

Министерство образования и науки Российской Федерации
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Методические указания
к курсовому и дипломному проектированию

Составители Л. В. Кудряцев, С. В. Улазовский, П. П. Кондауров

Волгоград. ВолгГАСУ. 2016



© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет», 2016



УДК 697.34(076.5)
ББК 38.762.101я73
Р 24

Р24 **Расчет** тепловых потоков и гидравлических режимов водяных тепловых сетей [Электронный ресурс] : методические указания к курсовому и дипломному проектированию / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т ; сост. Л. В. Кудрявцев, С. В. Улазовский, П. П. Кондауров. — Электронные текстовые и графические данные (1,8 Мбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2016. — Учебное электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

Даны рекомендации по проектированию систем централизованного теплоснабжения населенных пунктов в части определения тепловых нагрузок, построения графиков тепловых потоков, гидравлического расчета трубопроводов тепловых сетей и разработки гидравлических режимов работы сетей.

Для студентов всех форм обучения направления «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция».

УДК 697.34(076.5)
ББК 38.762.101я73

План выпуска учеб.-метод. документ. 2016 г., поз. 26

Начальник РИО *М. Л. Песчаная*
Технический редактор *О. А. Шипунова*

Минимальные систем. требования:
PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0.

Подписано в свет 29.08.2016.
Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 2,0. Объем данных 1,8 Мбайт

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
Редакционно-издательский отдел
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
<http://www.vgasu.ru>, info@vgasu.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	4
1. Расчет тепловых режимов	4
1.1. Определение расчетных тепловых потоков	4
1.2. Построение графиков тепловых потоков	6
1.2.1. График тепловых потоков в зависимости от температуры наружного воздуха	7
1.2.2. График расходов тепла по месяцам (годовой график)	8
1.2.3. Годовой график расходов тепла по продолжительности стояния температур наружного воздуха	9
1.3. Определение годовых расходов тепла	10
1.4. Регулирование отпуска тепла	10
1.5. Графики расходов сетевой воды	12
2. Гидравлический расчет тепловой сети	14
2.1. Определение местоположения источника тепла, количества ЦТП и зон их действия	14
2.2. Выбор схемы тепловых сетей	15
2.3. Выбор трассы тепловых сетей	16
2.4. Определение расчетных расходов теплоносителя	18
2.5. Общие положения и основные расчетные зависимости	20
2.6. Предварительный гидравлический расчет	22
2.6.1. Предварительный гидравлический расчет тепловой сети в основном расчетном режиме	22
2.6.2. Предварительный гидравлический расчет тепловой сети в аварийных режимах работы	23
2.7. Анализ результатов предварительного гидравлического расчета	23
2.8. Разработка монтажной схемы тепловой сети	24
2.9. Окончательный гидравлический расчет	28
3. Гидравлические режимы работы тепловой сети	29
3.1. Требуемые режимы работы открытых и закрытых систем теплоснабжения...	29
3.2. Пьезометрические графики	29
3.2.1. Методика построения пьезометрического графика для закрытых тепловых сетей	30
3.2.2. Особенности построения пьезометрического графика в открытых системах теплоснабжения	33
3.3. Анализ пьезометрических графиков расчетного и аварийного режимов работы тепловой сети	35
3.4. Подбор сетевых, подпиточных и подкачивающих насосов	35
Библиографический список	39
Приложения	41

ПРЕДИСЛОВИЕ

В системах централизованного теплоснабжения тепловые сети подразделяются, как правило, на следующие категории:

- 1) магистральные — от источника теплоснабжения до вводов в микрорайоны (кварталы) или предприятия;
- 2) распределительные — от магистральных тепловых сетей к отдельным зданиям;
- 3) сети к отдельным зданиям в виде ответвлений от распределительных сетей (или в отдельных случаях от магистральных) до узлов присоединения к ним теплоиспользующих установок отдельных зданий.

В зависимости от конфигурации схемы тепловых сетей могут быть радиальными (тупиковыми) и кольцевыми. Радиальные сети являются более дешевыми, но обеспечивают менее надежное теплоснабжение, чем кольцевые.

В обычных условиях нормативные сроки ликвидации аварий допускают использование тупиковых сетей, для повышения надежности в крупных системах теплоснабжения основные ветви системы соединяются резервирующими перемычками. При недопустимости перерывов в подаче тепла проектируются кольцевые системы теплоснабжения.

Расчет тепловых и гидравлических режимов тепловых сетей включает в себя:

- 1) определение расчетных тепловых нагрузок;
- 2) выбор схемы тепловой сети;
- 3) разработку трассы сети;
- 4) гидравлический расчет трубопроводов;
- 5) разработку гидравлических режимов работы тепловой сети.

1. РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ РЕЖИМОВ

1.1. Определение расчетных тепловых потоков

Расчетные тепловые потоки по видам нагрузки присоединяемых потребителей должны приниматься по проектам соответствующих систем, использующих тепло.

При отсутствии проектных данных тепловые потоки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение допускается определять по укрупненным показателям.

Расчетный тепловой поток, Вт, на отопление

$$Q_{\text{оmax}} = q_0 \cdot A \cdot (1 + k_1), \quad (1)$$

где q_0 — укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление 1 м² общей площади жилых зданий, Вт/м² (прил. 1); A — общая площадь жилых зданий, м²; k_1 — коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий, при отсутствии данных принимается равным 0,25.

Общая площадь жилых зданий рассчитывается по формуле

$$A = m \cdot f_n, \quad (2)$$

где m — количество жителей в квартале; f_n — норма обеспеченности жилой площадью на одного человека, м²/чел., $f_n = 18$ м²/чел.

Количество жителей определяется по плотности населения на 1 га застройки

$$m = S \cdot P, \quad (3)$$

где S — площадь квартала, га; P — плотность населения на 1 га застройки, указываемая в задании на проектирование.

Расчетный тепловой поток, Вт, на вентиляцию

$$Q_{v\max} = k_1 \cdot k_2 \cdot q_o \cdot A, \quad (4)$$

где k_2 — коэффициент, учитывающий долю расхода тепла на вентиляцию общественных зданий: для зданий, построенных до 1985 г., — 0,4; для зданий, построенных в период 1985—2000 гг., — 0,6; для зданий, построенных после 2000 г., — 0,8.

Средний тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{hm} = q_h \cdot m, \quad (5)$$

где q_h — укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение на одного человека, Вт/чел. (прил. 2).

При отсутствии общественных зданий, средний тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение следует определять по формуле

$$Q_{hm} = q_{hw} \cdot A, \quad (5^*)$$

где q_{hw} — удельная часовая величина теплоты на нагрев горячей воды, Вт/м² (прил. 3).

Максимальный тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{h\max} = 2,4 \cdot Q_{hm}. \quad (6)$$

Средний тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение жилых районов населенных пунктов в неотапливаемый период следует определять по формуле

$$Q_{hm}^s = Q_{hm} \cdot \frac{55 - t_c^s}{55 - t_c} \cdot \beta, \quad (7)$$

где β — коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапливаемый период по отношению к отопительному, принимаемый при отсутствии данных: для жилищно-коммунального сектора равным 0,8, курортов $\beta = 1,2 \dots 1,5$, предприятий равным 1,0.

Расчет тепловых потоков рекомендуется производить в табличной форме (табл. 1).

Определение тепловых потоков

№ квартала	Площадь застройки S , га	Плотность населения R , чел./га	Количество жителей m , чел.	Общая площадь жи- льи A , м ²	Расчетные тепловые потоки, кВт						Примечания
					на отопление Q_{omax}	на вентиляцию Q_{vmax}	средний на горя- чее водоснабжение Q_{hm}	максимальный на горячее водо- снабжение Q_{hmax}	средний на горя- чее водоснабжение в отопительный период Q_{shh}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	

Примечание. Предлагаемая форма таблицы является рекомендуемой и может быть изменена в зависимости от конкретного расчета.

Тепловые потоки на технологические нужды промышленных предприятий должны определяться по паспортам технологических процессов, разрешается использовать данные для существующих аналогичных предприятий. В исключительных случаях для ориентировочных расчетов на ранних стадиях проектирования допускается использование укрупненных показателей расхода тепла на единицу выпускаемой продукции.

Тепловые потоки на отопление и вентиляцию при произвольной температуре наружного воздуха находятся по формуле

$$Q_o = Q_{o\max} \cdot \frac{t_i - t_n}{t_i - t_o}, \quad (8)$$

$$Q_v = Q_{v\max} \cdot \frac{t_i - t_n}{t_i - t_v}, \quad (9)$$

где t_i — расчетная температура воздуха внутри помещений, °С, принимаемая равной +18 °С при $t_o \geq -30$ °С и +20 °С при $t_o < -30$ °С; t_n — произвольная температура наружного воздуха, °С; t_o — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления (температура наиболее холодной пятидневки за отопительный период), °С, определяется по [4]; t_v — расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции (равна расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления, за исключением сельскохозяйственных зданий), °С.

Тепловые потоки на горячее водоснабжение и технологические нужды от температуры наружного воздуха практически не зависят, а определяются режимами потребления тепла у абонентов.

1.2. Построение графиков тепловых потоков

При проектировании систем теплоснабжения для оптимизации работы источника тепла и тепловых сетей необходимо построить графики: тепловых

потоков в зависимости от температуры наружного воздуха; расхода тепла по месяцам (годовой график расхода тепла); расхода тепла по продолжительности стояния температур наружного воздуха.

1.2.1. График тепловых потоков в зависимости от температуры наружного воздуха

Построение графика производят в произвольных масштабах, при этом по оси ординат откладывают значения тепловых потоков (для удобства построения в киловаттах или мегаваттах), а по оси абсцисс — температуры наружного воздуха в интервале от расчетной температуры для проектирования отопления $t_o = t'_n$ до температуры, соответствующей окончанию отопительного периода t''_n .

Среднесуточная температура начала и конца отопительного периода применяется равной $+8\text{ }^\circ\text{C}$.

Согласно (8), (9) тепловые потоки на отопление и вентиляцию линейно зависят от температуры наружного воздуха. Следовательно, для построения графиков тепловых потоков достаточно знать координаты двух точек. Для построения графиков, как правило, вычисляют значения тепловых потоков, соответствующие расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления t_o (вентиляции t_v) и температуре окончания отопительного периода t''_n .

Так как нагрузка горячего водоснабжения не зависит от температуры наружного воздуха, то график теплового потока на горячее водоснабжение строят в виде горизонтальной прямой с ординатой Q_{hm} для отопительного периода и с ординатой Q_{hm}^s для неотопительного периода ($t_e > +8\text{ }^\circ\text{C}$).

Поскольку технологическая нагрузка является круглогодичной, график ее теплового потока строят аналогично графику теплового потока на горячее водоснабжение.

График суммарного теплового потока строят путем суммирования ординат графиков тепловых потоков по видам потребления (рис. 1).

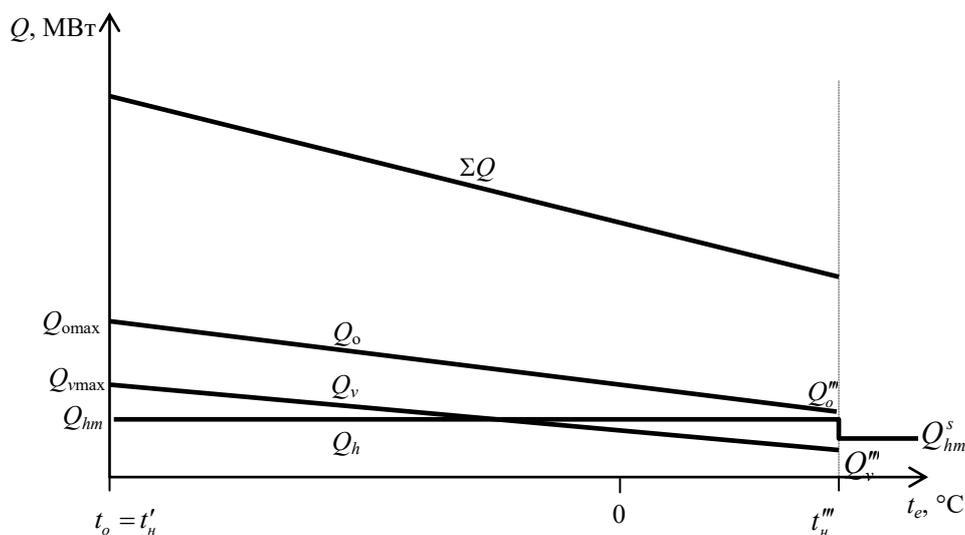


Рис. 1. График зависимости тепловых потоков от температуры наружного воздуха

1.2.2. График расходов тепла по месяцам (годовой график)

Исследование характера изменения тепловых нагрузок в течение года крайне важно для определения расходов топлива, рационального использования станционного оборудования, а также для технико-экономических расчетов при проектировании и эксплуатации системы теплоснабжения. Построения данного графика могут производиться как для каждого вида нагрузок, так и для их суммы. Поскольку данный график используется, как правило, для учета отпуска тепла на источнике и расхода у потребителей, то его чаще всего строят для суммы нагрузок. Для построения графика определяют расходы тепла по месяцам года и видам нагрузки и суммируют их. По оси ординат откладывают расходы тепла, а по оси абсцисс — продолжительность месяцев.

