

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра теплоэнергетики

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к расчётно-графической работе
«Расчёт системы горячего водоснабжения микрорайона»
по дисциплине Б3.В7 «Современные системы теплоснабжения»
для студентов направления подготовки 270800 «Строительство»
профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция»

КАЗАНЬ
2013

Составители: Г.М. Ахмерова, А.Е. Ланцов
УДК 697.34 (075,8)

А95 Методические указания к расчётно-графической работе «Расчёт системы горячего водоснабжения микрорайона» по дисциплине Б3.В7 «Современные системы теплоснабжения» для студентов направления подготовки 270800 «Строительство» профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция» Сост.: Г.М. Ахмерова, А.Е. Ланцов – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2013. - 49с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

В методических указаниях дана методика выполнения курсовой работы «Горячее водоснабжение жилого микрорайона», рекомендации по расчёту и проектированию систем горячего водоснабжения жилых зданий от ЦТП. В приложениях приведены данные, необходимые для проектирования.

Табл.6. Рис.7. Библиогр.9.

Рецензент профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Казанского государственного архитектурно-строительного университета, к.т.н. **Давыдов А.П.**

УДК 697.34 (075,8)

© Казанский государственный
архитектурно-строительный университет,
2013

© Ахмерова Г.М., Ланцов А.Е., 2013

СОДЕРЖАНИЕ

1. Описание системы горячего водоснабжения	5
2. Выбор схемы присоединения теплообменников горячего водоснабжения.....	6
3. Определение температуры наружного воздуха, соответствующей точке излома температурного графика.....	9
4. Определение емкости бака-аккумулятора	10
5. Расчет теплообменников горячего водоснабжения	13
5.1. Расчет теплообменников, присоединенных по двухступенчатой смешанной схеме	13
5.2. Расчет теплообменников горячего водоснабжения, присоединенных по двухступенчатой последовательной схеме.....	17
6. Расчёт регулирования отпуска теплоты по совмещённой нагрузке	25
7. Определение секундных расходов горячей воды	27
8. Расчет циркуляционных расходов в системе горячего водоснабжения.....	27
9. Гидравлический расчет разводящих трубопроводов главной ветви	28
10. Гидравлический расчет циркуляционных трубопроводов	29
11. Гидравлический расчёт водонагревательной установки	31
12. Подбор водомера для системы горячего водоснабжения	31
13. Требуемый напор холодного водопровода на вводе в ЦТП	32
14. Подбор циркуляционных насосов	32
15. Центральные тепловые пункты	33
Приложения	37
Литература	50

Общие указания и содержание курсовой работы

Методические указания имеют своей целью помочь студентам в работе над курсовым и дипломным проектами.

В курсовой работе разрабатывается система горячего водоснабжения группы однотипных жилых зданий. Подготовка воды для системы осуществляется в центральном тепловом пункте ЦТП.

В работе решаются следующие вопросы – конструктивная разработка системы горячего водоснабжения; квартальных теплопроводов и центрального теплового пункта; расстановка оборудования и арматуры; определение расчётных расходов теплоты и горячей воды, построение графиков расхода теплоты; определение расчётных расходов сетевой воды; гидравлический расчёт подающих и циркуляционных теплопроводов; подбор оборудования теплового пункта, расчёт емкости бака – аккумулятора на основе интегрального графика.

Состав курсовой работы

Работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка включает следующие разделы:

1. Описание наружных сетей, аксонометрической схемы, конструкций системы горячего водоснабжения.
2. Выбор схемы присоединения теплообменников горячего водоснабжения.
3. Определение температуры наружного воздуха, соответствующей точке излома температурного графика.
4. Определение ёмкости бака – аккумулятора.
5. Расчет теплообменников горячего водоснабжения.
6. Расчет регулирования отпуска теплоты по совмещенной нагрузке.
7. Определение секундных расходов горячей воды.
8. Расчет циркуляционных расходов в системе горячего водоснабжения.
9. Гидравлический расчет разводящих трубопроводов.
10. Гидравлический расчет циркуляционных трубопроводов.
11. Гидравлический расчет водонагревательной установки.
12. Подбор водомера для системы горячего водоснабжения.
13. Требуемый напор холодного водопровода на вводе в ЦТП.
14. Подбор циркуляционных насосов.
15. Список использованной литературы.

Пояснительная записка оформляется на листах (297x210мм) в соответствии с ЕСКД. В начале записки помещают титульный лист установ-

ленного образца. Пояснительная записка должна содержать обязательные ссылки на литературные источники, номера схем и графиков, помещенных в тексте.

Графическая часть курсовой работы включает:

- план микрорайона с тепловыми сетями от ЦТП к зданиям с указанием номеров, диаметров и длин участков (М 1:1000);
- план типового этажа с нанесением стояков, подводок к стоякам, полотенцесушителей (М 1:100);
- схему внутридомовой системы горячего водоснабжения;
- схему присоединения горячего водоснабжения (с подключением подогревателей);
- график в координатах $\tau - \bar{Q}_0$ с определением точки излома;
- график температур при центральном регулировании по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения;
- график расхода тепла по часам суток;
- интегральные графики расхода и подачи тепла на горячее водоснабжение.

1. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Для микрорайона выбирают место расположения ЦТП в зависимости от заданного номера магистральной камеры. Прокладывают трассу тепловых сетей от магистральной камеры до ЦТП и от ЦТП до каждого присоединяемого здания. Сети проектируют тупиковые.

В курсовой работе необходимо обосновать выбор схемы внутридомовой системы горячего водоснабжения исходя из конструктивных особенностей здания, планировочных решений помещений кухни, ванной и санузла, их взаимного расположения.

Системы горячего водоснабжения рекомендуется проектировать с нижней разводкой магистралей. Однако при наличии чердачного помещения и соответствующем обосновании можно принять схему с верхней разводкой.

Водоразборные стояки объединяют кольцующими перемычками в секционные узлы, которые присоединяются к сборному циркуляционному трубопроводу через общий циркуляционный стояк. В секционные узлы объединяют до семи водозаборных стояков. При нижней разводке кольцующие перемычки прокладываются на чердаке или под потолком верхнего этажа [8].

В зависимости от выбранной схемы подающий и циркуляционный магистральные теплопроводы прокладываются в подвале или на чердаке,

крепятся на кронштейнах к несущим ограждающим конструкциям или с помощью подвесок к потолку или перекрытию.

Ввод теплопроводов рекомендуется размещать как можно ближе к середине здания, это положительно сказывается на увязке отдельных ветвей системы при гидравлическом расчете теплопроводов.

Установку запорной арматуры в системах горячего водоснабжения следует предусматривать: на трубопроводах холодной и горячей воды у водонагревателей; на ответвлениях трубопроводов к секционным узлам; на вводах в здания.

Обратные клапаны устанавливают у водоподогревателя на циркуляционном теплопроводе и на трубопроводе, подающем холодную воду.

Контроль за параметрами горячей воды осуществляется термометрами и манометрами. Манометры устанавливают на выходе из водоподогревателя, до и после циркуляционного насоса. Термометры размещают до и после водоподогревателя и на циркуляционном теплопроводе перед циркуляционным насосом.

Для учета расхода воды применяют счетчики расхода воды, которые устанавливают в закрытых системах теплоснабжения на трубопроводе холодной воды перед водоподогревателем.

2. ВЫБОР СХЕМЫ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

По плану типового этажа определяют общую площадь этажа здания, умножив ее на число этажей, определяют площадь здания. Зная количество однотипных зданий в микрорайоне, вычисляют общую площадь микрорайона A .

На одного жителя приходится $f=14,5 \text{ м}^2$ общей площади.

Количество потребителей горячей воды в микрорайоне:

$$U = \frac{A}{f}, \quad \text{чел.} \quad (1)$$

Вероятность действия водозаборных приборов на участке сети для группы одинаковых зданий определяют по формуле

$$P^h = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{q_o^h \cdot N \cdot 3600}, \quad (2)$$

где: $q_{hr,u}^h$ – норма расхода горячей воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л., прил.1, или прил.3. [8];
 N – общее число водоразборных приборов в микрорайоне;

U – количество потребителей горячей воды в микрорайоне, чел;
 q_o^h - расход горячей воды, л/с, санитарно-техническим прибором, прил.1 или прил.3 [8].

Определяют вероятность использования санитарно-технических приборов

$$P_{hr}^h = \frac{3600 \cdot p^h \cdot q_o^h}{q_{o,hr}^h}, \quad (3)$$

где: $q_{o,hr}^h$ – расход воды прибором, л/ч, прил.1 или (прил.3) [8].

По числу приборов и вероятности использования определяют α_{hr}^h прил.2 или (прил. 3) [8].

Максимальный часовой расход горячей воды

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{o,hr}^h \cdot \alpha_{hr}^h, \quad \text{м}^3/\text{ч}. \quad (4)$$

Средний часовой расход воды

$$q_T^h = \frac{\sum_i q_{u,i}^h \cdot U_i}{1000 \cdot T}, \quad \text{м}^3/\text{ч}, \quad (5)$$

где: $q_{u,i}^h$ - норма расхода горячей воды в сутки наибольшего водопотребления, л/сут., прил.1 или прил.3 [8];

U - число жителей, чел.;

T - период потребления, час.

Среднечасовой расход тепла в системе горячего водоснабжения с учетом потерь тепла трубопроводами:

$$Q_T^h = 1,16 \cdot q_T^h \cdot (55 - t_c) \cdot (1 + K_T), \quad \text{кВт}, \quad (6)$$

где: t_c - температура холодной воды, °С, принимают $t_c = 5$ °С;

K_T - коэффициент, учитывающий потери теплоты трубами прил.3 или (табл. 10.2) [7].

Максимальный часовой расход тепла

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot (q_{hr}^h + q_T^h \cdot K_T) \cdot (55 - t_c), \text{ кВт} . \quad (7)$$

Расход теплоты на отопление жилых зданий:

$$Q_o = q_o \cdot A \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} , \quad (8)$$

где: q_o - укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м^2 общей площади, Вт/ м^2 ; прил.4 или прил.2 [9].

A - общая площадь жилых зданий, м^2 .

При $\frac{Q_T^h}{Q_o} \leq 0,15$ принимают регулирование по отопительной нагрузке, при $\frac{Q_T^h}{Q_o} > 0,15$ принимают регулирование по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

При регулировании по отопительной нагрузке и отношении $\frac{Q_{hr}^h}{Q_o} < 0,2$ и $\frac{Q_{hr}^h}{Q_o} > 1,0$ теплообменники горячего водоснабжения присоединяют по параллельной схеме.

При $0,2 \leq \frac{Q_{hr}^h}{Q_o} \leq 1,0$ теплообменники присоединяют по двухступенчатой смешанной схеме.

При регулировании по совмещенной нагрузке и отношении $0,2 \leq \frac{Q_{hr}^h}{Q_o} \leq 1,0$ теплообменники горячего водоснабжения присоединяют по двухступенчатой последовательной схеме.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ ТОЧКЕ ИЗЛОМА ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФИКА

При $t_{н.и.}$ температура воды в подающей линии системы отопления $\tau_{01 н.и.} = 70^\circ\text{C}$

$$\tau_{01} = t_i + \Delta t \cdot \bar{Q}_o^{0,8} + \left(\delta\tau - \frac{\theta}{2}\right) \bar{Q}_o, \quad (9)$$

где: t_i - температура воздуха внутри отапливаемого помещения,

$$t_i = 18^\circ\text{C} \text{ или } t_i = 20^\circ\text{C};$$

Δt - температурный напор нагревательного прибора, $^\circ\text{C}$.

$$\Delta t = \frac{\tau_3 + \tau_{02}}{2} - t_i, \quad ^\circ\text{C}, \quad (10)$$

$\tau_3 = 95$, $\tau_{02} = 70$ $^\circ\text{C}$ - температура воды в местной системе в подающей и обратной линиях при температуре наружного воздуха, расчетной для отопления t_0 .

$\delta\tau, \theta$ - перепад температур сетевой воды в наружной тепловой сети, в местной системе при t_0 .

$$\delta\tau = \tau_{01} - \tau_{02}; \quad (11)$$

$$\theta = \tau_3 - \tau_{02}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (12)$$

Относительный расход теплоты на отопление при $t_{н.и.}$:

$$\bar{Q}_{о.н.и.} = \frac{t_i - t_{н.и.}}{t_i - t_0}. \quad (13)$$

Уравнение 9 решают методом подбора, задавая значениям $\bar{Q}_{о.н.и.} = 0,3 \div 0,4$.

При найденном значении $\bar{Q}_{о.н.и.}$ определяют:

$$t_{н.и.} = t_i - \bar{Q}_{о.н.и.} \cdot (t_i - t_0), \quad ^\circ\text{C}. \quad (14)$$

Температура воды в обратной линии, после элеватора при $t_{н.и.}$

$$\tau_{02н.и.} = \tau_{01н.и.} - \delta\tau \cdot \bar{Q}_{о.н.и.}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (15)$$

$$\tau_{3н.и.} = \tau_{02н.и.} + \theta \cdot \bar{Q}_{о.н.и.}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (16)$$

Определим точку излома температурного графика $t_{н.и.}$ графическим методом.

Отложим по оси абсцисс относительную нагрузку и задавшись $Q_0 = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$ рассчитаем τ_{01} по формуле (9) пять раз.

Затем в координатах $\tau - \bar{Q}_0$ строим график, находим на ординате точку с $\tau_{01} = 70^\circ\text{C}$ (для закрытых систем теплоснабжения), проводим горизонталь до пересечения с графиком. В этой точке опускаем перпендикуляр на ось абсцисс и находим соответствующие \bar{Q}_0 и $t_{н.и.}$.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ БАКА-АККУМУЛЯТОРА

Переменная нагрузка горячего водоснабжения вызывает удорожание стационарного оборудования и тепловых сетей, которые должны быть рассчитаны на покрытие максимальной нагрузки. Для снижения затрат, упрощения эксплуатации выравнивают резкопеременную нагрузку путем аккумулярования тепла.

