

681  
1790

# Электронный архив УГЛТУ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра энергетики

Ю.В. Путилин  
В.М. Куликов

## ТЕПЛОВОЙ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТЫ ДВУХТРУБНОЙ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Методические указания по выполнению  
контрольной работы для студентов  
очной и заочной форм обучения специальности  
270205 - «Автомобильные дороги и аэродромы»  
по дисциплине «Инженерные сети и оборудование»

УГЛТУ  
Абонсмент  
учебно-методической  
литературы

Екатеринбург  
2007

# Электронный архив УГЛТУ

Печатается по рекомендации методической комиссии ЛМФ.  
Протокол № 1 от 2 октября 2006 г.

Методические указания предназначены для студентов очного и заочного факультетов специальности 270205 при выполнении ими контрольной работы по дисциплине «Инженерные сети и оборудование». Работа выполняется в соответствии с рабочей программой по данной дисциплине и имеет целью закрепление прослушанного лекционного курса и получение практических навыков выполнения тепловых и гидравлических расчетов.

В методических указаниях приведены варианты задания на контрольную работу, основные положения и последовательность расчетов двухтрубных радиальных водяных тепловых сетей. Приведены необходимые для расчетов справочные и нормативные материалы.

Редактор Е.Л. Михайлова  
Оператор А.А. Сидорова

Подписано в печать	18.09.07.	Поз. 21
Плоская печать	Формат 60x84 1/16	Тираж 250 экз.
Заказ № <i>344</i>	Печ.л. 1,63	Цена 5 руб. 20 коп.

Редакционно – издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ



# Электронный архив УГЛТУ

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Задание на контрольную работу	4
1.1. Исходные данные	4
1.2. Требования к оформлению работы	6
2. Определение расчетных тепловых нагрузок и построение графиков тепла	6
2.1. Расход тепла на отопление	6
2.2. Расход тепла на вентиляцию	7
2.3. Расход тепла на горячее водоснабжение	8
2.4. Графики тепловых нагрузок	9
3. Определение расчетных расходов теплоносителя и построение графиков расхода сетевой воды	12
4. Гидравлический расчет тепловой сети	15
Библиографический список	21
Приложения	22

# Электронный архив УГЛТУ

## 1. ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

В объем контрольной работы входят следующие разделы:

- 1) определение расчетных тепловых нагрузок потребителей и подготовка данных для построения графиков расхода тепла;
- 2) определение расчетных расходов теплоносителя и подготовка данных для построения графиков расхода сетевой воды во всем диапазоне изменения температур наружного воздуха;
- 3) гидравлический расчет трубопроводов тепловой сети.  
Расчеты должны иллюстрироваться следующими графиками:
  - 1) графики расходов тепла: почасовой и годовой по продолжительности;
  - 2) графики расходов теплоносителя у потребителей тепла;
  - 3) расчетная схема тепловой сети с нанесением для каждого участка его длины, диаметра, расчетного расхода теплоносителя, скорости движения воды, гидравлического сопротивления, а также запорно-регулирующей арматуры.

### 1.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Тепловая сеть - радиальная, разветвленная, двухтрубная, закрытая.

Источник теплоснабжения - теплоэлектроцентраль (ТЭЦ).

Теплоноситель - вода сетевая, температурный график в подающей и обратной магистралях -  $150 - 170^{\circ}\text{C}$ .

Тип прокладки трубопроводов сети - подземная в непроходных каналах.

Расстояние между компенсаторами - 100 м.

Потери давления в узлах ввода зданий - 15 мм вод. ст.

Принципиальная схема тепловой сети приведена на рис. 1.

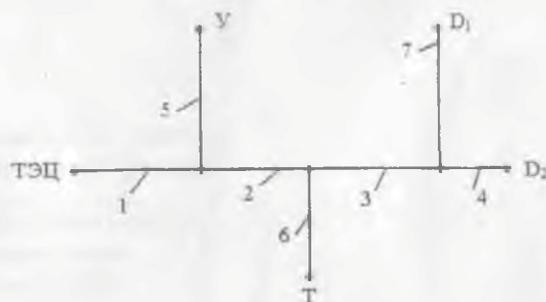


Рис.1. Схема системы теплоснабжения:

1 - 7 - номера участков тепловой сети; объекты теплоснабжения:  
Y - учебное заведение, T - театр, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> - жилые дома

## Электронный архив УГЛТУ

Исходные данные по вариантам принимаются из табл. 1 по двум последним цифрам шифра студента.

Таблица 1  
Исходные данные для выполнения расчетов

Последняя цифра шифра	Объем здания, тыс.м <sup>3</sup>				Число жителей (учащихся, посетителей), чел.				Место строительства
	У	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	T	У	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	T	
0	60	75	120	110	1500	700	450	Зрители-1000 Артисты-40	Екатеринбург
1	60	75	105	100					Тюмень
2	70	65	80	100					Томск
3	80	80	95	95					И. Гагил
4	90	85	80	90					Самара
5	90	70	85	65	2000	600	750	Зрители-700 Артисты-30	Златоуст
6	110	55	80	60					Казань
7	120	80	75	75					Челябинск
8	120	65	60	70					Пермь
9	110	90	80	65					Уфа

Продолжение табл. 1

Предпоследняя цифра шифра	Длина участка сети, м						
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>
0	380	400	340	190	190	110	160
1	370	410	340	200	180	120	150
2	360	420	330	210	170	110	160
3	350	430	330	210	180	120	150
4	340	440	310	230	190	130	140
5	330	450	310	230	200	140	130
6	320	460	300	240	200	130	140
7	310	470	300	240	190	140	130
8	300	480	320	220	180	150	120
9	290	490	320	220	170	150	120