Расход тепла Q_{mon} , ГДж, по месяцам определяется как произведение среднемесячного теплового потока вида потребления на время работы теплоиспользующих установок. В общем виде

$$Q_{mon} = Q_m \cdot z \cdot n_{mon} \cdot 3600 \cdot 10^{-9}, \quad (10)$$

где Q_m — среднемесячный тепловой поток вида нагрузки, Вт, для систем отопления и вентиляции, рассчитывается только для отопительного периода по формулам (5), (6), при температуре наружного воздуха t_n , равной средней за рассматриваемый месяц [4], для систем горячего водоснабжения и технологической нагрузки принимается равным среднему за отопительный (неотопительный) период (в зависимости от рассматриваемого месяца); z — число часов работы теплоиспользующей установки в сутки, для систем отопления и горячего водоснабжения принимается равным 24 ч, систем вентиляции по фактическому времени работы (при отсутствии данных — 16 ч), технологических установок — в зависимости от характера технологических процессов; n_{mon} — число суток в расчетном месяце.

Примерный вид графика представлен на рис. 2.

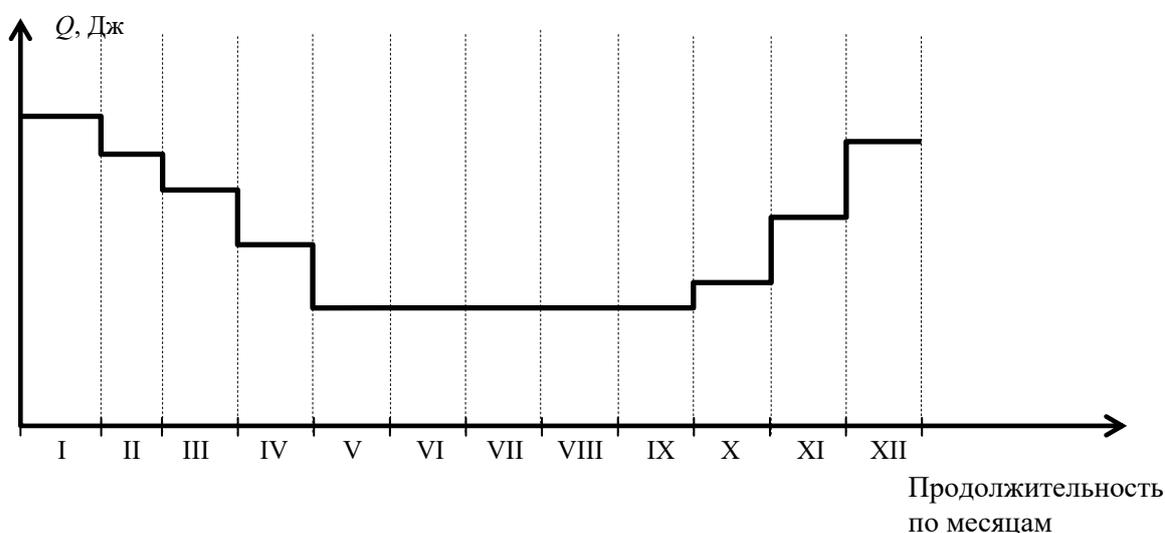


Рис. 2. График расхода тепла по месяцам

1.3. Определение годовых расходов тепла

Годовые расходы тепла на источнике необходимо знать для проведения технико-экономических расчетов, планирования потребности топлива, организации нормальной работы источника тепловой энергии и т. п.

Расчет годовых расходов тепла производится по среднему тепловому потоку за период потребления данного вида нагрузки с учетом продолжительности потребления тепла.

Годовой расход тепла Q^g , ГДж, определяется сложением годовых расходов тепла по видам потребления, например расход тепла жилыми и общественными зданиями

$$Q^g = Q_o^g + Q_v^g + Q_h^g, \quad (11)$$

где $Q_o^g = 86,4 \cdot Q_{om} \cdot n_o \cdot 10^{-9}$ — годовой расход тепла на отопление;
 $Q_v^g = 3,6 \cdot z \cdot Q_{vm} \cdot n_o \cdot 10^{-9}$ — годовой расход тепла на вентиляцию;
 $Q_h^g = [86,4 \cdot Q_{hm} \cdot n_o + 86,4 \cdot Q_{hm}^s (350 - n_o)] \cdot 10^{-9}$ — годовой расход тепла на горячее водоснабжение; z — число часов работы вентиляционных установок в сутки (при отсутствии данных $z = 16$ ч.); n_o — продолжительность отопительного периода, сут.; Q_{om} — средний тепловой поток на отопление за отопительный период, рассчитывается по формуле (8) при $t_n = t_{om}$; Q_{vm} — средний тепловой поток на вентиляцию за отопительный период, определяется по формуле (9) при $t_n = t_{om}$; t_{om} — среднесуточная температура за отопительный период, принимается по данным [4].

1.4. Регулирование отпуска тепла

В системах теплоснабжения городов и поселков имеется, как правило, разнородная тепловая нагрузка. Регулирование разнородной тепловой нагрузки производится по комбинированным графикам, которые представляют собой сочетание графиков центрального регулирования по основной преобладающей нагрузке с графиками местного регулирования остальных нагрузок. Центральное регулирование осуществляется на источнике тепла, местное — в индивидуальных или центральных тепловых пунктах.

Основу комбинированного графика регулирования составляет центральное качественное регулирование, которое может производиться как по нагрузке отопления, так и по суммарной нагрузке отопления и горячего водоснабжения. При центральном качественном регулировании по нагрузке отопления график называется комбинировано-отопительным, а при центральном качественном регулировании по суммарной нагрузке: в закрытых тепловых сетях — повышенным; в открытых тепловых сетях — скорректированным.

Выбор графика регулирования тепловой нагрузки определяется величиной отношения суммарной максимальной нагрузке горячего водоснаб-

жения к суммарной расчетной нагрузке отопления $\frac{\sum Q_{hmax}}{\sum Q_{jmax}} = \rho_m$. При значениях ρ_m меньше 0,2 или больше 1,0 принимается комбинировано-отопительный график, при $1,0 \geq \rho_m \geq 0,2$ — повышенный или скорректированный график регулирования.

Методика расчета и построения комбинированных графиков регулирования отпуска тепла достаточно подробно приводится в литературе [5—7]. В ряде случаев можно использовать таблицы для построения типовых температурных графиков регулирования при различных температурах наружного и внутреннего воздуха [3].

На кафедре «Теплогазоснабжение и вентиляция» ВолгГАСУ имеются программы расчета комбинированных графиков на ЭВМ и инструкции по их использованию. По результатам расчетов строятся графики регулирования, общий вид которых представлен на рис. 4 и 5.

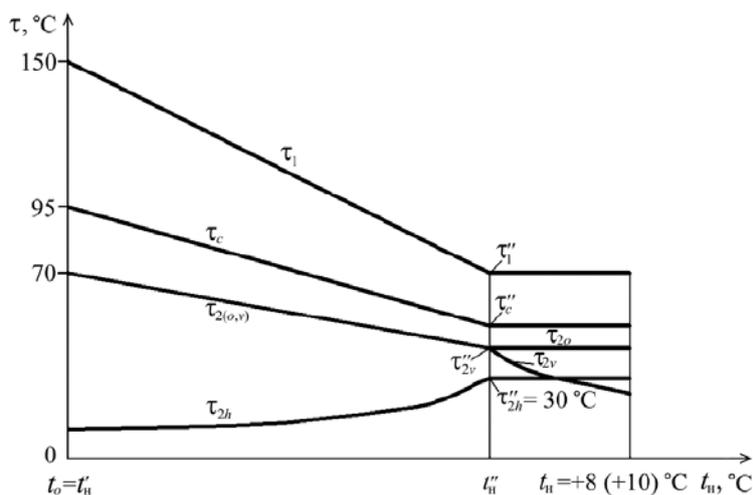


Рис. 4. Комбинировано-отопительный график регулирования отпуска тепла

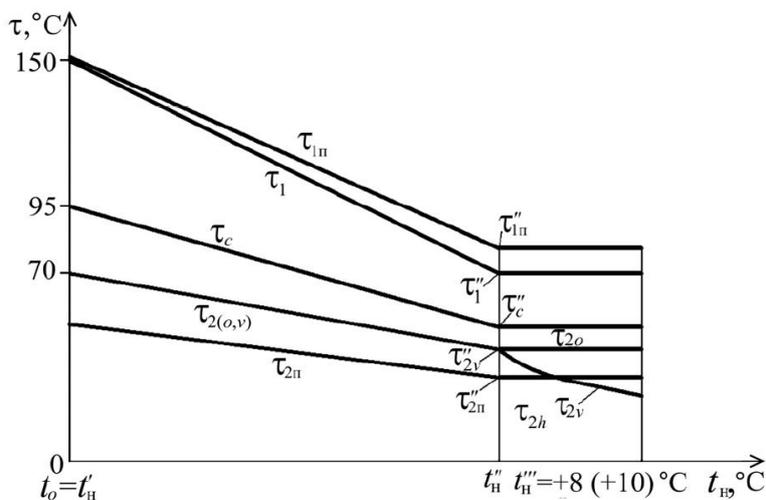


Рис. 5. Повышенный график регулирования отпуска тепла

1.5. Графики расходов сетевой воды

Для определения расходов сетевой воды на источнике при любой температуре наружного воздуха строят графики расходов теплоносителя по видам потребления и суммарный график. По приведенным формулам определяют расходы сетевой воды и строят графики расходов на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Суммарный график расходов сетевой воды строят сложением ординат графиков отдельных видов нагрузок.

Расход сетевой воды, кг/ч, по видам потребления при любой произвольной температуре наружного воздуха определяют по следующим формулам:

1) на отопление:

$$G_o = \frac{3,6 \cdot Q_{o \max} \cdot \bar{Q}_o}{c(\tau_1 - \tau_{2o})};$$

2) на вентиляцию:

$$G_v = \frac{3,6 \cdot Q_{v \max} \cdot \bar{Q}_v}{c(\tau_1 - \tau_{2v})};$$

3) на горячее водоснабжение:

а) в открытых системах теплоснабжения вне зависимости от температуры наружного воздуха:

средний:

$$G_{hmi} = \frac{3,6 \cdot Q_{hm}}{c(t_h - t_c)};$$

максимальный:

$$G_{h \max i} = \frac{3,6 \cdot Q_{h \max}}{c(t_h - t_c)};$$

б) в закрытых системах теплоснабжения при параллельной схеме присоединения водоподогревателей:

средний:

$$G_{hmi} = \frac{3,6 \cdot Q_{hm}}{c(\tau_1 - \tau_{2h})};$$

максимальный:

$$G_{h \max} = \frac{3,6 \cdot Q_{h \max}}{c(\tau_{1i} - \tau_{2h})};$$

в) в закрытых системах теплоснабжения при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей:

средний:

$$G_{hm} = \frac{3,6 \cdot Q_{hm}}{c(\tau_1 - \tau_{2o})} \left(\frac{55 - t_n}{55 - t_c} + 0,2 \right);$$

максимальный:

$$G_{h \max i} = \frac{3,6 \cdot 0,55 \cdot \bar{Q}_{h \max}}{c(\tau_1 - \tau_{2o})},$$

где $\bar{Q}_o = (t_i - t_n)/(t_i - t_o)$ — относительный расход тепла на отопление;
 $\bar{Q}_v = (t_i - t_n)/(t_i - t_v)$ — относительный расход тепла на вентиляцию; $\tau_1; \tau_{2o}$ — температуры теплоносителя соответственно в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, принимаемые по температурному графику регулирования по температуре наружного воздуха, при которой определяются расходы сетевой воды, °С; τ_{2v} — температура теплоносителя на выходе из калориферов вентиляционных установок, принимаемая по температурному графику регулирования по температуре наружного воздуха, при которой определяется расход сетевой воды, °С, для жилых и общественных зданий в интервале температур наружного воздуха от $t_n = t_o$ до $t_n = t_n'' - \tau_{2v} = \tau_{2o}$; t_n'' — температура наружного воздуха в точке излома графика регулирования, принимается из расчета графика регулирования, °С; t_h — температура горячей водопроводной воды, °С; t_c — температура холодной водопроводной воды в отопительный период, при отсутствии данных принимается 5 °С; t_n — температура водопроводной воды на выходе из первой ступени подогревателя, принимается с учетом недогрева водопроводной воды в ступени до температуры сетевой воды в обратном трубопроводе $t_n = \tau_{2o}'' - \Delta t$; Δt — величина температурного недогрева, принимаемая в зависимости от преобладающей схемы подключения водоподогревательных установок горячего водоснабжения: для двухступенчатой последовательной схемы $\Delta t = 5$ °С, двухступенчатой смешанной — $\Delta t = 10$ °С; τ_{2o}'' — температура сетевой воды в обратном трубопроводе в точке излома графика регулирования, °С.

