуемые напоры насосов источника теплоты и подкачивающих станций. К гидравлическому режиму работы тепловых сетей предъявляют следующие требования:

а) давление воды в обратных трубопроводах не должно превышать допустимого рабочего давления в непосредственно присоединенных системах потребителей теплоты и в то же время должно быть выше на 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) статического давления систем отопления для обеспечения их заполнения;

б) давление воды в обратных трубопроводах тепловой сети во избежание подсоса воздуха должно быть не менее 0,05 МПа (0,5 кгс/см²);

в) давление воды во всасывающих патрубках сетевых, подпиточных, подкачивающих и смешивающих насосов не должно превышать допустимого по условиям прочности конструкции насосов и быть не ниже 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) или величины допустимого кавитационного запаса;

г) давление в подающем трубопроводе при работе сетевых насосов должно быть таким, чтобы не происходило кипения воды при ее максимальной температуре в любой точке подающего трубопровода, в оборудовании источника теплоты и в приборах систем теплопотребителей, непосредственно присоединенных к тепловым сетям; при этом давление в оборудовании источника теплоты и тепловой сети не должно превышать допустимых пределов их прочности;

д) перепад давлений на тепловых пунктах потребителей должен быть не меньше гидравлического сопротивления систем теплопотребления с учетом потерь давления в дроссельных диафрагмах и соплах элеваторов;

е) статическое давление в системе теплоснабжения не должно превышать допустимого давления в оборудовании источника теплоты, в тепловых сетях и системах теплопотребления, непосредственно присоединенных к сетям, и

обеспечивать заполнение их водой; статическое давление должно определяться условно для температуры воды до 100 °С; для случаев аварийной остановки сетевых насосов или отключения отдельных участков тепловой сети при сложных рельефе местности и гидравлическом режиме допускается учитывать повышение статического давления во избежание кипения воды с температурой выше 100 °С.

Для учета взаимного влияния рельефа местности, высоты абонентских систем, потерь давления в тепловых сетях и предъявляемых выше требований в процессе разработки гидравлического режима тепловой сети необходимо строить пьезометрический график. На пьезометрических графиках величины гидравлического потенциала выражены в единицах напора. Напор и давление связаны зависимостью

$$H = p/\gamma.$$

Для практических расчетов принято, что 10 кПа (1000 кгс/м²) соответствует 1 м. Пьезометрический график представляет собой графическое изображение напоров в тепловой сети относительно местности, на которой она проложена. На пьезометрическом графике в определенном масштабе наносят рельеф местности, высоту присоединенных зданий, величины напоров в сети. На горизонтальной оси графика откладывают длину сети, а на вертикальной оси — напоры. Линии напоров в сети наносят как для рабочего, так и для статического режимов. Пьезометрический график строят следующим образом (рис. 4.36):

1) принимая за нуль отметку самой низкой

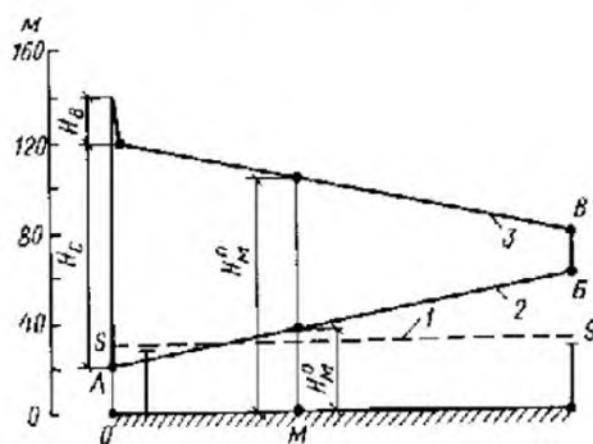


Рис. 4.36. Пьезометрический график тепловой сети
1 — линия статического напора; 2 — линия напора в обратном трубопроводе; 3 — то же, в подающем трубопроводе

точки тепловой сети, наносят профиль местности по трассе основной магистрали и ответвлений, отметки земли которых отличаются от отметок магистрали. На профиле проставляют высоты присоединенных зданий,

2) наносят линию $S-S$, определяющую статический напор в системе (статический режим). Если давление в отдельных точках системы превышает пределы прочности, необходимо предусмотреть подключение отдельных потребителей по независимой схеме или деление тепловых сетей на зоны с выбором для каждой зоны своей линии статического напора. В узлах деления устанавливают автоматические устройства рассечки и подпитки тепловой сети;