# Электронный архив УГЛТУ

## 1.2. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ

Контрольная работа включает в себя расчетно-пояснительную записку и графическую часть, состоящую из трех листов формата А 4, на которых размещаются расчетная схема тепловой сети и графики, указанные выше. Листы подшиваются в пояснительную записку по ходу расчета. *Для студентов заочной формы обучения графическая часть состоит только из одного листа с расчетной схемой сети.*

Все расчеты в записке должны сопровождаться соответствующими пояснениями, ссылками на приложения и источники. При оформлении чертежей и схем, а также при написании пояснительной записки студенты должны руководствоваться требованиями ГОСТ и ЕСКД.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ РАСХОДА ТЕПЛА

Для выполнения расчетов, указанных в задании, необходимо из СНиП [1,2] или прил. 1, 2 выписать следующие климатологические данные для района строительства тепловой сети:

- расчетная температура наружного воздуха (средняя температура наиболее холодной пятидневки)  $t_{pн}$ , °С;
- продолжительность отопительного периода  $n$ , сут;
- продолжительность стояния температур наружного воздуха с интервалом 5 °С в течение отопительного периода, ч;
- удельные отопительная и вентиляционная характеристики зданий,  $q_0$  и  $q_v$ , Вт/(м<sup>3</sup> · К);

Расчетные расходы тепла находятся отдельно для каждого потребителя: систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, имеющих на соответствующих объектах.

### 2.1. РАСХОД ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ

Расчетная нагрузка отопления, кВт, определяется по формуле

$$Q_{o.p} = q_0 \eta V_n (t_{вн} - t_{pн}) 10^{-3}, \quad (1)$$

где  $q_0$  – удельная отопительная характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup> · К), принимается по прил. 2;

$t_{вн}$  – расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимается по табл. 2;

$t_{pн}$  – расчетная температура наружного воздуха (прил. 1), °С;

$V_n$  – объем здания по наружному обмеру, м<sup>3</sup>;

$\eta$  – поправочный коэффициент, учитывающий климатические условия района.

## Электронный архив УГЛТУ

Введение коэффициента  $\eta$  в формулу (1) обусловлено тем, что табличные значения отопительной характеристики  $q_0$  приводятся для расчетной температуры наружного воздуха  $t_{pн} = -30^{\circ}\text{C}$ . При других значениях  $t_{pн}$  величину коэффициента  $\eta$  ориентировочно можно определить по графику, представленному на рис.2.

Таблица 2

Температура воздуха внутри зданий

ЗДАНИЯ	$t_{вн}, ^{\circ}\text{C}$
1 Жилые и административные здания, гостиницы, общежития	18
2 Детские учреждения, поликлиники, больницы	20
3 Вузы, колледжи, школы, театры, клубы	16

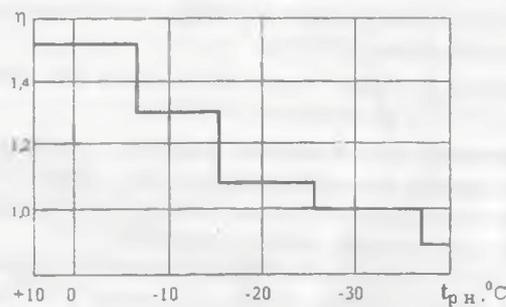


Рис.2. Значения поправочного коэффициента  $\eta$

### 2.2. РАСХОД ТЕПЛА НА ВЕНТИЛЯЦИЮ

Расчетная тепловая нагрузка вентиляции, кВт, определяется по формуле

$$Q_{в.р} = q_v V_n (t_{вн} - t_{pн}) 10^3, \quad (2)$$

где  $q_v$  - удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/( $\text{м}^3 \cdot \text{K}$ ), принимается по прил. 2;

$t_{pн}$  - расчетная температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ , принимается по прил. 1;

$t_{вн}$  - расчетная температура внутреннего воздуха ( см.табл. 2 ),  $^{\circ}\text{C}$ .

При определении расчетного расхода тепла на вентиляцию необходимо учитывать, что для жилых зданий эта нагрузка отсутствует.

## Электронный архив УГЛТУ

### 2.3. РАСХОД ТЕПЛА НА ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Расход тепла на горячее водоснабжение не зависит от температуры наружного воздуха и определяется отдельно для отопительного и летнего периодов года.

Среднечасовой расход воды на горячее водоснабжение, кВт, в соответствии с [2,3] вычисляется по формуле

$$Q_{гвс}^{ср} = \frac{m \cdot a \cdot c_p (t_r - t_x)}{T \cdot 3600} \cdot \varepsilon, \quad (3)$$

где  $m$  - количество потребителей горячей воды (жителей, учащихся и т.п.), чел;

$a$  - среднесуточная норма расхода горячей воды на одного потребителя, л/сут, принимается по табл. 3;

$c_p = 4,19$  кДж/(кг·К) - массовая теплоемкость воды;

$t_r$  - средняя температура горячей воды, по которой устанавливается норма потребления ( $t_r = 55^\circ\text{C}$ );

$t_x$  - температура холодной воды, принимаемая для отопительного периода  $t_x = +5^\circ\text{C}$ , для летнего  $t_x = +15^\circ\text{C}$ ;

$\varepsilon$  - коэффициент, учитывающий снижение среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение в летний период по отношению к отопительному, при отсутствии данных должен приниматься равным 0,8, а для промышленных предприятий - 1;

$T$  - период потребления горячей воды в течении суток, ч.