Построение графиков производится в произвольных масштабах в координатах $G - t_n$. Графики расходов сетевой воды при комбинировано-отопительном и повышенном графиках регулирования приведены на рис. 6, 7.

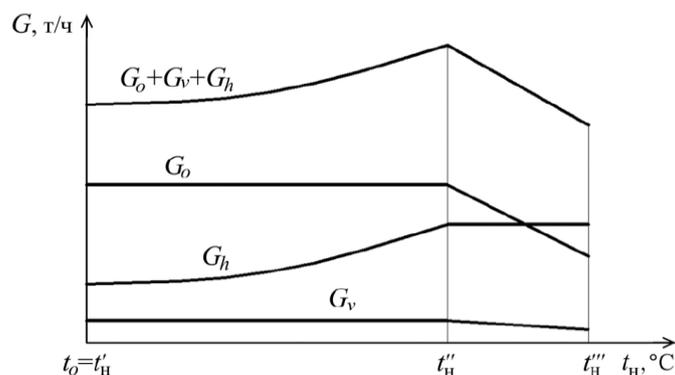


Рис. 6. График расходов сетевой воды при комбинировано-отопительном графике регулирования отпуска тепла

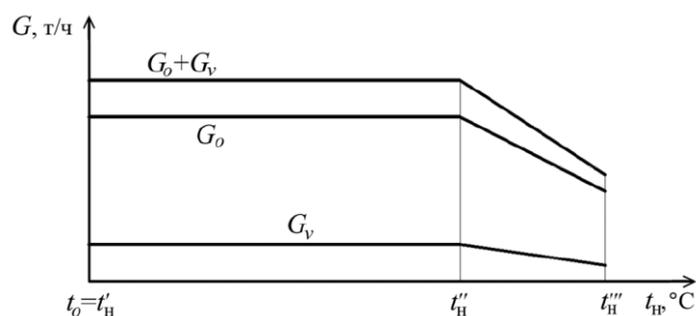


Рис. 7. График расходов сетевой воды при повышенном графике регулирования отпуска тепла

2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

2.1. Определение местоположения источника тепла, количества центральных тепловых пунктов и зон их действия

Если в задании на проектирование не указано расположение источника теплоснабжения, оно определяется из условия минимизации попадания вредных выбросов на обслуживаемый район. Размещение источника устанавливается с учетом преобладающих направлений ветра для зимнего и летнего периодов [4] с тем, чтобы вредные выбросы относились от района проектирования. Определяющим при этом является зимний режим. Расстояние от источника до начала застройки должно соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям к защитной зоне (рекомендуется не менее 500 м). В системах централизованного теплоснабжения от крупных источников тепла, как правило, используются многоступенчатые схемы. В таких системах теплоноситель от источника поступает в центральные тепловые пункты (ЦТП), в которых осуществляется подогрев местной водопроводной воды для систем централизованного горячего водоснабжения, корректировка параметров сетевой воды для систем отопления. При использовании независимой схемы подключения систем отопления обслуживаемых зданий в ЦТП устанавливают водоподогреватели систем отопления. Кроме того, в ЦТП должны производиться учет расходов тепла и теплоносителей, предусматриваться установка насосного оборудования, в том числе хозяйственно-бытовых насосов систем холодного водоснабжения, приборов регулирования расходов, температуры и давления теплоносителей, приборов автоматизации работы ЦТП и др. [2, 8].

Тепловая мощность ЦТП

$$Q_{\text{ЦТП}} = Q_{o\text{max}} + Q_{v\text{max}} + Q_{hm},$$

в соответствии с [8], должна приниматься до 25 МВт.

В курсовом и дипломном проектировании мощность ЦТП рекомендуется принимать 2,5...15,0 МВт. При этом конкретная величина мощности определяется размером района проектирования. Количество ЦТП в курсовом проекте должно быть порядка 5—10 шт., в дипломном проекте 15—25 шт. Исходя из этого кварталы объединяют в зоны обслуживания ЦТП, при этом необходимо

стремиться, чтобы мощность всех ЦТП была примерно одинаковой. По местным условиям отдельные тепловые пункты могут значительно отличаться по мощности от основного количества ЦТП.

Расчетный расход сетевой воды на ЦТП определяется в соответствии с рекомендациями, содержащимися в п. 2.4.

В зону действия ЦТП объединяют рядом расположенные кварталы, оптимально не более шести. Следует по возможности избегать диагонального объединения кварталов. При определении зон действия ЦТП необходимо предусматривать такое компоновочное решение, при котором между зонами действия ЦТП предусматриваются сквозные проезды, свободные от квартальных сетей. Это необходимо для выполнения трассировки магистральных сетей с целью избежать по возможности их пересечения с внутримикрорайонными (квартальными) трубопроводами теплоснабжения.

Центральные тепловые пункты размещаются в центре обслуживаемой зоны.

Результаты подбора ЦТП рекомендуется свести в табл. 2.

Таблица 2

Определение количества ЦТП и зон их действия

№ ЦТП	№ обслуживаемого квартала	Q_{omax} , МВт	Q_{vmax} , МВт	Q_{hm} , МВт	Q_{hmax} , МВт	$\Sigma Q_{(o+v)}$, ЦТП, МВт	ΣQ_{hm} , ЦТП, МВт	ΣQ_{hmax} , ЦТП, МВт	ΣQ_d , ЦТП, МВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2.2. Выбор схемы тепловых сетей

Водяные тепловые сети района города надлежит проектировать двухтрубными, подающими тепло на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические нужды от одного источника. Схема и конструкция тепловых сетей должна обеспечивать достаточную надежность теплоснабжения

путем применения наиболее прогрессивных конструкций и технических решений;

путем прокладки резервных перемычек между смежными магистралями.

Тепловые сети района города в дипломном проекте следует проектировать тупиковыми с резервными перемычками между смежными теплопроводами. Поэтому следует предусматривать в районе города схему с двумя примерно одинаково загруженными ветками. При подземной прокладке тепловых сетей в непроходных каналах и бесканальной прокладке величина подачи теплоты (%) для обеспечения внутренней температуры воздуха в отапливаемых помещениях не ниже +12 °С в течение ремонтно-восстановительного периода при авариях должна приниматься по данным прил. 3.

Головные участки надземной прокладки от источника тепла до зоны жилой застройки протяженностью до 5 км допускается не резервировать.

Резервирование подачи теплоты по тепловым сетям, проложенным в тоннелях и проходных каналах, допускается не предусматривать.

Для потребителей первой категории [1] следует предусматривать установку местных резервных источников теплоты (стационарных или передвижных).

Для резервирования теплоснабжения промышленных предприятий допускается предусматривать местные источники теплоты.

Тепловую сеть района города в курсовом проекте следует проектировать тупиковыми без резервирующих перемычек, поскольку из-за малой площади застройки, диаметры магистральных теплопроводов, как правило, получаются меньше 300 мм.

2.3. Выбор трассы тепловых сетей

Трасса магистральных тепловых сетей разрабатывается в генплане района с учетом местоположения источника тепла и потребителей согласно требованиям [1].

При выполнении трассировки необходимо стремиться к наименьшей протяженности магистральных трубопроводов, их двухсторонней загруженности. При этом должны учитываться существующий комплекс застройки, подземное хозяйство города и перспектива их развития. Основные ветви магистралей должны проходить через районы с наибольшей тепловой нагрузкой.

В пределах населенных пунктов для тепловых сетей предусматривается, как правило, подземная прокладка (бесканальная, в каналах или в городских и внутриквартальных тоннелях совместно с другими инженерными сетями). При обосновании допускается надземная прокладка тепловых сетей, кроме территорий детских и лечебных учреждений.

Прокладку тепловых сетей по территории, не подлежащей застройке, вне населенных пунктов следует предусматривать надземную на низких опорах.

Магистральные трубопроводы прокладывают по улицам параллельно красной линии застройки в специальных технологических полосах вне проезжей части и зон зеленых насаждений. На плане района города показываются условными обозначениями: тип прокладки, диаметры трубопроводов, неподвижные опоры, компенсаторы, теплофикационные камеры и при необходимости другие элементы сети, а также привязка всех элементов.

Следует избегать прокладки тепловых сетей вблизи трамвайных путей, электрифицированных железных дорог и отсасывающих кабелей постоянного тока, а также пересечения с ними во избежание необходимости устройства защиты от блуждающих токов.

Тепловые сети независимо от способа прокладки не должны проходить по участкам, представляющим опасность химического, биологического и радиоактивного загрязнения (свалки, кладбище и т. п.).

При выборе трассы тепловой сети допускается пересечение жилых и общественных зданий водяными сетями диаметром 300 мм и менее при условии прокладки в технических подпольях, технических коридорах и тоннелях (высотой не менее 1,8 м).

Пересечение тепловыми сетями детских дошкольных, школьных и лечебно-профилактических учреждений не допускается.

Не допускается прокладка тепловых сетей по насыпям автомобильных дорог общей сети I, II, III категорий.

Пересечение тепловыми сетями естественных и искусственных препятствий, других инженерных сооружений предусматривается, как правило, под прямым углом. При обосновании допускается пересечение под меньшим углом, но не менее 45° [1]. При пересечении естественных препятствий для прокладки тепловых сетей следует по возможности использовать конструкции существующих переходов.

Прокладку тепловых сетей при подземном пересечении автомобильных и магистральных дорог, улиц общегородского и районного значения, а также улиц и дорог местного значения следует предусматривать:

1) в каналах — при возможности производства строительно-монтажных и ремонтных работ открытым способом;

2) футлярах — при невозможности производства работ открытым способом, длине пересечения до 40 м и обеспечении по обе стороны от пересечения прямых участков трассы 10...15 м;

3) туннелях — в остальных случаях, а также при заглублении от поверхности земли до перекрытия канала (футляра) 2,5 м и более.

При пересечении улиц и дорог местного значения, автомобильных дорог V категории, а также внутрихозяйственных дорог допускается бесканальная прокладка тепловых сетей.

Длину каналов, тоннелей или футляров в местах пересечений принимать в каждую сторону не менее чем на 3 м больше размеров пересекаемых сооружений.

При пересечении тепловыми сетями железных дорог общей сети, линий метрополитена, рек и водоемов следует предусматривать запорную арматуру с обеих сторон пересечения, а также устройства для спуска воды на расстоянии не более 100 м от пересекаемых сооружений.

В местах пересечения при подземной прокладке тепловых сетей с газопроводами не допускается прохождение последних через любые строительные конструкции систем теплоснабжения. При этом на пересекаемом газопроводе следует предусмотреть устройство футляра не менее 2 м по обе стороны от пересечения (в свету).

Допустимые расстояния по горизонтали и вертикали от конструкций тепловых сетей до других инженерных сооружений приведены в прил. Б [1].

После выполнения трассировки тепловой сети составляется расчетная схема. На ней указываются источник и потребители тепла. На схеме нумеруются узловыe точки, в которых происходит изменение расхода теплоносителя,

начальная и конечная точки сети. Нумерацию рекомендуется производить сначала по основной магистрали, начиная от наиболее удаленной точки до источника тепла, а затем по ответвлениям — от наиболее удаленной точки до магистрали.

За основную расчетную магистраль принимается направление теплосети с наименьшими удельными потерями давления на трение. Для водяных тепловых сетей основной магистралью будет являться самая протяженная ветвь от источника до наиболее удаленного потребителя (при наличии нескольких ветвей равной протяженности — самая нагруженная).

Для каждого расчетного участка (участок между узловыми точками) указываются их длина и расчетные расходы теплоносителя.

Длины участков определяются по плану сети с учетом заданного масштаба.

2.4. Определение расчетных расходов теплоносителя

Расчетные расходы теплоносителей G_d , т/ч, на участках двухтрубных тепловых сетей в открытых и закрытых системах теплоснабжения при качественном регулировании отпуска тепла определяются по формуле

$$G_d = G_{o\max} + G_{v\max} + k_3 \cdot G_{hm}. \quad (12)$$

Коэффициент k_3 учитывает долю среднего расхода сетевой воды на горячее водоснабжение. При регулировании по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения (повышенный график регулирования) $k_3 = 0$. При регулировании по нагрузке отопления (комбинировано-отопительный график) его следует принимать по прил. 5.

Для потребителей при $Q_{h\max}/Q_{o\max} > 1,0$ при отсутствии баков-аккумуляторов, а также с тепловым потоком 10 МВт и менее суммарный расчетный расход сетевой воды следует определять по формуле

$$G_d = G_{o\max} + G_{v\max} + G_{h\max}. \quad (13)$$

Расчетный расход сетевой воды $G_{o\max}$, т/ч, на отопление на участках тепловой сети определяется по формуле

$$G_{o\max} = \frac{3,6 \cdot \Sigma Q_{o\max}}{c(\tau'_1 - \tau'_{2o})}, \quad (14)$$

где $\Sigma Q_{o\max}$ — суммарный максимальный тепловой поток на отопление потребителей, обслуживаемых рассматриваемым участком сети, кВт; c — удельная теплоемкость воды, принимаемая в расчетах равной 4,187 кДж/(кг °С); τ' — расчетная температура воды в подающем трубопроводе, °С; τ'_{2o} — расчетная температура воды в обратном трубопроводе, °С.

