

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

КАРШИНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Теплоэнергетика»

Р а с ч е т н о - п о я с н и т е л ь н а я з а п и с к а

к курсовому проекту по дисциплине «Теплофикация и тепловые сети»

на тему : «ТЕПЛОВОЙ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО РАЙОНА г. КОКАНД»

Выполнил: студентка группы «ТЭ - 428» Р.Горяева

Приняла: старший преподаватель кафедры «Теплоэнергетика» Д.Н.Мамедова

Карши 2015 г

I. Задача и объем курсового проекта

Первоочередная задача при проектировании и разработке режима эксплуатации систем централизованного теплоснабжения заключается в определении значения и характера тепловой нагрузки.

При проектировании установок централизованного теплоснабжения отсутствуют данные о расчетных расходах теплоты. В процессе эксплуатации значения расчетных тепловых нагрузок корректируют по действительным расходам. С течением времени это дает возможность установить проверенную тепловую характеристику для каждого потребителя.

В объем курсового проекта входят тепловой и гидравлический расчеты тепловой сети.

Работа выполняется по следующим этапам:

пояснительная записка:

а) определение расчетного расхода тепла ТЭЦ на отопление, вентиляцию и горячего водоснабжения для района города;

б) построение годового графика продолжительности тепловых нагрузок и определение продолжительности работы пиковых подогревателей;

в) определение диаметров труб в двухтрубной отопительной водяной сети и потери напоров на участках, построение пьезометрического графика;

г) определение отпуска тепла одному из абонентов тепловой сети;

д) определение удельных приведенных затрат для транспортировки 1 Гкал тепла.

В графической части курсового проекта выполняется в масштабе график продолжительности тепловых нагрузок и пьезометрический график двухтрубной тепловой сети.

II. Расчетная часть

Расчет ведем по данным варианта №9, город в котором является Коканд. Число жителей города составляет $N= 30000$ человек, норма жилой площади на одного жителя $n=9$ м²/чел., отношение наружного объема жилого здания к жилой площади $\alpha= 6$ м³/м² [α – объемный коэффициент]. Расчетную температуру наружного воздуха для отопления $t'_n = - 23^\circ\text{C}$, расчетную температуру наружного воздуха для вентиляции $t_{nt} = - 11^\circ\text{C}$ и длительности отопительного периода t_n берем из приложений в зависимости от места расположения города.

Температура внутреннего воздуха всех зданий для упрощения расчета считается равной $t_e = 18$ °С. Ежесуточное число часов работы вентиляции с равномерной нагрузкой 12 ч/сутки. Число суток работы горячего водоснабжения в году принимается $Z = 350$ суток, причем ГВС с 0 до 6 часов не работает, с 6 до 18 часов работает со средней нагрузкой Q_z^{cp} , с 18 до 24 часов работает с максимальной нагрузкой с коэффициентом часовой неравномерности равным $x_r = 1,7 \div 2,0$.

Температура холодной воды принимается зимой $t_{x.з} = 5$ °С, а летом $t_{x.л} = 15$ °С.

При расчете тепловые потери в сети принимаются $t'_n = - 23$ °С (при самой низкой температуре) в размере 5%, при $t'_n = - 7$ °С в размере 3,6% и при $t'_n = +10$ °С (в летний период) в размере 2,5% от максимального часового расхода тепла при $t'_n = - 23$ °С.

Данные о продолжительности стояния температур наружного воздуха взять из приложения №3. Расчет наружного объема

общественных зданий и расхода тепла на ГВС следует вести по укрупненным показателям, приведенным в табл. №1.

Наружный объем жилого здания на одного жителя

$$V = n_{ж} \cdot \alpha = 9 \cdot 6 = 54, \text{ м}^3/\text{сек}$$

где: $n_{ж}$ – норма жилой площади на одного жителя [$\text{м}^2/\text{чел.}$], α – объемный коэффициент, т.е. отношение наружного объема жилого здания и жилой площади [$\text{м}^3/\text{м}^2$].

Наружный объем жилых зданий

$$V_{ж} = V \cdot N = 54 \cdot 30000 = 1\,620\,000, \text{ м}^3$$

где, N = количество жителей района.

Средний наружный объем жилых зданий:

$$V_{ср.ж} = \frac{V_{ж}}{n_1} = \frac{1\,620\,000}{100} = 16200, \text{ м}^3$$

где n_1 – количество жилых зданий.

Результаты расчета наружного объема общественных зданий сводим в табл. №1, где одновременно из справочных данных приведены значения вентиляционной характеристики (X_e), объемные показатели, перечень и количество общественных зданий для жилого района.

Средний наружный объем общественных зданий определяется по следующей формуле:

$$V_{об} = \frac{\sum V_{об}}{n_2} = \frac{320250}{24} = 13344, \text{ м}^3$$

где n_2 – количество общественных зданий.

Для определения отопительной характеристики жилых и общественных зданий принята следующая формула:

$$X_o = \frac{2}{\sqrt[6]{V_{ср.зд}}}, \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{час} \cdot \text{град.}^{\circ}$$

тогда

$$X_{o.ж} = \frac{2}{\sqrt[6]{V_{ср.ж}}} = \frac{2}{\sqrt[6]{16200}} = \frac{2}{5,03} = 0,4;$$

(или $1,68 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{час} \cdot \text{град.}^{\circ}$)

$$X_{o.об} = \frac{2}{\sqrt[6]{V_{ср.об}}} = \frac{2}{\sqrt[6]{13344}} = \frac{2}{4,8} = 0,42;$$

(или $1,76 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{час} \cdot \text{град.}^{\circ}$)

Средняя вентиляционная характеристика общественных зданий:

$$X_v^{ср} = \frac{\sum X_v V_{об}}{\sum V_{об}} = \frac{75488}{320250} = 0,24, \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{час} \cdot \text{град.}$$

(или $1,0 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{час} \cdot \text{град.}^{\circ}$)

Расчетный расход тепла на отопление жилых и общественных зданий определяется следующим образом:

Таблица №1

Наименование зданий	Объемные показатели, α , м ³ /1000 чел.	Наружный объем, $V_{об}$, м ³	Число зданий	Вентиляционная характеристика, X_v , ккал/м ³ ·час·град	Величина $X_v \cdot V_{об}$
Административные здания	1000	30000	2	0,18	5400
Гостиницы	500	15000	1	-	-
Клубы и кинотеатры	1000	30000	3	0,31	9300
Столовые и кафе	1000	30000	4	0,70	21000
Детские ясли и сады	2000	60000	7	0,11	6600
Школы	3400	102000	4	0,07	7140
Амбулатории	350	10500	1	0,25	2625
Больницы	600	18000	1	0,27	4850
Прачечные	825	24750	1	0,75	18563
Итого	10675	320250	24	-	75488

$$\begin{aligned}
Q'_0 &= X_{o.ж} \cdot V_{ж} (t_{в} - t'_{н}) + X_{o.об} \cdot \sum V_{об} (t_{в} - t'_{н}) = \\
&= 0,4 \cdot 1620000(18 + 23) + 0,42 \cdot 320250(18 + 23) = \\
&= 26568000 + 5514705 = 32 \cdot 10^6, \frac{\text{ккал}}{\text{час}} \text{ (или } 134 \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{час}})
\end{aligned}$$

Расчетный расход тепла на вентиляцию общественных зданий:

$$\begin{aligned}
Q''_в &= X_{в}^{cp} \cdot \sum V_{об} (t_{в} - t_{н.в.}) = 0,24 \cdot 320250(18 + 15) = \\
&= 2,54 \cdot 10^6, \frac{\text{ккал}}{\text{час}} \text{ (или } 10,65 \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{час}})
\end{aligned}$$

Определим суточный расход воды с температурой $t_2'' = 65$ °С на ГВС по СН и ПП – 34 – 76 (приложение №4) и результаты расчета приводим в виде таблицы.

Суточный расход тепла на ГВС в зимний период равен:

$$\begin{aligned}
Q_{г.з.}^c &= \sum G_c \cdot (t_2'' - t_{х.з.}) = 3782,1 \cdot 10^3 (65 - 5) = 226,9 \cdot 10^6 \text{ ккал/сутки} \\
&\text{(или } 950,7 \cdot 10^6 \text{ кДж/сутки)}.
\end{aligned}$$

Максимальный часовой расход тепла на ГВС для зимнего периода равен:

$$Q_{г.з.}^{max} = X_{ч} \cdot \frac{Q_{г.з.}^c}{24} = 2 \cdot \frac{226,9 \cdot 10^6}{24} = 18,9 \cdot 10^6 \text{ ккал/час (или } 79,2 \cdot 10^6 \text{ кДж/час)}.$$

Таблица №2

Наименование	Расчетные показатели на 1000 чел.	Количество чел., мест, операций в сутки	Норма расхода горячей воды, кг/сутки	Расход горячей воды, кг/сутки	Примечание
Жилые дома	-	30000	110	$330 \cdot 10^4$	
Административные здания	-	-	-	-	
Гостиницы	5	150	70	10500	
Клубы и кинотеатры	-	2 экрана	2100	$4,2 \cdot 10^3$	
Столовые и кафе	50	1500	12	18000	
Детские ясли и сады	75	2250	30	67500	
Школы	200	6000	8	48000	
Амбулатории	30	900	6	54000	
Больницы	6	180	180	32400	
Прачечные	330 кг/сут.	9900	25	$247,5 \cdot 10^3$	
Итого			$\Sigma G_c =$	$3782,1 \cdot 10^3$	

Суточный и максимальный часовой расходы тепла на ГВС в летний период равны:

$$Q_{г.л.}^c = \sum G_c \cdot (t_2^H - t_{х.л.}) = 3782,1 \cdot 10^3 (65 - 15) = 189,1 \cdot 10^6 \text{ ккал/сутки}$$

(или $792,3 \cdot 10^6$ кДж/сутки).

$$Q_{г.л.}^{max} = X_{ч} \cdot \frac{Q_{г.л.}^c}{24} = 2 \cdot \frac{189,1 \cdot 10^6}{24} = 15,8 \cdot 10^6 \text{ ккал/час (или } 66,2 \cdot 10^6 \text{ кДж/час)}.$$

По нижеприведенным формулам определяем часовые расходы тепла при различных температурах наружного воздуха, и результаты расчета сводим в таблицу №3:

на отопление: $Q_o = Q_o' \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_H'} = 32 \cdot \frac{18-10}{18+23} = 6,2, \frac{\text{Гкал}}{\text{час}}$

$$Q_o = Q_o' \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_H'} = 32 \cdot \frac{18+7}{18+23} = 9,5, \text{ Гкал/час}$$

$$Q_o = Q_o' \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_H'} = 32 \cdot \frac{18+23}{18+23} = 32, \text{ Гкал/час}$$

на вентиляцию: $Q_B = Q_B'' \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H.B}} = 2,54 \cdot \frac{18-10}{18+15} = 0,88, \text{ Гкал/час}$

$$Q_B = Q_B'' \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H.B}} = 2,54 \cdot \frac{18+7}{18+15} = 1,55, \text{ Гкал/час}$$

$$Q_B = Q_B'' \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H.B}} = 2,54 \cdot \frac{18+23}{18+15} = 3,15, \text{ Гкал/час}$$

на ГВС: днем в зимний период рассчитывается по формуле

$$Q_{г.з.}^{cp} = \frac{Q_{г.з.}^{max}}{2} = 9,4 \text{ Гкал/час};$$

днем в летний период рассчитывается по формуле

$$Q_{г.л.}^{cp} = \frac{Q_{г.л.}^{max}}{2} = 7,9 \text{ Гкал/час};$$

вечером в зимний период ставим значение $Q_{г.з.}^{max} = 18,9$ Гкал/час;

вечером в летний период ставим значение $Q_{г.л.}^{max} = 15,8$ Гкал/час.