Для жилых домов, общежитий, детских яслей  $T = 24$  ч. Для прочих общественных зданий  $T$  равен числу часов работы, но не менее 10 ч. Для учебных заведений и театра можно принять  $T = 16$  ч.

Таблица 3

Нормы расхода горячей воды

Потребители	Нормы расхода горячей воды. л/сут
Жилые дома квартирного типа, оборудованные ваннами и душами	120
Учебные заведения	8
Театры	
зрители	5
актеры	25

## Электронный архив УГЛТУ

Для проектирования и эксплуатации системы горячего водоснабжения необходимо знать расчетный расход теплоты за час максимальной нагрузки  $Q_{гвс}^{max}$ , кВт:

$$Q_{гвс}^{max} = \beta Q_{гвс}^{cp}, \quad (4)$$

где  $\beta$  – коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды.

Значения коэффициента  $\beta$  (часовой неравномерности потребления горячей воды) для жилых зданий определяются по табл. 4.

Таблица 4

Значение коэффициента часовой неравномерности потребления горячей воды

Число жителей в здании или группе зданий	50	100	150	200	250	300	500	1000	3000	6000
Коэффициент часовой неравномерности $\beta$	4,5	3,5	3,0	2,9	2,8	2,7	2,5	2,3	2,1	2,0

Максимальный расход тепла на горячее водоснабжение так же, как и среднечасовой, определяется отдельно для отопительного ( $Q_{гвс}^{max(o)}$ ) и летнего ( $Q_{гвс}^{max(l)}$ ) периодов.

Далее определяются суммарные расчетные расходы тепла  $\sum Q_{o.p.}$ ,  $\sum Q_{в.p.}$ ,  $\sum Q_{гвс}^{max(o)}$ ,  $\sum Q_{гвс}^{max(l)}$  путем суммирования соответствующих расходов для каждого объекта теплоснабжения ( $У, Т, Д_1, Д_2$ ) и общий расход тепла всей системы теплоснабжения, кВт, по формуле

$$\sum Q = \sum Q_{o.p.} + \sum Q_{в.p.} + \sum Q_{гвс}^{max(o)} + Q_{пот}, \quad (5)$$

где  $Q_{пот}$  – потери тепла в тепловой сети, кВт (принять их равными 5% от суммарного расхода тепла).

### 2.4. ГРАФИКИ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК

Для построения графиков расходов тепла: максимального часового и годового по продолжительности необходимо определить тепловые нагрузки систем отопления ( $Q_o$ ) и вентиляции ( $Q_v$ ) при любой температуре наружного воздуха  $t_n$ .

Расчет тепловой нагрузки систем отопления при любой температуре наружного воздуха  $t_n$ , кВт, производится по формуле

## Электронный архив УГЛТУ

$$Q_o = Q_{o.p.} \frac{t_{вн} - t_n}{t_{вн} - t_{p.n.}}, \quad (6)$$

где  $t_n$  – температура наружного воздуха, °С, принять в диапазоне от +8°С до  $t_{p.n.}$  с интервалом 5°С;

$t_{вн}$  – температура внутреннего воздуха (см. табл. 2), °С.

Результаты расчетов занести в табл. 5.

Таблица 5

Тепловая нагрузка систем отопления

$t_n, ^\circ\text{C}$	Расход тепла на отопление, $Q_o$ , кВт				
	Жилый дом $D_1$	Жилый дом $D_2$	Учебное заведение $У$	Театр $T$	Суммарный $\Sigma Q_o$
$t_{p.n.}$					
.....					
-5					
0					
+5					
+8					

Расчет тепловой нагрузки систем приточной вентиляции при любой температуре наружного воздуха  $t_n$ , кВт, производится по формуле

$$Q_v = Q_{v.p.} \frac{t_{вн} - t_n}{t_{вн} - t_{p.n.}}, \quad (7)$$

Результаты расчета занести в табл. 6.

Таблица 6

Тепловая нагрузка систем вентиляции

$t_n, ^\circ\text{C}$	Расход тепла на вентиляцию, $Q_v$ , кВт		
	Учебное заведение $У$	Театр $T$	Суммарный $\Sigma Q_v$
$t_{p.v.}$			
.....			
-5			
0			
+5			
+8			

## Электронный архив УГЛТУ

Студенты заочной формы обучения расчеты тепловых нагрузок по формулам (6) и (7) выполняют только для двух крайних значений температуры наружного воздуха  $t_n = +8^\circ\text{C}$ ,  $t_n = t_{p,n}$  и поясняемые ниже графики расходов тепла не строят.

Для построения графиков используют данные по числу часов стояния различных температур для географического пункта, соответствующего расположению зданий, с интервалом температур  $5^\circ\text{C}$ , включая в интервал длительность стояния данной температуры и температуры ниже ее (прил. 1). Далее приступают к построению графиков (рис.3). Проводят ось абсцисс и ось ординат. На оси ординат откладывают часовой расход тепла  $Q$ , кВт (тепловую нагрузку). Слева от оси ординат откладывают наружную температуру  $t_n$  в диапазоне ее изменения от  $+8^\circ\text{C}$  до  $t_{p,n}$  с интервалом  $5^\circ\text{C}$ , а справа – равные отрезки, соответствующие определенному числу часов в году с интервалом 1000 ч (общее годовое расчетное число часов 8760).

В левой части рисунка строят графики зависимости часовых расходов тепла от наружной температуры – раздельно на отопление  $Q_o$ , вентиляцию  $Q_v$ , горячее водоснабжение (в отопительный  $Q_{гвс}^{\text{max}(o)}$ ), а затем график суммарного расхода тепла  $\Sigma Q$  (линия 1 на рис. 3).

