

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

В. М. МЕЛЬНИКОВ
А. В. АНТИПОВА

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ РАЙОНА ГОРОДА

Учебное пособие к курсовому проектированию



Владимир 2019

УДК 697.34
ББК 31.38
М48

Рецензенты:

Руководитель теплоинспекции Владимирского филиала
ОАО «ЭнергосбыТ Плюс»
А. А. Рожков

Кандидат технических наук доцент кафедры строительного
производства Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
В. Б. Акимов

Издается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Мельников, В. М. Теплоснабжение района города : учеб.
М48 пособие к курсовому проектированию / В. М. Мельников,
А. В. Антипова ; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. –
Владимир : Изд-во ВлГУ, 2019. – 102 с.
ISBN 978-5-9984-1059-8

С целью оказания помощи при выполнении курсовых и дипломных проектов по дисциплине «Теплоснабжение» представлены методика проектирования систем централизованного теплоснабжения и теоретические основы расчета систем теплоснабжения. В приложениях даны задания к курсовому проекту и исходные данные для его выполнения, а также примеры оформления чертежей.

Предназначено для студентов вузов, выполняющих курсовое проектирование по дисциплине «Теплоснабжение», которое является важным этапом подготовки специалистов по направлению 08.03.01 – Строительство, профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция», может быть полезно практикующим инженерам-теплоэнергетикам.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС ВО.

Ил. 14. Табл. 18. Библиогр.: 14 назв.

УДК 697.34
ББК 31.38

ISBN 978-5-9984-1059-8

© ВлГУ, 2019

ВВЕДЕНИЕ

Большинство регионов России имеют длительный отопительный период. На цели теплоснабжения затрачиваются значительные финансовые, материальные и временные ресурсы. Полностью исключить такие затраты невозможно, но снизить их до условно минимального предела необходимо при сохранении комфортных параметров микроклимата.

Существует энергетическая стратегия России на период до 2030 г. (ЭС-2030), которая утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 ноября 2009 г. № 1715-р. Стратегическими целями развития сферы теплоснабжения являются:

- достижение высокого уровня комфорта в жилых, общественных и производственных помещениях, включая количественный и качественный рост комплекса услуг по теплоснабжению (отопление, горячее водоснабжение), вентиляции и хладоснабжению (кондиционирование), высокий, соответствующий ведущим европейским странам уровень обеспеченности населения и отраслей экономики страны этим комплексом услуг при доступной их стоимости;

- кардинальное повышение технического уровня систем теплоснабжения на основе инновационных, высокоэффективных технологий и оборудования;

- сокращение непроизводительных потерь тепловой энергии и расходов топлива;

- обеспечение управляемости, надежности, безопасности и экономичности теплоснабжения;

- снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Проектирование тепловых сетей (ТС) – процесс, включающий выполнение расчетов тепловых нагрузок, а также тепловых, гидравлических и прочностных расчетов, взаимосвязанных между собой. Оно подразумевает также разработку схемы теплоснабжения и подбор основного оборудования тепловой сети.

1. СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовой проект по дисциплине «Теплоснабжение» включает в себя расчетную и графическую части, которые оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ 21.1101-2013 «Основные требования к проектной и рабочей документации», и состоит из расчетно-пояснительной записки на 30 – 40 листах формата А4 и графической части (один лист формата А1 или аналогичные по площади форматы А2, А3).

В пояснительную записку входят разделы:

1. Исходные данные.
2. Определение тепловых нагрузок для отопления, вентиляции, горячего водоснабжения.
3. Определение количества теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение.
4. Построение годового графика расхода тепла по продолжительности и определение годового расхода тепла на одного жителя.
5. Расчет регулирования отпуска тепла.
6. Определение расходов теплоносителя в тепловых сетях.
7. Гидравлический расчет трубопроводов.
8. Построение пьезометрического графика.
9. Разработка и построение продольного профиля тепловой сети.
10. Подбор основного сетевого оборудования.
11. Выбор конструкции тепловой сети и разработка монтажной схемы.
12. Проектирование компенсации сети температурным удлинением.
13. Проектирование неподвижных опор.
14. Тепловой расчет теплоизоляционной конструкции.

В графическую часть входят:

1. Графики:
 - 1.1. Часового расхода тепла.
 - 1.2. Расхода тепла по продолжительности.
 - 1.3. Температуры воды в тепловых сетях.
 - 1.4. Расхода сетевой воды.
 - 1.5. Пьезометрический график.

2. Схемы:

2.1. Принципиальная схема системы теплоснабжения.

2.2. Расчетная схема ТС для гидравлического расчета.

3. Чертежи:

3.1. Генплана с нанесенными горизонталями, трассой ТС.

3.2. Монтажной схемы ТС.

3.3. Продольного профиля ТС.

3.4. Сечения прокладки ТС в каналах и бесканальная.

3.5. Неподвижной опоры.

3.6. Вентильного колодца.

Задание на курсовой проект (прил. А) может быть изменено преподавателем по согласованию со студентом в индивидуальном порядке и дополнено научно-исследовательским разделом. Задание также может быть выдано на несколько человек для групповой (командной) работы студентов.

Перед началом работы необходимо сделать выборку исходных данных в соответствии с номером варианта (номером студента по журналу группы) из табл. А1 и А2 прил. А.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ, ВЕНТИЛЯЦИИ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

При разработке схем теплоснабжения расчетные тепловые нагрузки определяются [2, п. 5.2]:

а) для существующей застройки населенных пунктов и действующих промышленных предприятий – по проектам с уточнением по фактическим тепловым нагрузкам;

б) для намечаемых к строительству промышленных предприятий – по укрупненным нормам развития основного (профильного) производства или проектам аналогичных производств;

в) для намечаемых к застройке жилых районов – по укрупненным показателям плотности размещения тепловых нагрузок или при известной этажности и общей площади зданий согласно генеральным планам застройки районов населенного пункта – по удельным тепловым характеристикам зданий [2], а также настоящему учебному пособию, прил. Б и В.

Расчетные тепловые нагрузки при проектировании тепловых сетей определяются по данным конкретных проектов нового строительства, а существующей ТС – по фактическим тепловым нагрузкам [2, п. 5.3].

Следует отметить, что имеется несколько методик определения тепловых нагрузок, тщательно проработанных в предыдущих версиях СНиП и СП и других утвержденных методических материалах. Все методики дают достаточно хорошую сходимость конечных результатов.

Максимальный тепловой поток на отопление жилых зданий определяется по формуле

$$Q_{o\max} = q_o A, \text{ Вт.}$$

Максимальный тепловой поток на отопление общественных зданий рассчитывается следующим образом:

$$Q_{o\max} = q_o A k_1, \text{ Вт.}$$

Максимальный тепловой поток на вентиляцию общественных зданий находится по выражению

$$Q_{v\max} = k_1 k_2 q_o A, \text{ Вт.}$$

Средний тепловой поток на отопление жилых районов населенных пунктов следует определять по формуле

$$Q_{от} = Q_{o\max} \frac{t_i - t_{от}}{t_i - t_o}, \text{ Вт,} \quad (2.1)$$

то же на вентиляцию при t_o

$$Q_{vm} = Q_{v\max} \frac{t_i - t_{от}}{t_i - t_o}, \text{ Вт,} \quad (2.2)$$

где q_o – укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м^2 общей площади, принимаемый по рекомендуемому прил. Б, Вт;

A – общая площадь жилых зданий, м^2 ;

k_1 – коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий; при отсутствии данных следует принимать равным 0,25;

k_2 – коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий; при отсутствии данных следует принимать равным: для общественных зданий, построенных до 1985 г. – 0,4, после 1985 г. – 0,6.

t_o – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, $^{\circ}\text{C}$;

t_i – средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, принимаемая для жилых и общественных зданий равной 18 °С, для производственных – 16 °С;

$t_{от}$ – средняя температура наружного воздуха за период со среднесуточной температурой воздуха 8 °С и менее (отопительный период), °С;

Максимальный тепловой поток на отопление жилых и общественных зданий также может быть определен по формуле [5].

$$Q_{о\ max} = \alpha q_o V_n (t_i - t_o) k_{п.т}, \text{ Вт}, \quad (2.3)$$

где α – поправочный коэффициент, учитывающий район строительства здания, принимается по табл. 2.1;

q_o – удельная отопительная характеристика здания при $t_o = -30$ °С, Вт/(м³·°С) [ккал/(м³·ч·°С)], может быть принята для жилых зданий по таблице, указанной в прил. В;

V_n – объем здания по наружному обмеру выше отметки ±0,000 (надземная часть), м³;

$k_{п.т}$ – повышающий коэффициент для учета потерь теплоты теплопроводами, проложенными в неотапливаемых помещениях, принимается 1,05;

t_m – средняя температура наружного воздуха за расчетный период, °С, [4].