Таблица №3

Вид нагрузки Гкал/час	Зимний период при $t_n, ^\circ\text{C}$									Летний период	
	+10	Ночь		+10	День		+10	Вечер		День	Вечер
Отопление											
$Q_0 = Q'_0 \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t'_H}$	6,2	19,5	32	6,2	19,5	32	6,2	19,5	32	-	-
Вентиляция											
$Q_B = Q_B'' \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H.B}}$	-	-	-	0,88	1,55	3,15	-	-	-	-	-
Г.В.С.				9,4	9,4	9,4	18,9	18,9	18,9	7,9	15,8
Всего	6,2	19,5	32	16,48	30,45	44,55	25,1	38,4	50,9	7,9	15,8
Тепловые потери	0,8	1,1	1,6	1,11	1,6	2,23	1,3	1,8	2,5	0,016	0,16
ИТОГО	7	20,6	33,6	17,6	32,05	46,78	26,4	40,2	53,4	7,92	16

Для построения графика продолжительности тепловых нагрузок строим график $Q=f(t_n)$ для ночных часов (с 0 до 6), для дневных (с 6 до 18) и для вечерних (с 18 до 24) и в нижнем левом квадрате – график $n=f(t_n)$, где n – число часов отопительного периода, когда температура наружного воздуха была ниже рассматриваемой произвольной величины t_n или равна ей. (рис.1)

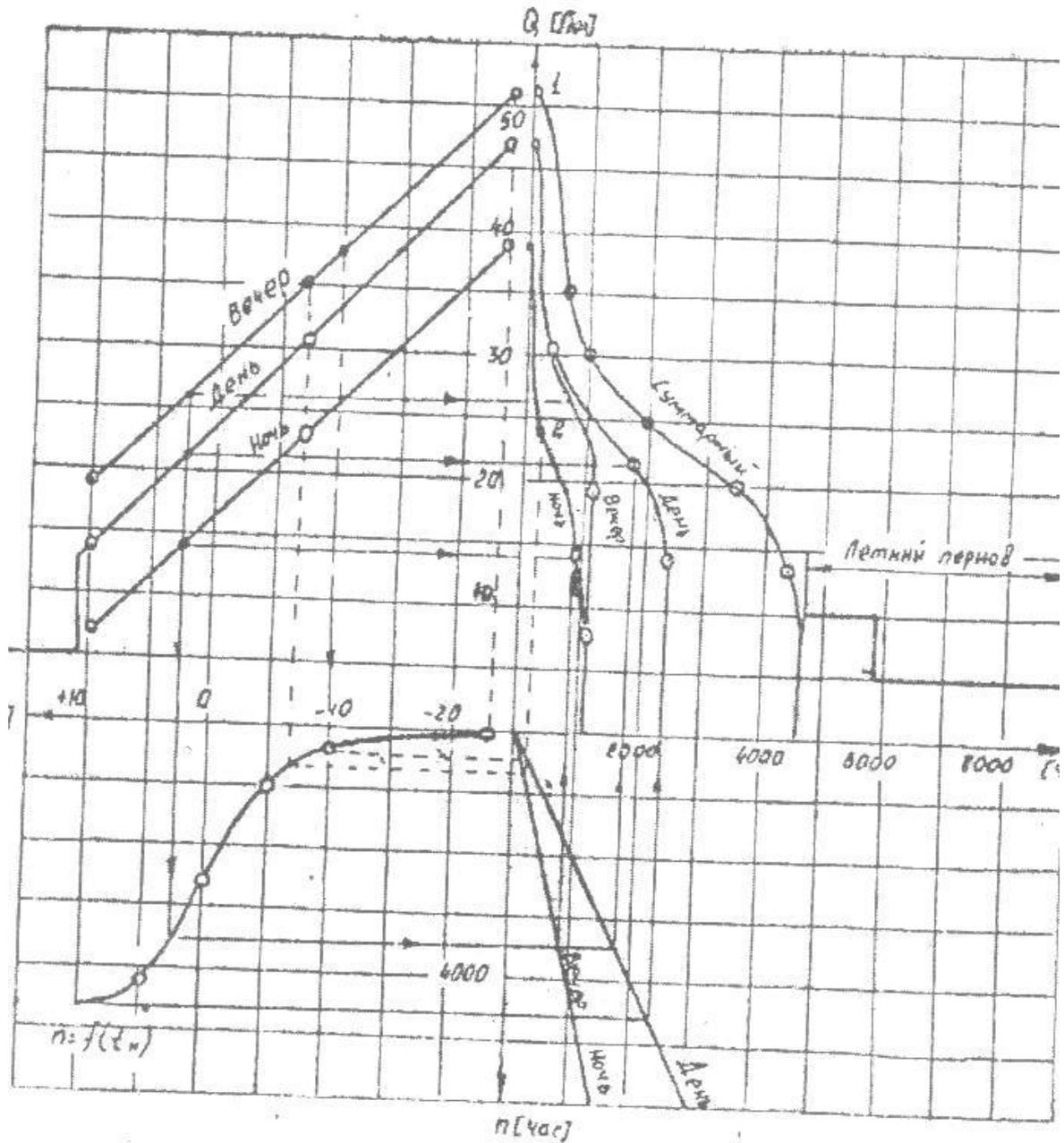


рис.1 График продолжительности тепловых нагрузок.

В нижнем правом квадрате проводим из начало координат две прямые линии, соответствующие произведению продолжительности отопительного сезона на долевые части суток: 6/24 и 12/24 (доли ночных и вечерних часов, а также доли дневных часов работы тепловой сети за сутки). На правом верхнем квадрате построение графика начинаем с переноса на его ось ординат расчетного расхода тепла ($Q=53,4$ Гкал/ч), определяемого из графика $Q=f(t_n)$ при $n=0$. В результате получим точку 1. Далее задаемся температурой наружного воздуха $t_n = -10^\circ\text{C}$ и определяем для нее по графику $Q=f(t_n)$ расход тепла ($Q=$) и по графику $n=f(t_n)$ – продолжительность стояния температур наружного воздуха $t_n = -10^\circ\text{C}$ и ниже ($n=3552$). Переносим найденные величины Q и n на график $Q=f(n)$ (пунктирные линии), получим точку 2. Аналогично находятся и другие точки, но отдельно для ночных, дневных и вечерних часов. Складывая значения времени n для ночных, дневных и вечерних часов при определенной величине тепловой нагрузки, получим кривую суммарного графика продолжительности нагрузок.