Все графики строятся по значениям общей для жилых домов, театра и учебного заведения тепловой нагрузки.

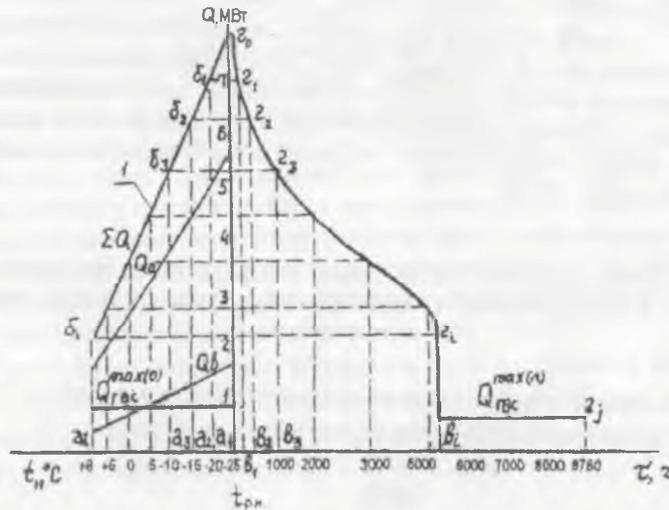


Рис.3. Годовой график продолжительности расходов тепла жилыми и общественными зданиями

## Электронный архив УГЛТУ

В правой части рисунка строят график продолжительности тепловой нагрузки в течение года. На оси абсцисс находят точку  $v_0$ , соответствующую продолжительности стояния наружных температур от  $t_n < t_{p.n}$  до  $t_{p.n}$  и от этой точки проводят ординату до пересечения ее с горизонтальной линией, соответствующей суммарному часовому расходу тепла. Полученную точку пересечения помечают буквой  $g_0$ . Затем на оси абсцисс левой части графика помечают точкой  $a_1$  наружную температуру, превышающую на  $5^\circ\text{C}$  величину расчетной температуры  $t_{p.n}$  (на графике это  $t_n = -20^\circ\text{C}$ ), и от этой точки проводят ординату до пересечения с линией 1. От полученной точки пересечения  $b_1$  проводят в сторону правой половины графика горизонтальную линию равных часовых расходов тепла. Затем на правой части оси абсцисс помечают точкой  $v_1$  длительность стояния наружных температур от их наиболее низких значений до  $t_n = -20^\circ\text{C}$  и от этой точки проводят ординату до пересечения с горизонтальной линией равных часовых расходов. Полученную точку пересечения помечают буквой  $g_1$ .

Далее аналогичным способом с интервалом в  $5^\circ\text{C}$  находят ряд точек, соответствующих более высоким наружным температурам (точки  $a_2, a_3, \dots; b_2, b_3, \dots; v_2, v_3, \dots; g_2, g_3, \dots$ ). Точка  $a_i$  соответствует  $t_{n(\max)} = +8^\circ\text{C}$ , а точка  $v_i$  соответствует полной продолжительности отопительного периода  $n$ . Затем в правой части графика проводят горизонтальную линию, соответствующую летнему максимальному часовому расходу тепла на ГВС -  $Q_{\text{ГВС}}^{\max(л)}$  до пересечения с ординатой, соответствующей общему расчетному числу часов в году  $z_{\text{год}} = 8760$  ч. Точку пересечения помечают буквой  $g_i$ . Соединив кривой точки  $g_i$ , получим график продолжительности расходов тепла. Площадь образовавшейся фигуры, ограниченной осями координат и кривой расходов тепла, выражает в соответствующем масштабе годовой расход тепла.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ РАСХОДА СЕТЕВОЙ ВОДЫ

Расход сетевой воды всеми потребителями при различных температурах наружного воздуха  $t_n$ , т/ч, определяется по формуле

$$G = \frac{3,6 Q}{(t_{c.n} - t_{c.o.}) C_p}, \quad (8)$$

## Электронный архив УГЛТУ

где  $G$  – соответственно расход сетевой воды на отопление ( $G_o$ ), вентиляцию ( $G_v$ ), горячее водоснабжение ( $G_{гвс}$ ) и общий ( $\sum G$ ), т/ч ;

$Q$  – тепловая нагрузка (расход тепла) при данной температуре наружного воздуха  $t_n$ , соответственно на отопление ( $Q_o$ ), вентиляцию ( $Q_v$ ), горячее водоснабжение ( $Q_{гвс}$ ) и общая ( $\sum Q$ ) с учетом потерь тепла в тепловой сети, кВт;

$t_{c.п.}$ ,  $t_{c.o.}$  – температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах при данной температуре наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$c_p$  – массовая теплоемкость воды,  $c_p=4,19$  кДж/(кг · К).

Температура сетевой воды в подающем трубопроводе  $t_{c.п}$  и обратном  $t_{c.o}$  принимается по прил. 3 в зависимости от задаваемых значений  $t_n$ .

Расчетные расходы сетевой воды на отопление ( $G_o$ ), вентиляцию ( $G_v$ ), горячее водоснабжение ( $G_{гвс}$ ) и суммарный ( $\sum G$ ) определяются для учебного заведения и театра. Для жилых зданий рассчитываются расчетные расходы сетевой воды на отопление ( $G_o$ ), горячее водоснабжение ( $G_{гвс}$ ) и суммарный ( $\sum Q$ ).