Таблица 2.1

Поправочный коэффициент, учитывающий район строительства здания

$t_o, \text{ }^\circ\text{C}$	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55
α	2,05	1,67	1,45	1,29	1,17	1,08	1,0	0,95	0,90	0,85	0,82	0,80

Средний часовой расход теплоты на подогрев воды для нужд горячего водоснабжения определяется:

в отопительный период

$$Q^{3}_{hm} = g^h_{ит} m c (t_h - t_c^3) (1 + K_{т.п}) / 24 \cdot 3600, \text{ Вт},$$

в неотапливаемый период

$$Q^{л}_{hm} = g^h_{ит} m c \beta (t_h - t_c^л) (1 + K_{т.п}) / 24 \cdot 3600, \text{ Вт},$$

где $g^h_{ит}$ – норма расхода горячей воды на горячее водоснабжение на единицу измерения для потребителя, принимается для жилых зданий по прил. Г или утверждается местными органами власти, л/(сут·чел.);

m – количество единиц измерения, отнесенное к суткам или сменам (число жителей, учащихся в учебных заведениях, мест в больнице и т. п.);

t_h – средняя температура горячей воды, принимается для закрытой системы теплоснабжения в диапазоне 60 – 75 °С в зависимости от технических условий на проектирование;

c – удельная теплоемкость горячей воды, принимается 4,187 кДж/(кг·°С);

t_c^3 – температура холодной (водопроводной) воды в отопительном периоде, принимается при отсутствии данных 5 °С;

t_c^{11} – температура холодной (водопроводной) воды в неотапительном периоде, принимается при отсутствии данных 15 °С;

Z_3, Z_{11} – продолжительность работы системы горячего водоснабжения соответственно в отопительном и неотапительном периодах, сут;

β – коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапительный период по отношению к отопительному, принимается при отсутствии данных для жилищно-коммунального сектора равным 0,8 (для курортов $\beta = 1,2 – 1,5$), для предприятий – 1;

$K_{т.п}$ – коэффициент, учитывающий тепловые потери системой горячего водоснабжения (стояками, подающими и циркуляционными трубопроводами, полотенцесушителями и пр.), принимается по табл. 2.2 в зависимости от степени благоустройства.

Таблица 2.2

Коэффициент, учитывающий потери тепла трубопроводами

Тип системы горячего водоснабжения	Коэффициент, учитывающий потери тепла, $K_{т.п}$	
	при наличии наружных сетей горячего водоснабжения после ЦТП (на балансе потребителя)	без наружных сетей горячего водоснабжения
С изолированными стояками		
Без полотенцесушителей	0,15	0,1
С полотенцесушителями	0,25	0,2
С неизолированными стояками		
Без полотенцесушителей	0,25	0,2
С полотенцесушителями	0,35	0,3

Средний часовой расход теплоты на подогрев воды для нужд горячего водоснабжения может быть рассчитан

$$Q_{hm} = q_{hm} A, \text{ Вт,}$$

где q_{hm} – укрупненный показатель максимального теплового потока на горячее водоснабжение жилых зданий на 1 м² общей площади, принимаемый по рекомендуемому прил. Г, Вт;

A – общая площадь жилых зданий, м².

При известной величине среднего часового расхода теплоты на горячее водоснабжение Q_{hm} максимальный часовой расход теплоты на горячее водоснабжение может быть определен по соотношению

$$Q_{hmax} = Q_{hm} k_r, \text{ Вт},$$

где k_r – коэффициент часовой неравномерности водопотребления, вычисляется по эмпирической формуле (2.4) или принимается по табл. 2.3.

$$k_r = 2,36 + 3,15 \frac{200}{m} - 1,08 \left(\frac{200}{m} \right)^2 + 0,153 \left(\frac{200}{m} \right)^3. \quad (2.4)$$

Таблица 2.3

Значения коэффициента часовой неравномерности водопотребления k_r

Численность жителей	Коэффициент часовой неравномерности k_r	Численность жителей	Коэффициент часовой неравномерности k_r
150	5,15	2500	2,9
250	4,5	3000	2,85
350	4,1	4000	2,78
500	3,75	5000	2,74
700	3,5	6000	2,7
1000	3,27	7500	2,65
1500	3,09	10000	2,6
2000	2,97	20000	2,4

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ И ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Для определения количества тепла следует помнить, что количество тепла есть работа, т. е. средняя мощность, умноженная на время. Средняя мощность вычисляется по формулам (2.1) – (2.3), а время – по техническим условиям или по нормативной литературе.

Расчеты рекомендуется производить в системе СИ, но при необходимости используют внесистемные единицы по техническому заданию или требованию заказчика.

Соотношения между единицами следующие:

– мощность

$$1 \text{ ккал/ч} = 4187 / 3600 = 1,163 \text{ Вт} \quad 1 \text{ Вт} = 1 / 1,163 = 0,86 \text{ ккал/ч};$$

– количество тепла

1 кал = 4,187 Дж; 1 ккал = 4187 Дж = 4,187 кДж.

$c = 4,187 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ [1 ккал/(кг·°C)] – удельная теплоемкость воды.

Годовые расходы теплоты жилыми и общественными зданиями определяются по формулам, кДж:

– на отопление жилых или общественных зданий

$$Q_{oy} = 86,4Q_{om}n_o;$$

– на вентиляцию общественных зданий

$$Q_{vy} = 3,6ZQ_{vm}n_o;$$

– на горячее водоснабжение (ГВС) жилых или общественных зданий (первое слагаемое – расход теплоты на ГВС в отопительный период, второе – в неотапливаемый)

$$Q_{hy} = 86,4Q_{hm}n_o + 86,4Q_{hm}^s(n_{hy} - n_o),$$

где Z – усредненное за отопительный период число часов работы системы вентиляции общественных зданий в течение суток (при отсутствии данных принимается равным 16 ч);

n_o – продолжительность отопительного периода, сут, соответствующая периоду со средней суточной температурой наружного воздуха 8°C и ниже, принимаемого по варианту курсового проекта;

n_{hy} – расчетное число суток в году работы системы горячего водоснабжения. При отсутствии данных следует принимать 350 сут.

Необходимо отметить, что существуют и другие расчетные зависимости, не меняющие основу вычислений, т. е. работа (количество тепла) есть мощность, умноженная на время.

Результатом расчета является таблица, форма которой представлена ниже.

Расходы тепла потребителями района

Потребители	Расходы тепла, МВт				Всего
	на отопление	на вентиляцию	на ГВС сред.	на ГВС макс.	
Жилые дома	119,970	60,691	14,070	29,804	223,766
Общественные здания	19,254	9,782			
Итого:	139,224	70,472	14,070	29,804	

4. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ РАСХОДА ТЕПЛА

После определения расчетного теплотребления на основании суммарных часовых расходов теплоты строится график годового расхода теплоты.

Он состоит из двух частей: левой – графика зависимости суммарных расходов теплоты от температуры наружного воздуха и правой – годового графика расхода теплоты. На последнем по оси ординат откладывают расход теплоты, по оси абсцисс – число часов стояния температур наружного воздуха [9].

Классический график зависимости расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение от температуры наружного воздуха [10] представлен на рис. 4.1.

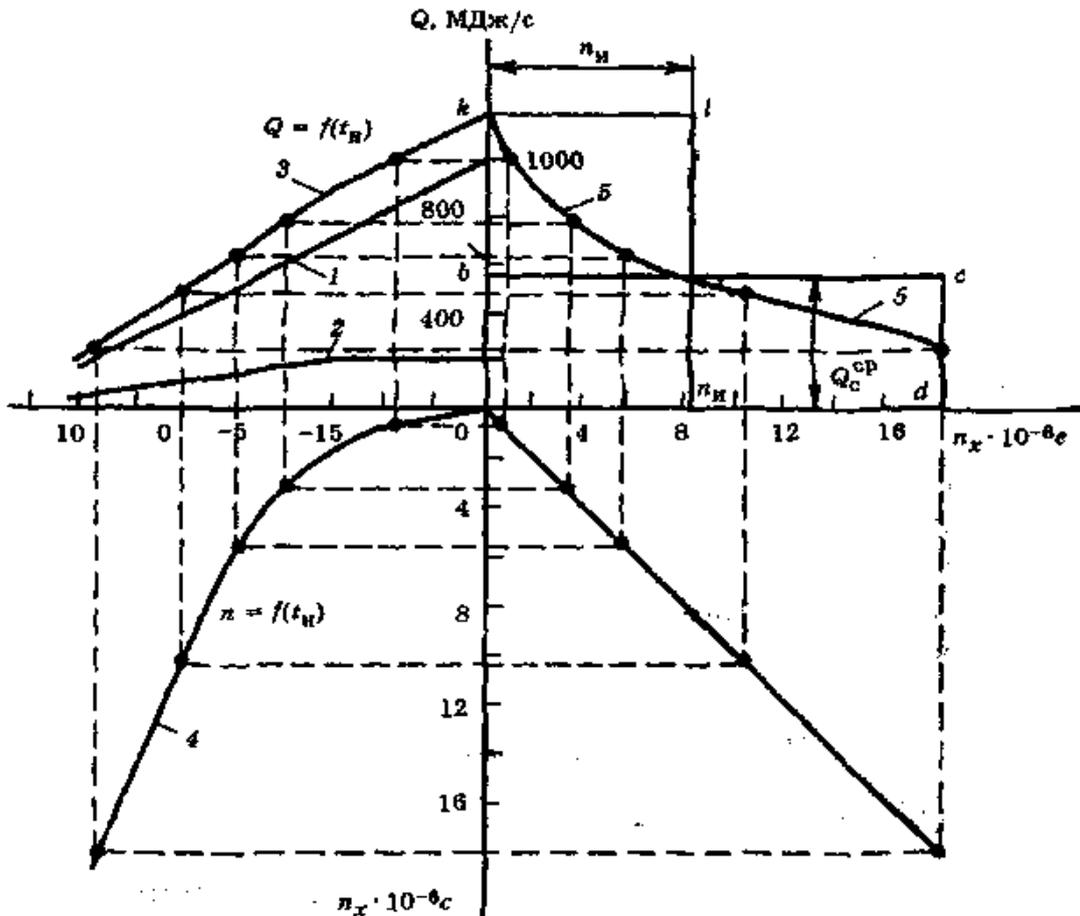


Рис. 4.1. График зависимости расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение от температуры наружного воздуха (классический вариант)

При построении допустимо ограничиться только двумя верхними квадрантами. График рекомендуется строить в современных графических пакетах, например Excel.

Построение можно проводить по следующему алгоритму:

1. По оси абсцисс откладывают температуру наружного воздуха от $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ до t_o .