Поскольку масштаб оси ординат $1 \text{ мм} = 0,5 \text{ [Гкал/час]}$ и оси абсцисс $1 \text{ мм} = 100 \text{ часов}$, по площади графика определяем годовой расход тепла

$$Q_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{max}}}{X_{\text{ч}}} = \frac{54}{2} = 27 \text{ Гкал/час};$$

$$Q_{\text{ср}} \cdot n_{\text{от}} = 27 \cdot 3552 = 95904 \text{ Гкал/год}$$

$$Q_{\text{х.в.}}^{\text{max}} \cdot m = 18,9 \cdot 2100 = 39690 \text{ Гкал/год}$$

$$Q_{\text{г.в.}}^{\text{min}} \cdot b = 9,4 \cdot 2748 = 25831 \text{ Гкал/год}$$

$$\Sigma Q_{\text{год}} = 97680 + 39690 + 25831 = 163201 \text{ Гкал/год}$$

Переходим к определению диаметров труб для участков двухтрубной отопительной водяной сети, действительные потери напора на участках с целью построения пьезометрического графика. План – схема, длины участков сети и

расходы воды у потребителей приведены на рис.2. Помимо задвижек, указанных на схеме сети, на каждые 100 м трубопроводов сети в среднем установлено по одному сальниковому компенсатору и по сварному трехшовному колену. Потери напора в сетевых водоподогревателях и коммуникациях станции $H_{ст} = 12$ м, а потери напора в элеваторах на абонентских вводах $H_a = 15$ м.

Удельные линейные потери напора по длине главной магистрали (от станции до наиболее удаленного абонента) для предварительного расчета принимаем $R = 8$ [кг/м²·м].

Напор в обратном трубопроводе перед насосами станции $H_o = 20$ м, высота зданий 20 м, удельный вес воды $\gamma = 975$ кг/м³.

А) Расчет главной магистрали.

Наиболее удаленными от станции будет абонент 3, поэтому главной магистралью является линия 0-3, длина которой

$$l_I + l_{II} + l_{III} = 900 + 500 + 600 = 2000 \text{ м}$$

Суммарный расход воды на станции

$$B = B_1 + B_2 + B_3 = 300 + 250 + 200 = 750, \text{ м}^3/\text{час}$$

Средний коэффициент местных потерь напора определяется по следующей формуле:

$$\alpha = 0,01\sqrt{750} = 0,01 \cdot 27,4 = 0,274$$

По значениям $B_1 = B = 750$ м³/час и $R_1 = 8$ кг/м²·м = 80 Па/м определяем по номограмме (приложение №4) диаметр трубы для первого участка. При этом берется близлежащее стандартное значение, после чего можно определить действительное значение R_d .

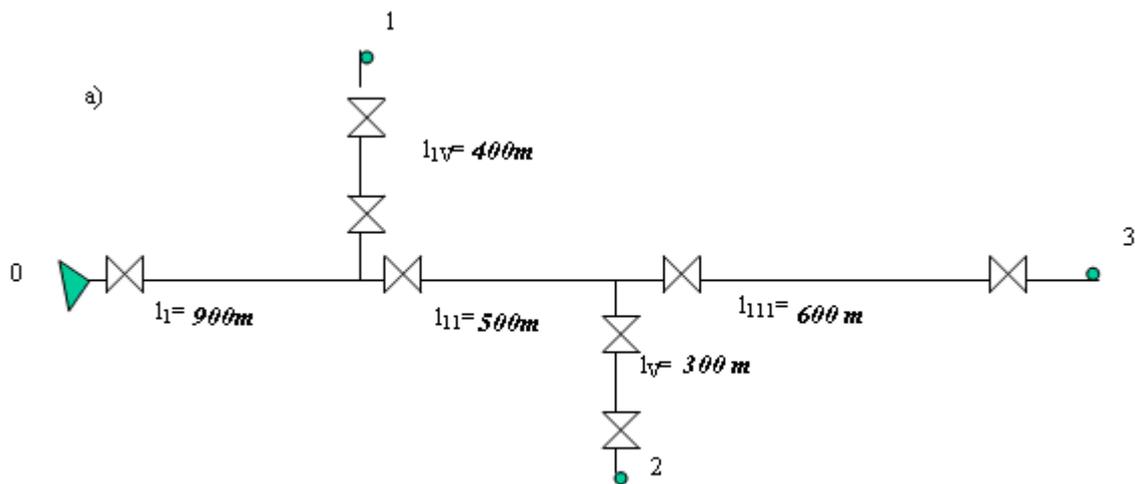


Рис. 2 Схема двух трубной водяной отопительной тепловой сети.

Определяем значения d , R_{01} и $l_{экр}$ для всех участков:

I – участок

$$d_1 = 339 \text{ мм}; R_{01} = 10 \text{ кг/м}^2\text{м} = 100 \text{ Па/м}$$

Задвижка	1 x 4,34 = 4,34 м
Сварные колена (трехшовные)	1 x 8,4 = 8,4 м
Сальниковые компенсаторы	1 x 4,2 = 12,6 м

	$l_{экр} = 25,34 \text{ м}$

Приведенная длина первого участка:

$$L_{пр.1} = l_1 + l_{экр} = 900 + 25,34 = 925,34 \text{ м}$$

Действительное падение давления на 1 – участке(в одном направлении):

$$\Delta P_1 = R_{01} \cdot L_{пр.1} = 10 \cdot 925,34 = 9253,4 \text{ кг/м}^2 = 92534 \text{ Па}$$

или падение напора:

$$\Delta H_1 = \frac{\Delta P_1}{\gamma} = \frac{9253,4}{975} = 9,5 \text{ м}$$

II – участок

$$d_2 = 259 \text{ мм}; R_{\partial 2} = 8 \text{ кг/м}^2\text{м} = 80 \text{ Па/м}$$

Задвижка	1 x 3,6 = 3,6 м
Сварные колена (трехшовные)	1 x 6,73 = 6,73 м
Сальниковые компенсаторы	5 x 3,36 = 16,8 м

	$l_{\text{экв}} = 27,13 \text{ м}$

Приведенная длина второго участка:

$$L_{\text{пр. II}} = l_2 + l_{\text{экв}} = 500 + 27,13 = 527,13 \text{ м}$$

Действительное падение давления на 2 – участке(в одном направлении):

$$\Delta P_2 = R_{\partial 2} \cdot L_{\text{пр. II}} = 8 \cdot 527,13 = 4217 \text{ кг/м}^2 = 42170 \text{ Па}$$