Результаты расчетов вносятся в табл. 7. Температуру наружного воздуха  $t_n$  следует принимать в диапазоне от  $t_{p.o}$  до  $+ 8^{\circ}\text{C}$  с интервалом в  $10^{\circ}\text{C}$ .

*Студенты заочной формы обучения рассчитывают расход сетевой воды только при двух крайних значениях температуры наружного воздуха  $t_n = + 8^{\circ}\text{C}$ ,  $t_n = t_{p.o}$  и графики расхода (по рис. 4) не строят*

При составлении табл.7 и построении графиков зависимостей расхода сетевой воды от температуры наружного воздуха  $G = f(t_n)$  необходимо учитывать, что к тепловой сети в узлах ввода в здание присоединяются все потребители тепла – системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Поэтому при центральном качественном регулировании тепловой нагрузки понижение температуры сетевой воды с повышением температуры наружного воздуха  $t_n$  может происходить только до величины  $t_{c.п} = 70^{\circ}\text{C}$ , как минимально необходимой для обеспечения нормируемых значений температуры горячей воды в системе ГВС ( $55-60^{\circ}\text{C}$ ).

При дальнейшем повышении  $t_n$  значения  $t_{c.п}$  и  $t_{c.o}$  остаются постоянными, что обуславливает излом зависимостей  $G = f(t_n)$ . Температура наружного воздуха, соответствующая точке излома, обозначается на графике как  $t_{n.и}$  (для расчетных температур  $t_{p.н} \approx 30-35^{\circ}\text{C}$  величина  $t_{n.и} \approx 0^{\circ}\text{C}$ ).

Таблица 7

Расчетные расходы сетевой воды

$t_n, ^\circ\text{C}$	Температура сетевой воды, $^\circ\text{C}$		Расход сетевой воды на отопление, $G_0, \text{т/ч}$						Расход сетевой воды на вентиляцию, $G_{\text{в}}, \text{т/ч}$						Расход сетевой воды на ГВС, $G_{\text{ГВС}}, \text{т/ч}$						$\Sigma G_{\text{ГВС}}$
	$t_{\text{с.п}}$	$t_{\text{с.о}}$	$G_0^y$	$G_0^{n1}$	$G_0^{n2}$	$G_0^T$	$\Sigma G_0$	$G_{\text{в}}^y$	$G_{\text{в}}^T$	$\Sigma G_{\text{в}}$	$G_{\text{ГВС}}^y$	$G_{\text{ГВС}}^{n1}$	$G_{\text{ГВС}}^{n2}$	$G_{\text{ГВС}}^T$	$\Sigma G_{\text{ГВС}}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
$t_{\text{р.н}}$																					
-30																					
-20																					
-10																					
0																					
8																					

## Электронный архив УГЛТУ

Примерный вид графиков зависимостей  $G = f(t_n)$  представлен на рис.4.

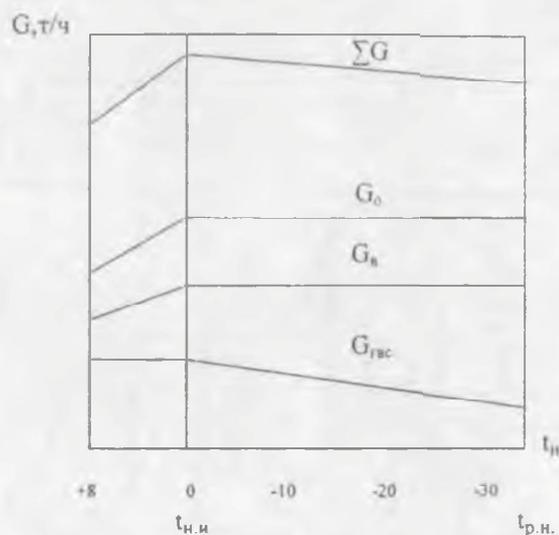


Рис.4. График расходов сетевой воды

### 4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Расчет выполняется по приближенной методике с использованием номограмм для подбора диаметров трубопроводов по удельным потерям давления на трение и справочных таблиц. Исходными данными являются схема тепловой сети (см. рис. 1) и значения суммарных расходов теплоносителя на отопление, вентиляцию и ГВС для всех объектов теплоснабжения – учебного заведения, театра, жилых домов. Расчет ведется по максимальным значениям расхода для каждого объекта (из табл.7) в последовательности, описываемой ниже. Результаты расчета вносятся в табл. 8.

1. Определяют расчетные расходы сетевой воды ( $G_p$ ) для всех (1-7) участков тепловой сети простым суммированием расходов потребителей ( $Y, T, D_1, D_2$ ), двигаясь от абонентов против движения теплоносителя к источнику теплоснабжения. Например, для участков 4,5,6,7 расчетными расходами будут суммарные расходы воды на отопление, вентиляцию и ГВС соответственно для следующих потребителей -  $D_2, Y, T, D_1$ . Для участка 3 -  $G_p = G_{D1} + G_{D2}$ , для участка 2 -  $G_p = G_{D1} + G_{D2} + G_T$  и, наконец, для 1 -  $G_p = G_{D1} + G_{D2} + G_T + G_Y$ .