Аккумуляторы в ЦТП предусматривают для:

- выравнивания потребления горячей воды;
- повышение эффективности действия установок по противокоррозионной противонакипной обработке холодной воды;
- ограничения и выравнивания давления в трубопроводах сетей горячего и холодного водоснабжения.

Емкость аккумулятора горячей воды зависит от неравномерности потребления воды по часам суток и от принятого режима подачи теплоты в аккумулятор.

Расход теплоты на горячее водоснабжение по часам суток в долях от среднечасового:

Таблица 1

Период потребления теплоты, час	0–2	2–6	6–10	10–16	16–20	20–23	23–24
Доля потребления от среднего расхода Q_T^h η_i	0,4	0	0,8	1,2	1,4	2,1	0,9
Количество часов потребления n_i	2	4	4	6	4	3	1

Расход теплоты на горячее водоснабжение по часам суток определяется по формуле:

$$Q_{h,i} = Q_T^h \cdot n_i \cdot \eta_i, \text{ кВт} . \quad (17)$$

Полученные данные сводим в таблицу 2.

Таблица 2

Расходы теплоты на горячее водоснабжение

Время суток, час	Расход теплоты за час, кВт/ч	Суммарный расход теплоты от начала потребления до данного часа, кВт
от 0 до 2	$Q_T^h \cdot 0,4 =$	$Q_T^h \cdot 0,4 \cdot 2 = Q_{0-2}$
от 2 до 6	$Q_T^h \cdot 0 =$	$Q_{0-2} + Q_T^h \cdot 0 \cdot 2 = Q_{2-6}$
от 6 до 10	$Q_T^h \cdot 0,8 =$	$Q_{2-6} + Q_T^h \cdot 0,8 \cdot 4 = Q_{6-10}$
от 10 до 16	$Q_T^h \cdot 1,2 =$	$Q_{6-10} + Q_T^h \cdot 1,2 \cdot 6 = Q_{10-16}$
от 16 до 20	$Q_T^h \cdot 1,4 =$	$Q_{10-16} + Q_T^h \cdot 1,4 \cdot 4 = Q_{16-20}$
от 20 до 23	$Q_T^h \cdot 2,1 =$	$Q_{16-20} + Q_T^h \cdot 2,1 \cdot 3 = Q_{20-23}$
от 23 до 24	$Q_T^h \cdot 0,9 =$	$Q_{20-23} + Q_T^h \cdot 0,9 \cdot 1 = Q_{23-24}$

По данным таблицы 2 или приложения 14 строится график расхода теплоты по часам суток (рис. 1) и интегральный график расхода теплоты (рис. 2). Точки соединяем ломаной линией. Получаем интегральную линию потребления теплоты.

Режим подачи тепла выбирается круглосуточный, строится график подачи тепла. Интегральная линия подачи при наличии баков-аккумуляторов – прямая линия, начало которой совпадает с нулевой точкой, а конечная ордината равна суточному расходу тепла.

Из рис. 2 видно, что интегральная линия графика подачи совпадает с интегральной линией расхода в 23 часа, всё остальное время суток она расположена выше.

Максимальный запас теплоты бака-аккумулятора будет равным наибольшей разности ординат (см. рис. 2). Из графика следует, что наибольший запас теплоты в аккумуляторе будет в 10 часов, что выражается отрезком Q_{\max} .

Ёмкость бака-аккумулятора:

$$V_a = \frac{\Delta Q_{\max} \cdot 3600}{c \cdot \rho \cdot (t_h - t_c)} \cdot (1,1 \div 1,15), \text{ м}^3, \quad (18)$$

где: c – удельная теплоемкость воды, $c=4,187$ кДж/(кг · °С);
 ρ – плотность воды (допускается принимать равной 1000 кг/м³);
 t_h – температура воды в аккумуляторе (обычно 60 °С);
 t_c – температура водопроводной воды, $t_c = 5$ °С ;
 $1,1 \div 1,15$ – коэффициент запаса.

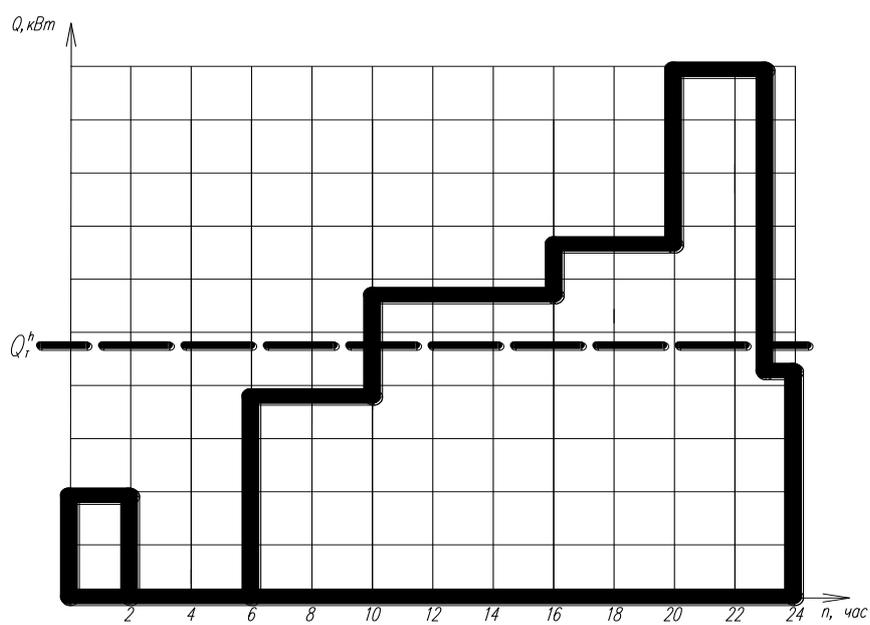


Рис. 1. График расхода тепла по часам суток

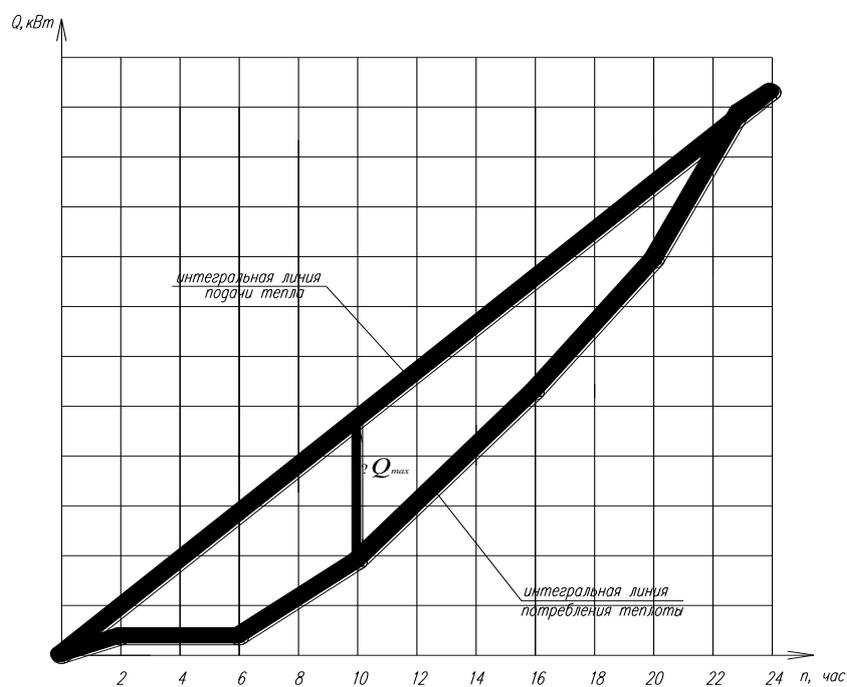


Рис. 2. Интегральные графики расхода и подачи тепла на горячее водоснабжение

5. РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

5.1. Расчет теплообменников, присоединенных по двухступенчатой смешанной схеме

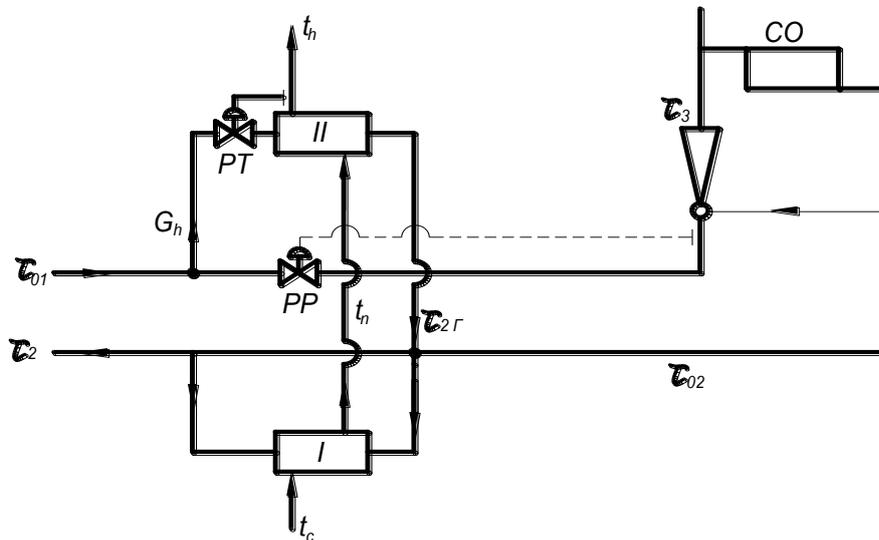


Рис.3. Принципиальная 2-х ступенчатая смешанная схема присоединения теплообменников горячего водоснабжения

Расход греющей воды на отопление:

$$G_0 = \frac{3,6 \cdot Q_0 \cdot 10^3}{c \cdot (\tau_{01} - \tau_{02})}, \quad \text{кг/ч}, \quad (19)$$

где: Q_0 – расход тепла на отопление жилых зданий при t_0 , кВт;

c – теплоёмкость воды, кДж/(кг · °С);

τ_{01}, τ_{02} – температуры сетевой воды в подающей и обратной линиях при t_0 (по заданию).

При наличии баков-аккумуляторов теплообменники считают на среднечасовой расход теплоты Q_T^h в системе горячего водоснабжения, при отсутствии – на максимальный часовой расход теплоты Q_{hr}^h .

При максимальном расходе теплоты на горячее водоснабжение ≥ 2 МВт в каждой ступени принимают две параллельно включенные группы подогревателей, рассчитанные на 50 % тепловой нагрузки.

При $Q_{hr}^h < 2$ МВт в каждой ступени подогрева предусматривают по одной группе подогревателей.

Максимальный расход греющей (сетевой) воды на горячее водоснабжение при наличии баков-аккумуляторов:

$$G_{h \max} = \frac{0,55 \cdot Q_T^h \cdot 3,6 \cdot 10^3}{c \cdot (\tau_{01, \text{НИ}} - \tau_{02, \text{НИ}})}, \quad \text{кг/ч}. \quad (20)$$

Максимальный расход греющей (сетевой) воды на горячее водоснабжение при отсутствии баков-аккумуляторов:

$$G_{h \max} = \frac{0,55 \cdot Q_{hr}^h \cdot 3,6 \cdot 10^3}{c \cdot (\tau_{01, \text{НИ}} - \tau_{02, \text{НИ}})}, \quad \text{кг/ч} . \quad (21)$$

Расчетный расход на абонентский ввод:

$$G_{аб \max} = G_0 + G_{h \max}, \quad \text{кг/ч} . \quad (22)$$

Расход нагреваемой воды для горячего водоснабжения при наличии баков-аккумуляторов:

$$G_{ГВ} = \frac{3,6 \cdot Q_T^h \cdot 10^3}{c \cdot (t_h - t_c)}, \quad \text{кг/ч} , \quad (23)$$

где: t_h – температура горячей воды, °С; $t_h = 60$ °С;

t_c – температура холодной воды, °С); $t_c = 5$ °С.

Промежуточная температура нагреваемой воды после I ступени при $t_{\text{НИ}}$:

$$t_{n, \text{ни}} = \tau_{02, \text{ни}} - (6 \div 9), \quad \text{°С} . \quad (24)$$

Тепловая нагрузка первой ступени при наличии баков-аккумуляторов:

$$Q_I^h = Q_T^h \cdot \frac{(t_h - t_{n, \text{ни}})}{(t_h - t_c)}, \quad \text{кВт} . \quad (25)$$

То же второй ступени:

$$Q_{II}^h = Q_T^h - Q_I^h, \quad \text{кВт} . \quad (26)$$

Температура сетевой воды на выходе из подогревателя I ступени:

$$\tau_{2, \text{ни}} = \tau_{02, \text{ни}} - \frac{Q_I^h \cdot 3,6 \cdot 10^3}{c \cdot G_{аб \max}}, \quad \text{°С} . \quad (27)$$

Задавшись скоростью нагреваемой в трубках воды $\omega_{\text{тр}} = 1 \text{ м/с}$, определяют требуемую площадь живого сечения трубок:

$$f_{\text{тр}} = \frac{G_{ГВ}}{3600 \cdot 10^3 \cdot \omega_{\text{тр}}}, \quad \text{м}^2 . \quad (28)$$

По этой величине подбираем подогреватель по прил.5 или таблице 2.15 [6].

Выписываем технические данные: внутренний диаметр корпуса $D_{\text{ВН}}$, мм; диаметр трубок $d_{\text{Н}} \times \delta$, мм; число трубок Z , шт; площадь поверхности нагрева одной секции F , м²; площадь живого сечения трубок $f_{\text{тр}}$, м²; площадь межтрубного пространства $f_{\text{МТ}}$, м²; коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С); коэффициент загрязнения трубок β по прил.6 или табл.2.16 [6].