или падение напора:

$$\Delta H_{\text{II}} = \frac{\Delta P_2}{\gamma} = \frac{4217}{975} = 4,3 \text{ м}$$

III – участок

$$d_3 = 207 \text{ мм}; R_{\partial 3} = 15 \text{ кг/м}^2\text{м} = 150 \text{ Па/м}$$

Задвижка	2 x 2,9 = 5,8 м
Сальниковые компенсаторы	6 x 2,55 = 15,3 м

	$l_{\text{экв}} = 21,1 \text{ м}$

Приведенная длина третьего участка:

$$L_{\text{пр. III}} = l_3 + l_{\text{экв}} = 600 + 21,1 = 621,1 \text{ м}$$

Действительное падение давления на 3 – участке(в одном направлении):

$$\Delta P_3 = R_{\partial 3} \cdot L_{\text{пр. III}} = 15 \cdot 621,1 = 9316,5 \text{ кг/м}^2 = 93165 \text{ Па}$$

или падение напора:

$$\Delta H_{III} = \frac{\Delta P_3}{\gamma} = \frac{9316,5}{975} = 9,5 \text{ м}$$

Аналогично рассчитав и получив значения участков главной магистрали и сводим в табл. №4.

Б) Расчет ответвлений.

Потери напора на участке IV (определяем из условия равенства потерь напора от станции до любой конечной точки тепловой сети):

IV – участок

$$\Delta H_{IV} + \Delta H_I = \Sigma \Delta H_{0-3} = \Delta H_I + \Delta H_{II} + \Delta H_{III}$$

$$\Delta H_{IV} = \Sigma \Delta H_{0-3} - \Delta H_I = 23,3 - 9,5 = 13,8 \text{ м}$$

$$R_{IV} = \frac{\Delta H_{IV} \cdot \gamma}{l_{IV} \cdot (1 + \alpha)} = \frac{13,8 \cdot 975}{400 \cdot (1 + 0,14)} = \frac{13455}{456} = 29,5 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{м} = 295 \text{ Па/м}$$

$$\alpha_{IV} = 0,01 \sqrt{B_{IV}} = 0,01 \sqrt{300} = 0,01 \cdot 17,3 = 0,173$$

Действительные значения диаметра трубопровода R_{04} и приведенная длина участка IV:

$$d_4 = 207 \text{ мм}; R_{04} = 29,5 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{м} = 295 \text{ Па/м}$$

Задвижка 2 x 2,9 = 5,8 м

Сальниковые компенсаторы 3 x 2,55 = 7,65 м

 $l_{экр} = 13,45 \text{ м}$

Приведенная длина четвертого участка:

$$L_{пр.IV} = l_4 + l_{экр} = 400 + 13,45 = 413,45 \text{ м}$$

Действительное падение давления на 4 – участке (в одном направлении):

$$\Delta P_4 = R_{\partial 4} \cdot L_{np.IV} = 29,5 \cdot 413,45 = 12197 \text{ кг/м}^2 = 121970 \text{ Па/м}$$

или падение напора:

$$\Delta H_{IV} = \frac{\Delta P_4}{\gamma} = \frac{12197}{975} = 12,5 \text{ м}$$

Суммарная потеря напора от станции до абонента 1:

$$\Sigma \Delta H = \Delta H_I + \Delta H_{IV} = 9,5 + 12,5 = 22 \text{ м}$$

Аналогично рассчитываем участок V:

V – участок

$$\Delta H_V = \Sigma \Delta H_{0-3} - \Delta H_I - \Delta H_{II} = 23,3 - 9,5 - 4,3 = 9,5 \text{ м}$$

$$R_V = \frac{\Delta H_V \cdot \gamma}{l_V \cdot (1 + \alpha)} = \frac{9,5 \cdot 975}{300 \cdot (1 + 0,14)} = \frac{13455}{342} = 27,08 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{м} = 270,8 \text{ Па/м}$$

$$\alpha_V = 0,01 \sqrt{B_V} = 0,01 \sqrt{250} = 0,01 \cdot 15,8 = 0,158$$

Действительные значения диаметра трубопровода $R_{\partial 5}$ и приведенная длина участка V:

$$d_5 = 184 \text{ мм}; R_{\partial 5} = 40 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{м} = 400 \text{ Па/м}$$

Задвижка 2 x 2,9 = 5,8 м

Сальниковые компенсаторы 2 x 2,55 = 5,1 м

$$l_{\text{экв}} = 10,9 \text{ м}$$

Приведенная длина четвертого участка:

$$L_{np.V} = l_5 + l_{\text{экв}} = 300 + 10,9 = 310,9 \text{ м}$$

Действительное падение давления на 5 – участке (в одном направлении):

$$\Delta P_5 = R_{\partial 5} \cdot L_{np.V} = 40 \cdot 310,9 = 12436 \text{ кг/м}^2 = 124360 \text{ Па/м}$$

или падение напора:

$$\Delta H_v = \frac{\Delta P_5}{\gamma} = \frac{12436}{975} = 12,75 \text{ м}$$

Суммарная потеря напора от станции до абонента 1:

$$\Sigma \Delta H = \Delta H_l + \Delta H_v = 9,5 + 12,75 = 22,25 \text{ м}$$

Результаты расчетов сводим в таблицу №4.