# Электронный архив УГЛТУ

Таблица 8

Результаты гидравлического расчета тепловой сети

№ участка на рис. 1	Расход воды, G		Размеры труб, мм		Длина участка, м			Скорость движения воды на участке w, м/с	Потери давления		Суммарные потери от источника тепла	
	т/ч	кг/с	Условный проход, d <sub>y</sub>	Наружный диаметр x толщина стенки	по плану, L <sub>1</sub>	эквивалентная местным сопротивлениям, L <sub>2</sub>	приведенная, L <sub>пр</sub> =L <sub>1</sub> +L <sub>2</sub>		удельные на трение, R <sub>тр</sub> , Па/м	на участке, ΔP <sub>уч</sub> , Па	давления, кПа	напора, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Основная магистраль												
1												
2												
3												
4												
Ответвления от магистрали												
5												
6												
7												

2. С помощью номограммы (рис. 5) определяют диаметр труб для каждого участка сети, принимая удельные потери давления на трение R=80 Па/м, что дает решение, близкое к экономически оптимальному. Порядок определения виден из поясняющего рис.6.

# Электронный архив УГЛТУ

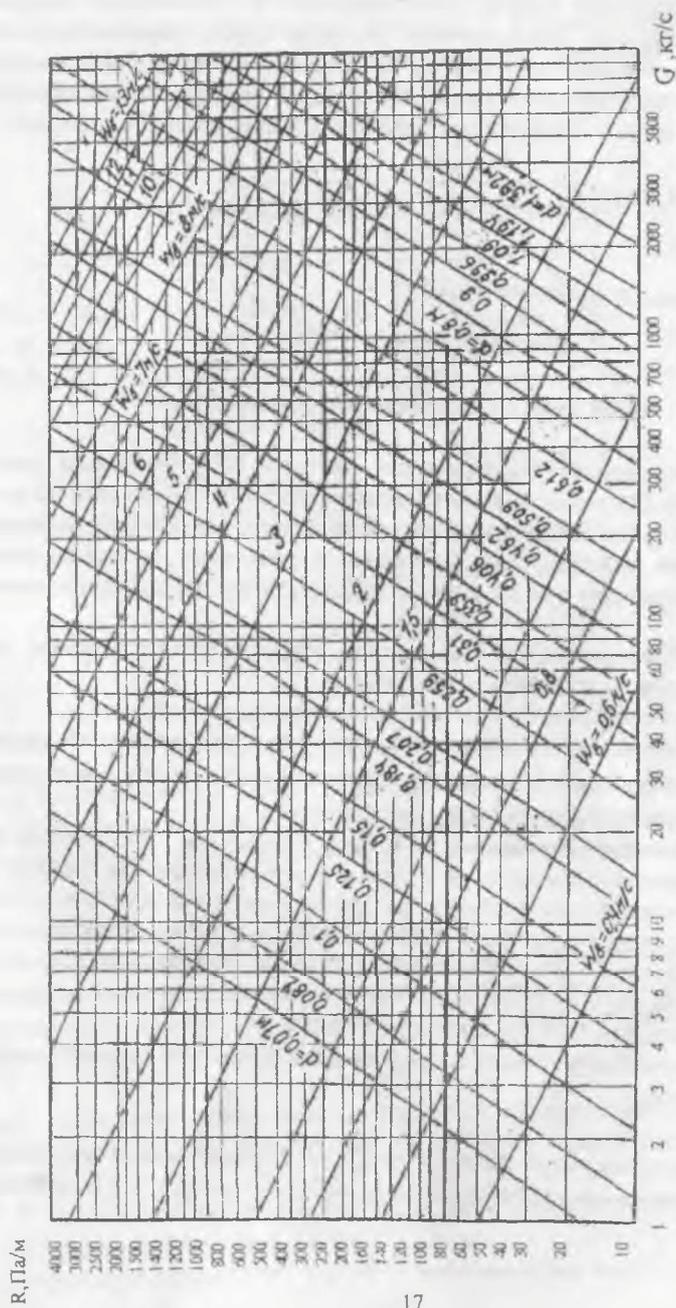


Рис. 5. Номограмма для гидравлического расчета трубопроводов.

## Электронный архив УГЛТУ

Точки пересечения линий, соответствующих  $R=80$  Па/м и  $G = G_p$  для каждого участка сети дают значения диаметра трубы (наклонные линии номограммы), которые округляются до стандартных значений условного диаметра и конкретного типоразмера (наружный диаметр  $\times$  толщина стенки) трубы из прил. 5. Полученные результаты записываются в столбцы 4 и 5 табл.8.

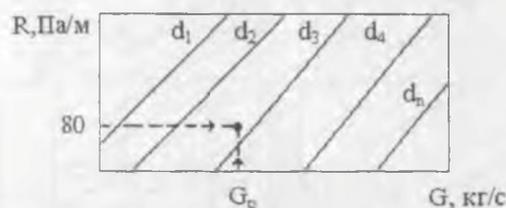


Рис.6.Схема определения диаметра труб

3. Рассчитываются эквивалентные местным сопротивлениям длины участков сети. Для каждого участка в соответствии со схемой сети по рис.1 определяется сумма коэффициентов местных сопротивлений  $\sum \xi$  задвижек, компенсаторов температурных удлинений и тройников. Данные по значениям коэффициентов каждого из местных сопротивлений  $\xi$  приведены в прил. 4.

При определении количества местных сопротивлений на участке сети необходимо руководствоваться следующим:

- в начале каждого участка установлена задвижка (1 шт);
- компенсаторы установлены через 100 м длины участка, причем для труб  $d_y < 200$  мм принимаются П – образные компенсаторы, а для труб  $d_y \geq 200$  мм – сальниковые;
- тройники установлены на каждом участке (по 1 шт), причем значения коэффициентов  $\xi$  для них различаются при работе “на проход” (участки 1-4) и “на ответвление” (участки 5-7).

Если количество местных сопротивлений (например, компенсаторов) на участке больше 1 шт, то значение  $\xi$  из прил. 4 умножаются на число этих сопротивлений  $n$ . Затем определяется сумма всех местных сопротивлений каждого участка  $\sum \xi$  и заносится в табл.9.