Эквивалентный диаметр межтрубного пространства:

$$d_{\text{ЭКВ}} = \frac{D_{\text{BH}}^2 - z d_{\text{H}}^2}{D_{\text{BH}} + z d_{\text{H}}}, \text{ м.} \quad (29)$$

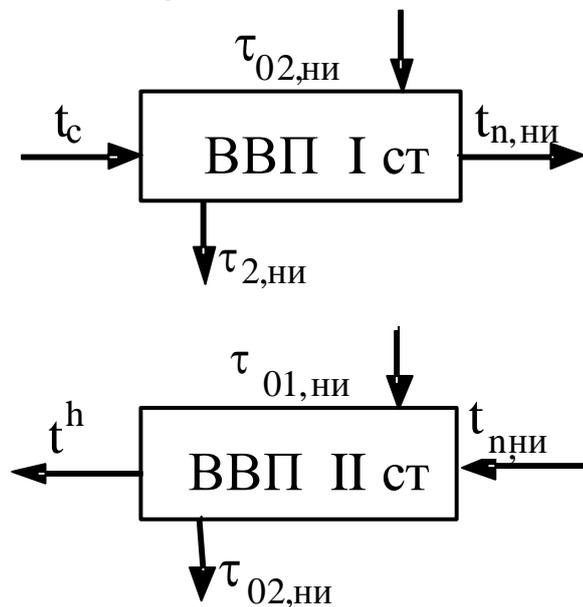
Действительная скорость нагреваемой воды в трубках подогревателя:

$$\omega_{\text{Tp I}} = \omega_{\text{Tp II}} = \frac{G_{\text{ГВ}}}{3600 \cdot f_{\text{Tp}} \cdot 10^3}, \text{ м/с.} \quad (30)$$

Скорость сетевой воды в межтрубном пространстве водоподогревателей I и II ступеней:

$$\omega_{\text{M Tp I}} = \frac{G_{\text{аб max}}}{3600 \cdot f_{\text{M Tp}} \cdot 10^3}, \text{ м/с;} \quad (31)$$

$$\omega_{\text{M Tp II}} = \frac{G_{\text{h max}}}{3600 \cdot f_{\text{M Tp}} \cdot 10^3}, \text{ м/с.} \quad (32)$$



Большая и меньшая разности температур на концах теплообменника

для I ступени: $\Delta t_{\delta I} = \tau_{2,ни} - t_c;$ (33)

$$\Delta t_{\text{M I}} = \tau_{02,ни} - t_{n,ни}; \quad (34)$$

для II ступени: $\Delta t_{\delta II} = \tau_{01,ни} - t^h;$ (35)

$$\Delta t_{\text{M II}} = \tau_{02,ни} - t_{n,ни}. \quad (36)$$

Среднеарифметические разности температур для I и II ступени

$$\Delta t_I = \frac{\Delta t_{\delta I} - \Delta t_{M I}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta I}}{\Delta t_{M I}}}, \quad \Delta t_{II} = \frac{\Delta t_{\delta II} - \Delta t_{M II}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta II}}{\Delta t_{M II}}}. \quad (37)$$

Среднее температуры сетевой и нагреваемой воды в подогревателях I и II ступеней

$$\tau_{cp I} = \frac{\tau_{02,nu} + \tau_{02,nu}}{2}, \quad ^\circ\text{C}; \quad (38)$$

$$t_{cp I} = \frac{t_c + t_{n,nu}}{2}, \quad ^\circ\text{C}; \quad (39)$$

$$\tau_{cp II} = \frac{\tau_{01,nu} + \tau_{02,nu}}{2}, \quad ^\circ\text{C}; \quad (40)$$

$$t_{cp II} = \frac{t_{n,nu} + t_h}{2}, \quad ^\circ\text{C}. \quad (41)$$

Коэффициенты теплоотдачи от сетевой воды к стенкам трубок в подогревателях I и II ступеней [3, форм. (V.8)]

$$\alpha_{1I} = (1630 + 21 \cdot \tau_{cp I} + 0,041 \cdot \tau_{cp I}^2) \cdot \frac{\omega_{M Tp I}^{0,8}}{d_{\text{ЭKB}}^{0,2}}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}); \quad (42)$$

$$\alpha_{1II} = (1630 + 21 \cdot \tau_{cp II} + 0,041 \cdot \tau_{cp II}^2) \cdot \frac{\omega_{M Tp II}^{0,8}}{d_{\text{ЭKB}}^{0,2}}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}). \quad (43)$$

Коэффициенты теплоотдачи от стенок трубок к нагреваемой воде в подогревателях I и II ступеней

$$\alpha_{2I} = (1630 + 21 \cdot t_{cp I} + 0,041 \cdot t_{cp I}^2) \cdot \frac{\omega_{Tp I}^{0,8}}{d_{Tp}^{0,2}}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (44)$$

$$\alpha_{2II} = (1630 + 21 \cdot t_{cp II} + 0,041 \cdot t_{cp II}^2) \cdot \frac{\omega_{Tp II}^{0,8}}{d_{Tp}^{0,2}}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (45)$$

Коэффициенты теплопередачи от стенок трубок к нагреваемой воде в подогревателях I и II ступеней [3, форм. (V.8)]

$$k_I = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_{1I}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{2I}}}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (46)$$

$$k_{II} = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_{1II}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{2II}}}, \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) \quad (47)$$

где δ – толщина стенки трубы, м;

λ – коэффициент теплопроводности трубы, Вт/(м $^\circ\text{C}$).

Требуемая площадь поверхности нагрева подогревателей I и II ступеней

$$F_I = \frac{Q_I^h}{k_I \cdot \Delta t_I}, \quad \text{м}^2 \quad (48)$$

$$F_{II} = \frac{Q_{II}^h}{k_{II} \cdot \Delta t_{II}}, \quad \text{м}^2 \quad (49)$$

Количество секций в подогревателях I и II ступеней

$$n_I = \frac{F_I}{F}, \quad \text{шт.}; \quad (50)$$

$$n_{II} = \frac{F_{II}}{F}, \quad \text{шт.} \quad (51)$$

5.2. Расчет теплообменников горячего водоснабжения, присоединенных по двухступенчатой последовательной схеме

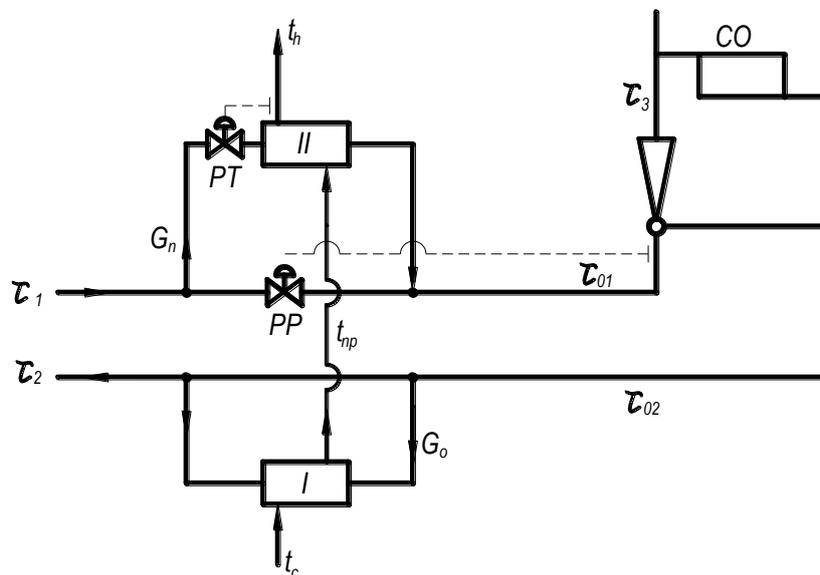


Рис.4. Принципиальная двухступенчатая последовательная схема

Расчет теплообменников производят при балансовом расходе теплоты на горячее водоснабжение:

$$Q_{2.в.}^{\delta} = \eta \cdot Q_T^h, \text{кВт}, \quad (52)$$

где η - балансовый коэффициент (принимают $\eta=1,2$ при отсутствии аккумуляторов, при установке аккумуляторов в ЦТП $\eta=1,0$).

Температура нагреваемой воды на выходе из I ступени ВВП при $t_{ни}$:

$$t_{н.ни} = \tau_{02,ни} - (6 \div 9), \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (53)$$

Суммарный перепад температур греющей (сетевой) воды в I и II ступенях при $Q_{2.в.}^{\delta}$:

$$\delta = \delta_I + \delta_{II} = \frac{Q_{ГВ}^{\delta}}{Q_0} \cdot (\tau_{01} - \tau_{02}), \text{ }^{\circ}\text{C} . \quad (54)$$

Перепад температур греющей воды в I ступени при $t_{ни.}$:

$$\delta_{I,ни} = \delta \cdot \frac{t_{н.ни} - t_c}{t^h - t_c}, \text{ }^{\circ}\text{C} , \quad (55)$$

где t^h - температура горячей воды на выходе из II ступени, принимают $t^h = 60^{\circ}\text{C}$.

Перепад температур греющей воды во II ступени при $t_{ни.}$:

$$\delta_{II,ни} = \delta - \delta_{I,ни}, \text{ }^{\circ}\text{C} . \quad (56)$$

Температура воды в подающей трубе при повышенном графике в точке излома:

$$\tau_{1ни} = \tau_{01ни} + \delta_{IIни}, \text{ }^{\circ}\text{C} . \quad (57)$$

Производительность I ступени ВВП при $Q_{2.в.}^{\delta}$ и $t_{ни.}$:

$$Q_{Iни}^{\delta} = Q_{2.в.}^{\delta} \cdot \frac{t_{н.ни} - t_c}{t^h - t_c}, \text{ кВт} . \quad (58)$$

Производительность II ступени ВВП при $Q_{2.в.}^{\delta}$ и $t_{ни.}$:

$$Q_{IIни}^{\delta} = Q_{2.в.}^{\delta} - Q_{Iни}^{\delta}, \text{ кВт} . \quad (59)$$

Расход греющей воды на отопление по формуле:

$$G_0 = \frac{3600 \cdot Q_0}{c \cdot (\tau_{01} - \tau_{02})}, \text{ кг/ч} . \quad (60)$$

Расход нагреваемой воды при балансовой нагрузке на горячее водоснабжение:

$$G_{2.в.}^{\delta} = \frac{Q_{2.в.}^{\delta} \cdot 3600}{c \cdot (t^h - t_c)}, \text{ кг/ч} . \quad (61)$$

Расход нагреваемой воды при максимальной нагрузке:

$$G_{2.в.}^{\text{max.}} = \frac{Q_{hr}^h \cdot 3600}{c \cdot (t^h - t_c)}, \text{ кг/ч} . \quad (62)$$

Расход сетевой воды на абонентский ввод при $Q_{2.в.}^{\delta}$:

$$G_{аб} = G_0 + G_{hm} = \frac{Q_0 \cdot 3600}{c \cdot (\tau_{01} - \tau_{02})} + \frac{Q_{2.в.}^{\delta} \cdot 3600}{c \cdot (\tau_{1ни} - \tau_{02,ни})} \cdot \left(\frac{55 - t_{nни}}{55 - t_c} + 0,2 \right), \text{ кг/ч.} \quad (63)$$

Максимальный часовой расход сетевой воды на абонентский ввод при установке регулятора расхода:

$$G_{аб \max} = 1,1 \cdot G_{аб}, \text{ кг/ч.} \quad (64)$$

Температура греющей воды после I ступени при $Q_{2.в.}^{\delta}$ и $t_{ни}$:

$$\tau_{2,ни} = \tau_{02,ни} - \frac{Q_{Iни}^{\delta} \cdot 3600}{G_{аб} \cdot c}, \text{ }^{\circ}\text{C.} \quad (65)$$

Среднеарифметическая разность температур греющего и нагреваемого теплоносителей в I ступени при $Q_{2.в.}^{\delta}$ и $t_{ни}$:

$$\Delta t_{Iни} = \frac{\Delta t_{\delta I} - \Delta t_{m I}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta I}}{\Delta t_{m I}}}, \text{ }^{\circ}\text{C.} \quad (66)$$

где: $\Delta t_{\delta I}$ и $\Delta t_{m I}$ определяют как разность температур $(\tau_{2,ни} - t_c)$ и $(\tau_{02,ни} - t_{n,ни})$.

Безразмерный параметр подогревателя I ступени:

$$\Phi_I = \frac{Q_{Iни}^{\delta} \cdot 3600}{c \cdot \Delta t_{Iни} \cdot \sqrt{G_{аб} \cdot G_{2.в.}^{\delta}}}. \quad (67)$$

Безразмерная удельная тепловая производительность I ступени при максимальной тепловой нагрузке на горячее водоснабжение Q_{hr}^h :

$$\varepsilon_I = \frac{1}{0,65 + 0,35 \cdot \frac{G_{2.в. \max}}{G_{аб \max}} + \frac{1}{\Phi_I} \cdot \sqrt{\frac{G_{2.в. \max}}{G_{аб \max}}}}. \quad (68)$$

Коэффициент смешения элеватора:

$$U = 1,15 \cdot \frac{\tau_{01} - \tau_3}{\tau_3 - \tau_{02}}. \quad (69)$$

Расчетный коэффициент:

$$U^* = \frac{(1+U) \cdot G_0}{G_{аб}} - 1. \quad (70)$$

Средняя температура воды в нагревательном приборе при $t_{ни}$:

$$\tau_{пр,ни} = \frac{\tau_{02ни} + \tau_{3ни}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C} . \quad (71)$$

Безразмерная характеристика отопительной системы при Q_{hr}^h :

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{\frac{0,5 + U^*}{1 + U^*} + \frac{\tau_{пр,ни} - t_i}{\tau_{1,ни} - \tau_{02,ни}} \cdot \frac{G_{аб\ max}}{G_0}} . \quad (72)$$

Суммарный перепад температур греющей воды в I и II ступенях при Q_{hr}^h :

$$\delta_{\max} = \frac{Q_{hr}^h \cdot 3600}{c \cdot G_{аб\ max}}, \text{ } ^\circ\text{C} . \quad (73)$$

Температура греющей воды после системы отопления при Q_{hr}^h :

$$\tau_{02\ max} = \frac{(\tau_{1ни} - \delta_{\max} - \varepsilon_I \cdot \frac{G_{з.в.\ max}}{G_{аб\ max}} \cdot t_c) \cdot (1 - \varepsilon_0) + t_i \cdot \varepsilon_0}{1 - \varepsilon_I \cdot (1 - \varepsilon_0) \cdot \frac{G_{з.в.\ max}}{G_{аб\ max}}} . \quad (74)$$