Расчетный расход сетевой воды $G_{v\max}$, т/ч, на вентиляцию на участках тепловой сети определяется по формуле

$$G_{v\max} = \frac{3,6 \cdot \Sigma Q_{v\max}}{c(\tau'_1 - \tau'_{2o})}, \quad (15)$$

где $\Sigma Q_{v\max}$ — суммарный максимальный тепловой поток на вентиляцию потребителей, обслуживаемых рассматриваемым участком сети, кВт.

Расчетный расход сетевой воды G_h , т/ч, на горячее водоснабжение на участках тепловой сети определяется по формулам

а) в открытых системах теплоснабжения вне зависимости от температуры наружного воздуха:

средний:

$$G_{hm} = \frac{3,6 \cdot \Sigma Q_{hm}}{c(t_h - t_c)}; \quad (16)$$

максимальный:

$$G_{h\max} = \frac{3,6 \cdot \Sigma Q_{h\max}}{c(t_h - t_c)}; \quad (17)$$

б) в закрытых системах теплоснабжения при параллельной схеме присоединения водоподогревателей:

средний:

$$G_{hm} = \frac{3,6 \cdot \Sigma Q_{hm}}{c(\tau''_1 - \tau''_{2h})}; \quad (18)$$

максимальный:

$$G_{h\max} = \frac{3,6 \cdot \Sigma Q_{h\max}}{c(\tau''_1 - \tau''_{2h})}; \quad (19)$$

в) в закрытых системах теплоснабжения при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей:

средний:

$$G_{hm} = \frac{3,6 \cdot \Sigma Q_{hm}}{c(\tau''_1 - \tau''_{2o})} \cdot \left(\frac{55 - t_n}{55 - t_c} + 0,2 \right); \quad (20)$$

максимальный:

$$G_{h\max} = \frac{3,6 \cdot 0,55 \cdot \Sigma Q_{h\max}}{c(\tau''_1 - \tau''_{2o})}, \quad (21)$$

где Q_{hm} — суммарный средний тепловой поток на горячее водоснабжение потребителей, обслуживаемых рассматриваемым участком сети, кВт;
 $Q_{h\max}$ — суммарный максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение потребителей, обслуживаемых рассматриваемым участком сети, кВт;

t_h — температура горячей водопроводной воды, принимается 60 °С; t_c — температура холодной водопроводной воды в отопительный период, при отсутствии данных принимается 5 °С; τ''_1, τ''_{2o} — температуры теплоносителя соответственно в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети в точке излома графика регулирования, °С; τ''_{2h} — температура воды после параллельно включенного водоподогревателя горячего водоснабжения в точке излома графика температур воды, рекомендуется принимать $\tau''_{2h} = 30$ °С.

Расходы теплоносителя на отдельных участках тепловых сетей в аварийных режимах ее работы рассчитывается исходя из условия подачи теплоты в соответствии с требованиями прил. 4.

Расчетный расход воды G_d^s , кг/ч, в двухтрубных водяных тепловых сетях в неотопительный период следует определять по формуле

$$G_d^s = \beta \cdot G_{h\max} \cdot \quad (22)$$

При этом максимальный расход воды на горячее водоснабжение $G_{h\max}$, т/ч, определяется для открытых систем теплоснабжения по формуле (17) при температуре холодной воды в неотопительный период, а для закрытых систем при всех схемах присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения по формуле (19).

Расход воды в обратном трубопроводе двухтрубных водяных тепловых сетей открытых систем теплоснабжения принимается в размере 10 % от расчетного расхода воды, определенного по формуле (19).

Расчет рекомендуется производить в табличной форме (табл. 3).

Таблица 3

Расчетные расходы теплоносителя

№ участков сети	№ ЦТП, обслуживаемых участком сети	Расчетный тепловой поток участка на отопление $Q_{от}$, кВт	Расчетный тепловой поток участка на вентиляцию $Q_{вент}$, кВт	Расчетный тепловой поток участка на горячее водоснабжение Q_h , кВт	Расход теплоносителя на отопление G_o , т/ч	Расход теплоносителя на вентиляцию G_v , т/ч	Расход теплоносителя на горячее водоснабжение G_h , т/ч	Расход теплоносителя на участке G_d , т/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9

2.5. Общие положения и основные расчетные зависимости

Целью гидравлического расчета является определение диаметров теплопроводов, потерь давления в них и скоростей движения теплоносителя. Сначала подбираются диаметры участков основной расчетной магистрали,

а затем, исходя из условия увязки потерь давления в параллельных ветвях, диаметры участков ответвлений. Диаметры участков основной расчетной магистрали принимают, ориентируясь на величину удельной потери давления на трение $R_{л}$. Оптимальное значение $R_{л}$ определяется технико-экономическим расчетом, методика которого приведена в [5, 17]. Однако проведение технико-экономических расчетов по определению значения $R_{л}$ затруднено отсутствием информации по стоимости тепловых сетей и тарифов на тепловую и электрическую энергию по различным городам. Значение оптимальной удельной потери напора по расчетной магистрали $R_{л}$ следует принимать в пределах от 30 до 80 Па/м.

При движении жидкости по трубам потери давления в них ΔP , Па, складываются из потерь давления на трение и в местных сопротивлениях (повороты трассы, места установки арматуры и другие препятствия движению теплоносителя):

$$\Delta P = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м}, \quad (23)$$

где $\Delta P_{тр}$ — потери давления на трение на рассматриваемом участке, Па; $\Delta P_{м}$ — потери давления на местных сопротивлениях рассматриваемого участка, Па.

Потери давления на трение $\Delta P_{тр}$, Па, и в местных сопротивлениях $\Delta P_{м}$, Па, рассчитываются по формулам

$$\Delta P_{тр} = R \cdot l; \quad (24)$$

$$\Delta P_{м} = R \cdot l_{э}, \quad (25)$$

где R — удельные потери давления на трение, Па/м; l — длина расчетного участка, м; $l_{э}$ — эквивалентная длина местных сопротивлений, м.

$$l_{э} = l \cdot \alpha,$$

где α — коэффициент потерь давления в местных сопротивлениях, принимаемый по данным прил. 5 [1].

С учетом (24) и (25) формула (23) приводится к следующему виду:

$$\Delta P = R \cdot l_{пр}, \quad (26)$$

где $l_{пр} = l + l_{э}$ — приведенная длина участка, м.

Поскольку количество и вид местных сопротивлений зависят от диаметра теплопроводов, гидравлический расчет производится в два этапа: предварительный и окончательный.

Гидравлический расчет проводится для основного расчетного режима при отключенной резервирующей переемычке и двух аварийных режимов. Места аварийных повреждений теплопроводов принимаются на головных участках каждой из параллельных ветвей (худший вариант).

2.6. Предварительный гидравлический расчет

Предварительный гидравлический расчет производится после выбора расчетной схемы и определение расчетных расходов теплоносителя.

2.6.1. Предварительный гидравлический расчет тепловой сети в основном расчетном режиме

Предварительный гидравлический расчет тепловой сети в основном расчетном режиме рекомендуется производить в следующей последовательности.

1. Выбирают расчетную магистраль, за которую принимается наиболее протяженная ветвь. При равной протяженности ветвей за расчетную магистраль принимается наиболее нагруженная ветвь.

2. По расходам теплоносителя, принятым по табл. 3, ориентируясь на $R_p = 30 \dots 80$ Па/м, по номограммам или табл. [3, 7, 9, 17] определяют стандартный диаметр теплопровода и соответствующие ему удельные потери давления R_d и скорость движения V , которая не должна превышать 3,5 м/с. Диаметр теплопроводов независимо от расчета должен приниматься не менее 32 мм. Рекомендуется для участков тепловой сети от источника тепла до резервирующей перемычки принимать меньшие значения удельной потери напора, а для участков от резервной перемычки до удаленного ЦТП большие значения.

3. Рассчитывают располагаемую удельную потерю давления для ответвлений R_o , Па/м

$$R_o = \frac{\Delta P_o}{\sum l_o (1 + \alpha)}, \quad (27)$$

где ΔP_o — суммарные потери давления по расчетной магистрали до точки подключения ответвления, Па; $\sum l_o$ — суммарная длина участков ответвлений, м; α — коэффициент потерь давления в местных сопротивлениях, принимается по данным прил. 5 [1].

4. По табл. или номограммам, ориентируясь на полученное значение R_o , выбирают диаметр участка теплопровода и соответствующие ему значения R и V . Необходимо стремиться к наименьшей невязке потерь давления в параллельных ветвях изменением диаметров трубопроводов ответвлений.

Результаты гидравлического расчета сводятся в табл. 4.

Таблица 4

Предварительный гидравлический расчет основного расчетного режима

№ участка	G_d , т/ч	l уч., м	$D_n \cdot S$, мм	R_d , Па/м	v , м/с	α	$\Delta P = R_d \cdot l \text{ уч.} (1 + \alpha) \cdot 10^{-3}$, кПа	$\sum \Delta P$, кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Основная магистраль								
Ответвления								

Примечание: D_n — диаметр участка трубопровода; S — толщина стенки трубы.

2.6.2. Предварительный гидравлический расчет тепловой сети в аварийных режимах работы

Рекомендуется следующая последовательность расчетов.

1. Для головных участков смежных ветвей (от источника тепла до резервирующей перемычки) диаметры теплопроводов принимаются по данным табл. 4 и при аварийных расходах по данным таблиц или номограмм, определяют удельную потерю давления и скорость, а затем по формуле (26) рассчитывают потерю давления на участке.

2. Выбирается диаметр резервирующей перемычки, который предварительно рекомендуется принимать равным диаметру участка тепловой сети перед перемычкой.

3. Диаметры участков тепловой сети от резервирующей перемычки до ЦТП принимают по данным табл. 4 и при аварийных расходах с помощью таблиц или номограмм находят удельные потери напора и скорость движения теплоносителя, а затем по формуле (26) рассчитывают потери давления на участке.

Результаты расчета сводят в табл. 5.

Таблица 5

Предварительный гидравлический расчет аварийных режимов

№ участка	G_d , т/ч	l , м	$D_n \cdot S$, мм	$R_{л}$, Па/м	v , м/с	α	$\Delta P = R_{л} \cdot l(1 + \alpha) \cdot 10^{-3}$, кПа	$\Sigma \Delta P$, кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-й аварийный режим Основная магистраль								
Ответвления								
2-й аварийный режим Основная магистраль								
Ответвления								

2.7. Анализ результатов предварительного гидравлического расчета

Для обеспечения нормальной работы тепловой сети в расчетном и аварийных режимах работы одной группой сетевых насосов желательно, чтобы потери напора ни в одном из аварийных режимов не превышали более чем на 20 % потери напора в основной магистрали в расчетном режиме. Для выполнения этого условия может потребоваться корректировка принятых диаметров на отдельных участках тепловой сети. Корректировку диаметров же-

лательно начинать с головных участков смежных магистралей и резервирующей перемычки. После принятия необходимых решений вносятся соответствующие изменения в табл. 4 и 5.

2.8. Разработка монтажной схемы тепловой сети

На основании результатов предварительного гидравлического расчета разрабатывается монтажная схема тепловой сети. Монтажную схему вычерчивают в две линии: подающий трубопровод на всех участках размещают с правой стороны по ходу движения теплоносителя от источника.

Для трубопроводов тепловых сетей следует предусматривать стальные электросварные или бесшовные трубы.

Для выбора труб, арматуры, оборудования и деталей трубопроводов, а также для расчета трубопроводов на прочность и определения нагрузок от трубопровода на опоры труб и строительные конструкции для подающего и обратного трубопроводов водяных тепловых сетей следует принимать рабочее давление теплоносителя по наибольшему давлению в подающем трубопроводе за выходными задвижками на источнике теплоты при работе сетевых насосов с учетом рельефа местности (без учета потерь давления в сетях), но не менее 1,0 МПа; температуру теплоносителя — по температуре в подающем трубопроводе при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления.

Разработка монтажной схемы заключается в расстановке по трассе тепловой сети запорной арматуры, тепловых камер, неподвижных опор, компенсаторов и другого оборудования.