Эквивалентная местным сопротивлениям длина участка определяется по выражению

$$L_3 = \sum \xi l_3, \quad (9)$$

где  $l_3$  – эквивалентная длина при  $\sum \xi = 1$ , принимается по прил. 5 при коэффициенте эквивалентной шероховатости трубы  $k_3 = 0,0005$ .

## Электронный архив УГЛТУ

Далее определяется приведенная длина каждого участка  $L_{пр}$  как сумма длины участка по рис.1 (исходные данные) –  $L$  и эквивалентной местным сопротивлением длины  $L_3$ . Результаты расчетов заносятся в табл.9 и столбцы 7,8 табл.8.

Таблица 9

Расчет эквивалентных длин ( $k_3=0,0005$ )

№ участка на рис. 1	$d_y$ , мм	Местные сопротивления	Коэффициент местного сопротивления	Эквивалентная длина $L_3$ , м
1	300	Задвижка Сальниковые компенсаторы (п шт) Тройник при разделении потоков (проход)	0,5  0,3 · n = ____  1 $\Sigma \zeta =$ ____	  $\Sigma \zeta \cdot l_3 =$ ____
2 ..... ..... 7			Значения $\zeta$ принимаются по прил. 4	Значения $l_3$ принимаются по прил. 5

4. Рассчитываются потери давления на каждом участке  $\Delta P_{уч}$  и суммарные потери от источника тепла. Величина  $\Delta P_{уч}$  определяется по значениям, удельных потерь давления на участке  $R_{уч}$  и приведенной длины этого участка  $L_{пр}$  как

$$\Delta P_{уч} = R_{уч} L_{пр} \quad (10)$$

Значения  $R_{уч}$  определяются с помощью ранее уже используемой номограммы (см. рис.5) по величине скорости движения воды на участке  $w$ . Последняя рассчитывается по расходу воды на участке и принятому типоразмеру трубы как

$$w = V/F, \quad (11)$$

где  $V$  - объемный расход воды на участке,  $m^3/c$ , определяется путем деления массового расхода воды  $G$ ,  $кг/c$ , на плотность воды  $\rho$  (принять  $\rho = 1000 \text{ кг}/m^3$ );

$F$  - площадь поперечного сечения трубы,  $m^2$ , определяется по внутреннему диаметру трубы  $d_{вн}$  ( $F = \pi d_{вн}^2 / 4$ ).

Не допускается превышение скорости движения воды более 3,5 м/с.

## Электронный архив УГЛТУ

Порядок определения значений  $R_{уч}$  виден из поясняющего рис.7.

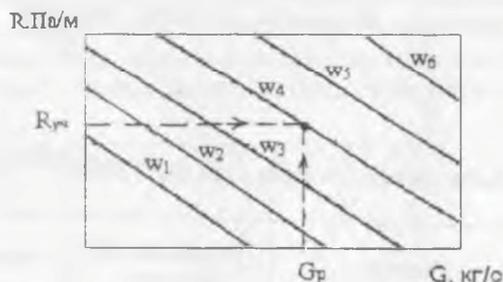


Рис.7. Схема определения удельных потерь давления на участке

В случае получения для основной магистрали значений  $R_{уч}$  выше ранее принятого значения  $R=80$  Па/м следует увеличить диаметр трубы и повторить расчет. Для ответвлений (5, 6, 7) допускается возрастание удельных потерь давления на трение до 300 Па/м. Результаты расчета заносятся в столбцы 9,10,11 табл.8.

5. Определяются суммарные потери давления от источника тепла до конца каждого участка согласно схеме тепловой сети (см. рис.1). Результаты расчета записываются в столбцы 12 и 13 табл.8, причем в 12 заносится величина потерь в единицах давления – кПа, а в 13 – в единицах водяного столба (1 м вод.ст. = 9.81 кПа).

6. Определяется требуемый напор, м вод. ст., сетевого насоса для преодоления гидравлических сопротивлений сети, оборудования самого источника теплоснабжения (ТЭЦ) и узлов ввода в здание по выражению

$$H_{тр} = \Delta P_{ист} + 2 \Delta P_{max} + \Delta P_{ввода}, \quad (12)$$

где  $\Delta P_{ист}$  – потери напора в оборудовании источника тепла (принять  $\Delta P_{ист} = 20$  м вод.ст.);

$\Delta P_{max}$  – максимальное значение потерь напора в тепловой сети (по столбцу 13 табл.8);

$\Delta P_{ввода}$  – потери напора в узлах ввода в здания (принимаются согласно исходным данным равными 15 м вод.ст).

По результатам выполненного расчета оформляется график, на котором должна быть представлена схема тепловой сети с нанесением для каждого участка его длины  $L$ , условного диаметра  $d_y$ , расчетного расхода теплоносителя  $G$ , скорости движения сетевой воды  $w$ , потерь давления  $\Delta P_{уч}$ , а также запорно-регулирующей арматуры (здвижек).

# Электронный архив УГЛТУ

## Библиографический список

1. СНиП 23.01-99. Строительная климатология [Текст]. М: ГУП ЦПП, 2000. 58 с.
2. СНиП 2.04.07-86\*. Тепловые сети [Текст]. М: ГУП ЦПП, 1997. 48 с.
3. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети [Текст] / Е.Я. Соколов. М.: Изд - во. МЭИ, 2001. 472 с.