Тепловая производительность подогревателя I ступени при Q_{hr}^h и $t_{ни}$:

$$Q_{I\ max} = \varepsilon_I \cdot Q_{hr}^h \cdot \frac{(\tau_{02\ max} - t_c)}{(t_h - t_c)} . \quad (75)$$

Тепловая производительность подогревателя II ступени при Q_{hr}^h :

$$Q_{II\ max} = Q_{hr}^h - Q_{I\ max} . \quad (76)$$

Температура греющей воды на выходе из II ступени при Q_{hr}^h :

$$\tau_{01\ max} = \tau_{1ни} - \frac{Q_{II\ max} \cdot 3600}{c \cdot G_{аб\ max}} . \quad (77)$$

Температура греющей воды после I ступени:

$$\tau_{2 \max} = \tau_{02, \max} - \frac{Q_{I \max} \cdot 3600}{c \cdot G_{аб \max}} \quad (78)$$

Температура нагреваемой воды после I ступени:

$$t_{h \max} = t_c + \frac{Q_{I \max} \cdot 3600}{c \cdot G_{з.в. \max}} \quad (79)$$

Температурный напор I ступени при Q_{hr}^h :

$$\Delta t_{I \max} = \frac{\Delta t_{I \delta \max} - \Delta t_{I м \max}}{\ln \cdot \frac{\Delta t_{I \delta \max}}{\Delta t_{I м \max}}}, \quad (80)$$

где: $\Delta t_{I \delta \max}$ и $\Delta t_{I м \max}$ - большая и меньшая разности температур:

$$(\tau_{2 \max} - t_c), \text{ } ^\circ\text{C} \text{ и } (\tau_{02 \max} - t_{n \max}), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (81)$$

Температурный напор II ступени при Q_{hr}^h :

$$\Delta t_{II \max} = \frac{\Delta t_{II \delta \max} - \Delta t_{II м \max}}{\ln \cdot \frac{\Delta t_{II \delta \max}}{\Delta t_{II м \max}}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (82)$$

где: $\Delta t_{II \delta \max}$ и $\Delta t_{II м \max}$ - разности температур:

$$(\tau_{1,ни} - t^h), \text{ } ^\circ\text{C} \text{ и } (\tau_{01, \max} - t_{n \max}), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (83)$$

Принимая скорость нагреваемой воды в трубках $W_{mp} = 1 \text{ м/с}$, определяют поперечное сечение трубного пространства:

$$f_{mp} = \frac{G_{з.в. \max}}{W_{mp} \cdot \rho \cdot 3600}, \text{ } \text{м}^2, \quad (84)$$

где: ρ – плотность воды, кг/м^3 .

По этой величине подбираем подогреватель по прил.5 или таблице 2.15 [6].

Выписываем технические данные: внутренний диаметр корпуса $D_{вн}$, мм; диаметр трубок $d_n \times \delta$, мм; число трубок Z , шт; площадь поверхности нагрева одной секции F , м²; площадь живого сечения трубок $f_{тр}$, м²; площадь межтрубного пространства $f_{мт}$, м²; коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м · °С); коэффициент загрязнения трубок β по прил.6 или табл.2.16 [6].

Порядок расчета теплообменников приведен ниже при Q_{hr}^h :
Скорость воды в трубках I и II ступеней:

$$W_{mp} = \frac{G_{2.в. max}}{f_{mp} \cdot \rho \cdot 3600}, \text{ м/с}. \quad (85)$$

Скорость воды в межтрубном пространстве I и II ступеней:

$$W_{м.мп} = \frac{G_{аб max}}{f_{м.мп} \cdot \rho \cdot 3600}, \text{ м/с}. \quad (86)$$

Средняя температура греющей воды в I ступени:

$$\tau_{I cp max} = \frac{\tau_{02 max} + \tau_{2 max}}{2}, \text{ °С}. \quad (87)$$

Средняя температура нагреваемой воды в I ступени:

$$t_{I cp max} = \frac{t_c + t_n max}{2}, \text{ °С}. \quad (88)$$

Средняя температура греющей воды во II ступени:

$$\tau_{II cp max} = \frac{\tau_{1 ни} + \tau_{01 max}}{2}, \text{ °С}. \quad (89)$$

Средняя температура нагреваемой воды в II ступени:

$$t_{II cp max} = \frac{t_h + t_n max}{2}, \text{ °С}. \quad (90)$$

Эквивалентный диаметр межтрубного пространства $d_{экв}$ определяется по формуле 29.

Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к трубкам в I ступени:

$$\alpha_{1I} = (1630 + 21 \cdot \tau_{I \text{ cp max}} + 0,041 \cdot \tau_{I \text{ cp max}}^2) \cdot \frac{W_{\text{м.тр.}}^{0.8}}{d_{\text{экв.}}^{0.2}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}). \quad (91)$$

Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к трубкам во II ступени:

$$\alpha_{1II} = (1630 + 21 \cdot \tau_{II \text{ cp max}} + 0,041 \cdot \tau_{II \text{ cp max}}^2) \cdot \frac{W_{\text{м.тр.}}^{0.8}}{d_{\text{экв.}}^{0.2}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}). \quad (92)$$

Коэффициент теплоотдачи от стенок трубок к нагреваемой воде в I ступени:

$$\alpha_{2I} = (1630 + 21 \cdot t_{I \text{ cp max}} + 0,041 \cdot t_{I \text{ cp max}}^2) \cdot \frac{W_{\text{тр.}}^{0.8}}{d_{\text{тр.вн.}}^{0.2}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}). \quad (93)$$

Коэффициент теплоотдачи от стенок трубок к нагреваемой воде во II ступени:

$$\alpha_{2II} = (1630 + 21 \cdot t_{II \text{ cp max}} + 0,041 \cdot t_{II \text{ cp max}}^2) \cdot \frac{W_{\text{тр.}}^{0.8}}{d_{\text{тр.вн.}}^{0.2}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}). \quad (94)$$

Коэффициент теплопередачи I ступени:

$$K_I = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_{1I}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{2I}}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}). \quad (95)$$

Коэффициент теплопередачи II ступени:

$$K_{II} = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_{1II}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{2II}}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}). \quad (96)$$

Поверхность нагрева I ступени:

$$F_I = \frac{Q_{I \text{ max}}}{K_I \cdot \Delta t_{I \text{ max}}}, \text{ м}^2. \quad (97)$$

Поверхность нагрева II ступени:

$$F_{II} = \frac{Q_{II \text{ max}}}{K_{II} \cdot \Delta t_{II \text{ max}}}, \text{ м}^2. \quad (98)$$

Число секций I ступени:

$$n_I = \frac{F_I}{F}, \text{ шт.} \quad (99)$$

Число секций II ступени:

$$n_{II} = \frac{F_{II}}{F}, \text{ шт.} \quad (100)$$

Расчет теплообменника горячего водоснабжения при параллельной схеме включения производят по методике, приведённой в литературе [3, 6].

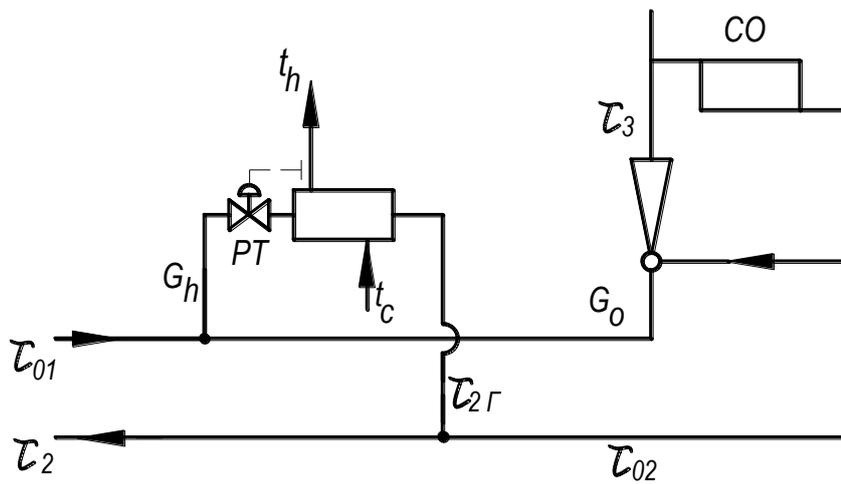


Рис.5. Принципиальная параллельная схема

6. РАСЧЁТ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ ПО СОВМЕЩЁННОЙ НАГРУЗКЕ

При температуре наружного воздуха в точке излома температурного графика $t_{ни}$ и $Q_{2.в.}^{\delta}$ (формула 52) температуры сетевой воды в подающей и обратной линии тепловой сети $\tau_{01,ни}$ и $\tau_{02,ни}$ рассчитаны в разделе 3 по формулам 9 и 15.

Суммарный перепад (снижение) температур сетевой воды в первой и второй ступенях подогрева δ будет постоянным при $t_{нк} \geq t_n \geq t_0$ и $Q_{2.в.}^{\delta}$, он рассчитан в разделе 5 по формуле 54.

Перепад температур греющей воды в I ступени при $t_{ни}$, $\delta_{I,ни}$ рассчитан по формуле 55.

Температура воды в подающей трубе при повышенном графике в точке излома $\tau_{1,ни}$ определена по формуле 57.

Рассчитаем температуру воды в обратном трубопроводе при повышенном графике в точке излома по формуле:

$$\tau_{2,ни} = \tau_{02,ни} - \delta_{I,ни}. \quad (101)$$

$$\begin{aligned} \text{При } t_{нк} \quad \tau_{1,нк} &= \tau_{1,ни}; \\ \tau_{2,нк} &= \tau_{2,ни}. \end{aligned}$$

При всех $t_{нк} > t_n \geq t_0$ снижение температуры сетевой воды в нижней ступени при t_n определяется по формуле:

$$\delta_I = \delta_{I,ни} \cdot \frac{\tau_{02} - t_c}{\tau_{02,ни} - t_c}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (102)$$

Повышение температуры сетевой воды во II ступени при t_n :

$$\delta_{II} = \delta - \delta_I. \quad (103)$$

Температуры сетевой воды в подающей и обратной линии при регулировании по совмещенной нагрузке при t_n :

$$\tau_1 = \tau_{01} + \delta_{II}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (104)$$

$$\tau_2 = \tau_{02} - \delta_I, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (105)$$

Результаты расчета сводим в таблицу 3.

Таблица 3

Регулирование отпуска теплоты по совмещенной нагрузке
отопления и горячего водоснабжения

Наименование	Размерность	Температура наружного воздуха, °С			
		t_0	t_{om}	$t_{ни}$	$t_{нк}$
$Q_{г.в.}^{\delta}$	МВт				
δ	°С				
δ_I	°С				
δ_{II}	°С				
τ_{01}	°С				
τ_1	°С				
τ_{02}	°С				
τ_2	°С				

По данным таблицы 3 строим графики:

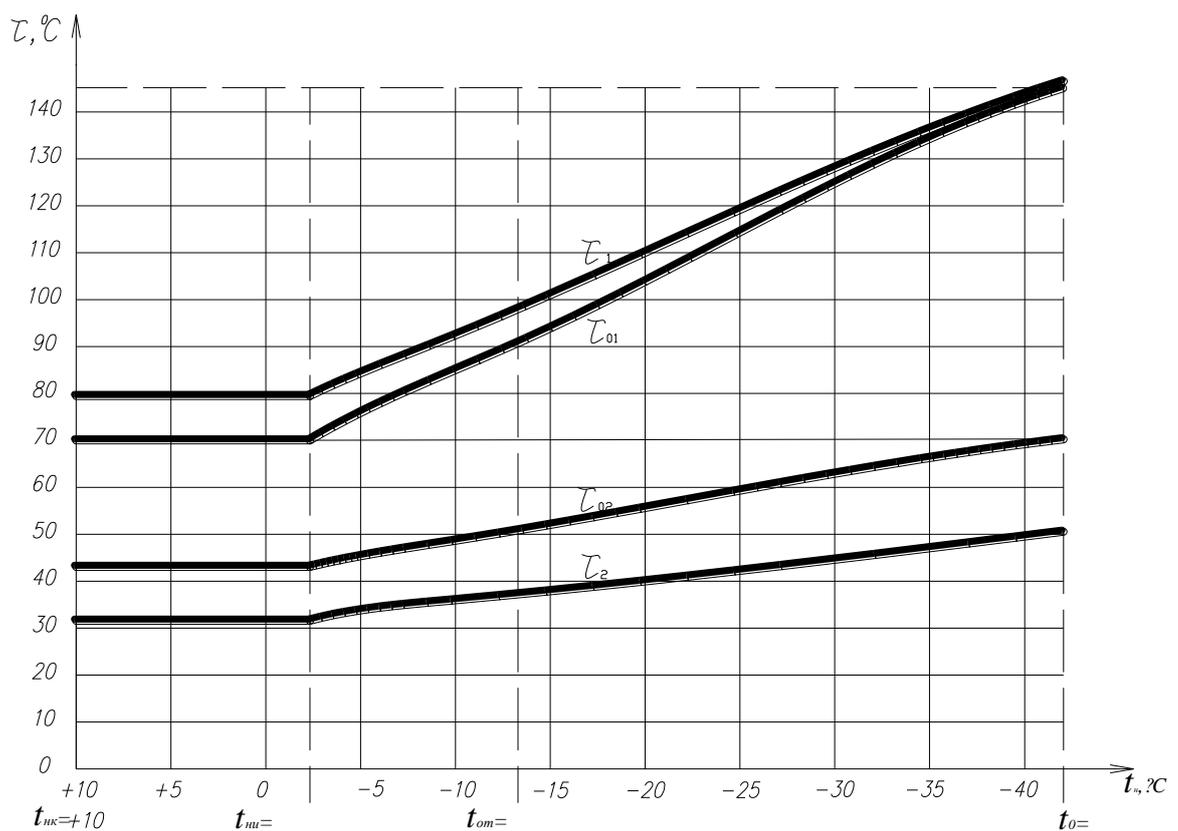


Рис.6. Графики регулирования отпуска теплоты по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения («повышенный» температурный график)

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕКУНДНЫХ РАСХОДОВ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Максимальный секундный расход горячей воды на участке сети

$$q^h = 5q_o^h \cdot \alpha \quad (106)$$

где: α - коэффициент, значение которого зависит от произведения $N \cdot P^h$ и определяется по прил.2 или прил.2 [8].