2. По оси ординат указывают расходы теплоты (левая часть графика, рис. 4.2). Графики расходов теплоты на отопление и вентиляцию представляют собой линейные зависимости от температуры наружного воздуха, поэтому достаточно двух точек для построения. Одной точкой каждого графика является расчетное потребление теплоты районом города $Q_{o\text{max}}$ и $Q_{v\text{max}}$ (при температуре наружного воздуха, равной расчетной на отопление t_o). Второй точкой каждого графика считаются расходы теплоты на отопление и вентиляцию при $t_n = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$, определяемые по формулам:

$$Q_o^{+8} = Q_{o\text{max}} \frac{(t_i - 8)}{(t_i - t_o)};$$

$$Q_v^{+8} = Q_{v\text{max}} \frac{(t_i - 8)}{(t_i - t_o)},$$

где $t_i = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ – средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий жилых районов.

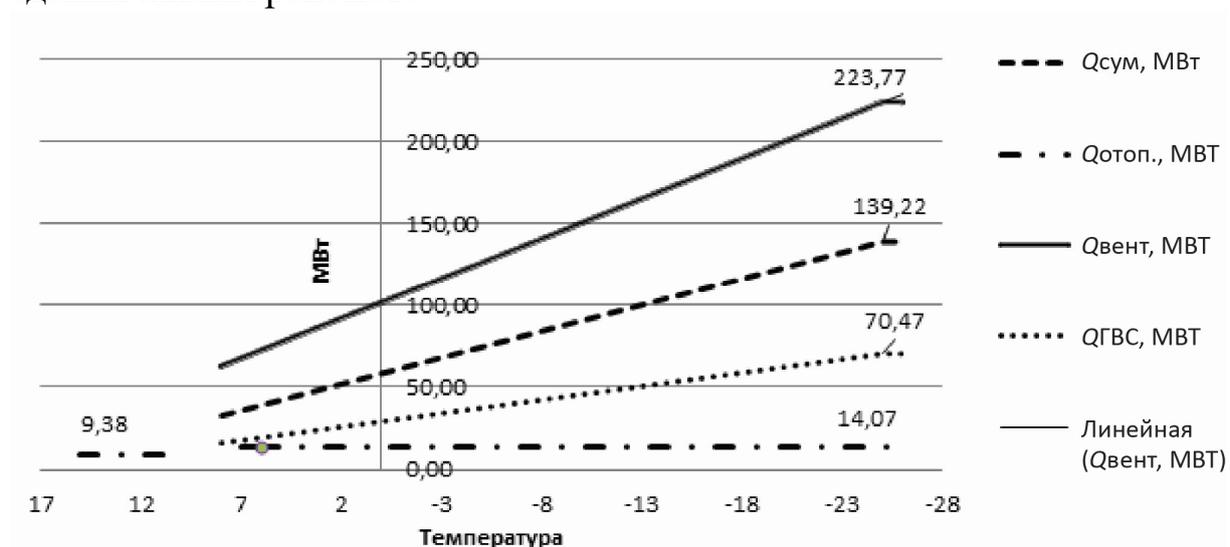


Рис. 4.2. График зависимости расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение от температуры наружного воздуха (левая часть, Excel)

3. Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение – круглогодичная, в течение отопительного периода принимается постоянной, независимой от температуры наружного воздуха. Поэтому график часового расхода теплоты на горячее водоснабжение представляет собой прямую, параллельную оси абсцисс.

4. График суммарного часового расхода теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение строится путем сложения соответствующих ординат при $t_{н} = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и при $t_{о}$.

5. Для построения графика годовой тепловой нагрузки из точек на оси абсцисс графика часового расхода теплоты, соответствующих температурам наружного воздуха с интервалом $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, восстанавливают перпендикуляры до пересечения с линией суммарного расхода теплоты.

6. Из полученных точек проводят горизонтальные прямые до пересечения с перпендикулярами, восстановленными к оси абсцисс из точек, соответствующих продолжительности стояния температур наружного воздуха (прил. Д). Правая часть графика приведена на рис. 4.3.

7. Соединив найденные точки, получают искомый график расхода теплоты за отопительный период.

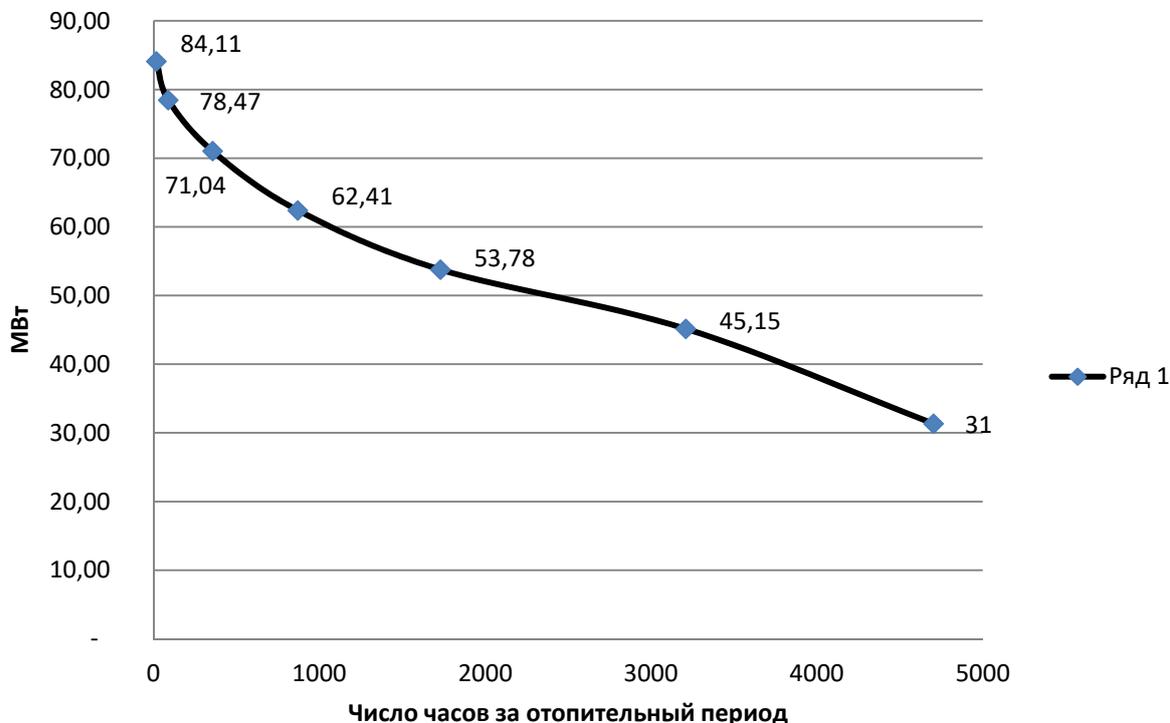


Рис. 4.3. График годового потребления тепла в зависимости от числа часов расчетного периода (правая часть, Excel)

График продолжительности тепловых нагрузок необходим для установления экономичного режима работы теплофикационного оборудования, выбора наивыгоднейших (оптимальных) параметров теплоносителя, а также для других плановых и технико-экономических исследований, для чего важно знать длительность работы системы теплоснабжения при различных режимах в течение года.

Когда тепловая нагрузка района обеспечивается теплотой из различных источников, для определения степени их участия в покрытии годового расхода теплоты удобно пользоваться интегральным графиком, который строится на основе графика продолжительности тепловой нагрузки, обладает свойством универсальности и дает возможность установить годовую подачу теплоты различными источниками теплоснабжения.

5. РАСЧЕТ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛА

Регулирование отпуска тепла бывает центральное, групповое, индивидуальное.

Основным критерием регулирования является поддержание температурного и гидравлического режимов у потребителя тепла.

На источнике тепла следует предусматривать следующее регулирование:

количественное – изменение в зависимости от температуры наружного воздуха и расхода теплоносителя в тепловых сетях на выходных задвижках источника теплоты;

качественное – изменение в зависимости от температуры наружного воздуха и температуры теплоносителя на источнике теплоты;

центральное – качественно-количественное по совместной нагрузке отопления, вентиляции и горячего водоснабжения путем регулирования на источнике теплоты как температуры, так и расхода сетевой воды [2, п. 7.5].

В учебном пособии рассматривается качественное регулирование отпуска тепла по совмещенной тепловой нагрузке, наиболее характерное и распространенное для городов с централизованной системой теплоснабжения. Для его расчета необходимо построить график зависимости температуры теплоносителя в подающей и обратной магистрали от

температуры наружного воздуха. По умолчанию система теплоснабжения двухтрубная, рекомендованная [2].

График температур теплоносителя строится по 10 точкам на основании следующих уравнений:

– температура в подающем трубопроводе

$$\tau_1 = t_B + (\tau_o - t_B) \bar{Q}_o^{0,8} + (\tau_1^p - \tau_o) \bar{Q}_o;$$

– температура в обратном трубопроводе

$$\tau_2 = \tau_1 - (\tau_1^p - \tau_2^p) \bar{Q}_o;$$

где τ_o – средняя температура теплоносителя в нагревательных приборах системы отопления в расчетном режиме,

$$\tau_o = \frac{(\tau_3^p + \tau_2^p)}{2};$$

\bar{Q}_o – относительный расход тепла на отопление при температуре наружного воздуха t_n , отличающейся от расчетной:

$$\bar{Q}_o = \frac{Q_o}{Q_o^p} = \frac{Q_o}{Q_{o\max}} = \frac{(t_B - t_{Hi})}{(t_B - t_{Ho})};$$

$\tau_1^p, \tau_2^p, \tau_3^p$ – температуры теплоносителя соответственно в подающем, обратном трубопроводах ТС и в системе отопления в расчетном режиме (см. таблицу).