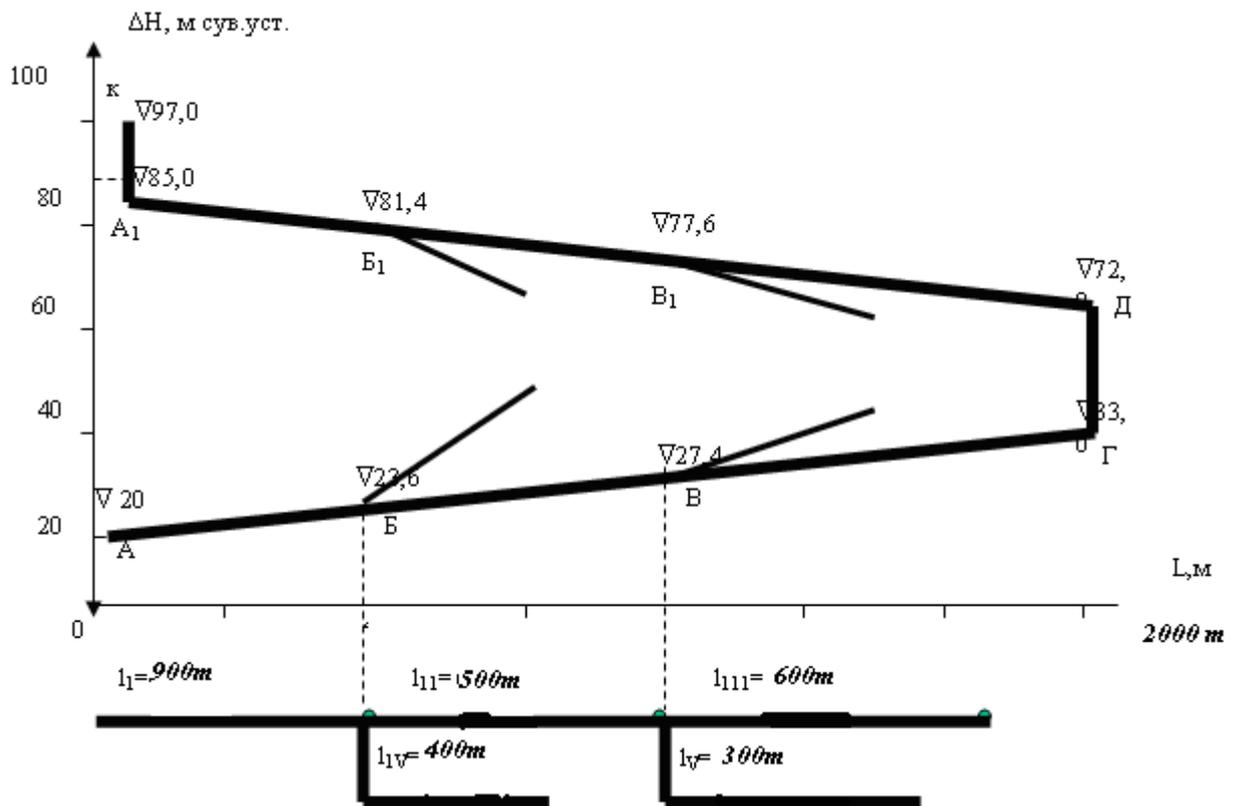


Рис. 3 Пьезометрический график.

Таблица №4

Участок	В, т/час	l, м	$\Delta H,$ М	Предварительный расчет			Окончательный расчет						
				R, кг/м ² м	d, мм	d, мм	R, кг/м ² м	l _э , м	L _{пр} , м	$\Delta P,$ кг/м ²	$\Delta H,$ м	$\Sigma \Delta H,$ м	
Главная магистраль	I	750	900	-	8	439	339	10	25,34	925,34	9253,4	9,5	
	II	250	500	-	8	359	259	8	27,13	527,13	4217	4,3	13,8
	III	200	600	-	8	309	207	15	21,1	621,1	9316,5	9,5	23,3
Ответвления	IV	300	400	-	8	160	207	29,5	13,45	413,45	12197	12,5	22
	V	250	300	-	8	215	207	40	10,9	310,9	12436	12,75	22,25

На основании данных расчета строим график напора (пьезометрический график) рис. 3, где по оси ординат отложен напор в (мм. Вод. Ст.) теплоносителя при $\gamma = 975 \text{ кг/м}^3$.

Теперь определим отпуск тепла из абонентов двухтрубной водяной тепловой сети, у которых расход воды по водомеру за отопительный период 4650 часов оказался равным: $V_a = 4650 \cdot 300 = 1\,395\,000 \text{ м}^3$.

Отпущенное тепло с ТЭЦ за сезон берется из годового графика тепловой нагрузки, которое в нашем случае равно $Q_{\text{год}}^{\text{ТЭЦ}} = 163\,201 \text{ Гкал/час}$.

При расчете температурный перепад у всех потребителей принимается одинаковым, а расход воды постоянным. Тепловые потери за счет теплопередачи на основании испытаний при средней температуре воды $t'_{\text{ср}} = 70^\circ\text{C}$ и средней температуры грунта $t'_{\text{гр.}} = 4^\circ\text{C}$, состояние $Q_{\text{тп}}^{\text{ч}} = 0,8 \text{ Гкал/час}$. Утечка воды из сети за сезон составила $V_{\text{ут.}} = 1500 \text{ м}^3$.

Тепловые потери за счет теплопередачи за отопительный сезон через водяные сети

$$Q_{\text{т.п.}} = Q_{\text{т.п.}}^{\text{ч}} \cdot \frac{\tau_{\text{ср.}} - t_{\text{х.з.}}}{t'_{\text{ср.}} - t'_{\text{гр.}}} = 0,8 \cdot 10^6 \cdot \frac{65 - 5}{70 - 4} = 524 \cdot 10^6 \text{ ккал} = 2195 \cdot 10^6 \text{ кДж}$$

Тепловые потери вследствие утечки:

$$Q_{\text{ут}} = V_{\text{ут.}} \cdot C \cdot (\tau_{\text{ср.}} - t_{\text{х.з.}}) = 1500 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot (65 - 5) = 90 \cdot 10^6 \text{ ккал} = 377,1 \cdot 10^6 \text{ кДж}$$

Полезный отпуск тепла абонентам:

$$Q_{\text{пол}} = Q_{\text{ТЭЦ}} - Q_{\text{т.п.}} - Q_{\text{ут}} = (163201 - 524 - 90) \cdot 10^6 = 162587 \cdot 10^6 \text{ ккал} = 630197 \cdot 10^6 \text{ кДж}$$

Средний температурный перепад у абонентов:

$$\delta\tau = \frac{Q_{\text{пол}}}{(B_I + B_{II} + B_{III}) \cdot n_{\text{от}} \cdot C} = \frac{162587 \cdot 10^6}{750 \cdot 3552 \cdot 1} = \frac{162587 \cdot 10^6}{2664000} = 61^\circ\text{C}$$

где $(B_I + B_{II} + B_{III})$ – общий расход воды за сезон;

C – теплоемкость воды.