Запорную арматуру в тепловых сетях следует предусматривать:

1) на всех трубопроводах выводов тепловых сетей от источников теплоты независимо от параметров теплоносителя и диаметров, при этом не допускается дублирование арматурой внутри и вне здания;

2) на трубопроводах водяных тепловых сетей $D_y \geq 100$ мм на расстоянии не более 1000 м друг от друга (секционирующие задвижки) с устройством перемычки между подающим и обратным трубопроводами, диаметр которой равен 0,3 диаметра основного трубопровода, но не менее 50 мм. На перемычке надлежит предусматривать две задвижки и контрольный вентиль между ними $D_y = 25$ мм. Допускается увеличивать расстояние между секционирующими задвижками для трубопроводов $D_y = 400 \dots 500$ мм до 1500 м, трубопроводов $D_y \geq 600$ мм до 3000 м, трубопроводов надземной прокладки $D_y \geq 900$ мм до 5000 м, при обеспечении спуска воды и заполнения секционированного участка трубопровода за время определяемое [1];

3) в водяных и паровых тепловых сетях в узлах на трубопроводах ответвлений D_y более 100 мм, а также в узлах на трубопроводах ответвлений к отдельным зданиям независимо от диаметра трубопровода. При длине ответвлений к отдельным зданиям до 30 м и при $D_y \geq 50$ мм допускается запорную арматуру

на этих ответвлениях не устанавливаются. При этом следует предусматривать запорную арматуру, обеспечивающую отключение группы зданий с суммарной тепловой нагрузкой, не превышающей 0,6 МВт.

Для трубопроводов тепловых сетей, кроме тепловых пунктов и сетей горячего водоснабжения, не допускается применять арматуру:

из серого чугуна — в районах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления ниже $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$;

ковкого чугуна — в районах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$;

высокопрочного чугуна — в районах с расчетной температурой наружного воздуха для проектирования отопления ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На спускных, продувочных и дренажных устройствах применять арматуру из серого чугуна не допускается. На трубопроводах тепловых сетей допускается использование арматуры из латуни и бронзы при температуре теплоносителя не выше $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. На выводах тепловых сетей от источников теплоты и на вводах в ЦТП должна предусматриваться стальная запорная арматура. В пределах тепловых пунктов допускается предусматривать арматуру из ковкого, высокопрочного и серого чугуна в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» Госгортехнадзора. При установке чугунной арматуры в тепловых сетях должна предусматриваться защита ее от изгибающих усилий.

Принимать запорную арматуру в качестве регулирующей не допускается. Для тепловых сетей, как правило, должна приниматься арматура с концами под приварку или фланцевая.

Для задвижек и затворов на водяных тепловых сетях $D_y \geq 500$ мм при $P_y \geq 1,6$ МПа и $D_y \geq 300$ мм при $P_y \geq 2,5$ МПа следует предусматривать обводные трубопроводы с запорной арматурой (разгрузочные байпасы) условным проходом, указанного в прил. 6.

Задвижки и затворы $D_y \geq 500$ мм следует принимать с электроприводом. Задвижки и затворы с электроприводом при подземной прокладке должны размещаться в камерах с надземными павильонами или в подземных камерах с естественной вентиляцией, обеспечивающей параметры воздуха в соответствии с техническими условиями на электроприводы к арматуре.

При надземной прокладке тепловых сетей на низких, отдельно стоящих опорах для задвижек и затворов с электроприводом следует предусматривать металлические кожухи, исключающие доступ посторонних лиц и защищающие их от атмосферных осадков, а на транзитных магистралях, как правило, павильоны; при прокладке на эстакадах или высоких отдельно стоящих опорах — козырьки (навесы) для защиты арматуры от атмосферных осадков.

В местах установки запорной арматуры предусматривается устройство тепловых камер. Следует по возможности стремиться разместить секционирующие задвижки в узловых камерах.

В нижних точках трубопроводов водяных тепловых сетей, а также секционируемых участков необходимо предусматривать штуцеры с запорной арматурой для спуска воды (спускные устройства). Диаметры спускных устройств водяных тепловых сетей следует принимать не менее указанных в прил. табл. 9 [2].

В высших точках трубопроводов тепловых сетей, в том числе на каждом секционируемом участке, должны предусматриваться штуцеры с запорной арматурой для выпуска воздуха (воздушники), условный проход которых принимается по прил. 10 [1]. В узлах трубопроводов на ответвлениях до задвижек и в местных изгибах трубопроводов в вертикальной плоскости высотой менее 1 м устройства для выпуска воздуха не предусматриваются.

По трассе тепловой сети производят расстановку неподвижных опор, которые жестко закрепляют трубопровод, деля его на участки компенсации температурных удлинений.

В зависимости от назначения различают основные и дополнительные неподвижные опоры. Основные опоры устанавливают на выходе из источника, перед потребителями, в узлах разветвления теплопроводов на трубопроводе большего диаметра и при выделении углов поворота трассы на самокомпенсацию температурных удлинений.

Возможность использования углов поворота трассы для самокомпенсации температурных удлинений трубопроводов должна определяться расчетом. Углы поворота величиной от 90 до 130° можно использовать для самокомпенсации без расчета.

При невозможности использования угла поворота для компенсации температурных удлинений он закрепляется неподвижной опорой. Расстояние между неподвижными опорами на участках самокомпенсации следует принимать не более 60 % предельно допустимого расстояния между опорами при установке П-образных компенсаторов. Расстояние между основными неподвижными опорами в узлах разветвления и неподвижными опорами, выделяющими участки самокомпенсации, разбивают промежуточными неподвижными опорами на компенсационные участки исходя из предельно допустимого расстояния между неподвижными опорами.

Наибольшее допустимое расстояние между неподвижными опорами при подземной прокладке следует принимать по прил. 7.

В качестве неподвижных опор могут быть использованы хомутовые опоры типа Т-3, Т-11, Т-12, лобовые Т-4, Т-6, Т-7, щитовые Т-8, Т-9. Неподвижные опоры труб следует предусматривать:

- лобовые — при всех способах прокладки трубопроводов;
- щитовые — при бесканальной прокладке и прокладке в непроходных каналах при размещении опор вне камер;
- хомутовые — при прокладке надземной и в тоннелях (на участках с гибкими компенсаторами и самокомпенсацией).

Тип опор выбирают в зависимости от диаметра трубопроводов и принятого способа прокладки сети.

Для восприятия вертикальных нагрузок при всех способах прокладки, кроме бесканальной, между неподвижными опорами устанавливают подвижные опоры. Их количество определяется исходя из предельно допустимых расстояний между подвижными опорами, которые приведены в прил. 8.

Подвижные опоры труб следует предусматривать:

скользящие — независимо от направления горизонтальных перемещений трубопроводов при всех способах прокладки и для всех диаметров труб;

катковые — для труб диаметром 200 мм и более при осевом перемещении их при прокладке в тоннелях, на кронштейнах, отдельно стоящих опорах и эстакадах;

шариковые — для труб диаметром 200 мм и более при горизонтальных пересечениях их под углом к оси трассы при прокладке в тоннелях, на кронштейнах, отдельно стоящих опорах и эстакадах;

пружинные опоры или подвески — для труб диаметром 150 мм и более в местах их вертикальных перемещений (при необходимости);

жесткие подвески — при надземной прокладке трубопроводов с гибкими компенсаторами и на участках самокомпенсации.

На участках трубопроводов с сальниковыми и сильфонными компенсаторами предусматривать прокладку трубопроводов на подвесных опорах не допускается.

Для компенсации тепловых деформаций трубопроводов тепловых сетей следует применять следующие компенсирующие устройства:

гибкие компенсаторы (различной формы) из стальных труб и углы поворотов трубопроводов — для тепловых сетей при любых способах прокладки;

сильфонные и линзовые компенсаторы — для тепловых сетей с параметрами теплоносителя и способами прокладки трубопроводов согласно технической документации заводов-изготовителей, подтвержденными сертификационными испытаниями;

сальниковые стальные компенсаторы при параметрах теплоносителя $P_y \leq 2,5$ МПа и $\tau \leq 300$ °С — для трубопроводов диаметром 100 мм и более при подземной прокладке и надземной на низких опорах;

стартовые компенсаторы — для частичной компенсации температурных деформаций за счет изменения осевого напряжения в заземленной трубе.

Допускается применять бескомпенсаторные прокладки, когда компенсация температурных деформаций полностью или частично осуществляется за счет знакопеременных изменений осевых напряжений сжатия — расстояния в трубе. Проверка на продольный изгиб обязательна.

При надземной прокладке следует предусматривать металлические кожухи, исключающие доступ к сальниковым компенсаторам посторонних лиц и защищающие их от атмосферных осадков.

Участки трубопроводов с сальниковыми компенсаторами между неподвижными опорами должны быть прямолинейными. В отдельных случаях при обосновании допускаются местные изгибы трубопроводов при условии вы-

полнения мероприятий, предотвращающих заклинивание сальниковых компенсаторов.

Рекомендуется применять гибкие и сильфонные компенсаторы. Рекомендации по использованию сильфонных компенсаторов даны в РД, разработанном АООТ «Металкомп».

При использовании подземного способа прокладки тепловых сетей в непроходных каналах размер каналов определяют расчетом в зависимости от диаметров трубопроводов [1]. Тип каналов принимают в соответствии с принятыми размерами и возможностью изготовления или поставки выбранного типа каналов.

Допускается принимать сборные железобетонные каналы по диаметрам трубопроводов в соответствии с прил. 9.

2.9. Окончательный гидравлический расчет

На основании разработанной монтажной схемы для каждого участка тепловой сети производят учет местных сопротивлений и определяют их эквивалентные длины l_3 по данным [6, 7, 13].

Тройники на проход при слиянии или разделении потоков учитываются на участке с суммарным расходом теплоносителя, на ответвление — на участке ответвления.

Диаметры теплопроводов, удельные потери давления и скорости движения теплоносителя принимаются в соответствии с предварительным гидравлическим расчетом (см. табл. 4 и 5).

Результаты окончательного гидравлического расчета основного и аварийных режимов работы сводят в табл. 6.

Таблица 6

Окончательный гидравлический расчет

№ расчетного участка	$G_{д}, \text{т/ч}$	$l, \text{м}$	$D_{н} \cdot S, \text{мм}$	$R, \text{Па/м}$	$v, \text{м/с}$	Эквивалентная длина местных сопротивлений $l_3, \text{м}$						$l_{пр} = l + l_3, \text{м}$	$\Delta P = l_{пр} \cdot R \cdot 10^{-3}, \text{кПа}$	$\Delta H = \Delta P \cdot 1,04, \text{м вод. ст.}$	$\Sigma \Delta H, \text{м вод. ст.}$
						Тройник	Компенсатор	Задвижка	Отвод	Прочие	Σl_3				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Расчетный режим															
1-й аварийный режим															
2-й аварийный режим															

Невязка потерь давления по параллельным ветвям тепловой сети в расчетном режиме работы не должна превышать 10 %. При больших невязках на трубопроводах ответвлений устанавливают дроссельные диафрагмы.

Диаметры дроссельной диафрагмы d_d , мм, рассчитываются по формуле

$$d_d = 10 \cdot \sqrt[4]{\frac{G}{\Delta H}}, \quad (28)$$

где G — расход теплоносителя на участке установки диафрагмы, т/ч; ΔH — напор, гасимый дроссельной шайбой, м.

3. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

3.1. Требуемые режимы работы открытых и закрытых систем теплоснабжения

Для закрытых тепловых сетей следует предусматривать следующие гидравлические режимы работы:

- расчетный — по расчетным расходам сетевой воды;
- аварийный — при наиболее опасных вариантах аварий;
- статический — при отсутствии циркуляции теплоносителя, т. е. при неработающих сетевых насосах;
- летний — при максимальной нагрузке горячего водоснабжения в неотапительный период.

Для открытых тепловых сетей дополнительно разрабатывается два режима:

- зимний — при максимальном отборе воды на горячее водоснабжение из обратного трубопровода;
- переходный — при максимальном отборе воды на горячее водоснабжение из подающего трубопровода.

Одно из важнейших условий нормальной работы системы теплоснабжения заключается в обеспечении в тепловой сети перед центральными или местными тепловыми пунктами располагаемых напоров, достаточных для подачи в абонентские установки расчетных расходов теплоносителя. Задача расчета гидравлического режима заключается в определении расходов сетевой воды у абонентов и на отдельных участках тепловой сети, а также напоров и располагаемых напоров в узловых точках тепловой сети в центральных и местных тепловых пунктах при заданном режиме работы тепловой сети. Эта задача наиболее просто решается с помощью пьезометрических графиков.

3.2. Пьезометрические графики

При проектировании и эксплуатации разветвленных тепловых сетей для учета взаимного влияния профиля района, высот абонентских зданий, потерь напора в тепловой сети и абонентских установках широко используется пьезометрический график. По пьезометрическому графику легко определить

напор и располагаемый напор в любой точке тепловой сети и в абонентских системах. По пьезометрическому графику выбирают схемы присоединения абонентских установок, подбирают сетевые, подкачивающие и подпиточные насосы, автоматические устройства и т. д.

Пьезометрические графики должны разрабатываться для статического, гидродинамического, в зимний и летний периоды, и аварийных режимов работы. Из-за ограниченности объема работы пьезометрические графики строят в соответствии с заданием для расчетной магистрали и двух ответвлений, наиболее характерных по рельефу местности.

Линии гидродинамических напоров в пьезометрическом графике основного режима строят при расчетных расходах теплоносителя в зимний и летний периоды, а в пьезометрических графиках аварийных режимов только при аварийных расходах теплоносителя.