Расчетная таблица для построения повышенного графика

$t, ^\circ\text{C}$	$Q_o, \text{МВт}$	$\tau_1, ^\circ\text{C}$	$\tau_2, ^\circ\text{C}$	δ_1	δ_2	$\tau_1^p, ^\circ\text{C}$	$\tau_2^p, ^\circ\text{C}$	$\delta_1 + \delta_2$
8,0	0,217	47,35	34,31	9,20	17,00	81,96	25,11	26,19
7,0	0,239	49,89	35,54	9,79	16,41	81,96	25,76	26,19
6,0	0,261	52,41	36,75	10,36	15,83	81,96	26,39	26,19
5,0	0,283	54,89	37,94	10,92	15,27	81,96	27,01	26,19
4,0	0,304	57,36	39,10	11,48	14,72	81,96	27,62	26,19
3,0	0,326	59,81	40,24	12,02	14,17	81,96	28,22	26,19
2,0	0,348	62,23	41,36	12,56	13,64	81,96	28,81	26,19
1,5	0,359	63,44	41,92	12,82	13,37	81,96	29,10	26,19
1,0	0,370	64,64	42,47	13,08	13,11	81,96	29,39	26,19
0,0	0,391	67,04	43,56	13,60	12,59	81,96	29,96	26,19
-1,0	0,413	69,41	44,63	14,11	12,08	81,96	30,52	26,19
-1,25	0,418	70,01	44,90	14,24	11,95	81,96	30,66	26,19

Окончание таблицы

$t, ^\circ\text{C}$	$Q_0, \text{МВт}$	$\tau_1, ^\circ\text{C}$	$\tau_2, ^\circ\text{C}$	δ_1	δ_2	$\tau_1^{\text{п}}, ^\circ\text{C}$	$\tau_2^{\text{п}}, ^\circ\text{C}$	$\delta_1+\delta_2$
-1,5	0,424	70,60	45,16	14,37	11,83	82,43	30,80	26,19
-2,0	0,435	71,78	45,69	14,62	11,58	83,36	31,07	26,19
-3,0	0,457	74,13	46,74	15,12	11,08	85,21	31,62	26,19
-4,0	0,478	76,47	47,77	15,61	10,59	87,05	32,16	26,19
-5,0	0,500	78,80	48,80	16,10	10,10	88,89	32,70	26,19
-6,0	0,522	81,11	49,81	16,58	9,62	90,73	33,23	26,19
-7,0	0,543	83,42	50,81	17,05	9,14	92,56	33,75	26,19
-8,0	0,565	85,71	51,80	17,53	8,67	94,38	34,27	26,19
-9,0	0,587	88,00	52,78	17,99	8,20	96,20	34,79	26,19
10,0	0,609	90,27	53,75	18,46	7,74	98,01	35,29	26,19
-11,0	0,630	92,54	54,71	18,91	7,28	99,82	35,80	26,19
-12,0	0,652	94,80	55,67	19,37	6,83	101,62	36,30	26,19
-13,0	0,674	97,05	56,61	19,82	6,37	103,42	36,79	26,19
-14,0	0,696	99,29	57,55	20,27	5,93	105,22	37,28	26,19
-15,0	0,717	101,53	58,48	20,71	5,48	107,01	37,77	26,19
-16,0	0,739	103,75	59,41	21,15	5,04	108,80	38,26	26,19
-17,0	0,761	105,97	60,32	21,59	4,61	110,58	38,74	26,19
-18,0	0,783	108,19	61,23	22,02	4,18	112,36	39,21	26,19
-19,0	0,804	110,40	62,14	22,45	3,74	114,14	39,69	26,19
-20,0	0,826	112,60	63,03	22,88	3,32	115,91	40,15	26,19
-21,0	0,848	114,79	63,92	23,30	2,89	117,69	40,62	26,19
-22,0	0,870	116,98	64,81	23,72	2,47	119,45	41,08	26,19
-23,0	0,891	119,16	65,69	24,14	2,05	121,22	41,54	26,19
-24,0	0,913	121,34	66,56	24,56	1,64	122,98	42,00	26,19
-25,0	0,935	123,51	67,43	24,97	1,22	124,74	42,46	26,19
-26,0	0,957	125,68	68,29	25,38	0,81	126,49	42,91	26,19
-27,0	0,978	127,84	69,15	25,79	0,40	128,25	43,36	26,19
-28,0	1,000	130,00	70,00	26,20	0,00	130,00	43,80	26,19

Выбирается тип закрытой системы, так как проектирование открытой системы теплоснабжения категорически не рекомендовано законом о теплоснабжении [1].

По величине относительного максимального расхода тепла на горячее водоснабжение выбирается схема присоединения потребителей к ТС. Системы ГВС при закрытой схеме подключаются через водоподогреватели:

– $\rho_{\text{max}} < 0,6$ – по двухступенчатой последовательной схеме с регулированием по совместной нагрузке отопления и ГВС;

- $0,6 < \rho_{\max} < 1,2$ – по двухступенчатой смешанной схеме с регулированием по отопительной нагрузке;
- $\rho_{\max} > 1,2$ – по параллельной схеме с регулированием по отопительной нагрузке. ρ_{\max} определяется по формуле

$$\rho_{\max} = \frac{Q_{\text{ГВ}}^{\max}}{Q_{\text{от}}}.$$

Последовательность построения повышенного графика:

1. Его строят, предполагая равным нулю расход воды на ГВС. Для выравнивания суточного баланса тепла вместо среднечасового расхода тепла на ГВС при расчете повышенного графика принимается балансовая нагрузка $Q_{\text{ГВ}}^{\delta} = 1,2 Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = 1,2 Q_{\text{hm}}$.

2. Определяется суммарный перепад температуры воды при передаче тепла из системы ТС в систему ГВС

$$\delta = \left(\frac{Q_{\text{ГВ}}^{\delta}}{Q_{\text{о max}}} \right) (\tau_1^{\text{р}} - \tau_2^{\text{р}}).$$

3. Рассчитываются перепады температур сетевой воды в I и II ступенях подогревателя в точке излома температурного графика при $t'_{\text{н}}$

$$\delta'_I = \delta \frac{t'_n - t_x}{t_r - t_x},$$

где t'_n – температура горячей воды на выходе из подогревателя I ступени, принимается на 5°C ниже температуры сетевой воды τ_2 , которая, в свою очередь, определяется по отопительному графику при $t'_{\text{н}}$ (в точке излома)

$$\delta'_{\text{II}} = \delta - \delta'_I.$$

4. Определяются температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах при $t'_{\text{н}}$ (в точке излома)

$$\tau'_{1n} = \tau'_1 + \delta'_{\text{II}};$$

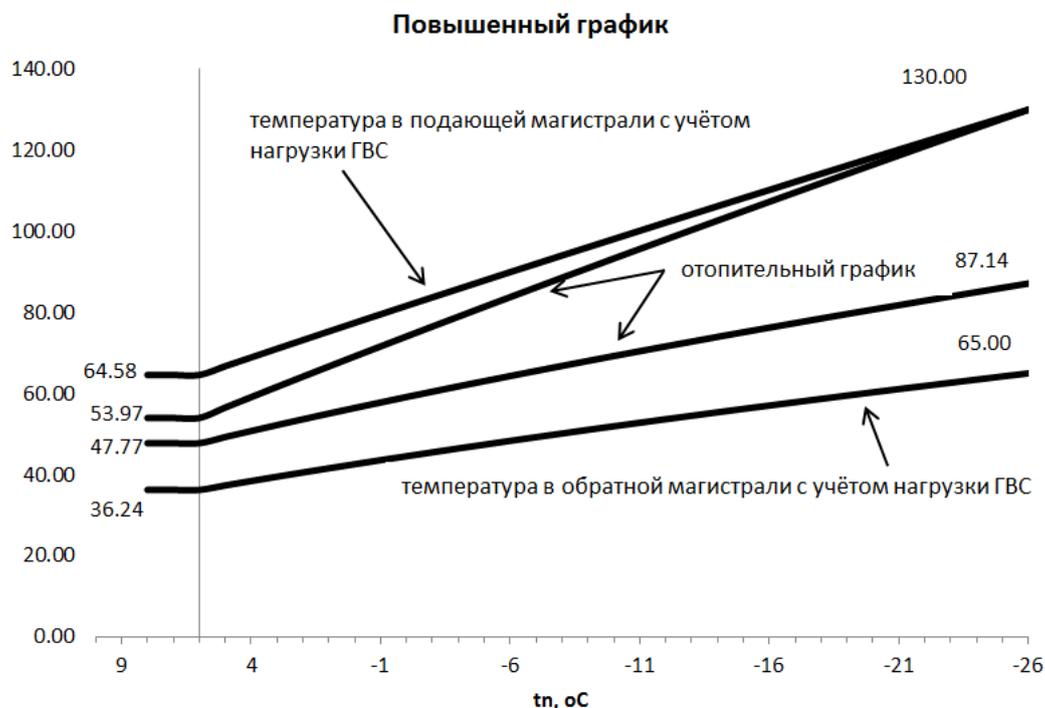
$$\tau'_{2n} = \tau'_2 + \delta'_I.$$

5. Вычисляются температуры теплоносителя $\tau_{1\text{п}}$ и $\tau_{2\text{п}}$ при других температурах наружного воздуха (10 точек). Суммарный перепад температур остается постоянным, а перепад в первой ступени может быть определен по формуле

$$\delta'_I = \frac{\delta'_I (\tau_2 - t_x)}{\tau'_2 - t_x}.$$

6. Полученные значения температур сетевой воды для повышенного графика сводятся в таблицу.