3) наносят линию $A-B$ пьезометрического графика напоров обратной магистрали. Уклон линии определяют на основании гидравлического расчета тепловой сети. Высоту расположения линии напоров на графике выбирают с учетом вышеприведенных требований к гидравлическому режиму. При неровном профиле трассы не всегда возможно одновременно выполнять требования заполнения верхних точек систем теплоснабжения, не превысив допустимые давления. В этих случаях выбирают режим, соответствующий прочности нагревательных приборов, а отдельные системы, залив которых не будет обеспечен вследствие низкого расположения пьезометрической линии обратного трубопровода, оборудуют индивидуальными регуляторами

Линия пьезометрического графика обратного трубопровода магистрали в точке пересечения с ординатой, соответствующей началу теплосети, определяет необходимый напор в обратном трубопроводе водонагревательной установки (на входе сетевого насоса, точка A), обеспечиваемый подпиточным насосом;

4) наносят линию $B-G$ пьезометрического графика подающей магистрали. Уклон линии определяют на основании гидравлического расчета тепловой сети. При выборе положения пьезометрического графика учитывают предъявляемые к гидравлическому режиму требования и гидравлические характеристики сетевого насоса. Линия пьезометрического графика подающего трубопровода в точке пересечения с ординатой, соответствующей началу теплосети, определяет требуемый напор на выходе из подогревательной установки (точка G). Напор в любой точке тепловой сети определяется величиной отрезка между данной точкой и линией

пьезометрического графика подающей или обратной магистрали.

В системах теплоснабжения с тепловыми сетями большой протяженности и сложным профилем теплотрассы требования гидравлического режима могут быть обеспечены за счет подкачивающих насосных и дроссельных станций на подающем и обратном трубопроводах (рис. 4.37-4.39).

Для закрытой системы теплоснабжения с установленными регуляторами постоянства расхода сетевой воды на отопление (РР) и температуры воды в системах горячего водоснабжения необходимый напор сетевых и подкачивающих насосов определяют при расчетном расходе теплоносителя по формуле

$$H_n = H_p + H_c + H_m, \quad (4.15)$$

где H_p — расчетные потери напора в водонагревательной установке источника теплоты, м; H_c — суммарные расчетные потери напора в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети до наиболее удаленного потребителя, м; H_m — расчетные потери напора в тепловом пункте и в местной системе потребителя, м.

Подачу сетевых и подкачивающих насосов в этих условиях определяют по расчетному расходу теплоносителя, учитывающему максимальный расход сетевой воды на горячее водоснабжение всех потребителей со смешанной и параллельной схемами включения подогревателей.

При отсутствии регуляторов постоянства расхода сетевой воды на отопление, но при установке регуляторов постоянства температуры воды в системах горячего водоснабжения максимальную (расчетную) подачу сетевых насосов определяют по расходу:

$$G_{\text{под}} = G_{\text{гор}} = (1 - 0,45\alpha_n)G_{\text{от}}^* + G_{\text{в}}^*, \quad (4.16)$$

где $G_{\text{от}}^*$ — расчетный расход сетевой воды по системе теплоснабжения на отопление и вентиляцию, т/ч; $G_{\text{в}}^*$ — максимальный расход сетевой воды по системе теплоснабжения на горячее водоснабжение, т/ч; α_n — отношение максимального расхода сетевой воды на горячее водоснабжение к расчетному расходу теплоносителя на отопление и вентиляцию по системе теплоснабжения в целом

Формула (4.16) может применяться при величине коэффициента часовой неравномерности для системы теплоснабжения 2-2,4.

Необходимый напор сетевых насосов при отсутствии РР у потребителей определяют по формуле (4.15) при расчетном расходе теплоносителя, а напоры подкачивающих насосных станций выявляют при расходе воды по сети, найденном по формуле (4.16), с учетом потерь