Пьезометрические графики разрабатывают при неработающих сетевых насосах (статический режим) и при работающих сетевых насосах (гидродинамический режим).

Масштаб графика напоров и масштаб профиля земли участков, для которых строятся графики, принимают: горизонтальный — 1:10000; 1:5000; 1:2000, вертикальный — 1:1000; 1:500; 1:200 в любом сочетании.

При построении пьезометрического графика условно принимают, что отметка прокладки трубопроводов, установки насосов и нагревательных приборов на первом этаже зданий совпадает с отметкой земли, а высшее положение воды в местной системе принимают равным высоте здания.

3.2.1. Методика построения пьезометрического графика для закрытых тепловых сетей

Пьезометрические графики рекомендуется строить в следующей последовательности:

1. По имеющимся на генплане горизонталям строят профиль основной магистрали и одного, двух ответвлений, характерных по рельефу.

2. На профиле в принятом масштабе вычерчивают высоты присоединяемых зданий.

3. Разрабатывают гидростатический режим. В этом случае напоры во всех точках системы теплоснабжения определяются подпиточным устройством. При таком статическом состоянии системы теплоснабжения пьезометрический график представляет собой горизонтальную линию $S-S$, проведенную на уровне напора подпиточного устройства. При выполнении проекта следует стремиться к установлению одинакового статического напора для всей системы теплоснабжения. Построение линии статического напора ведут из условия заполнения водой отопительных установок всех потребителей и создания в их верхних точках избыточного напора 5 м. Максимальный статический напор в тепловой сети при присоединении отопительных установок по зависимым схемам не должен превышать 60 м из условия механической прочности чугунных отопительных приборов. Когда не удастся выдержать постоянный статический напор по всей

трассе, систему теплоснабжения разделяют на несколько статических зон или подсоединяют наиболее высоких потребителей по независимой схеме.

4. Строят линию вскипания воды, которая проводится параллельно профилю местности на расстоянии, равном напору вскипания воды при расчетной температуре в подающей магистрали. Напор, предотвращающий вскипание воды с достаточной для практических расчетов точностью, можно принимать для температур 180, 170, 160, 150, 140, 130, 120 °С соответственно 93, 72, 55, 40, 30, 20, 10 м вод. ст.

5. Независимо от рельефа местности, по данным окончательного гидравлического расчета (см. табл. 6) строят линии напоров в подающих и обратных теплопроводах. Располагаемый напор на вводе в центральный или местный тепловой пункт должен быть не менее суммы потерь напора в элеваторном узле, водоподогревательной установке (при двухступенчатых схемах), местной системе отопления и квартальной тепловой сети. Располагаемый напор на вводе в ЦТП следует принимать в размере 25...30 м вод. ст., а на вводе в ИТП 15...20 м вод. ст. Потери напора в оборудовании источника тепла рекомендуется принимать в размере 15...20 м вод. ст.

6. Считая пьезометрические линии напоров в подающем и обратном теплопроводах жесткой фигурой, производят перемещение их по вертикали, что позволяет найти их оптимальное положение исходя из следующих условий:

пьезометрический напор в подающем трубопроводе не должен превышать пределов прочности как труб, так и оборудования тепловой сети (160 м вод. ст.);

пьезометрический напор в подающих трубопроводах должен быть больше напора вскипания воды, т. е. линия пьезометрических напоров в подающем теплопроводе не должна пересекать линию вскипания воды;

пьезометрический напор в обратном трубопроводе не должен превышать пределов прочности нагревательных приборов при зависимых схемах подключения абонентов (60 м вод. ст. для радиаторов и 100 м вод. ст. для конвекторов) и пределов прочности водоподогревателей при независимой схеме;

пьезометрический напор в обратных трубопроводах не должен быть меньше 5 м вод. ст. во избежание подсоса воздуха;

пьезометрический напор на всасывающей стороне сетевого насоса не должен быть менее 5 м для предотвращения кавитации;

пьезометрический напор в обратной магистрали должен быть достаточным для наполнения верхних приборов местных систем отопления, подключенных к тепловой сети по зависимой схеме, т. е. линия пьезометрических напоров в обратном теплопроводе не должна пересекать высот абонентских зданий.

7. Строят линии напоров в подающем и обратном теплопроводах при летних расходах теплоносителя.

Потери напора в теплопроводах в неотапительный период ΔH^s , м вод. ст., определяют по формуле

$$\Delta H^s = \Delta H \cdot \left(\frac{G_d^s}{G_d} \right)^2 = \Delta H \cdot K^s, \quad (29)$$

где G_d^s , G_d — расходы сетевой воды в неотапительный и отопительный периоды соответственно, т/ч; ΔH — потери напора в трубопроводе в отопительный период, м вод. ст. (принимаются по данным табл. 6); K^s — коэффициент пересчета.

Для упрощения схемы автоматизации подпиточных насосов желательно, чтобы пьезометрические напоры в обратном трубопроводе на источнике тепла для расчетного летнего режима работы были равны. Поскольку в летний период системы отопления отключены, линия пьезометрических напоров в обратном трубопроводе может пересекать высоты абонентских зданий.

Пьезометрический график закрытой тепловой сети для расчетного и летнего режимов работы представлен на рис. 8.

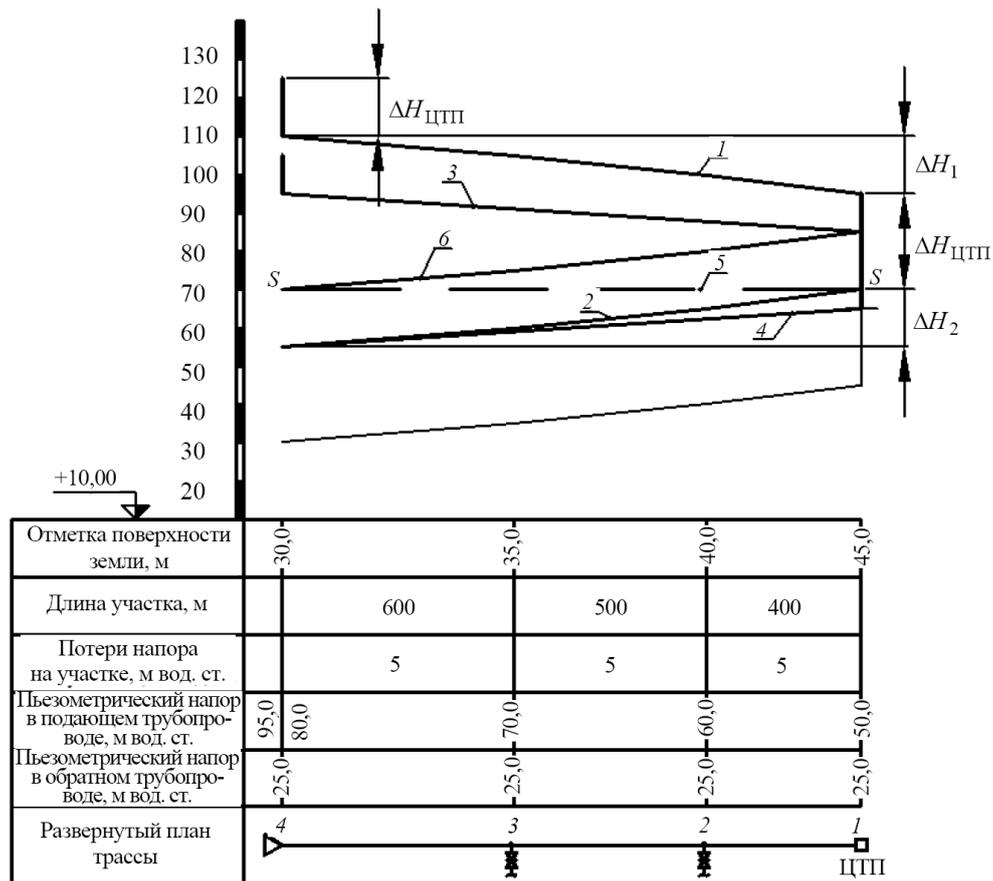


Рис. 8. Пьезометрический график закрытой тепловой сети: 1 — линия напоров в подающем трубопроводе в отопительный период; 2 — линия напоров в обратном трубопроводе в отопительный период; 3, 4 — линии напоров в подающем и обратном трубопроводах в неотапительный период; 5 — линия статических напоров; 6 — линия вскипания воды

Линии напоров в подающем и обратном трубопроводах 1 и 2 при аварийных режимах работы строят по потере напора при аварийных расходах, которые принимают по данным табл. 6. Линии 3 и 4 не строят, поскольку аварийные режимы предусматриваются только для отопительного периода.

3.2.2. Особенности построения пьезометрического графика в открытых системах теплоснабжения

При построении пьезометрического графика в открытых системах теплоснабжения необходимо учитывать особенности их работы, которые заключаются в том, что расходы воды в обратной и подающей магистралях тепловой сети зависят от величины водоразбора в системах горячего водоснабжения и постоянно меняются. Поэтому в открытых системах теплоснабжения, в отличие от закрытых, дополнительно разрабатываются два режима максимального отбора воды на горячее водоснабжение из подающего и обратного теплопроводов.

Расходы воды G_d , т/ч, в тепловых сетях открытых систем теплоснабжения для разработки гидравлических режимов при максимальном водоразборе из подающего или обратного трубопроводов определяют по следующей формуле:

$$G_d = G_{o\max} + G_{v\max} + k_4 \cdot G_{hm}, \quad (30)$$

где k_4 — коэффициент, определяемый по расчету с учетом изменения среднего расхода воды на горячее водоснабжение в зависимости от температурного графика регулирования отпуска теплоты и режима водоразбора из тепловой сети, принимается по данным прил. 10.

Потери напора на участках тепловой сети при ее работе в режимах максимального водоразбора из подающего и обратного трубопроводов на горячее водоснабжение рассчитывают по формуле (29), в числитель которой вместо G_d^s подставляют значения расходов теплоносителя при минимальном водоразборе из подающего и обратного трубопроводов.

Пьезометрические графики открытых тепловых сетей при центральном качественном регулировании по совмещенной и отопительной нагрузкам для расчетного, летнего, зимнего и перепадного режимов работы приведены на рис. 9 и 10.

Положение линий напоров в подающем и обратном трубопроводах (см. рис. 9 и 10) может меняться в зависимости от соотношения

$$\frac{\sum Q_{ht}}{\sum Q_{o\max}} = \rho_{cp}.$$

Оптимальное положение линий напоров в подающем и обратном трубопроводах при расчетном режиме находится в соответствии с рекомендациями пункта 3.2.1. методических указаний с учетом режимов максимального водоразбора из подающего и обратного теплопроводов.

Пьезометрический напор в обратных трубопроводах открытых систем теплоснабжения должен приниматься не менее чем на 5 м вод. ст. больше статического давления систем горячего водоснабжения (высот абонентских зданий).

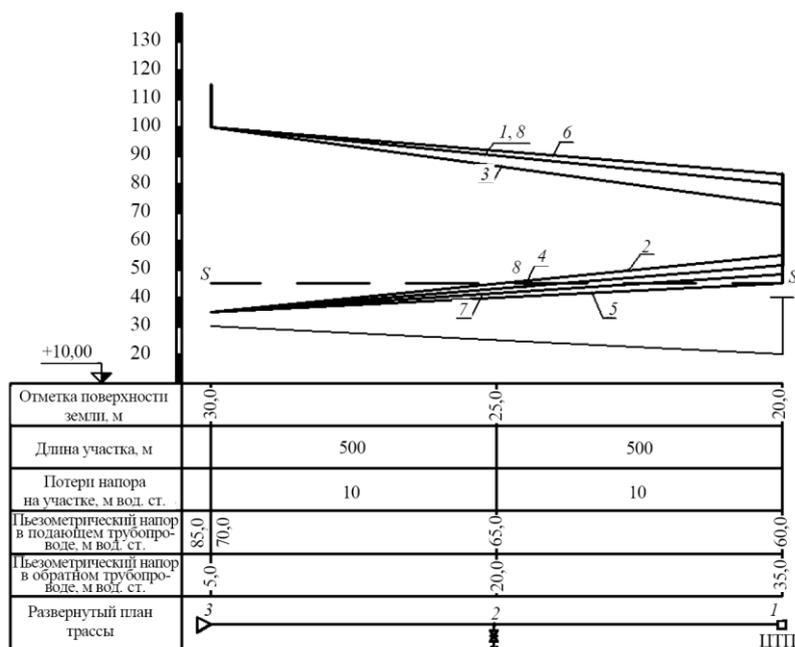


Рис. 9. Пьезометрический график открытой тепловой сети при регулировании по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения: 1, 2 — линии напоров в подающем и обратном трубопроводах при расчетных расходах теплоносителя в отопительный период; 3 — линия напоров в подающем трубопроводе при максимальном водоразборе из него; 4 — линия напоров в обратном трубопроводе при максимальном водоразборе из подающего; 5 — линия напоров в подающем трубопроводе при минимальном водоразборе из обратного; 6 — линия напоров в обратном трубопроводе при максимальном водоразборе из него; 7, 8 — линии напоров в подающем и обратном трубопроводах при расчетном расходе в неотапливаемый период