7. По результатам расчета строится повышенный график (см. рисунок).



Повышенный температурный график

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Расход теплоносителя для отдельных потребителей зависит от температуры наружного воздуха и принятого режима регулирования.

За расчетный расход принимают наибольший. Расчетный расход теплоносителя для ТС представляет собой сумму расходов для всех потребителей.

Расчетные часовые расходы воды должны определяться по формулам:

– на отопление

$$G_{o\max} = \frac{Q_{o\max}}{c(\tau_1^p - \tau_2^p)};$$

– на вентиляцию

$$G_{v\max} = \frac{Q_{v\max}}{c(\tau_1^p - \tau_2^p)},$$

где τ_1^p , τ_2^p – температуры сетевой воды при температуре наружного воздуха, соответствующей расчетной температуре на отопление;

– на ГВС при закрытых системах теплоснабжения при двухступенчатой последовательной и смешанной схемах присоединения подогревателей:

– среднечасовой

$$G_{hm} = \frac{Q_{hm} \left(\frac{t_r - t'_n}{t_r - t_x} \right) + 0,2}{c(\tau'_1 - \tau'_2)};$$

– максимальный часовой

$$G_{h\max} = 0,55 \frac{Q_{h\max}}{c(\tau'_1 - \tau'_2)},$$

где t'_n – температура воды после параллельно включенного подогревателя в точке излома температурного графика (рекомендуемое значение $+30$ °С);

τ'_1 – температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температуры воды, °С;

τ'_2 – то же в обратном трубопроводе тепловой сети после системы отопления зданий, °С.

Суммарные расчетные расходы сетевой воды в двухтрубных тепловых сетях в закрытых системах теплоснабжения при качественном регулировании отпуска теплоты следует определять по формуле

$$G_d = G_{o\max} + G_{v\max} + k_3 G_{hm}, \text{ кг/ч.} \quad (6.1)$$

Коэффициент k_3 , учитывающий долю среднего расхода воды на горячее водоснабжение при регулировании по нагрузке отопления, следует принимать по табл. 6.1. При регулировании по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения коэффициент k_3 принимается равным нулю.

Таблица 6.1

Коэффициент k_3 , учитывающий долю среднего расхода воды на горячее водоснабжение

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

Примечание. Для закрытых систем теплоснабжения при регулировании по нагрузке отопления и тепловом потоке менее 100 МВт при наличии баков-аккумуляторов у потребителей коэффициент k_3 следует принимать равным 1.

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

$$G_d = G_{0\max} + G_{v\max} + G_{h\max} \cdot \quad (6.2)$$

Расчетный расход воды в двухтрубных водяных тепловых сетях в неотапительный период рассчитывают по выражению

$$G_d = \beta \cdot G_{h\max}, \text{ кг/ч,}$$

где $\beta = 0,8$ – коэффициент, учитывающий снижение среднечасового расхода воды на ГВС в летний период (см. рисунок и табл. 6.2). В системе СИ расход теплоносителя измеряется в килограммах в секунду (кг/с). При необходимости можно использовать единицы килограмм в час (кг/ч) и тонна в час (т/ч).

Таблица 6.2

Расчетная таблица определения расходов теплоносителя

t_{ni}	$(t_v - t_{ni}) / (t_v - t_{ni})$	$G_o, \text{т/ч}$ до точки излома	$G_o, \text{т/ч}$ после точки излома	$G_{в, \text{т/ч}}$ до точки излома	$G_{в, \text{т/ч}}$ после точки излома	$G_{\text{сер гв}}, \text{т/ч}$	$G_{\text{мах гв}}, \text{т/ч}$	$G_p, \text{т/ч}$	$G_{\text{л}}, \text{т/ч}$	Разность расходов отопле- ния	Разность расходов вентиля- ции	$G_o + G_{\text{сер гв}}$
8	0,23	1031,1	1 841,62	521,9	932,19	274,59	1 449,21	1 827,54	1 159,36	810,57	410,29	1 305,65
7	0,26	1134,2	1 841,62	574,1	932,19	274,59	1 449,21	1 982,84	1 159,36	707,46	358,10	1 408,75
6	0,28	1237,3	1 841,62	626,3	932,19	274,59	1 449,21	2 138,13	1 159,36	604,36	305,91	1 511,86
5	0,30	1340,4	1 841,62	678,5	932,19	274,59	1 449,21	2 293,43	1 159,36	501,25	253,72	1 614,96
4	0,33	1443,5	1 841,62	730,7	932,19	274,59	1 449,21	2 448,72	1 159,36	398,14	201,53	1 718,07
3	0,35	1546,6	1 841,62	782,8	932,19	274,59	1 449,21	2 604,02	1 159,36	295,04	149,34	1 821,17
2	0,37	1649,7	1 841,62	835,0	932,19	274,59	1 449,21	2 759,31	1 159,36	191,93	97,15	1 924,28
1	0,40	1752,8	1 841,62	887,2	932,19	274,59	1 449,21	2 914,61	1 159,36	88,83	44,96	2 027,38
0	0,42	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	281,11	1 449,21	3 054,92	1 159,36	0,00	0,00	2 122,73
-1	0,44	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	267,81	1 449,21	3 041,62	1 159,36	0,00	0,00	2 109,43
-2	0,47	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	255,68	1 449,21	3 029,49	1 159,36	0,00	0,00	2 097,30
-3	0,49	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	244,57	1 449,21	3 018,38	1 159,36	0,00	0,00	2 086,19
-4	0,51	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	234,36	1 449,21	3 008,17	1 159,36	0,00	0,00	2 075,98
-5	0,53	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	224,94	1 449,21	2 998,75	1 159,36	0,00	0,00	2 066,56
-6	0,56	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	216,22	1 449,21	2 990,03	1 159,36	0,00	0,00	2 057,84
-7	0,58	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	208,14	1 449,21	2 981,95	1 159,36	0,00	0,00	2 049,76
-8	0,60	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	200,63	1 449,21	2 974,43	1 159,36	0,00	0,00	2 042,24
-9	0,63	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	193,62	1 449,21	2 967,43	1 159,36	0,00	0,00	2 035,24

Окончание табл. 6.2

t_{HI}	$(t_B - t_{HI}) / (t_B - t_{HI})$	$G_o, \text{т/ч}$ до точки излома	$G_o, \text{т/ч}$ после точки излома	$G_B, \text{т/ч}$ до точки излома	$G_B, \text{т/ч}$ после точки излома	$G_{\text{ср гв}}, \text{т/ч}$	$G_{\text{max гв}}, \text{т/ч}$	$G_p, \text{т/ч}$	$G_L, \text{т/ч}$	Разность расходов отопле- ния	Разность расходов вентиля- ции	$G_o + G_{\text{ср гв}}$
-10	0,65	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	187,07	1 449,21	2 960,88	1 159,36	0,00	0,00	2 028,69
-11	0,67	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	180,94	1 449,21	2 954,75	1 159,36	0,00	0,00	2 022,56
-12	0,70	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	175,19	1 449,21	2 949,00	1 159,36	0,00	0,00	2 016,81
-13	0,72	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	169,78	1 449,21	2 943,59	1 159,36	0,00	0,00	2 011,40
-14	0,74	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	164,69	1 449,21	2 938,50	1 159,36	0,00	0,00	2 006,31
-15	0,77	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	159,88	1 449,21	2 933,69	1 159,36	0,00	0,00	2 001,50
-16	0,79	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	155,35	1 449,21	2 929,15	1 159,36	0,00	0,00	1 996,96
-17	0,81	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	151,05	1 449,21	2 924,86	1 159,36	0,00	0,00	1 992,67
-18	0,84	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	146,98	1 449,21	2 920,79	1 159,36	0,00	0,00	1 988,60
-19	0,86	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	143,12	1 449,21	2 916,93	1 159,36	0,00	0,00	1 984,74
-20	0,88	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	139,45	1 449,21	2 913,26	1 159,36	0,00	0,00	1 981,07
-21	0,91	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	135,96	1 449,21	2 909,77	1 159,36	0,00	0,00	1 977,58
-22	0,93	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	132,64	1 449,21	2 906,45	1 159,36	0,00	0,00	1 974,26
-23	0,95	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	129,47	1 449,21	2 903,28	1 159,36	0,00	0,00	1 971,09
-24	0,98	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	126,44	1 449,21	2 900,25	1 159,36	0,00	0,00	1 968,06
-25	1,00	1841,6	1 841,62	932,2	932,19	123,55	1 449,21	2 897,36	1 159,36	0,00	0,00	1 965,17