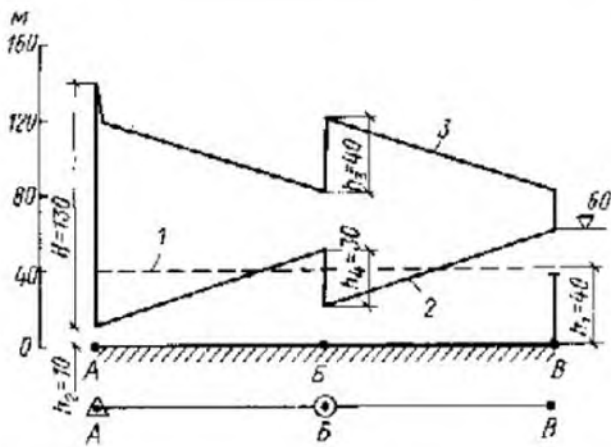


Рис. 4.37. Пьезометрический график тепловой сети большой протяженности

A — источник теплоты; B — место размещения подкачивающих насосов на подающем и обратном трубопроводах; B — конечный потребитель; H — напор сетевого насоса, м; 1 — линия статического напора; 2 — линия напора в обратном трубопроводе; 3 — то же, в подающем трубопроводе; h_1 — напор подпиточного насоса источника теплоты, м; h_2 — напор в обратной линии источника теплоты при циркуляции воды в системе, м; h_3 — напор подкачивающего насоса на подающем трубопроводе, м; h_4 — напор подкачивающего насоса на обратном трубопроводе, м.

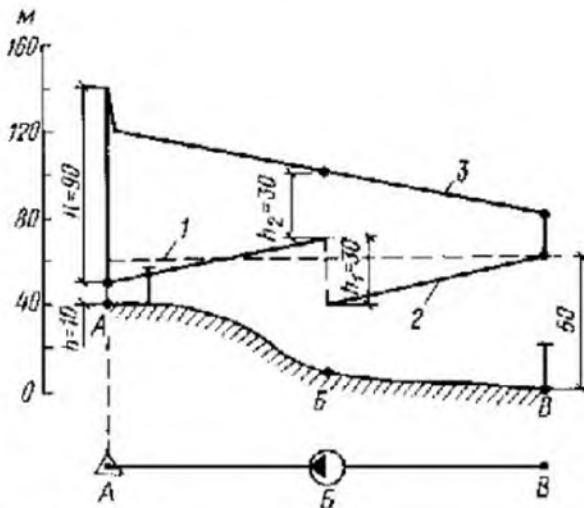


Рис. 4.38. Пьезометрический график тепловой сети при понижающемся от источника теплоты рельефе местности

A — источник теплоты; B — место размещения подстанции подкачки; H — напор сетевого насоса, м; h_1 — напор подпиточного насоса, м; h_2 — располагаемый напор перед подкачивающим насосом, м; 1 — линия статического напора; 2 — линия напора в обратном трубопроводе; 3 — то же, в подающем трубопроводе напора в подогревательной установке источника теплоты. Напоры подкачивающих станций определяют при постоянном напоре сетевых насосов и при условии выдерживания регулируемых давлений на станциях при любых режимах.

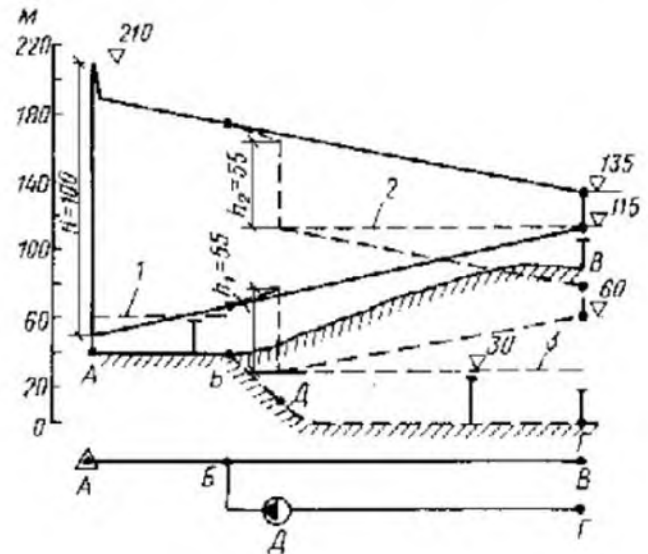


Рис. 4.39. Пьезометрический график тепловой сети при сложном рельефе местности

A — источник теплоты; B — узел ответвления, B и G — конечные потребители; D — место размещения подкачивающего насоса на обратном трубопроводе ответвления; H — напор сетевого насоса, м; h_1 — напор подкачивающего насоса, м; h_2 — величина местного понижения напора в подающем трубопроводе ответвления, м; 1, 2 и 3 — линии статического напора в первой, второй и третьей зонах.

В случае временного отсутствия регуляторов температуры нагреваемой водопроводной воды гидравлический режим в системы теплоснабжения в течение суток и отопительного сезона стабилен. Напор насосов в системе вычисляются по формуле (4.15) при расчетном расходе теплоносителя, который определяет и их подачу. При несоответствии напоров, полученных по формуле (4.15), характеристике установленных насосов уменьшают диаметр рабочих колес насосов, заменяют насосы, сооружают дополнительные подкачивающие насосные станции.