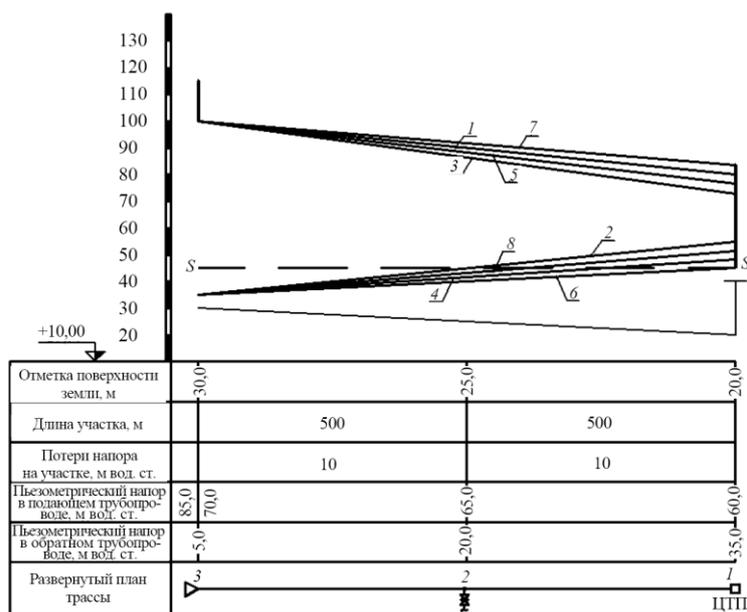


Рис. 10. Пьезометрический график открытой тепловой сети при качественном регулировании по нагрузке отопления: 1, 2 — линии напоров в подающем и обратном трубопроводах при расчетных расходах теплоносителя в отопительный период; 3 — линия напоров в подающем трубопроводе при максимальном водоразборе из него; 4 — линия напоров в обратном трубопроводе при максимальном водоразборе из подающего; 5 — линия напоров в обратном трубопроводе при максимальном водоразборе из него; 6, 7 — линии напоров в подающем и обратном трубопроводах при расчетном расходе теплоносителя в неотапливаемый период; 8 — линия напоров в подающем трубопроводе при максимальном водоразборе из обратного трубопровода

3.3. Анализ пьезометрических графиков расчетного и аварийного режимов работы тепловой сети

Оптимальное положение линий напоров в подающем и обратном теплопроводах должно обеспечивать выполнение условий раздела 3.2.1 при всех режимах работы тепловой сети. Желательно обеспечить одинаковый пьезометрический напор на всасывающей стороне сетевого насоса при всех режимах работы, что может привести к необходимости корректировки положения линий напоров пьезометрических графиков.

3.4. Подбор сетевых, подпиточных и подкачивающих насосов

Напор сетевых насосов $H_{сн}$, м вод. ст., следует определять для отопительного и неотапительного периодов и принимать равным сумме его потерь в установках на источнике теплоты, подающем и обратном трубопроводах от источника теплоты до наиболее удаленного потребителя и в системе потребителя (включая потери в тепловых пунктах и насосных) при суммарных расчетных расходах воды.

Напор сетевых насосов $H_{сн}$ вычисляем по формуле

$$H_{сн} = 2 \cdot \Delta H_c + \Delta H_{ЦТП} + \Delta H_{ИТ}, \quad (31)$$

где ΔH_c — суммарные потери напора в расчетной магистрали, м вод. ст.; $\Delta H_{ЦТП}$ — потери напора в оборудовании ЦТП, м вод. ст., $\Delta H_{ЦТП} = 20 \dots 25$ м вод. ст.; $\Delta H_{ИТ}$ — потери напора в оборудовании источника тепла, м вод. ст., $\Delta H_{ИТ} = 15 \dots 20$ м вод. ст.

Напор подкачивающих насосов на подающем и обратном трубопроводах следует определять по пьезометрическим графикам при максимальных расходах воды в трубопроводах с учетом гидравлических потерь в оборудовании и трубопроводах источника теплоты. При установке на тепловых сетях подкачивающих насосов напор сетевых насосов на источниках теплоты следует уменьшать на величину рабочего напора подкачивающего насоса. Напор подпиточных насосов должен определяться из условий поддержания в водяных тепловых сетях статического давления и проверяться для условий работы сетевых насосов в отопительный и неотапительный периоды. Допускается предусматривать установку отдельных групп подпиточных насосов с различными напорами для отопительного, неотапительного периодов и для статического режима. Подачу (производительность) сетевых и подкачивающих (рабочих) насосов следует принимать:

для закрытых систем теплоснабжения в отопительный период — по суммарному расчетному расходу воды, определяемому по формуле (13);

на подающих трубопроводах тепловых сетей для открытых систем теплоснабжения в отопительный период — по суммарному расчетному расходу воды, определяемому по формуле (30) при $k_4 = 1,4$; подкачивающих насосов на обратных трубопроводах по формуле (13) при $k_3 = 0,6$;

для закрытых и открытых систем теплоснабжения в неотапительный период — по максимальному расходу воды на горячее водоснабжение в неотапительный период по формуле (22).

Подачу (производительность) рабочих подпиточных насосов в закрытых системах теплоснабжения следует принимать равной расчетному расходу воды на компенсацию утечки из тепловой сети, а в открытых — равной сумме максимального расхода воды на горячее водоснабжение по формуле (17) и расчетного расхода воды на компенсацию утечки.

Расчетный расход воды, м³/ч, для подпитки тепловых сетей (расход воды на компенсацию утечек) следует принимать:

в закрытых системах теплоснабжения — численно равным 0,75 % фактического объема воды в трубопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним системах отопления и вентиляции зданий. При этом для участков тепловых сетей длиной более 5 км от источников теплоты без распределения теплоты расчетный расход воды следует принимать равным 0,5 % объема воды в этих трубопроводах;

в открытых системах — равным расчетному среднему расходу воды на горячее водоснабжение с коэффициентом 1,2 плюс 0,75 % фактического объема воды в трубопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий. При этом для участков тепловых сетей длиной более 5 км от источников теплоты без распределения теплоты расчетный расход воды следует принимать равным 0,5 % объема воды в этих трубопроводах;

для отдельных тепловых сетей горячего водоснабжения при наличии баков-аккумуляторов — равным расчетному среднему расходу воды на горячее водоснабжение с коэффициентом 1,2;

при отсутствии баков — по максимальному расходу воды на горячее водоснабжение плюс (в обоих случаях) 0,75 % фактического объема воды в трубопроводах сетей и присоединенных к ним системах горячего водоснабжения зданий.

Объем воды в системах теплоснабжения при отсутствии данных фактических объемов воды допускается принимать равным 65 м³ на 1 МВт расчетного теплового потока при закрытой системе теплоснабжения, 70 м³ на 1 МВт — при открытой системе и 30 м³ на 1 МВт — при отдельных сетях горячего водоснабжения.

Для открытых и закрытых систем теплоснабжения должна предусматриваться дополнительно аварийная подпитка химически не обработанной и не деаэрированной водой, расход которой принимается в количестве 2 % объема воды в трубопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним системах отопления, вентиляции и в системах горячего водоснабжения для открытых систем теплоснабжения.

Для открытых систем теплоснабжения аварийная подпитка должна обеспечиваться только из систем хозяйственно-питьевого водоснабжения. Для открытых систем теплоснабжения, а также при отдельных тепловых сетях на горячее

водоснабжение должны предусматриваться баки-аккумуляторы химически обработанной и деаэрированной подпиточной воды расчетной емкостью, равной десятикратной величине среднего расхода воды на горячее водоснабжение.

В закрытых системах теплоснабжения на источниках теплоты мощностью 100 МВт и более следует предусматривать установку баков запаса химически обработанной и деаэрированной подпиточной воды емкостью 3 % объема воды в системе теплоснабжения. Схема включения баков запаса должна обеспечивать непрерывное обновление воды в баках. Количество баков независимо от системы теплоснабжения принимается не менее двух по 50 % рабочего объема.

Следует принимать следующее число насосов:

сетевых — не менее двух, один из которых является резервным. При пяти рабочих сетевых насосах в одной группе резервный насос допускается не устанавливать;

подкачивающих и смесительных — не менее трех, один из которых является резервным, при этом резервный насос предусматривается независимо от числа рабочих насосов;

подпиточных — в закрытых системах теплоснабжения не менее двух, один из которых является резервным, в открытых системах — не менее трех, один из которых также резервный;

в узлах деления водяной тепловой сети на зоны (в узлах рассечки) допускается в закрытых системах теплоснабжения один подпиточный насос без резерва, а в открытых системах — один рабочий и один резервный.

Располагаемый напор на вводе двухтрубных водяных тепловых сетей в здания при определении напора сетевых насосов (при элеваторном присоединении систем отопления) следует принимать равным расчетным потерям давления на вводе и в местной системе с коэффициентом 1,5, но не менее 0,15 МПа.

Подбор насосного оборудования выполняется по графикам рабочих характеристик насосов по принятым производительности и напору [3].

Гидравлический режим работы системы теплоснабжения определяется точкой пересечения гидравлических характеристик тепловой сети и сетевого насоса. Гидравлические характеристики насосов приведены в справочной литературе. Гидравлические характеристики тепловой сети строят по уравнению

$$\Delta H = S \cdot V^2, \quad (32)$$

где V — расход воды в тепловой сети, м³/с; S — гидравлическая характеристика тепловой сети, с²/м⁵.

Гидравлическая характеристика сети определяется по расчетному режиму:

$$S = \frac{\Delta H}{V_d^2}, \quad (33)$$

где ΔH — потери напора в тепловой сети, м; V_d — объемный расход воды в сети, м³/с, для расчетного режима

$$V_d = \frac{G_d \cdot \rho}{3,6},$$

где ρ — плотность теплоносителя, кг/м³.

Рекомендуется принимать две группы сетевых насосов для работы в отопительный и неотапливаемый периоды года, хотя при установке нескольких насосов на параллельную работу в отопительный период можно использовать часть насосов для работы в неотапливаемый период. При этом насосная установка должна быть оборудована частотно регулируемым приводом. Гидравлический режим работы системы при уменьшении частоты вращения электродвигателя приведен на рис. 11. При расчетной частоте вращения электродвигателя n , расход и напор соответственно равны V_d и H_d , а при частоте вращения n_2 — V_d^s и H_d^s .

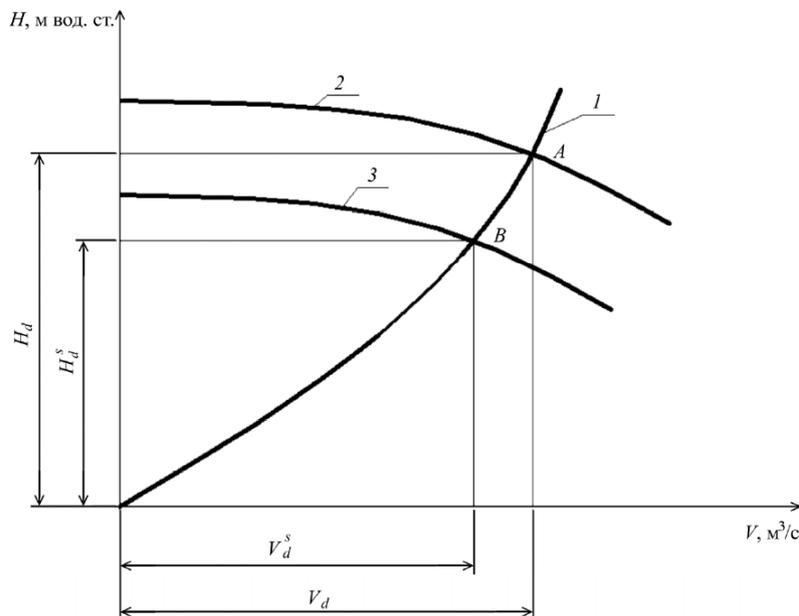


Рис. 11. Гидравлический режим работы тепловой сети при расчетной n_1 и пониженной n_2 частоте вращения насосов: 1 — гидравлическая характеристика сети; 2 — гидравлическая характеристика насоса при расчетной частоте вращения n_1 ; 3 — гидравлическая характеристика насоса при расчетной частоте вращения n_2

Основные сетевые насосы для отопительного периода подбирают по расходу V_d , м³/с (т/ч), и общим потерям напора ΔH_{CH} , м вод. ст., основного расчетного режима. При переходе на аварийные режимы работы увеличивается частота вращения электродвигателей, а регулятором давления увеличивают сопротивление тепловой сети. Такой гидравлический режим показан на рис. 12. При частоте вращения n_1 сетевой насос подает в сеть V_d и развивает напор H_d (расчетный режим), а при частоте вращения n_2 и увеличенном регулятором давления сопротивлении сети аварийный расход $V_{\text{ав}}$ и повышенный напор $H_{\text{ав}}$. Частота вращения электродвигателей в аварийном режиме работы определяется положением точки пересечения характеристик B .