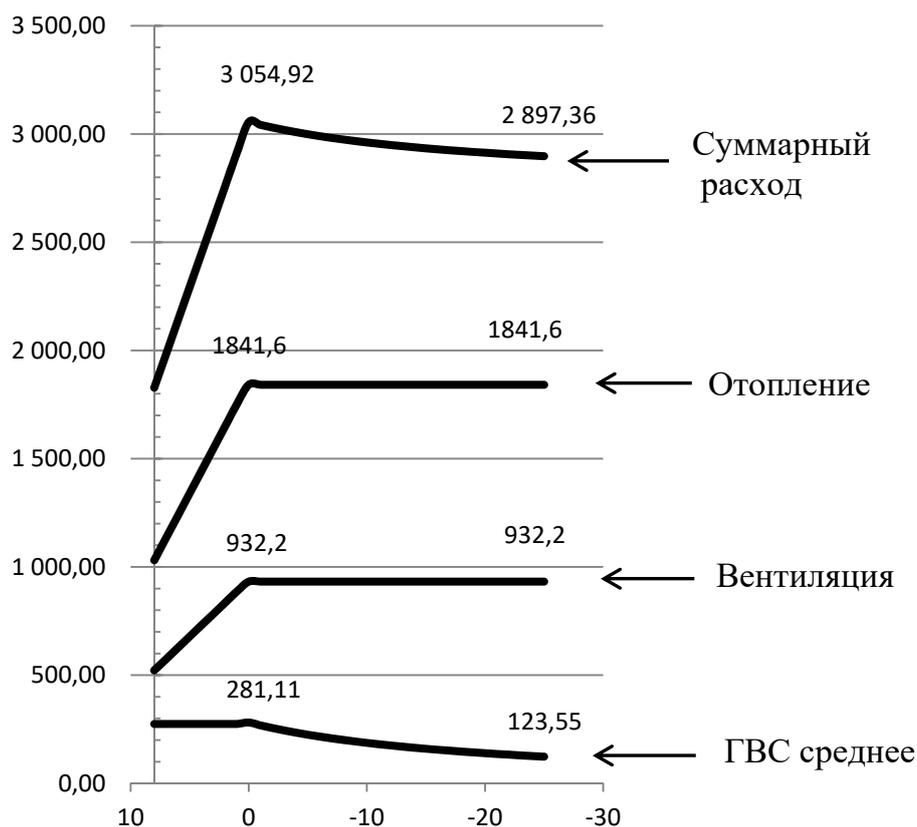


График расходов теплоносителя

7. ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ И РАЗРАБОТКА МОНТАЖНОЙ СХЕМЫ

В начале проектных работ для выбора конструкции тепловой сети проводится ее трассировка по существующим планам, дополнительной документации с возможным выездом на место. При этом заранее должны быть проведены геодезическая съемка местности и другие мероприятия, предусмотренные разд. 8, 9 [2].

1. По данным инженерно-геологических изысканий, проведенных сертифицированной организацией, инженерно-геологические условия площадки проектирования строительства должны быть отнесены к определенной категории сложности.

2. Площадка изысканий в геоморфологическом отношении должна быть приурочена к определенному виду и мощности грунтов.

3. Указывается нормативная глубина сезонного промерзания грунта.

4. По степени морозной пучинистости определяется степень пучинистости грунтов по трассе теплосети.

5. По отношению к углеродистой стали подземных сооружений из металла определяется степень коррозионной агрессивности грунтов. Исследуется наличие подземных вод и блуждающих токов промышленного происхождения.

6. Указываются сведения об источниках теплоснабжения, параметрах теплоносителей.

7. Описываются и обосновываются способы прокладки и конструктивных решений, включая решения в отношении диаметров и теплоизоляции труб теплотрассы от точки присоединения к сетям общего пользования до объекта капитального строительства.

8. Прокладка стальных трубопроводов принята с системой оперативного дистанционного контроля или обосновать ее отсутствие.

Система оперативного контроля тепловых сетей должна быть разработана в соответствии с требованиями СП 41-105-2002 «Проектирование и строительство тепловых сетей бесканальной прокладки из стальных труб с промышленной тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке».

9. Компенсация тепловых удлинений может быть осуществлена естественными поворотами трассы, П-образными и сильфонным компенсаторами. Для компенсации теплового расширения используются амортизирующие прокладки из пенопласта, которые укладывают в углах поворота тепловой сети, в П-образных компенсаторах и местах ответвлений. Трубопроводы для бесканальной прокладки помещают на песчаную подушку толщиной 150 мм с песчаной обсыпкой не менее 150 мм.

10. Запорная арматура устанавливается на ответвлениях к абонентам от основной распределительной сети в тепловых камерах.

11. Опорожнение трубопроводов осуществляется в передвижные емкости с повторным использованием воды через воздушники, установленные в паре с шаровым краном или тройником при помощи специальных шлангов, оснащенных соединительными штуцерами в соответствии в диаметром воздушника.

12. Для выпуска воздуха в высших точках сети предусмотрены шаровые краны-воздушники. Воздуховыпускные и спускные краны устанавливают в вентильных колодцах.

13. Под автомобильными дорогами трубопроводы прокладывают с устройством железобетонных разгрузочных плит.

14. Врезка тепловых сетей производится на вводе в здание в существующие трубопроводы системы индивидуального теплового пункта.

15. Тепловые сети часто прокладывают в тесных условиях застроенной части города, где имеются различные коммуникации и здания разнообразного назначения, а также сохраняемые зеленые насаждения в непосредственной близости от места работ.

Для правильной трассировки необходимо придерживаться рекомендаций, приведенных в прил. А и Б [2].

16. Для гидравлического регулирования тепловых сетей проектом предусмотрена установка балансировочных устройств, например, кранов на обратном трубопроводе тепловой сети у каждого абонента.

17. Разработку траншей по устройству оснований следует проводить с учетом требований СП 45.13330.2017. «Свод правил. Земляные сооружения, основания и фундаменты».

18. Законченные строительством теплосети принимаются в эксплуатацию в соответствии с требованиями СП 68.13330.2017 «Свод правил. Приемка в эксплуатацию законченных строительством объектов. Основные положения».

19. Работы по монтажу, контролю и испытанию выполняются с учетом требований СП 74.13330.2011. «Свод правил. Тепловые сети».

20. Конструктивные элементы и узлы тепловых сетей должны разрабатываться согласно следующим пунктам:

а) меры по защите трубопроводов от агрессивного воздействия грунтов и грунтовых вод;

б) обоснование принятых систем и принципиальных решений по отоплению, вентиляции и кондиционированию воздуха помещений;

в) обоснование оптимальности размещения отопительного оборудования, характеристик материалов для изготовления воздухопроводов;

г) описание технических решений, обеспечивающих надежность работы систем в экстремальных условиях;

д) описание систем автоматизации и диспетчеризации процесса регулирования отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;

е) мероприятия по обеспечению эффективности работы систем вентиляции в аварийной ситуации (при необходимости).

8. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Результаты гидравлического расчета являются исходными данными для выбора насосного оборудования, мест установки узлов рас­сечек, диаметров трубопроводов и других элементов ТС [1, п. 8.3].

Диаметр труб независимо от расчетного расхода теплоносителя, должен приниматься в распределительных ТС не менее 50 мм, а в сетях к отдельным зданиям – не менее 25 мм.

Эквивалентную шероховатость внутренней поверхности стальных труб следует принимать для водяных тепловых сетей $k_s = 0,0005$ м, для сетей горячего водоснабжения $k_s = 0,001$ м.

Скорость воды в трубопроводе не должна превышать 3,5 м/с. Диаметры подающего и обратного трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при совместной подаче теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, как правило, должны быть одинаковыми.

Порядок гидравлического расчета:

1. Распределяется суммарный расход воды пропорционально снабжаемой теплом площади (зданий, сооружений и т. д.).

2. Выбирается магистраль – наиболее протяженная и нагруженная ветвь сети от источника теплоты (точки подключения) до наиболее удаленного потребителя.

3. Принимается оптимальная удельная потеря давления вдоль главной магистрали в диапазоне $R = 30 - 50$ Па/м.

4. Определяются диаметры трубопроводов следующими способами:

а) по номограммам, построенным по эмпирическим формулам, многократно проверенным практикой (прил. Е);

б) по эмпирическим формулам [10, с. 190]

$$d = \frac{A_d^B \cdot G^{0,38}}{R^{0,19}}, \text{ м.}$$

Массовый расход G , кг/с, определяется по формуле (6.1), R по п. 3 настоящего расчета. Коэффициент A_d^B вычисляется по формуле

$$A_d^B = 0,63 \frac{k_s^{0,0475}}{\rho^{0,19}},$$

где k_s – абсолютная эквивалентная шероховатость внутренней стенки трубопровода;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м³.

Для новых стальных труб с $k_s = 0,0005$ м $A_d^B = 0,117$.

5. Диаметр трубопровода округляется в бóльшую сторону и принимается по стандартному ряду внутренних диаметров условного прохода.

6. Далее рассчитываются удельные потери

$$R_{\text{л}} = \frac{A_R^{\text{в}} \cdot G^2}{d^{5,25}}, \text{ Па/м.}$$

Коэффициент $A_R^{\text{в}}$ вычисляется по формуле

$$A_R^{\text{в}} = 0,0894 \frac{k_{\text{э}}^{0,25}}{\rho}$$

Для новых стальных труб ($k_{\text{э}} = 0,0005$ м) $A_R^{\text{в}} = 13,62 \cdot 10^{-6}$. R можно определить также следующим образом:

$$R_{\text{л}} = \lambda \frac{1}{d} \frac{w^2}{2} \rho, \text{ Па/м,}$$

где λ – коэффициент гидравлического трения $\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{\text{э}}}{d} + \frac{68}{R_e} \right)^{0,25}$;

$$R_e \text{ – число (критерий Рейнольдса) } R_e = 560 \frac{d}{k_{\text{э}}};$$

$$w \text{ – скорость теплоносителя } w = \frac{4 \cdot G}{\pi d^2 \rho}, \text{ м/с.}$$

7. Потери давления на трение на расчетном участке

$$\Delta P_{\text{л}} = R l_{\text{п}};$$

где $l_{\text{п}}$ – приведенная длина участка, м, $l_{\text{п}} = l_{\text{ф}} + l_{\text{э}}$;

$l_{\text{ф}}$ – фактическая длина участка, м;

$l_{\text{э}}$ – эквивалентная длина, учитывающая местные сопротивления, м

$$l_{\text{э}} = l_{\text{ф}} \alpha,$$

где α – коэффициент, который можно определить по табл. 8.1.

Следует отметить, что последнюю формулу целесообразно применять при предварительном гидравлическом расчете тепловой сети, т. е. когда еще не подобраны компенсирующие устройства, регулирующая и запорная арматура и другое оборудование. После составления эскиза монтажной схемы целесообразно выполнить уточняющий расчет с учетом местных сопротивлений.