Напор подпиточных насосов в закрытой системе теплоснабжения определяют из условия поддержания в водяных тепловых сетях статического режима. Величина принятого напора проверяется для условий работы сетевых насосов в отопительный и летний периоды года. Подача подпиточных насосов в I ч должна составлять 0,75 % объема воды в трубопроводах тепловой сети и в присоединенных к ним системах отопления и вентиляции зданий, а при наличии транзитных магистралей длиной более 1 км от источника теплоты к указанной величине подачи дополнительно добавляется расход, равный 0,5 % объема воды в транзитных магистралях в 1 ч.

4.8. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОТКРЫТОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Схема индивидуального теплового пункта при непосредственном отборе воды из тепловой сети в систему горячего водоснабжения приведена ранее на рис. 3.7. Особенностью схемы является установка регулятора постоянства температуры воды, поступающей в систему горячего водоснабжения. В диапазоне постоянной температуры воды в подающей линии тепловой сети (в диапазоне срежки температурного графика в теплый период отопительного сезона) водоразбор осуществляется только из подающей линии; в холодный период отопительного сезона, когда температура обратной воды превышает заданную на входе в систему горячего водоснабжения, водоразбор происходит только из обратной линии. В промежуточном диапазоне температур наружного воздуха водоразбор осуществляется из обеих линий тепловой сети путем смешения в регуляторе двух потоков с поддержанием заданной температуры воды, поступающей в систему горячего водоснабжения. Такая схема потребления горячей воды из тепловой сети используется при отсутствии циркуляционной линии в системе горячего водоснабжения.

При наличии циркуляционной линии в системе горячего водоснабжения, обеспечивающей комфортность пользования горячей водой и сокращение непроизводительных сливов остывшей в системе воды, циркуляция воды в ней обеспечивается за счет перепада напоров, создаваемого в устанавливаемой дроссельной диафрагме на обратной линии. Потери напора в этой подпорной диафрагме принимаются равными гидравлическому сопротивлению подающих трубопроводов системы горячего водоснабжения и циркуляционного трубопровода при протекании через них расчетного циркуляционного расхода воды. Диаметр отверстия подпорной циркуляционной диафрагмы определяют по расчетному отопительному расходу теплоносителя. Расчетные потери напора в сопле элеватора должны быть уменьшены на величину гидравлических потерь в подпорной диафрагме.

При летнем режиме циркуляционный расход ограничивается специально устанавливаемой диафрагмой на циркуляционной линии, кото-

рую рассчитывают по величине циркуляционного расхода и располагаемому напору на тепловом пункте в летний период за вычетом гидравлических потерь в циркуляционной линии. При наличии циркуляционных линий у потребителей регуляторы постоянства температуры должны осуществлять подмешивание обратной воды и в диапазоне срежки температурного графика для того, чтобы при всех режимах давления за клапанами регуляторов соответствовало бы давлению в обратной линии тепловых пунктов. При этом исключается возможность работы системы горячего водоснабжения в качестве переключки между подающей и обратной линиями тепловой сети. Для обеспечения постоянного подмешивания обратной воды в регуляторах температуру воды в подающей линии тепловой сети в диапазоне срежки графика необходимо поддерживать на уровне, несколько превышающем настройку регуляторов температуры у потребителей.

При наличии циркуляционных линий в системах горячего водоснабжения необходим дополнительный расход сетевой воды на циркуляцию в системах горячего водоснабжения, величину которого определяют исходя из тепловых потерь в системе и допустимого охлаждения воды в ней. При величине расчетного расхода теплоты на компенсацию тепловых потерь в системе горячего водоснабжения в размере 20 % средней нагрузки горячего водоснабжения и допустимом охлаждении воды в системе на 10 °С расчетный расход сетевой воды на создание циркуляции достигает 1,2 величины среднего водоразбора.

В связи с тем, что при наличии регуляторов постоянства температуры в диапазоне срежки температурного графика часть воды должна отбираться из обратной линии, остающуюся долю расчетного расхода сетевой воды на циркуляцию, нагружающую подающую и обратную линии тепловой сети, можно принимать в размере 80 % полной величины расчетного расхода (при указанных условиях примерно равной среднему расходу воды на горячее водоснабжение).

При временном отсутствии регуляторов постоянства температуры воды в системах горячего водоснабжения водоразбор производится или только из подающей, или только из обратной линии теплового пункта. Переход к водоразбору из обратной линии вы-