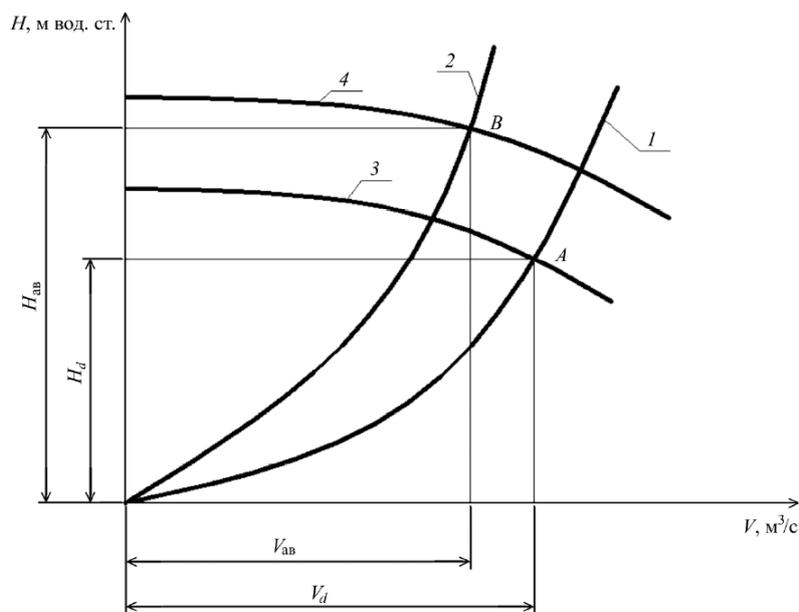


Рис. 12. Гидравлический режим работы тепловой сети в аварийных условиях: 1 — гидравлическая характеристика сети при работе в основном расчетном режиме; 2 — гидравлическая характеристика сети при увеличении ее сопротивления за счет работы регулятора давления; 3 — гидравлическая характеристика насосной установки при частоте вращения n_1 ; 4 — гидравлическая характеристика насосной установки при повышенной частоте вращения n_2

При отсутствии рабочих характеристик насосов ориентировочные значения расходов и напоров при не номинальной частоте вращения может найдено по зависимости

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{H_1}{H_2}}, \quad (34)$$

где V_1 и H_1 — расход и напор при номинальной частоте вращения n_1 соответственно; V_2 и H_2 — расход и напор при любой другой частоте вращения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 124-13330—2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02—2003. — М. : ФГУП ЦПП, 2012.
2. СНиП 2.04.07—86*. Тепловые сети. — М. : ГУП ЦПП, 1999. — 48 с.
3. Манюк, В. И. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей : справ. / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э. Б. Хиж и др. — М. : Стройиздат, 1988. — 432 с.
4. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01—99. / Госстрой России, ФГУП ЦПП. — М., 2012.
5. СНиП 23-01-99. Строительная климатология и геофизика. — М. : ФГУП ЦПП, 2012.
6. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учеб. для вузов. — 5-е изд., перераб. — М. : Энергоатомиздат, 1982. — 360 с.
7. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учеб. для вузов. — 6-е изд., перераб. — М. : МЭИ, 1999. — 472 с.
8. Козин, В. Е. Теплоснабжение : учеб. пособ. для вузов / В. Е. Козин, Т. А. Левина, А. П. Марков и др. — М. : Высшая школа, 1980. — 408 с.

9. Справочник проектировщика : Проектирование тепловых сетей / под ред. А. А. Николаева. — М. : Стройиздат, 1965.
10. СП 41-101—95. Проектирование тепловых пунктов. — М. : ГУП ЦПП, 1999. — 42 с.
11. *Ширакс, З. Э.* Теплоснабжение. — М. : Энергия, 1979. — 256 с.
12. *Ширакс, З. Э.* Совмещенная прокладка инженерных сетей. — М. : Стройиздат, 1991. — 240 с.
13. Водяные тепловые сети : справ. пособ. по проектированию / И. В. Беляйкина, В. П. Витальев, Н. К. Громов и др. / под ред. Н. К. Громова, Е. П. Шубина. — М. : Энергоатомиздат, 1988. — 376 с.
14. СНиП 2.04.14—88*. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. — М. : ГУП ЦПП, 2000. — 28 с.
15. *Щекин, Р. В.* Справочник по теплогазоснабжению и вентиляции. Кн. 1. Отопление и теплоснабжение / Р. В. Щекин, С. М. Корневский, Г. Е. Бем и др. — Киев : Будивельник, 1976. — 416 с.
16. *Мельников, О. Н.* Справочник монтажника сетей теплогазоснабжения / О. Н. Мельников, В. Т. Ежов, А. А. Блоштейн. — Л. : Стройиздат, 1980. — 208 с.
17. *Переверзев, В. А.* Справочник мастера тепловых сетей / В. А. Переверзев, В. В. Шумов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Л. : Энергоатомиздат, 1987. — 272 с.
18. Справочник строителя тепловых сетей / С. Е. Захаренко, Ю. С. Захаренко, И. С. Никольский, М. А. Пищиков ; под ред. С. Е. Захаренко. — 2-е изд., перераб. — М. : Энергоатомиздат, 1984. — 184 с.

Приложение 1

Укрупненные показатели максимального теплового потока на отопление и вентиляцию жилых зданий на 1 м² отапливаемой площади q_o, Вт

Этажность жилых зданий	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления t _{нв} , °С										
	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Для зданий строительства до 1995 г.											
1—3-этажные многоквартирные отдельностоящие	146	155	165	175	185	197	209	219	228	238	248
2—3-этажные многоквартирные блокированные	108	115	122	129	135	144	153	159	166	172	180
4—6-этажные кирпичные	59	64	69	74	80	86	92	98	103	108	113
4—6-этажные панельные	51	56	61	65	70	75	81	85	90	95	99
7—10-этажные кирпичные	55	60	65	70	75	81	87	92	97	102	107
7—10-этажные панельные	47	52	56	60	65	70	75	80	84	88	93
Более 10 этажей	61	67	73	79	85	92	99	105	111	117	123
Для зданий строительства после 2000 г.											
1—3-этажные многоквартирные отдельностоящие	76	76	77	81	85	90	96	102	105	107	109
2—3-этажные многоквартирные блокированные	57	57	57	60	65	70	75	80	85	88	90
4—6-этажные	45	45	46	50	55	61	67	72	76	80	84
7—10-этажные	41	41	42	46	50	55	60	65	69	73	76
11—14-этажные	37	37	38	41	45	50	54	58	62	65	68
Более 15 этажей	33	33	34	37	40	44	48	52	55	58	61
Для зданий строительства после 2010 г.											
1—3-этажные многоквартирные отдельностоящие	65	66	67	70	73	78	83	87	91	93	94
2—3-этажные многоквартирные блокированные	49	49	50	52	58	64	69	73	77	79	80
4—6-этажные	40	41	42	44	49	55	59	64	67	71	74
7—10-этажные	36	37	38	40	43	48	50	57	60	64	67
Для зданий строительства после 2015 г.											
1—3-этажные многоквартирные отдельностоящие	60	61	62	64	67	72	77	81	84	85	86
2—3-этажные многоквартирные блокированные	47	48	49	51	55	59	64	67	71	73	74
4—6-этажные	37	38	40	42	45	49	55	59	64	66	69
7—10-этажные	34	35	36	37	40	42	48	52	56	59	62
11—14-этажные	31	32	33	35	37	41	45	49	52	55	57
Более 15 этажей	30	31	32	33	36	40	43	47	50	52	55

Приложение 2

Укрупненные показатели среднего теплового потока на горячее водоснабжение с учетом потребления в общественных зданиях q_h

Средняя за отопительный период норма расхода воды при температуре 55 °С на горячее водоснабжение в сутки на 1 чел., проживающего в здании с горячим водоснабжением, л	На одного человека, Вт, проживающего в здании		
	с горячим водоснабжением	с горячим водоснабжением с учетом потребления в общественных зданиях	без горячего водоснабжения с учетом потребления в общественных зданиях
85	247	320	73
90	259	332	73
105	305	376	73
115	334	407	73

*Нормы расхода горячей воды потребителями
и удельная часовая величина теплоты на ее нагрев*

№ п/п	Потребители	Измеритель	Норма расхода горячей воды α , л/сут	Норма общей/полезной площади на 1 измеритель $S_{в}$, м ² /чел.	Удельная величина тепловой энергии q_{hw} , Вт/м ²	Удельная величина тепловой энергии q_h , Вт/чел.
1	2	3	4	5	6	7
1	Жилые дома независимо от этажности, оборудованные умывальниками, мойками и ваннами, с квартирными регуляторами давления То же, с заселенностью 20 м ² /чел.	1 житель 1 житель	105 105	25 20	12,2 15,3	305 306
2	То же, с умывальниками, мойками и душевыми	1 житель	85	18	13,8	248
3	Гостиницы и пансионаты с душами во всех отдельных номерах	1 проживающий	70	12	17,0	204
4	Больницы с санитарными узлами, приближенными к палатам	1 больной	90	15	17,5	263
5	Поликлиники и амбулатории	1 больной в смену	5,2	13	1,5	20
6	Детские ясли и сады с дневным пребыванием детей и столовыми на полуфабрикатах	1 ребенок	11,5	10	3,1	31
7	Административные здания	1 работающий	5	10	1,3	13
8	Общеобразовательные школы с душевыми при гимнастических залах и столовыми на полуфабрикатах	1 учащийся	3	10	0,8	8
9	Физкультурно-оздоровительные комплексы	1 человек	30	5	17,5	88
10	Предприятия общественного питания для приготовления пищи, реализуемой в обеденном зале	1 посетитель	12	10	3,2	32
11	Магазины продовольственные	1 работающий	12	30	1,1	33
12	Магазины протоварные	То же	8	30	0,7	21

Примечания. 1. Нормы расхода воды установлены для основных потребителей и включают все дополнительные расходы (обслуживающим персоналом, душевыми для обслуживания персонала, посетителями, на уборку помещений и т. п.). 2. Для водопотребителей гражданских зданий, сооружений и гражданских зданий, сооружений и помещений, не указанных в настоящей таблице, нормы расхода воды следует принимать согласно настоящему приложению для потребителей, аналогичных по характеру водопотребления.

Приложение 4

Величина допустимого снижения подачи теплоты, %

Диаметр труб тепловых сетей, мм	Время восстановления теплоснабжения, ч	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления t_o , °С				
		-10	-20	-30	-40	-50
		Допускаемое снижение подачи теплоты, %, до				
300	15	32	50	59	60	64
400	18	41	56	63	65	68
500	22	49	63	69	70	73
600	26	52	68	73	75	77
700	29	59	70	75	76	78
800...1000	40	66	75	79	80	82
1200...1400	До 54	71	79	82	83	85

Приложение 5

Значение коэффициента k_3

Система теплоснабжения с тепловым потоком, МВт	Открытая		Закрытая	
	100 и более	менее 100	100 и более	менее 100
Значение коэффициента k_3	0,6	0,8	1	1,2

Примечание. Для закрытых систем теплоснабжения при регулировании по отопительной нагрузке и тепловом потоке менее 100 МВт при наличии баков-аккумуляторов у потребителей $k_3=1$.

Приложение 6

Диаметры разгрузочные байпасов

Условный проход задвижки, мм	200...300	350...600	800	1000	1200...1400
Условный проход разгрузочного байпаса, мм, не менее	25	50	80	100	150

Приложение 7

Предельно допустимые расстояния между неподвижными опорами трубопроводов

D_y , мм	32	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
------------	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

При установке П-образных компенсаторов

l, м	50	60	60	80	80	90	100	120	120	120	140	160	160	180	200	200
------	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

При установке сальниковых и сильфонных компенсаторов

l, м	—	—	—	—	70	70	80	80	100	100	120	140	140	140	160	160
------	---	---	---	---	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Приложение 8

Предельно допустимые расстояния между подвижными опорами

D_y , мм	32	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
l, м	2	2,5	3	3,5	4,0	4,5	5	6	7	8	8	8,5	9,0	10	100	10

Приложение 9

Размещение двухтрубных водяных тепловых сетей в непроходных одноячейковых железобетонных каналах

D_y , мм	32	40	50	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
Тип канала	КЛ 70x51	КЛ 98x50	КЛ 98x50	КЛ 98x50	КЛ 98x50	КЛ 96x80	КЛ 124x78	КЛ 124x78	КЛ 124x78	КЛ 152x78	КЛ 152x78	КП 178x106	КП 208x104	КП 208x104	КП 208x104	КП 208x104

Приложение 10

Значение коэффициента k_4

Режим водозабора	Трубопровод	Значение коэффициента k_4 при центральном качественном регулировании	
		по нагрузке отопления	по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения
Максимальный: из подающего трубопровода	Подающий	1,0	1,4
	Обратный	-1,4	-1
из обратного трубопровода	Подающий	0,6	1,2
	Обратный	-1,8	-1,2