Диаметры трубопроводов подбирают по прил.7 при известном расходе воды и допускаемой скорости воды в разводящих трубах до 1,5 м/с и подводках к приборам – не более 2,5 м/с (с учетом зарастания труб). По расходу воды и подобранным диаметрам труб находят фактическую скорость воды и фактические удельные потери давления на трение на участках (прил.7). Диаметры трубопроводов на стояке принимают неизменными по стояку. Результаты записывают в таблицу 4.

Таблица 4

Секундные расходы воды

№ участка	P^h	N	$N \cdot P^h$	α	q^h , л/с	d_y , мм	ω , м/с	i
1	2	3	4	5	6	7	8	9

8. РАСЧЕТ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ РАСХОДОВ В СИСТЕМЕ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Для поддержания минимально допустимой температуры воды у водоразборных точек:

- а) для закрытой системы теплоснабжения, 50 °С;
- б) для открытой, 60 °С;

в системах горячего водоснабжения предусматривают циркуляцию.

При одинаковых сопротивлениях секционных узлов определяют потери теплоты и необходимый циркуляционный расход для наиболее удаленного от подогревателя ЦТП водозаборного узла.

Потери теплоты подающими трубопроводами всего узла:

$$Q^{ht} = \sum_1^i Q_i \cdot l_i, \text{ Вт}, \quad (107)$$

где: Q_i – потери теплоты 1м трубопровода данного диаметра, Вт/м, прил.8 или табл.10.4 [7];

l_i – длина участка данного диаметра, м.

Циркуляционный расход для узла:

$$q^{cir} = \beta \cdot \frac{Q^{ht}}{10^3 \cdot \Delta t \cdot c}, \quad \text{л/с}, \quad (108)$$

где: β – коэффициент разрегулировки циркуляции, $\beta=1.3$ п.8.2 [8];

Δt – остывание воды в стояке при циркуляционном расходе, выше четырех этажей, $\Delta t = 8,5$ °С;

c – теплоемкость воды, $C = 4,189$ кДж/кг °С.

При однотипных водоразборных узлах расход циркуляционной воды на участке определяется как произведение расхода циркуляционной воды в дальнем узле на число водоразборных узлов, присоединенных к этому участку.

9. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ РАЗВОДЯЩИХ ТРУБОПРОВОДОВ ГЛАВНОЙ ВЕТВИ

В циркуляционных системах расчетные расходы воды на головных участках подающего трубопровода до первого узла определяют с учетом циркуляционного расхода по формуле п.8.1 [8];

$$q^{h,cir} = q^h (1 + k_{cir}), \quad (109)$$

где: q^h – расход воды на участке, л/с;

k_{cir} – коэффициент, учитывающий увеличение расхода воды на участке головного трубопровода вследствие работы циркуляционного насоса; принимают по прил.9 или прил.5 [8].

Гидравлический расчет участков главной ветви с определением потерь напора выполняют по формуле:

$$H = i \cdot l (1 + k_\ell), \quad (110)$$

где i – удельные потери напора, учитывающие зарастание труб накипью и шламом, Па/м, (приложение 7);

l – длина расчетного участка, м;

k_ℓ – коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях, п. 8.3 [8].

Результаты расчета сводят в табл.5.

Таблица 5

Гидравлический расчет подающих трубопроводов главной ветви при расчетном расходе

№ участка	q^h , л/с	q^{cir} , л/с	k_{cir}	$q^{h,cir}$, л/с	d_y , мм	V , м/с	i , Па/м	l , м	k_ℓ	$H_{уч}$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

10. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Расчет магистральных циркуляционных трубопроводов производят после определения расходов воды через отдельные водоразборные узлы. Сначала определяют циркуляционный расход для наиболее удаленного секционного узла (ф.108), принимая значения Q^{ht} равным потерям теплоты подающими трубопроводами всего узла или по приложению 10 (табл.10.6 [7]). В настоящее время, как правило, циркуляционные стояки могут быть одинаковыми в каждом здании (создаются условия для индустриализации работ). Искомые расходы воды по отдельным узлам зависят от принятой степени раскрытия пьезометров:

$$\beta = \frac{H_{cir}^{h+cir}}{H_{uz,cir}}, \quad (111)$$

где: H_{cir}^{h+cir} - потери напора в разводящих трубопроводах между крайними узлами ветви, м;

$H_{uz,cir}$ - потери напора в дальнем водоразборном узле, м.

Оптимальное значение параметра β колеблется от 0,8 до 1,6.

Разность напоров между подающим и циркуляционным трубопроводами в точках присоединения к ним того или иного водоразборного узла и расход воды через присоединяемый узел определяют по формулам:

$$\square H_{cir,i}^{h+cir} = \left(1 + \beta \frac{l_i}{l_0}\right) \cdot H_{uz,cir}; \quad (112)$$

$$q_{uz,i}^{cir} = q_{uz}^{cir} \sqrt{1 + \beta \frac{l_i}{l_0}}, \quad (113)$$

где: $H_{uz,cir}$ - потери напора в дальнем водоразборном узле, м;

q_{uz}^{cir} - расход циркуляционной воды в дальнем водоразборном узле, л/с;

β - параметр, $\beta = 0,8 \div 1,6$;

l_i - длина трубопровода от дальнего узла до места присоединения i -го узла, м;

l_0 - длина трубопровода между крайними узлами ветви.

Циркуляционные расходы для остальных узлов системы будут всегда больше, чем для наиболее удалённого, так как разность давлений в точках присоединения секционных узлов к подающему и циркуляционному теп-

лопроводом будет увеличиваться по мере приближения секционных узлов к циркуляционному насосу.

Для предварительной оценки общего расхода циркуляционной воды в системе можно использовать формулу:

$$q^{cir} \approx (1 + 0,21\beta) \sum_1^i q_{uz,i}^{cir} \cdot M_i, \quad (114)$$

где: $\sum_1^i q_{uz,i}^{cir} \cdot M_i$ - сумма произведений циркуляционного расхода воды по дальнему узлу отдельного здания (см. ф.108 или приложение 10, табл.10.6 [7]) на число одинаковых узлов.

Для определения диаметров циркуляционного трубопровода между крайними узлами дальней ветви находят располагаемое удельное падение напора на трение:

$$i^{cir} = H_{cir}^{h+cir} \cdot \frac{1-b}{l_0(1+k_\ell)}, \text{ м/м}, \quad (115)$$

где: H_{cir}^{h+cir} - принятое падение напора по магистральным трубопроводам дальней ветви между крайними водоразборными узлами, м;

b – коэффициент, учитывающий потери напора по подающему трубопроводу при пропуске через него циркуляционного расхода воды, $b=0,1 \div 0,15$;

k_ℓ - коэффициент местных сопротивлений, $k_\ell = 0,2$.

Диаметр циркуляционных трубопроводов между крайними водоразборными узлами принимают по прил.7 по i^{cir} и циркуляционному расходу, равному сумме циркуляционных расходов по узлам, присоединённым к данному участку.

Диаметры труб головных участков циркуляционных трубопроводов по циркуляционному расходу воды и скорости воды до 3 м/с.

Для подбора циркуляционного насоса проводят гидравлический расчёт циркуляционного кольца главной ветви при циркуляционном расходе.

Потери напора определяют по формуле:

$$H_{cir} = i^{cir} \cdot \ell \cdot (1 + k_\ell), \quad (116)$$

где: i^{cir} - удельные потери напора в подающих и циркуляционных трубопроводах при циркуляционном расходе.

Таблица 6

Гидравлический расчет главной ветви при циркуляционном расходе

№ участ- ков	q^{cir} л/с	d_y мм	i^{cir} Па/м	V м/с	l м	k_ℓ	H_{cir} Па
1	2	3	4	5	6	7	8

$$\sum \overline{H^{cir}} = \text{м}$$

11. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Потери напора нагреваемой воды в трубном пространстве обеих ступеней подогревателя определяют по формуле:

$$H_{I+II} = X \cdot m \cdot W_{mp}^2 \cdot (n_I + n_{II}), \quad \text{м.} \quad (117)$$

где: X- коэффициент, учитывающий потери давления за счёт зарастания накипью, при одной чистке водонагревателя в год $X=4$;

m-коэффициент гидравлического трения одной секции, при длине секции $\ell = 4\text{м}$, $m = 0,75$.

12. ПОДБОР ВОДОМЕРА ДЛЯ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Водомер устанавливают в ЦТП на холодном водопроводе перед I ступенью подогрева.

Водомеры подбирают по эксплуатационному расходу воды, равному определенному расходу $g^h \text{ м}^3/\text{ч}$, прил.11 или табл.5.1 [7].

При расчетном максимальном расходе воды до 15 м^3 устанавливают крыльчатые счетчики, турбинные – при большем расходе.

Потери напора в счетчике

$$H_{вод.} = S \cdot (g^h)^2, \quad \text{м,} \quad (118)$$

где: S – сопротивление счётчика, $\frac{\text{м}}{(\text{м}^3/\text{ч})^2}$, (прил.11 или табл. 5.1);

g^h - мгновенный (секундный) расход горячей воды в системе, л/с.

Потери напора в крыльчатых счетчиках не должны превышать 2,5 м; в турбинных- 1 м.

13. ТРЕБУЕМЫЙ НАПОР ХОЛОДНОГО ВОДОПРОВОДА НА ВВОДЕ В ЦТП

Требуемый напор холодного водопровода на вводе в ЦТП составит:

$$H_{тр} = H_{geom.} + H_{I+II} + H_n + H_{вод.} + H_{св} \quad , \quad \text{м} , \quad (119)$$

где: $H_{geom.}$ - геометрическая высота душевой сетки верхнего этажа здания над уровнем водопроводного ввода в ЦТП, м;

H_n - потери напора в подающих трубопроводах главной ветви при расчетном расходе, м;

$H_{св}$ - свободный напор на излив, прил.12 или прил.2 [8], м.

На практике гарантированный напор в водопроводе может оказаться меньше требуемого. В этом случае устанавливают специальные повысительные насосы.

14. ПОДБОР ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ

Циркуляционные насосы устанавливают на циркуляционной линии.

Напор циркуляционного насоса $H_{ц} = \Sigma H^{cir} + H_{II}^{cir}$, м,

где: ΣH^{cir} - потери напора в подающих и циркуляционных трубопроводах главной ветви при циркуляционном расходе, м.

H_{II}^{cir} - потери напора во второй ступени подогрева при циркуляционном расходе, м.

При расчетном расходе горячей воды потери напора во II ступени:

$$H_{II} = \frac{H_{I+II} \cdot n_{II}}{(n_I + n_{II})} \quad , \quad \text{м} . \quad (120)$$

Потери напора при циркуляционном расходе во II ступени подогрева

$$N_{II}^{cir} = N_{II} \cdot \left(\frac{g^{cir}}{g^{h,cir}} \right)^2, \text{ м.} \quad (121)$$

Производительность циркуляционного насоса равна циркуляционному расходу g^{cir} л/с.

Число насосов не менее 2, один- резервный. Рабочие могут подключаться по параллельной или последовательной схеме.

15. ЦЕНТРАЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ

В общей системе теплоснабжения тепловой пункт имеет важное значение как для тепловой сети (распределение теплоносителя) так и для внутренних систем потребителя (регулирование температуры и расхода).

Центральные тепловые пункты должны размещаться на границах между магистральными и распределительными сетями. В курсовой работе номер магистральной камеры, к которой должно быть присоединено ЦТП указывается заданием. Центральный тепловой пункт, расположенный в жилом микрорайоне при теплоснабжении от ТЭЦ и крупных котельных позволяет сосредоточить все наиболее дорогостоящее и требующее систематического наблюдения оборудование в удобных для обслуживания отдельно стоящих зданиях. Благодаря этому местные тепловые пункты в зданиях значительно упрощаются.

С помощью центральных тепловых пунктов решается управление тепловыми сетями и системами теплоснабжения в целом, а также обеспечивается правильное использование теплоносителя, поступающего из магистралей в распределительные сети. Здания общественного назначения, размещаемые в жилых микрорайонах – школы, детские учреждения должны иметь самостоятельные тепловые пункты, оборудованные регуляторами.

Распределительные тепловые сети при ЦТП в жилых микрорайонах могут сооружаться двух-, трех- и четырехтрубными при закрытой системе теплоснабжения, при открытой – двух- и трехтрубными.

На рисунке 7 показана схема центрального теплового пункта для жилого микрорайона. Главными элементами такого пункта являются: подогреватели горячего водоснабжения первой и второй ступеней, циркуляционно-подкачивающие насосы, узлы контроля и учета теплоты.

Одним из ключевых вопросов при проектировании центральных тепловых пунктов является применение баков-аккумуляторов. Аккумуля-

торы снижают расход сетевой воды, диаметры трубопроводов сети, расчетную тепловую нагрузку подогревателей горячего водоснабжения. Стоимость подогревателей уменьшается, так как снижается поверхность нагрева. Сообщенные с атмосферой баки, кроме того, обеспечивают частичную деаэрацию подогретой воды. Применение баков-аккумуляторов горячей воды является правильным решением также при напряженном балансе холодной воды в городе.

В жилых микрорайонах здания тепловых пунктов должны сооружаться отдельно стоящими, их объемно-планировочные решения должны удовлетворять требования СНиП на проектирование производственных зданий. При привязке таких зданий в микрорайоне необходимо учитывать то, что работающие в них насосы являются источниками шума, поэтому минимальное расстояние от них до жилых зданий составляет не менее 25 м. Эти здания должны быть типовыми, могут сооружаться из легких сборных конструкций либо из кирпича (за исключением силикатного). Оконные проемы должны быть минимальными и защищаться металлическими сетками.

При четырехтрубной схеме распределительных тепловых сетей непосредственно в зданиях монтируются элеваторные узлы для систем отопления, а групповая система горячего водоснабжения выполняется секционированной.