Отпуск тепла абоненту:

$$Q_a = B_a \cdot C \cdot \delta\tau = 1395000 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 61 = 85095 \cdot 10^6 \text{ ккал} = 356548 \text{ кДж}$$

По выше найденным значениям определяем удельные приведенные затраты для транспортировки 1 Гкал тепла по двухтрубной водяной тепловой сети, включая сюда величину $P_{н\cdot к}$, отчисления по сети (на амортизацию, текущий ремонт и обслуживание сети и пр.) расходы, связанные с теплотерями и расходы на перекачку воды.

Суммарная длина водяной отопительной сети

$$\Sigma l = l_I + l_{II} + l_{III} + l_{IV} + l_V = 900 + 500 + 600 + 400 + 300 = 2700 \text{ м}$$

Определяем материальные характеристики для каждого участка:

$$\begin{aligned} M_I &= d_I \cdot l_I = 0,339 \cdot 900 = 305,1 \text{ м}^2 \\ M_{II} &= d_{II} \cdot l_{II} = 0,259 \cdot 500 = 129,5 \text{ м}^2 \\ M_{III} &= d_{III} \cdot l_{III} = 0,207 \cdot 600 = 124,2 \text{ м}^2 \\ M_{IV} &= d_{IV} \cdot l_{IV} = 0,207 \cdot 400 = 82,8 \text{ м}^2 \\ M_V &= d_V \cdot l_V = 0,207 \cdot 300 = 62,1 \text{ м}^2 \\ \Sigma M &= 704 \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Капиталовложения и ежегодные приведенные затраты по тепловой сети:

$$K_{\text{т.с.}} = a\Sigma l + b\Sigma M = 5 \cdot 2700 + 160 \cdot 704 = 13500 + 112640 = 126140 \text{ сум}$$

$$K_{\text{т.с.}} = Q^{\text{ОВ+ГВ}} \cdot K_{\text{уд}} = 50,32 \cdot 10^6 \cdot 60 \cdot 10^3 = 50,32 \cdot 70 \cdot 10^3 = 3,522 \cdot 10^6$$

$$Q^{\text{ОВ+ГВ}} = 50,32 \cdot 10^6 \frac{\text{ккал}}{\text{час}} = 50,32 \frac{\text{Гкал}}{\text{час}}$$

$$K_{\text{уд}} = 60 \cdot 10^3 \frac{\text{сум}}{\text{кВт}} = 70 \cdot 10^3 \frac{\text{сум}}{\frac{\text{Гкал}}{\text{час}}}$$

$$P_n \cdot K_{T.C.} \cdot S_{T.C.} = (P_n + f)K_{T.C.} = (0,15 + 0,055) \cdot 126140 = 0,205 \cdot 126140 = 25859 \frac{\text{сум}}{\text{год}}$$

$$P_n \cdot K_{T.C.} \cdot S_{T.C.} = 3,5 \cdot 10^6 \cdot 0,205 = 0,72 \cdot 10^6$$

Материальная характеристика тепловой сети, отнесенная к наружной поверхности тепловой изоляции:

$$M_{\text{усл}} = M + 0,15 \Sigma l = 704 + 0,15 \cdot 2700 = 704 + 405 = 1109 \text{ м}^2$$

Тепловые потери за год и эксплуатационные расходы, связанные с этими потерями:

$$Q_{T.п} = E \cdot M_{\text{усл}} = 1,54 \cdot 1109 = 1708 \text{ Гкал/год} = 7156,52 \text{ ГДж/год}$$

$$S_{T.п} = Z_T \cdot Q_{T.п} = 4,5 \cdot 1708 = 7686 \text{ сум/год}$$

$$Z_T = 8553 \text{ сум/МВт}$$

$$S_{T.п} = 8553 \cdot 1708 = 14,6 \cdot 10^6 \text{ сум/год}$$

Эксплуатационные расходы на перекачку воды:

$$\mathcal{E} = \frac{B \cdot \Sigma \Delta H \cdot n}{367 \cdot \eta_{н.у.}} = \frac{750 \cdot 146,15 \cdot 3552}{367 \cdot 0,65} = \frac{389343600}{238,55} = 1,6 \cdot 10^6 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год}$$

$$Z_3 = 47 \text{ сум}$$

$$S_3 = Z_3 \cdot \mathcal{E} = 47 \cdot 1,6 \cdot 10^6 = 75,2 \cdot 10^6 \text{ сум/год}$$