Таблица 8.1

Коэффициент α для определения суммарных эквивалентных
длин местных сопротивлений

Типы компенсаторов	Условный проход трубопровода, мм	Значения коэффициента α_1	
		для паровых сетей	для водяных и кон- денсатных сетей
Транзитные тепловые сети (без ответвлений)			
Сальниковые	До 1400	0,2	0,2
П-образные с гнутыми отводами	До 300	0,3	0,3
П-образные со свар- ными или крутоизо- гнутыми отводами	200 – 350	0,7	0,5
То же	400 – 500	0,9	0,7
»	600 – 1400	1,2	1,0
Прочие тепловые сети			
Сальниковые	До 400	0,4	0,3
То же	450 – 1400	0,5	0,4
П-образные с гнутыми отводами	До 150	0,5	0,3
То же	175 – 200	0,6	0,4
»	250 – 300	0,8	0,6
П-образные со свар- ными или крутоизо- гнутыми отводами	175 – 250	0,8	0,6
То же	300 – 350	1,0	0,8
»	400 – 500	1,0	0,9
»	600 – 1400	1,2	1,0

Также рекомендуется применять табл. 8.2 [7].

Таблица 8.2

Значения l_3 для труб при $\sum \xi = 1$

Размеры труб, мм		l_3 при k_3 , м			Размеры труб, мм		l_3 при k_3 , м		
D_y	$D_n \times s$	0,0002	0,0005	0,001	D_y	$D_n \times s$	0,0002	0,0005	0,001
25	33,5×3,2	0,84	0,67	0,56	350	377×9	21,2	16,9	14,2
32	38×2,5	1,08	0,85	0,72	400	426×9	24,9	19,8	16,7
40	45×2,5	1,37	1,09	0,91	400	426×6	25,4	20,2	17
50	57×3	1,85	1,47	1,24	450	480×7	29,4	23,4	19,7
70	76×3	2,75	2,19	1,84	500	530×8	33,3	26,5	22,2
80	89×4	3,3	2,63	2,21	600	630×9	41,4	32,9	27,7
100	108×4	4,3	3,42	2,87	700	720×10	48,9	38,9	32,7

8. Потери давления в местных сопротивлениях при уточняющем расчете могут быть определены

$$\Delta P_m = \sum \xi \frac{w^2 \rho}{2},$$

где $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений (табл. 8.3) [7].

Коэффициенты местных сопротивлений также могут быть определены по каталогам фирм-изготовителей, другим справочным материалам, в частности [8].

Таблица 8.3

Коэффициенты местных сопротивлений

Местное сопротивление	ξ	Местное сопротивление	ξ		
Задвижка нормальная	0,5	30°	0,2		
Кран шаровый	0,2				
Вентиль с вертикальным шпинделем	6	Отводы сварные двухшовные под углом 90°	0,6		
Обратный клапан нормальный	7	Отводы сварные трехшовные под углом 90°	0,5		
Обратный клапан «захлопка»	3	Отводы гнутые под углом 90° гладкие при R/d :			
Компенсатор сильфонный	0,1			1	1
Компенсатор сальниковый	0,3			3	0,5
Компенсатор П-образный с отводами:				4	0,3
гладкими	1,7	Тройник при слиянии потоков:			
крутоизогнутыми	2,4			проход	1,5
сварными	2,8			ответвление	2
Отводы гнутые под углом 90° со складками при R/d :		Тройник при разделении потока:			
	3			проход	1
	4	ответвление	1,5		
Отводы сварные одношовные под углом:		Тройник при потоке:			
	60°			расходящемся	2
	45°			встречном	3
	0,3	Грязевик	10		

9. Полные потери давления

$$\Delta P = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{м}}, \text{ Па.}$$

Для построения пьезометрической линии паскали переводятся в метры водяного столба.

10. Ответвления рассчитываются по располагаемому перепаду давлений, который определяют как разность давлений в точке присоединения данного ответвления к магистрали и в конечной точке ответвления.

Удельная потеря давления не должна превышать 300 Па/м. Если по расчету получается больше, то следует принять $R_{\text{отв}} = 300 \text{ Па/м}$. Далее расчет выполняется так же, как и для магистрали.

11. Неувязка потерь давления и располагаемого давления на магистрали в месте присоединения ответвлений не должна превышать 10 %.

$$\frac{\Delta P_{\text{маг}} - \Delta P_{\text{отвл}}}{\Delta P_{\text{отвл}}} 100 \leq \pm 10 \text{ \%}.$$

Если неравенство не выдерживается, излишний напор на ответвлениях должен быть погашен соплами элеваторов, дроссельными диафрагмами и авторегуляторами, которые устанавливаются у потребителей.

12. Диаметр отверстия диафрагмы, ограничивающей расход теплоносителя, рассчитывается по располагаемому на данном участке напору воды ΔH и расходу теплоносителя

$$d_{\text{ш}} = K \sqrt[4]{\frac{G_{\text{п}}^2}{\Delta H}}, \text{ мм, } K = 10;$$

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho g}, \text{ м,}$$

где ΔP – разность давлений.

Пример гидравлического расчета дан в табл. 8.4.

Таблица 8.4

Гидравлический расчет

Номер участка	l , м	G , кг/ч	G , кг/с	G_v , м ³ /ч	$R_{опл}$, Па/м	D , м	D_y , м	$R_{л}$, Па/м	$\Delta p_{л}$, Па	λ	$l_э$, м	l_p , м	Δp_m , Па	$\Delta p_{уч}$, Па	$\Delta p_{сум}$, Па	$\Delta H_{сум}$, м.вод.ст.
1	60,0	35593,8	9,9	35,594	40	0,139	0,2	6,22	373,31	0,025	30	90,0	559,96	933,27	933,27	0,10
2	48,0	70221,3	19,5	70,221	40	0,179	0,2	24,22	1162,37	0,025	24	72,0	1743,55	2905,92	3839,19	0,40
3	220,0	91621,9	25,5	91,622	40	0,199	0,3	12,78	2810,66	0,023	110	330,0	4215,99	7026,65	10865,84	1,14
4	70,0	115921,5	32,2	115,921	40	0,217	0,3	20,45	1431,57	0,023	35	105,0	2147,36	3578,93	14444,77	1,51
5	46,0	158661,2	44,1	158,661	40	0,245	0,3	38,31	1762,33	0,023	23	69,0	2643,49	4405,81	18850,58	1,97
6	68,0	168041,2	46,7	168,041	40	0,250	0,3	16,50	1122,09	0,022	34	102,0	1683,13	2805,22	21655,80	2,26
7	39,0	181908,2	50,5	181,908	40	0,258	0,3	19,34	754,15	0,022	19,5	58,5	1131,22	1885,36	23541,16	2,46
8	70,0	189897,3	52,7	189,897	40	0,262	0,3	21,07	1475,10	0,022	35	105,0	2212,65	3687,75	27228,91	2,85
9	48,0	203832,0	56,6	203,832	40	0,269	0,3	24,28	1165,39	0,022	24	72,0	1748,09	2913,48	30142,39	3,15
10	62,0	223933,9	62,2	223,934	40	0,279	0,3	29,30	1816,84	0,022	31	93,0	2725,26	4542,10	34684,49	3,63
11	47,0	275678,2	76,6	275,678	40	0,302	0,4	19,77	929,22	0,021	23,5	70,5	1393,83	2323,05	37007,54	3,87
12	34,0	281617,7	78,2	281,618	40	0,304	0,4	20,63	701,48	0,021	17	51,0	1052,22	1753,69	38761,23	4,05
13	151,0	404678,9	112,4	404,679	40	0,349	0,4	42,60	6432,99	0,021	75,5	226,5	9649,49	16082,48	54843,71	5,73
14	145,0	419235,3	116,5	419,235	40	0,354	0,4	22,68	3288,82	0,021	72,5	217,5	4933,24	8222,06	63065,77	6,59
15	86,0	549716,2	152,7	549,716	40	0,392	0,4	39,00	3353,77	0,021	43	129,0	5030,65	8384,41	71450,18	7,47
16	95,0	559317,8	155,4	559,318	40	0,395	0,4	40,37	3835,29	0,021	47,5	142,5	5752,93	9588,22	81038,41	8,47
17	82,0	593216,0	164,8	593,216	40	0,404	0,5	24,47	2006,53	0,020	41	123,0	3009,80	5016,33	86054,74	8,99
18	77,0	607470,8	168,7	607,471	40	0,408	0,5	25,66	1975,82	0,020	38,5	115,5	2963,73	4939,56	90994,29	9,51
19	13,0	645348,0	179,3	645,348	40	0,417	0,5	28,96	376,48	0,020	6,5	19,5	564,71	941,19	91935,48	9,60
20	125,0	658475,2	182,9	658,475	40	0,420	0,5	30,15	3768,73	0,020	62,5	187,5	5653,10	9421,83	101357,31	10,59
Σ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

9. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ВОДЯНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Построение пьезометрического графика дает наглядное представление о давлении или напоре в любой точке ТС, позволяет выбрать оптимальный гидравлический режим. Основой для него служат гидравлический расчет и данные о рельефе местности.

При построении пьезометрического графика необходимо выполнять следующие условия:

1. Давление в непосредственно присоединяемых к ТС абонентских системах не должно превышать допустимое как при статическом, так и динамическом режимах.

2. Максимальный напор в подающем трубопроводе ограничен прочностью труб, арматуры и приборов.

3. Давление в системе должно обеспечивать невскипание воды.

4. Для предупреждения образования воздушных пробок и возникновения кавитационных процессов давление не должно быть меньше 0,05 МПа.