# Электронный архив УГЛТУ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Климатологические данные некоторых городов Российской Федерации

Наименование пос. пункта	Температура воздуха, °С		Продолжительность отопительного периода П, сут.	Число часов за отопительный период с данной среднесуточной температурой наружного воздуха (с интервалом 5°С)												Всего часов
	расчетная (сред.наиболее холодной пятнадцатки), t <sub>р.н.</sub>	средняя за отопит. период t <sub>от.</sub>		-49,9 -45°С	-44,9 -40°С	-39,9 -35°С	-34,9 -30°С	-29,9 -25°С	-24,9 -20	-19,9 -15°С	-14,9 -10°С	-9,9 -5°С	-4,9 0°С	+0,1 +5°С	+5,1 +8°С	
1. Екатеринбург	-35	-6,4	228	-	0,5	10	44	144	293	579	912	1042	1010	816	745	5595
2. Златоуст	-34	-6,9	231	-	-	5	44	141	307	603	947	1012	1058	825	696	5638
3. Казань	-32	-5,7	218	-	-	0,7	20	86	221	461	734	950	1082	910	744	5210
4. И. Тагил	-36	-6,6	238	-	5	14	31	103	310	659	1320	936	790	768	744	5590
5. Пермь	-35	-6,4	226	-	3	12	60	144	286	524	809	1023	1083	900	576	5420
6. Самара	-30	-6,1	206	-	-	2	22	74	182	405	665	965	1182	1132	575	5205
7. Томск	-40	-8,8	234	3	14	63	146	271	435	672	888	878	878	960	600	5710
8. Тюмень	-37	-7,5	220	-	5	20	94	175	379	596	856	936	881	933	551	5428
9. Уфа	-35	-6,6	214	-	-	5	34	120	274	547	796	980	993	826	660	5235
10. Челябинск	-34	-7,3	218	-	-	7	32	127	355	590	838	970	919	885	612	5335

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Значения удельных тепловых характеристик для различных зданий

Здания	Объем здания V, тыс.м <sup>3</sup>	Удельные тепловые характеристики, Вт/(м <sup>3</sup> К)	
		отопительная q <sub>о</sub>	вентиляционная q <sub>в</sub>
Многоэтажные жилые здания, гостиницы, общежития	До 10	0,39	Не учитываются То же -
	20	0,37	
	30	0,36	
	Более 30	0,34	
Административные здания	До 5	0,46	0,10
	10	0,41	0,09
	15	0,38	0,08
	Более 15	0,35	0,19
Театры	До 10	0,32	0,44
	20	0,25	0,41
	30	0,23	0,39
	Более 30	0,21	0,34
Кинотеатры	До 5	0,39	0,46
	10	0,35	0,42
	Более 10	0,33	0,40
Школы и вузы	До 10	0,38	0,10
	20	0,35	0,09
	Более 20	0,34	0,08

# Электронный архив УГЛТУ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

### Температура сетевой воды в подающем трубопроводе

Расчетная температура наружного воздуха, $t_{p,n}, ^\circ C$	Температура наружного воздуха, $^\circ C$										
	8	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30		
При температуре воздуха внутри помещения $18^\circ C$											
-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	-	-	-	-		
-15	55,1	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	85,4	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		
При температуре воздуха внутри помещения $20^\circ C$											
$t_{p,n}, ^\circ C$	8	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
-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	141,6	-	-
-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	135,5	145,9	-
-38	47,0	58,6	69,9	81,0	91,8	102,5	113,0	123,4	133,5	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

# Электронный архив УГЛТУ

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 3

## Температура сетевой воды в обратном трубопроводе

Расчетная температура наружного воздуха, $t_{p.n.}, ^\circ C$	Температура наружного воздуха, $^\circ C$											
	8	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
При температуре воздуха внутри помещения $18^\circ C$												
-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	-	-	-
При температуре воздуха внутри помещения $20^\circ C$												
-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	59,4	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

# Электронный архив УГЛТУ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### Коэффициент местных сопротивлений

Местное сопротивление	$\zeta$	Местное сопротивление	$\zeta$
Задвижка нормальная	0,5	Отводы гнутые под углом 90° гладкие при R/d:	1
Вентиль с косым шпинделем	0,5		
Вентиль с вертикальным шпинделем	6		
Обратный клапан нормальный	7	2	0,5
Обратный клапан "захлопка"	3	3	0,3
Кран проходной	2	Тройник при слиянии потоков:	1,5
Компенсатор сальниковый	0,3		
Компенсатор П-образный: с гладкими отводами с крутоизогнутыми отводами со сварными отводами	1,7	Тройник при разделении потока: проход ответвление	2
	2,4		1
	2,8		1,5

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

### Значения $l_2$ для труб при $\sum \zeta = 1$

Размеры труб, мм		$l_2$ , м, при $k_2$ , м			Размеры труб, мм		$l_2$ , м, при $k_2$ , м		
Условный проход	Наружный диаметр x толщина стенки	0,0002	0,0005	0,001	Условный проход	Наружный диаметр x толщина стенки	0,0002	0,0005	0,001
100	108x4	4,3	3,42	2,78	350	377x9	21,2	16,9	14,2
125	133x4	5,68	4,52	3,8	400	426x9	24,9	19,8	16,7
150	159x4,5	7,1	5,7	4,8	400	426x6	25,4	20,2	
175	194x5	9,2	7,3	6,2	450	480x7	29,4	23,4	17,0
200	219x6	10,7	8,5	7,1	500	530x8	33,3	26,5	19,7
250	273x7	14,1	11,2	9,4	600	630x9	41,4	32,9	22,2
300	325x8	17,6	14,0	11,8	700	720x10	48,9	38,9	27,7
									32,7