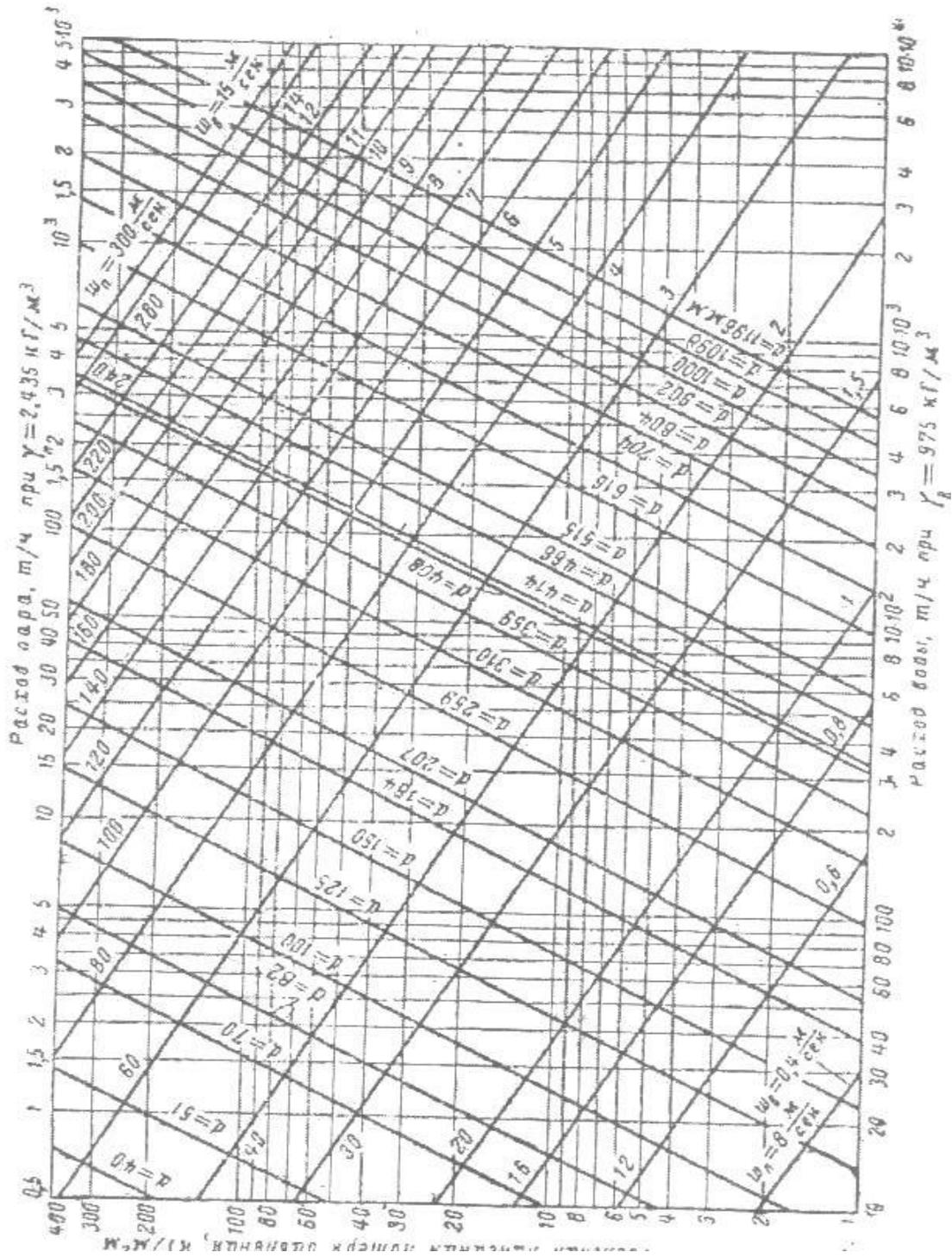
Суммарные приведенные ежегодные расходы:

$$\mathcal{Z} = P_n \cdot K_{T.C.} + S_{T.C.} + S_{T.п} + S_3 = 0,72 \cdot 10^6 + 14,6 \cdot 10^6 + 75,2 \cdot 10^6 = 90,52 \cdot 10^6 \text{ сум/год}$$

Удельные приведенные затраты по транспорту 1 Гкал тепла составляет:

$$\mathcal{Z}_{\text{уд}} = \frac{\mathcal{Z}}{Q_{\text{год}}} = \frac{90,52 \cdot 10^6}{163201} = 555 \text{ сум/год}$$

Приложения:



Номограмма для гидравлического расчета трубопроводов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Число часов за отопительный период со среднесуточной температурой наружного воздуха.

Город	Температура наружного воздуха , °С					
	-30	-25	-15	-5	0	+8
Алма-Ата	32	122	622	1810	2820	4000
Архангельск	48	150	820	2670	4300	6024
Астрахань	3	32	291	1238	2460	4128
Баку	-	-	-	-	-	2660
Брянск	2	17	356	1730	3210	4950
Вильнюс	-	3	130	1040	2930	4650
Воронеж	7	34	470	1850	3380	4780
Ворошиловград	1	8	222	1260	2760	4320
Волгоград	1	13	420	1650	3100	4368
Горький	25	99	685	2320	3820	5230
Златоуст(Челя- бинская обл.)	48	190	1100	3060	4200	5560
Иванов	42	102	635	2070	3800	5210
Казань	20	117	790	2480	3800	5230
Калинин	14	48	516	2020	3620	5250
Киев	1	5	166	1128	2352	4484
Киров	61	173	960	2790	4080	5550
Кишинев	-	-	46	615	2140	3980
Куйбышев	10	114	890	2360	3780	4950
Ленинград	-	21	273	1533	2878	5240
Магнитогорск	65	190	1250	3360	4100	5250
Москва	15	47	418	1734	3033	4910
Мичуринск						
Мурманск	6	38	452	2276	4002	6740
Нижний Тагил (Свердловская обл.)	50	154	1030	3300	4080	5700
Новороссийск	-	-	-	-	-	3220
Одесса	-	-	26	544	1950	3960
Оренбург	35	166	1060	2640	3770	4820
Самарканд	-	-	10	298	744	3170
Ташкент	-	-	54	459	1206	3120

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

Нормы расхода горячей воды (СНиП П-34-76)

Потребитель	Норма расхода горячей воды		
	Средне недель ная, л/сут	В сутки наи- больше водо- потреб ление, л/сут	Мак си- маль ная л/ч
Жилые дома квартирного типа, оборудованные:	85	100	7,9
умывальниками, мойками и душами (один житель)	90	110	9,2
сидячими ваннами и душами, (один житель)	105	120	10,0
аннами длиной от 1500 до 1700мм и душами, (один житель)	115	130	10,9
Жилые дома квартирного типа при высоте зданий более 12 этажей с повышенным благоустройством, (один житель)	80	80	6,5
Общезития с общими душевыми, столовыми и прачечными, один житель	70	70	8,2
Гостиницы, мотели, пансионаты с общими ваннами и душами, (один житель)	100	100	10,4
Гостиницы с ваннами и отдельных номерах: до 25% общего числа номеров, (один житель)	180	180	10,5
Больницы, санатории общего типа (с общими ваннами и душевым), (одна койка)	25	25	25
Прачечные	100	100	7,5
Учебные заведения, школы	35	35	4,5
Детские ясли-сады	6	6	0,8
Поликлиники и амбулатории, (один больной)	70	70	4,7
Парикмахерские			

ЛИТЕРАТУРА:

1. Соколов Е.Я. «Теплофикация и тепловые сети» М.: Госэнергоиздат. 1982 г.
2. Справочник проектировщика проектирования тепловых сетей, М. 1985 г.
3. Сифонов А.П. «Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям», М.: Энергоиздат, 1985 г.
4. Шубин Е.П. «Основные вопросы проектирования систем теплоснабжения городов». М.: Энергия. 1974 г.