К основному оборудованию тепловых пунктов относятся центробежные и водоструйные (элеваторы) насосы, водо-водяные подогреватели, грязевики, баки-аккумуляторы, деаэраторы. Широкое применение в тепловых пунктах имеют приборы контроля и регулирования, различная арматура, а также трубы и тепловая изоляция.

Подогреватели в тепловых пунктах до последнего времени применяются почти исключительно трубчатого типа с латунными трубками. В последнее время получены результаты применения разборных пластинчатых подогревателей (теплообменников). Основные размеры таких подогревателей приведены в табл. 24.3 [5].

Элеваторы благодаря простоте устройства и обслуживания получили широкое применение в водяных сетях для присоединения систем отопления. Лучшими считаются стальные элеваторы конструкции ВТИ-Теплосеть Мосэнерго. Основные размеры элеваторов приведены в табл. 24.4 [5].

В тепловых пунктах наиболее часто применяются насосы типа К и КМ. Параметры указанных насосов одинаковы и приведены в табл. 24.5 [5].

Грязевики применяются в тепловых пунктах на подающих трубах для защиты местных установок и систем от посторонних предметов, попадающих в наружные трубопроводы при их монтаже. На обратных трубах – перед водомерами. Предохраняя от заноса посторонними предметами, грязевик вместе с тем не должен создавать больших дополнительных потерь давления.

Трубы для монтажа коммуникаций в тепловых пунктах применяются бесшовные из стали 10 и 20. Толщины стенок труб должны учитывать приварку фланцев. Для сетей горячего водоснабжения должны применяться оцинкованные стальные трубы.

Трубы и арматура должны быть покрыты тепловой изоляцией.

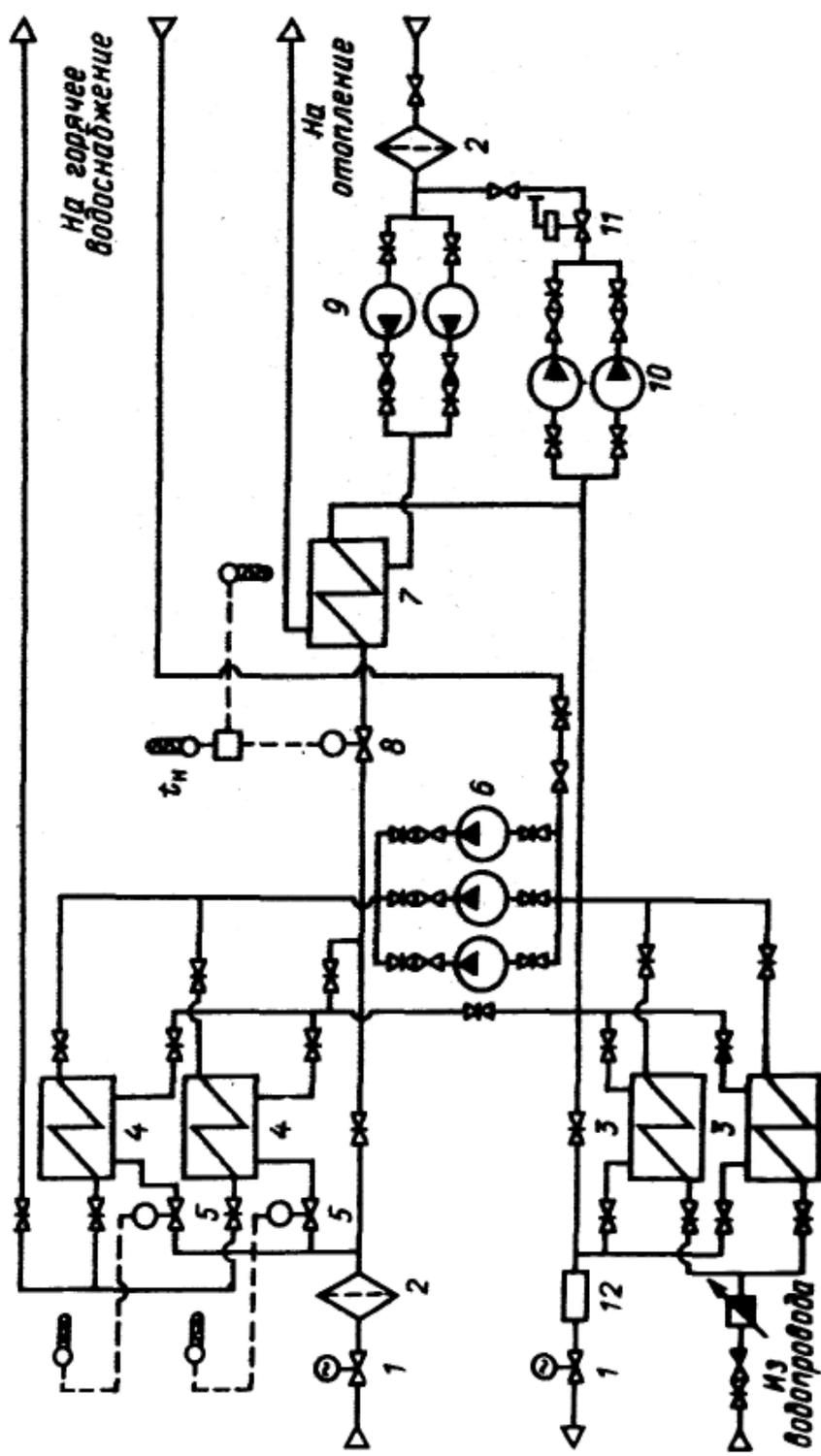


Рис.7. Схема центрального теплового пункта для жилого микрорайона:

1— задвижки с электроприводом; 2 — грязевик; 3, 4 — подогреватели горячего водоснабжения первой и второй ступеней; 5 — регуляторы температуры воды; 6 — циркуляционно-подкачивающие насосы; 7 — подогреватель отопления; 8 — регулятор температуры воды для отопления (работает от датчика температуры наружного воздуха); 9 — циркуляционные насосы сети отопления; 10 — подпиточные насосы для сети отопления; 11 — регулятор давления; 12 — теплосчетчик

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Норма расхода воды потребителями

Водопотребители	Измеритель	Норма расхода воды, л						Расход воды прибором, л/с (л/ч)	
		в средние сутки		в сутки наибольшего водопотребления		в час наибольшего водопотребления		общий (холодный и горячей) $q_0^{tot} (q_{0,hr}^{tot})$	холодной или горячей q_0^c, q_0^h $(q_{0,hr}^c, q_{0,hr}^h)$
		общая (в том числе горячей) $q_{u,m}^{tot}$	горячей $q_{u,m}^h$	общая (в том числе горячей) q_u^{tot}	горячей q_u^h	общая (в том числе горячей) $q_{hr,u}^{tot}$	Горячей $q_{hr,u}^h$		
1. Жилые дома квартирного типа: с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками и душами с сидячими ваннами, оборудованными душами с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными высотой св. 12 этажей с централизованным горячим водоснабжением и повышенными требованиями к их благоустройству	"	195	85	230	100	12,5	7,9	0,2 (100)	0,14 (60)
	"	230	90	275	110	14,3	9,2	0,3 (300)	0,2 (200)
	"	250	105	300	120	15,6	10	0,3 (300)	0,2 (200)
	1 жилитель	360	115	400	130	20	10,9	0,3 (300)	0,2 (200)
2. Общежития: с общими душевыми	То же	85	50	100	60	10,4	6,3	0,2 (100)	0,14 (60)
	"	110	60	120	70	12,5	8,2	0,12-0,2 (100)	0,14 (60)
	"	140	80	160	90	12	7,5	0,2 (100)	0,14 (60)
3. Гостиницы, пансионаты и мотели с общими ваннами и душами.	"	120	70	120	70	12,5	8,2	0,3 (300)	0,2 (200)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Значения коэффициентов α (α_{hr}) при P (Phr) $\leq 0,1$ и любом числе N , а также при P (Phr) $\leq 0,1$ и числе $N > 200$

<i>NP или NP_{hr}</i>	<i>α или α_{hr}</i>								
Менее 0,015	0,200	0,080	0,318	0,41	0,617	1,85	1,372	6,8	3,149
0,015	0,202	0,082	0,320	0,42	0,624	1,90	1,394	6,9	3,181
0,016	0,205	0,084	0,323	0,43	0,631	1,95	1,416	7,0	3,212
0,017	0,207	0,086	0,326	0,44	0,638	2,00	1,437	7,1	3,244
0,018	0,210	0,088	0,328	0,45	0,645	2,1	1,479	7,2	3,275
0,019	0,212	0,090	0,331	0,46	0,652	2,2	1,521	7,3	3,307
0,020	0,215	0,092	0,333	0,47	0,658	2,3	1,563	7,4	3,338
0,021	0,217	0,094	0,336	0,48	0,665	2,4	1,604	7,5	3,369
0,022	0,219	0,096	0,338	0,49	0,672	2,5	1,644	7,6	3,400
0,023	0,222	0,098	0,341	0,50	0,678	2,6	1,684	7,7	3,431
0,024	0,224	0,100	0,343	0,52	0,692	2,7	1,724	7,8	3,462
0,025	0,226	0,105	0,349	0,54	0,704	2,8	1,763	7,9	3,493
0,026	0,228	0,110	0,355	0,56	0,717	2,9	1,802	8,0	3,524
0,027	0,230	0,115	0,361	0,58	0,730	3,0	1,840	8,1	3,555
0,028	0,233	0,120	0,367	0,60	0,742	3,1	1,879	8,2	3,585
0,029	0,235	0,125	0,373	0,62	0,755	3,2	1,917	8,3	3,616
0,030	0,237	0,130	0,378	0,64	0,767	3,3	1,954	8,4	3,646
0,031	0,239	0,135	0,384	0,66	0,779	3,4	1,991	8,5	3,677
0,032	0,241	0,140	0,389	0,68	0,791	3,5	2,029	8,6	3,707
0,033	0,243	0,145	0,394	0,70	0,803	3,6	2,065	8,7	3,738
0,034	0,245	0,150	0,399	0,72	0,815	3,7	2,102	8,8	3,768
0,035	0,247	0,155	0,405	0,74	0,826	3,8	2,138	8,9	3,798
0,036	0,249	0,160	0,410	0,76	0,838	3,9	2,174	9,0	3,828
0,037	0,250	0,165	0,415	0,78	0,849	4,0	2,210	9,1	3,858
0,038	0,252	0,170	0,420	0,80	0,860	4,1	2,246	9,2	3,888
0,039	0,254	0,175	0,425	0,82	0,872	4,2	2,281	9,3	3,918
0,040	0,256	0,180	0,430	0,84	0,883	4,3	2,317	9,4	3,948
0,041	0,258	0,185	0,435	0,86	0,894	4,4	2,352	9,5	3,978
0,042	0,259	0,190	0,439	0,88	0,905	4,5	2,386	9,6	4,008
0,043	0,261	0,195	0,444	0,90	0,916	4,6	2,421	9,7	4,037
0,044	0,263	0,20	0,449	0,92	0,927	4,7	2,456	9,8	4,067
0,045	0,265	0,21	0,458	0,94	0,937	4,8	2,490	9,9	4,097
0,046	0,266	0,22	0,467	0,96	0,948	4,9	2,524	10,0	4,126
0,047	0,268	0,23	0,476	0,98	0,959	5,0	2,558	10,2	4,185
0,048	0,270	0,24	0,485	1,00	0,969	5,1	2,592	10,4	4,244
0,049	0,271	0,25	0,493	1,05	0,995	5,2	2,626	10,6	4,302
0,050	0,273	0,26	0,502	1,10	1,021	5,3	2,660	10,8	4,361
0,052	0,276	0,27	0,510	1,15	1,046	5,4	2,693	11,0	4,419
0,054	0,280	0,28	0,518	1,20	1,071	5,5	2,726	11,2	4,477
0,056	0,283	0,29	0,526	1,25	1,096	5,6	2,760	11,4	4,534
0,058	0,286	0,30	0,534	1,30	1,120	5,7	2,793	11,6	4,592
0,060	0,289	0,31	0,542	1,35	1,144	5,8	2,826	11,8	4,649
0,062	0,292	0,32	0,550	1,40	1,168	5,9	2,858	12,0	4,707
0,064	0,295	0,33	0,558	1,45	1,191	6,0	2,891	12,2	4,764
0,065	0,298	0,34	0,565	1,50	1,215	6,1	2,924	12,4	4,820
0,068	0,301	0,35	0,573	1,55	1,238	6,2	2,956	12,6	4,877
0,070	0,304	0,36	0,580	1,60	1,261	6,3	2,989	12,8	4,934
0,072	0,307	0,37	0,588	1,65	1,283	6,4	3,021	13,0	4,990
0,074	0,309	0,38	0,595	1,70	1,306	6,5	3,053	13,2	5,047
0,076	0,312	0,39	0,602	1,75	1,328	6,6	3,085	13,4	5,103
0,078	0,315	0,40	0,610	1,80	1,350	6,7	3,117	13,6	5,159

Продолжение приложения 2

<i>NP или NP_{hr}</i>	<i>α или α_{hr}</i>								
13,8	5,215	31,5	9,832	67	18,32	142	35,41	325	75,72
14,0	5,270	32,0	9,957	68	18,55	144	35,86	330	76,80
14,2	5,326	32,5	10,08	69	18,79	146	36,31	335	77,88
14,4	5,382	33,0	10,20	70	19,02	148	36,76	340	78,96
14,6	5,437	33,5	10,33	71	19,25	150	37,21	345	80,04
14,8	5,492	34,0	10,45	72	19,48	152	37,66	350	81,12
15,0	5,547	34,5	10,58	73	19,71	154	38,11	355	82,20
15,2	5,602	35,0	10,70	74	19,94	156	38,56	360	83,28
15,4	5,657	35,5	10,82	75	20,18	158	39,01	365	84,36
15,6	5,712	36,0	10,94	76	20,41	160	39,46	370	85,44
15,8	5,767	36,5	11,07	77	20,64	162	39,91	375	86,52
16,0	5,821	37,0	11,19	78	20,87	164	40,35	380	87,60
16,2	5,876	37,5	11,31	79	21,10	166	40,80	385	88,67
16,4	5,930	38,0	11,43	80	21,33	168	41,25	390	89,75
16,6	5,984	38,5	11,56	81	21,56	170	41,70	395	90,82
16,8	6,039	39,0	11,68	82	21,69	172	42,15	400	91,90
17,0	6,093	39,5	11,80	83	22,02	174	42,60	405	92,97
17,2	6,147	40,0	11,92	84	22,25	176	43,05	410	94,05
17,4	6,201	40,5	12,04	85	22,48	178	43,50	415	95,12
17,6	6,254	41,0	12,16	86	22,71	180	43,95	420	96,20
17,8	6,308	41,5	12,28	87	22,94	182	44,40	425	97,27
18,0	6,362	42,0	12,41	88	23,17	184	44,84	430	98,34
18,2	6,415	42,5	12,53	89	23,39	186	45,29	435	99,41
18,4	6,469	43,0	12,65	90	23,62	188	45,74	440	100,49
18,6	6,522	43,5	12,77	91	23,85	190	46,19	445	101,56
18,8	6,575	44,0	12,89	92	24,08	192	46,64	450	102,63
19,0	6,629	44,5	13,01	93	24,31	194	47,09	455	103,70
19,2	6,682	45,0	13,13	94	24,54	196	47,54	460	104,77
19,4	6,734	45,5	13,25	95	24,77	198	47,99	465	105,84
19,6	6,788	46,0	13,37	96	24,99	200	48,43	470	106,91
19,8	6,840	46,5	13,49	97	25,22	205	49,49	475	107,98
20,0	6,893	47,0	13,61	98	25,45	210	50,59	480	109,05
20,5	7,025	47,5	13,73	99	25,68	215	51,70	485	110,11
21,0	7,156	48,0	13,85	100	25,91	220	52,80	490	111,18
21,5	7,287	48,5	13,97	102	26,36	225	53,90	495	112,25
22,0	7,417	49,0	14,09	104	26,82	230	55,00	500	113,32
22,5	7,547	49,5	14,20	106	27,27	235	56,10	505	114,38
23,0	7,677	50	14,32	108	27,72	240	57,19	510	115,45
23,5	7,806	51	14,56	110	28,18	245	58,29	515	116,52
24,0	7,935	52	14,80	112	28,63	250	59,38	520	117,58
24,5	8,064	53	15,04	114	29,09	255	60,48	525	118,65
25,0	8,192	54	15,27	116	29,54	260	61,57	530	119,71
25,5	8,320	55	15,51	118	29,89	265	62,66	535	120,78
26,0	8,447	56	15,74	120	30,44	270	63,75	540	121,84
26,5	8,575	57	15,98	122	30,90	275	64,85	545	122,91
27,0	8,701	58	16,22	124	31,35	280	65,94	550	123,97
27,5	8,828	59	16,45	126	31,80	285	67,03	555	125,04
28,0	8,955	60	16,69	128	32,25	290	68,12	560	126,10
28,5	9,081	61	16,92	130	32,70	295	69,20	565	127,16
29,0	9,207	62	17,15	132	33,15	300	70,29	570	128,22
29,5	9,332	63	17,39	134	33,60	305	71,38	575	129,29
30,0	9,457	64	17,62	136	34,06	310	72,46	580	130,35
30,5	9,583	65	17,85	138	34,51	315	73,55	585	131,41
31,0	9,707	66	18,09	140	34,96	320	74,63	590	132,47

Продолжение приложения 2

<i>NP</i> или <i>NP_{hr}</i>	<i>α</i> или <i>α_{hr}</i>								
595	133,54	660	147,31	725	161,06	790	174,76	910	200,00
600	134,60	665	148,37	730	162,11	795	175,82	920	202,10
605	135,66	670	149,43	735	163,17	800	176,87	930	204,20
610	136,72	675	150,49	740	164,22	810	178,98	940	206,30
615	137,78	680	151,55	745	165,28	820	181,08	950	208,39
620	138,84	685	152,6	750	166,33	830	183,19	960	210,49
625	139,90	690	153,66	755	167,39	840	185,29	970	212,59
630	140,96	695	154,72	760	168,44	850	187,39	980	214,68
635	142,02	700	155,77	765	169,50	860	189,49	990	216,78
640	143,08	705	156,83	770	170,55	870	191,60	1000	218,87
645	144,14	710	157,89	775	171,60	880	193,70	1250	271,14
650	145,20	715	158,94	780	172,66	890	195,70	1600	343,90
655	146,25	720	160,00	785	173,71	900	197,90	2000	426,80

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Значение коэффициента тепловых потерь трубопроводами

Тип системы горячего водоснабжения	Значение K_T	
	при наличии наружных распределительных сетей горячего водоснабжения от ЦТП	без наружных распределительных сетей горячего водоснабжения
Без полотенцесушителей с изолированными стояками	0,15	0,1
С полотенцесушителями и изолированными стояками	0,25	0,2
С полотенцесушителями и неизолированными стояками	0,35	0,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Укрупненные показатели максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м² общей площади, q_0 Вт

Этажность жилой постройки	Характеристика зданий	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_0, ^\circ\text{C}$										
		-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55
Для постройки после 1985 г.												
1-2	По новым типовым проектам	145	152	159	166	173	177	180	187	194	200	208
3-4		74	80	86	91	97	101	103	109	116	123	130
5 и более		65	67	70	73	81	87	87	95	100	102	108

**Основные размеры и технические характеристик
водо-водяных подогревателей**

Обозначение	D_H , мм	D_{BH} , мм	L , мм	l , мм	Чис ло тру- бок Z	Площадь поверх- ности нагрева F , м ²	Площадь живого сечения, м ²	
							трубок f , тр	межтруб- ного про- странства f , мТ
01ОСТ 34-588-68* 1-57X2000-Р** ПВ-z-01***	57	50	2220 2268 2220	70 200 70	4	0,37	0,00062	0,00116
02ОСТ 34-588-68 2-57X4000-Р ПВ-z-02	57	50	4220 4268 4220	70 200 70	4	0,75	0,00062	0,00116
03ОСТ 34-588-68 3-76X2000-Р ПВ-z-03	76	69	2300 2296 2300	80 200 80	7	0,965	0,00108	0,00233
04ОСТ 34-588-68 4-76X4000-Р ПВ-z-04	76	69	4300 4296 4300	80 200 80	7	1,31	0,00108	0,00233
05ОСТ 34-588-68 5-89X2000-Р ПВ-z-05	89	82	2340 2410 2340	85 200 85	12	1,11	0,00185	0,00287
06ОСТ 34-588-68 6-89X4000-Р ПВ-z-06	89	82	4340 4410 4340	85 200 85	12	2,24	0,00185	0,00287
07ОСТ 34-588-68 7-114X2000-П ПВ-z-07	114	106	2424 2420 2424	90 200 90	19	1,76	0,0029	0,005
08ОСТ 34-588-68 8-114X4000-Р ПВ-z-08	114	106	4424 4420 4424	90 200 90	19	3,54	0,00293	0,005
09ОСТ 34-488-68 9-168X2000-Р ПВ-z-09	168	158	2620 2718 2620	142 200 242	37	3,4	0,0057	0,0122
10ОСТ 34-588-68 10-168X4000-Р ПВ-z-10	168	158	4620 4718 4620	142 200 242	37	6,9	0,0057	0,0122
11ОСТ 34-588-68 11-219X2000-Р ПВ-z-11	219	207	2832 2930 2832	154 200 154	64	5,89	0,00985	0,02079
12ОСТ 32-588-68 12-219X4000-Р ПВ-z-12	219	207	4832 4930 4832	154 200 154	64	12	0,00985	0,02079
13ОСТ 34-588-68 13-273X2000-Р ПВ-z-13	273	259	3032 3032 3032	178 200 178	109	10	0,01679	0,03077
14ОСТ 34-588-68 14-273X4000-Р ПВ-z-14	273	259	5032 5032 5032	178 200 178	109	20,3	0,01679	0,03077
15ОСТ 34-588-68 15-325X2000-Р ПВ-z-15	325	309	3232 3220 3232	200 200 200	151	13,8	0,02325	0,04464
16ОСТ 34-588-68 16-325X4000-Р ПВ-z-16	325	309	5232 5220 5232	200 200 200	151	28	0,02325	0,04464

П р и м е ч а н и е. Водо-водяные подогреватели для систем отопления и горячего водоснабжения выпускают по техническим условиям ТУ 400-28-429-82Е и ТУ 78 УССР-125-78, вместо ранее выпускавшихся водо-водяных подогревателей по отраслевому стандарту ОСТ 34-588-68. Подогреватели выпускают с длиной трубок 2000 и 4000 мм. Диаметр трубок 16x1 мм; материал – латунь (ГОСТ 494-76 с

изм.). Подогреватели по техническим условиям ТУ 400-28-429-82Е выпускают на рабочее давление греющей и нагреваемой воды до 10 кгс/см² (1Мпа) при предельной температуре теплоносителя 150 °С. Подогреватели, выпускаемые по техническим условиям ТУ 78 УССР-125–78, выполняют на рабочее давление до 10 кгс/см² (1Мпа) при предельной температуре теплоносителя 200 °С.

При применении этих водоподогревателей следует предусматривать пропуск подогреваемой воды по трубкам и греющего теплоносителя по межтрубному пространству.

* Данные подогревателей по отраслевому стандарту ОСТ 34-588–68

** Данные подогревателей по техническим условиям ТУ 400-28-429-82Е

*** Данные подогревателей по отраслевому стандарту ТУ 78 УССР-125–78

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Поправочный коэффициент β на загрязнение и неполное смывание поверхности теплообмена

Характеристика поверхности теплообмена и условия ее работы	β
Нормальные чистые (новые) латунные трубки	1
Латунные трубки, работающие в условиях прямоточного водоснабжения на чистой воде.	0,85
Латунные трубки, работающие в условиях обратного водоснабжения или на химически очищенной воде.	0,8
Латунные трубки при грязной воде и возможном образовании минеральных и органических отложений.	0,75
Стальные нормальные трубки, покрытые тонким слоем окислов или накипи.	0,7

**Гидравлический расчет стальных труб систем горячего водоснабжения
(с учетом зарастания в процессе эксплуатации)**

Расход воды, л/с	Скорости движения воды w, м/с, удельные потери давления в трубах, i, Па/м при условных диаметрах													
	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150	200	250
0,1	0,87 2880,0	0,42 373,0	0,24 83,0	0,13 14,7										
0,15	1,31 6500,0	0,63 854,0	0,36 198,5	0,19 33,6	0,14 15,3									
0,2	1,74 11500	0,84 1515	0,48 353	0,25 99,8	0,19 27	0,11 6,0								
0,3		1,26 3420	0,72 792	0,38 128	0,28 60,6	0,16 13,5								
0,4		1,68 6080	0,96 1410	0,51 219	0,38 108	0,22 24								
0,5		2,1 9480	1,19 2220	0,63 373	0,47 168,9	0,27 37,2								
0,6		2,52 14180	1,43 3170	0,76 538	0,57 243	0,32 54								
0,7			1,67 4080	0,89 732	0,66 331	0,38 73,6	0,23 19	0,16 6,8	0,114 2,9					
0,8			1,91 5340	1,01 954	0,76 432	0,43 95	0,26 24,8	0,18 8,8	0,13 3,8	0,1 1,9				
0,9			2,14 6750	1,14 1210	0,85 546	0,49 122	0,29 33,3	0,2 11,2	0,147 4,9	0,114 2,5				
1,0			2,39 8350	1,27 1490	0,95 676	0,54 150	0,33 38,8	0,22 13,7	0,163 6,0	0,13 3,1				
1,5				1,9 3360	1,42 1520	0,81 338	0,49 87,2	0,33 31	0,244 13,5	0,19 6,95				
2,0					1,89 2700	1,08 600	0,65 155	0,45 55	0,33 24	0,254 12,4				
2,5					2,4 4220	1,35 940	0,82 242	0,56 86	0,41 37,5	0,32 19,4	0,2 5,7	0,14 2,16		
3,0						1,62 1408	0,98 348,2	0,67 123,8	0,49 53,8	0,38 27,9	0,24 8,14	0,17 3,14		
3,5						1,88 1840	1,15 474	0,78 168,2	0,57 73,5	0,45 38	0,28 11,2	0,2 4,31		

Продолжение приложения 7

Расход воды, л/с	Скорости движения воды w, м/с, удельные потери давления в трубах, i, Па/м при условных диаметрах													
	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150	200	250
4,0						2,17 2400	1,31 620	0,89 250,1	0,65 95,8	0,51 49,7	0,32 14,6	0,22 5,99		
4,5						2,44 3040	1,47 785	1,0 278	0,73 121,2	0,57 62,8	0,36 18,5	0,25 7,05		
5,0							1,64 960	1,11 344	0,82 149,8	0,64 77,6	0,4 22,8	0,28 8,7	0,16 1,86	0,1 0,57
6,0							1,96 1395	1,34 495	0,98 216	0,76 111,6	0,48 32,9	0,34 12,6	0,19 2,74	0,12 0,8
7,0							2,29 1892	1,56 674	1,14 292,3	0,89 152	0,56 44,8	0,39 17,1	0,22 3,72	0,14 1,07
8,0								1,78 872	1,3 383	1,02 198,8	0,54 58,5	0,45 22,4	0,25 4,8	0,16 1,47
9,0								2,01 1112	1,47 487	1,15 252	0,72 74	0,51 28,4	0,29 6,06	0,18 1,76
10								2,23 1378	1,63 600	1,27 311	0,8 91,4	0,56 35,8	0,32 7,65	0,2 2,25
15									2,45 1350	1,91 700	1,21 206	0,84 78,5	0,48 16,8	0,31 5
20											1,61 366	1,12 140	0,64 30,1	0,41 8,93
25											2,01 572	1,4 218,8	0,8 47,2	0,51 13,9
30											2,41 821	1,69 316	0,95 67,5	0,61 20,1
35												1,97 420	1,11 92,2	0,71 27,3
40												2,25 563	1,27 120,8	0,81 35,8
45													1,43 152	0,92 45,3

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Потери теплоты трубами секционных узлов

Место и способ прокладки	Теплопотери, Вт, 1м трубопровода диаметром, мм						
	15	20	25	32	40	50	70
Главные подающие стояки (изолированные) при прокладке их в штрабе или в коммуникационной шахте	-	-	-	-	19,72 25,29	22,16 23,42	27,14 34,8
Водоразборные стояки (изолированные) при прокладке их в шахте санитарно-технической кабины, в борозде или в коммуникационной шахте:							
без полотенцесушителей	11,25 14,85	12,53 16,47	13,8 18,21	15,66 20,65	-	-	-
с полотенцесушителями	-	20,65 27,14	24,01 31,67	29,35 38,63	-	-	-
Водоразборные стояки (неизолированные) при прокладке их в шахте санитарно-технической кабины, борозде, в коммуникационной шахте или открыто в ванной комнате, кухне:	24,01 31,67	29,58 38,98	35,03 46,17	43,85 57,77	-	-	-
Распределительные трубопроводы (изолированные) и подключающие участки стояков (подающие):							
в подвале и на лестничной площадке	15,66 19,26	17,4 21,34	19,14 23,55	21,81 26,8	24,13 29,7	27,14 33,41	33,18 40,83
на теплом чердаке	13,46 17,05	15,08 19,14	16,59 20,99	18,91 23,89	20,76 26,33	23,43 29,69	28,54 36,19
на холодном чердаке	19,26 22,85	21,46 25,4	23,55 27,96	29,91 31,9	29,69 35,26	33,41 39,67	40,83 48,49
Циркуляционные трубопроводы:							
в подвале (изолированные)	12,64 16,24	14,04 18,1	15,43 19,84	17,52 22,7	19,37 24,94	21,81 28,07	26,68 34,34
на теплом чердаке (изолированные)	10,44 12,04	11,6 15,54	12,76 17,17	14,62 19,6	16,01 21,58	18,09 24,36	22,16 29,81
на холодном чердаке (изолированные)	16,24 19,84	18,09 22,16	19,84 24,24	22,5 27,49	24,94 30,51	28,07 34,34	34,34 41,99
в помещениях квартиры (неизолированные)	23,2 31,2	26,54 38,4	33,87 45,59	42,46 57,07	49,88 67,05	60,32 81,08	83,52 112,29
на лестничной клетке (неизолированные)	27,26 35,26	33,52 43,38	39,67 51,27	49,65 64,26	58,35 75,52	70,53 91,29	98,02 126,90
Циркуляционные стояки при прокладке их в штрабе санитарно-технической кабины или в ванной комнате:							
изолированные	9,74 13,34	10,9 14,96	11,95 16,36	13,57 18,56	14,96 20,53	16,94 23,2	20,65 28,3
неизолированные	21,58 29,58	26,68 36,54	31,44 43,04	39,44 54,06	46,4 63,57	56,03 76,79	77,95 106,84

Примечание: Над чертой указаны теплопотери 1м трубопровода систем горячего водоснабжения, присоединенных к закрытым системам теплоснабжения, под чертой – к открытым системам теплоснабжения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Значения коэффициента K_{cir} для систем горячего водоснабжения

$\frac{q^h}{q^{cir}}$	K_{cir}	$\frac{q^h}{q^{cir}}$	K_{cir}
1,2	0,57	1,7	0,36
1,3	0,48	1,8	0,33
1,4	0,43	1,9	0,25
1,5	0,40	2,0	0,12
1,6	0,38	2,1 и более	0,00

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Расчетные данные для секционных узлов

Этажность	Число стоков в узле		Число квартир в узле	Расчетный расход на водоразбор $q_{уз}^h$, л/с	Длина этажной стояка в санитарно-технической кабине, м	Теплопотери в подающей части узла, Вт	Расход циркуляционной воды, л/с	Потери напора, м, в подающей части узла		Схема подачи воды на водоразбор
	в санитарно	в кухне						при циркуляционном расходе воды	при водоразборе	
5	4	-	20	1,01	5	2520	0,071	0,02	1,02	Нижняя разводка
					6	3025	0,085	0,04	3,24	
					7	3530	0,095	0,06	4,86	
9	4	-	36	1,4	5	4538	0,128	0,09	4,31	
					6	5446	0,153	0,17	5,66	
					7	6341	0,179	0,28	6,85	
12	4	-	48	1,67	5	7211	0,172	0,19	7,52	
					6	7861	0,203	0,33	8,85	
					7	8472	0,239	0,58	1,13	
12	4	2	48	1,67	5	7025	0,198	0,17	4,95	
					6	8235	0,232	0,32	6,75	
					7	9445	0,266	0,47	6,40	
14	4	-	56	1,84	5	7060	0,199	0,29	4,81	Верхняя разводка
					6	8472	0,266	0,52		
					7	9884	0,278	0,88		
14	4	2	56	1,84	5	8198	0,231	0,3		
					6	9608	0,271	0,45	4,81	
					7	11020	0,310	0,69		
14	6	-	84	2,38	5	10589	0,299	0,28	3,19	Верхняя разводка
					6	12707	0,358	0,44		
					7	14825	0,418	0,76		
14	8	-	112	2,89	5	14119	0,400	0,3	2,7	
					6	16943	0,48	0,49		
					7	19467	0,56	0,8		
16	4	-	64	2	5	8068	0,227	0,32	2,34	
					6	9682	0,273	0,57		
					7	11295	0,319	0,89		
16	6	-	96	2,6	5	12102	0,342	0,37	2,57	
					6	14523	0,41	0,57		
					7	16943	0,477	0,89		
16	8	-	128	3,16	5	16136	0,455	0,36	2,84	
					6	19367	0,545	0,6		
					7	22591	0,636	0,87		
16	4	2	64	2	5	9367	0,264	0,3	2,34	
					6	10981	0,310	0,51		
					7	12594	0,355	0,37		
16	6	2	96	2,6	5	13400	0,378	0,32	2,57	
					6	15821	0,446	0,52		
					7	18241	0,515	0,79		
9	4	4	36	1,4	5	6000	0,170	0,06	1,56	Нижняя разводка
					6	6907	0,197	0,09	1,93	
					7	7815	0,221	0,14	2,25	

ПРИЛОЖЕНИЕ 11

Расчетные параметры счетчиков расхода воды

Диаметр условного прохода счетчика, мм	Параметры					
	расход воды, м ³ /ч			порог чувствительности, м ³ /ч, не более	Максимальный объем воды за сутки, м ³	гидравлическое сопротивление счетчика S, $\frac{м}{(м^3/ч)^2}$
	минимальный	эксплуатационный	максимальный			
15	0,03	1,2	3	0,015	45	1,11
20	0,05	2	5	0,025	70	0,4
25	0,07	2,8	7	0,035	100	0,204
32	0,1	4	10	0,05	140	0,1
40	0,16	6,4	16	0,08	230	0,039
50	0,3	12	30	0,15	450	0,011
65	1,5	17	70	0,6	610	0,0063
80	2	36	110	0,7	1300	0,002
100	3	65	180	1,2	2350	5,9·10 ⁻⁵
150	4	140	350	1,6	5100	1,0·10 ⁻⁵
200	6	210	600	3	7600	2,77·10 ⁻⁶
250	15	380	1000	7	13700	1,38·10 ⁻⁶

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Расходы воды и стоков санитарными приборами

Санитарные приборы	Секундный расход воды, л/с			Часовой расход воды, л/ч			Свободный напор Н _б , м	Расход стоков от прибора Q ₀ ^s , л/с	Минимальные диаметры условного прохода, мм	
	общий Q ₀ ^{tot}	холодной Q ₀ ^c	горячей Q ₀ ^h	общий Q _{0,hr} ^{tot}	холодной Q _{0,hr} ^c	горячей Q _{0,hr} ^h			подводки	отвода
1. Умывальник, рукомойник с водоразборным краном.	0,1	0,1	–	30	30	–	2	0,15	10	32
2. То же, со смесителем.	0,12	0,09	0,09	60	40	40	2	0,15	10	32
3. Раковина, мойка инвентарная с водоразборным краном и колонка лабораторная водоразборная.	0,15	0,15	–	50	50	–	2	0,3	10	40
4. Мойка (в том числе лабораторная) со смесителем.	0,12	0,09	0,09	80	60	60	2	0,6	10	40
5. Мойка (для предприятий общественного питания) со смесителем	0,3	0,2	0,2	500	280	220	2	0,6	15	50
6. Ванна со смесителем (в том числе общим для ванн и умывальника)	0,25	0,18	0,18	300	200	200	3	0,8	10	40
7. Ванна с водогрейной колонкой и смесителем	0,22	0,22	–	300	300	–	3	1,1	15	40
8. Ванна медицинская со смесителем условным диаметром, мм:										
20	0,4	0,3	0,3	700	460	460	5	2,3	20	50
25	0,6	0,4	0,4	750	500	500	5	3	25	75
32	1,4	1	1	1060	710	710	5	3	32	75
9. Ванна ножная со смесителем	0,1	0,07	0,07	220	165	165	3	0,5	10	40
10. Душевая кабина с мелким душевым поддоном и смес.	0,12	0,09	0,09	100	60	60	3	0,2	10	40
11. Душевая кабина с глубоким душевым поддоном и смесит.	0,12	0,09	0,09	115	80	80	3	0,6	10	40

ПРИЛОЖЕНИЕ 13

Коэффициент загрязненности подогревателя

Толщина отложений на трубках, мм	μ	Толщина отложений на трубках, мм	μ
0,1	0,86	0,9	0,55
0,2	0,80	1,0	0,53
0,3	0,75	1,1	0,50
0,4	0,71	1,2	0,48
0,5	0,67	1,5	0,44
0,6	0,63	1,8	0,40
0,7	0,60	2,0	0,37
0,8	0,58		

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

**Расход теплоты на горячее водоснабжение по часам суток
в долях от среднечасового**

ПОНЕДЕЛЬНИК	Период потребления теплоты, час	0-1	1-2	2-3	3-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h		0,2	0,1	0,05	0	0,6	0,95	1,25	1,4	1,5	1,25
	Период потребления теплоты, час	12-13	13-14	14-15	15-16	16-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h	0,85	1,2	0,9	1,0	1,1	1,25	1,7	2,1	1,7	1,25	1,1

ВТОРНИК	Период потребления теплоты, час	0-1	1-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h		0,2	0	0,05	0,1	0,6	1,35	1,9	0,6	0,65	0,7
	Период потребления теплоты, час	12-14	14-15	15-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h	0,85	0,7	0,8	0,95	1,0	1,6	1,9	1,5	1,4	0,95	

СРЕДА	Период потребления теплоты, час	0-1	1-2	2-3	3-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h	0,5	0,1	0,2	0,1	0,6	0,85	1,35	1,5	1,45	1,2	0,95	
		Период потребления теплоты, час	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
		Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h	1,2	1,0	0,9	0,85	1,2	1,55	1,7	1,55	1,25	0,95	

ЧЕТВЕРГ	Период потребления теплоты, час	0-1	1-2	2-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h	0,4	0,2	0,1	0,15	0,3	0,9	1,35	1,3	1,4	1,25	0,9
	Период потребления теплоты, час	12-13	13-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h	0,85	1,0	0,9	1,0	1,1	1,4	1,5	1,7	2,4	1,6	0,82

ПЯТНИЦА	Период потребления теплоты, час	0-1	1-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h	0,5	0,1	0	0,1	0,4	0,8	1,4	1,3	1,2	1,0	0,95
	Период потребления теплоты, час	12-13	13-14	14-15	15-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h	0,85	0,95	0,85	0,9	1,2	1,65	1,8	1,55	1,4	0,4	

СУББОТА	Период потребления теплоты, час	0-1	1-2	2-3	3-4	4-6	6-7	7-9	9-10	10-11	11-12
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h	0,9	0,45	0,2	0,25	0,2	0,55	1,3	1,9	2,2	2,3
	Период потребления теплоты, час	12-13	13-14	14-15	15-16	16-18	18-19	19-20	20-22	22-23	23-24
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h	1,85	1,5	1,4	1,5	1,7	2,4	2,3	2,5	2,0	1,25

ВОСКРЕСЕНЬЕ	Период потребления теплоты, час	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h	0,6	0,3	0,2	0	0,2	0,25	0,3	0,6	1,85	2,35	2,5
	Период потребления теплоты, час	11-12	12-14	14-15	15-16	16-17	17-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
	Доля потребления η_i от среднего расхода Q_T^h	2,2	1,85	1,75	1,35	1,8	2,15	1,9	2,4	2,1	1,3	0,7

ЛИТЕРАТУРА

1. Ионин А.А., Хлыбов Б.М., Братенков В.П. и др. Теплоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с. [Репр. изд. М.: ЭКОЛИТ, 2011 – 336с.].
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. 5-е изд. – М.: Энергоиздат, 1982. – 360 с.
3. Козин В.Е. и др. Теплоснабжение. – М.: Высшая школа, 1980. – 480 с.
4. Авдолимов Е.М. Реконструкция водяных тепловых сетей. – М.: Стройиздат, 1990. – 304 с.
5. Громов Н.К. и др. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию. – М.: Энергоиздат, 1988. – 376 с.
6. Манюк В.И. и др. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей. – М.: Стройиздат, 1988. – 247 с.
7. Староверов И.Г. и др. внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. 4.2 Водопровод и канализация. Справочник проектировщика. – М.: Стройиздат, 1990. – 247 с.
8. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. – М.: Стройиздат, 1986.
9. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети. – М.: Госстрой России, 2004. – 49 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к расчётно-графической работе

«Расчёт системы горячего водоснабжения микрорайона»

по дисциплине «Современные системы теплоснабжения» для студентов специальностей 270109.65, 270811.68

Составители: Ахмерова Гузель Мневеровна
Ланцов Александр Евгеньевич

Редактор: Рябенкова Г.А.

Редакционно-издательский отдел

Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Подписано в печать

Заказ №

Тираж 100 экз.

Печать ризографическая

Бумага офсетная № I

Формат 60 x 84/16

Усл. печ. л. 3,12

Уч. -изд. л. 3,12

Издательство КГАСУ
420043, Казань, Зелёная, 1.