5. В точках присоединения абонентов располагаемый перепад давления должен быть не менее 0,2 – 0,25 МПа для независимого присоединения системы горячего водоснабжения через скоростной теплообменник по двухступенчатой схеме.

6. Уровни пьезометрических линий следует устанавливать с учетом возможности присоединения абонентских систем по наиболее экономичным схемам.

7. При построении за нулевую отметку принимается нижняя точка профиля или отметка источника тепла.

8. На графике обозначают отметки в начале каждого участка. Необходимо показать высоты зданий, линию статического давления, указать напоры сетевого и подпиточного насосов.

9. Принять потери напора в теплоприготовительной установке ТЭЦ (котельной) – 20 – 25 м.

10. Напор на вводе в микрорайон принимается 25 – 30 м, на вводе в тепловой пункт определяется способом присоединения потребителя.

В нормативном документе [2] гидравлические режимы обозначают следующими положениями:

1. Для магистральных водяных тепловых сетей следует предусматривать следующие гидравлические режимы:

- расчетный – по расчетным расходам сетевой воды в отопительный период;
- летний – при максимальной нагрузке горячего водоснабжения в неотапливаемый период;
- статический – при отсутствии циркуляции теплоносителя в тепловой сети;
- аварийный.

2. Для распределительных тепловых сетей следует устанавливать расчетный режим – по расчетным расходам теплоносителя в отопительный период.

3. Эквивалентную шероховатость внутренней поверхности новых стальных труб для водяных тепловых сетей следует принимать $k_э = 0,0005$ м.

4. Гидравлические режимы водяных тепловых сетей (пъезометрические графики) необходимо разрабатывать для отопительного и неотапливаемого периодов.

5. При применении в тепловых сетях трубопроводов из других материалов значения эквивалентных шероховатостей допускается принимать при подтверждении их фактической величины испытаниями с учетом срока эксплуатации.

6. Диаметры подающего и обратного трубопроводов двухтрубных водяных тепловых сетей при совместной подаче теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение рекомендуется принимать одинаковыми.

7. Наименьший внутренний диаметр труб в тепловых сетях должен быть не менее 32 мм, а для циркуляционных трубопроводов горячего водоснабжения – не менее 25 мм.

Правильно построенный пьезометрический график позволяет:

- определить напоры в подающем и обратном трубопроводах;
- вычислить располагаемый напор в любой точке тепловой сети;
- с учетом рельефа местности, располагаемого напора и высоты зданий выбрать схемы присоединения потребителей;
- подобрать регуляторы, сопла элеваторов, дроссельные устройства для местных систем теплоснабжения;
- подобрать сетевые и подпиточные насосы.

Пьезометрические графики строятся для магистральных и квартальных тепловых сетей. Для магистральных тепловых сетей могут быть приняты масштабы: горизонтальный Мг 1:10 000; вертикальный Мв 1:1000; для квартальных тепловых сетей соответственно: Мг 1:1000, Мв 1:500.

Линия статического напора должна быть выше местных систем теплопотребления не менее чем на 5 м, обеспечивая их защиту от «оголения», и в то же время должна быть меньше на 10 или более метров величины максимального рабочего напора для местных систем. Статический напор в системах теплоснабжения, если теплоноситель вода, должен определяться для температуры сетевой воды, равной 100 °С.

Величина максимального рабочего напора местных систем теплопотребления составляет для систем отопления со стальными нагревательными приборами и для калориферов 80 м; для систем отопления с чугунными радиаторами – 60 м; для независимых схем присоединения с поверхностными теплообменниками – 100 м.

Графики напоров для динамического режима строят в следующей последовательности:

1. На оси ординат откладывают требуемый напор у всасывающих патрубков сетевых насосов (30 – 35 м) в зависимости от марки насоса. Давление и температура воды на всасывающих патрубках сетевых, подпиточных, подкачивающих и смесительных насосов не должны быть ниже давления кавитации и не превышать допусковых по условиям прочности конструкций насосов.

2. По результатам гидравлического расчета строят линию потерь напора обратной магистрали. Величина напоров в обратной магистрали должна соответствовать требованиям, указанным при построении линии статического напора. Напор воды в обратных трубопроводах водяных тепловых сетей при гидродинамическом режиме должен быть избыточным (не менее 5 м), выше местных систем теплопотребления не менее чем на 5 м, обеспечивая их защиту от «оголения», и в то же время меньше на 10 м (или более) величины максимального рабочего напора для местных систем теплопотребления.

3. Проводят линию располагаемого напора для системы теплоснабжения расчетного квартала, величина которого может быть 40 – 50 м.

4. Затем строят линию потерь напора подающего трубопровода,

а также линию потерь напора в коммуникациях источника теплоты (ТЭЦ). При отсутствии данных потери напора в коммуникациях ТЭЦ могут быть приняты равными 25 – 30 м.

5. Напор во всех точках подающего трубопровода, исходя из условия его механической прочности, не должен превышать 160 м.

6. Напор в подающих трубопроводах водяных тепловых сетей при работе сетевых насосов должен обеспечить «невскипание» воды при ее максимальной температуре. Минимальный напор в подающей линии определяется $H = (P - 1) 10$, м вод. ст., где P – абсолютное давление (в ата), соответствующее температуре воды (принимается из таблицы «Давление, температура и прочие данные для насыщенного пара» в Интернете.). Например, для $T = 150$ °С, $H = (4,9 - 1)10 = 39$ м; $T = 140$ °С, $H = (3,7 - 1)10 = 27$ м; $T = 130$ °С, $H = (2,8 - 1)10 = 18$ м; $T = 120$ °С, $H = (2,0 - 1)10 = 10$ м, это давление следует предусматривать с запасом 3 – 5 м.

Невозможность вскипания воды на пьезометрическом графике может быть отражена двумя способами.

По первому способу от каждой точки поверхности земли откладывают напор H , принимаемый по вышеприведенным данным. Если пьезометрическая линия расположена выше линии невоскипания и нигде ее не пересекает, то вода в трубах кипеть не будет.

По второму способу ниже напорной линии на величину H проводят линию невоскипания. Во всех точках, расположенных ниже линии невоскипания, кипение невозможно, так как напор в этих точках больше минимального напора кипения.

Пьезометрический график при изменении напора подпиточного насоса может быть перемещен параллельно себе вверх или вниз, если возникает опасность «оголения» или «раздавливания» местных систем теплоснабжения.

При этом необходимо учитывать, чтобы напор на всасывающем патрубке сетевого насоса не превысил предельного значения для при-

нятой марки насоса как по минимуму, так и по максимуму. Под пьезометрическим графиком располагают спрямленную однолинейную схему теплотрассы с ответвлениями, указывают номера и длины участков, диаметры трубопроводов, расходы теплоносителя, располагаемые напоры в узловых точках. На пьезометрическом графике главной магистрали строят график расчетного ответвления.

Пьезометрические графики должны быть построены и для неотапительного периода. В закрытых системах для этого необходимо определить потери напора в подающем и обратном трубопроводах главной магистрали при пропуске максимального расхода сетевой воды на горячее водоснабжение в неотапительный период.

При построении пьезометрического графика для квартальных сетей следует учитывать, что они служат продолжением магистральных сетей, и линии напоров пьезометрического графика квартальных сетей при статическом и динамическом режимах будут продолжением соответствующих линий пьезометрического графика магистральных тепловых сетей.

Располагаемый напор в начале квартальных сетей должен быть использован на потери напора в подающей и обратной магистралях квартальных сетей и напора в местных системах теплопотребления зданий кварталов.

При построении пьезометрического графика для квартальных сетей располагаемый напор на вводе в здание, (при элеваторном присоединении системы отопления) следует принимать равным расчетным потерям напора на вводе и в местной системе с коэффициентом 1,5, но не менее 15 м, а при наличии кроме элеваторной системы отопления и закрытой системы горячего водоснабжения – 25 м. Избыточный напор рекомендуется гасить в авторегуляторах тепловых пунктов зданий.

Пример построения пьезометрической линии в расчетно-программном комплексе Zulu показан на рисунке.

10. ПОДБОР ОСНОВНОГО СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Напор сетевых насосов $H_{сн}$ следует определять для отопительного и неотопительного периодов и принимать равным сумме потерь напора в оборудовании источника теплоты $\Delta H_{ист}$ в подающем $\Delta H_{под}$ и обратном $\Delta H_{обр}$ трубопроводах магистральных тепловых сетей от источника теплоты до наиболее удаленного потребителя и в системе теплоснабжения потребителя $\Delta H_{кв}$ (включая потери в тепловых и насосных пунктах) при суммарных расчетных расходах воды [2, п. 8.13] по следующей формуле:

$$H_{сн} = \Delta H_{ист} + \Delta H_{под} + \Delta H_{обр} + \Delta H_{кв}.$$

Потери напора в коммуникациях источника при отсутствии более точных данных устанавливаются равными 25 – 30 м, потери напора в квартальной системе теплоснабжения – не менее 40 – 50 м. Потери напора в подающем и обратном трубопроводах для отопительного периода принимают по результатам гидравлического расчета при пропуске суммарных расчетных расходов воды. Для неотопительного периода потери напора в подающих трубопроводах $\Delta H_{под}^s$ могут быть приближенно определены по выражению

$$\Delta H_{под}^s = \Delta H_{под} \left(\frac{G_{hmax}^s}{G_d} \right)^2.$$

Потери напора в обратном трубопроводе закрытых систем теплоснабжения в неотопительный период $\Delta H_{обр}^s$ определяют равными потерям напора в подающем трубопроводе.

Подачу (производительность) рабочих насосов следует принимать:

- а) сетевых насосов для закрытых систем теплоснабжения в отопительный период – по суммарному расчетному расходу воды;
- б) сетевых насосов для закрытых систем теплоснабжения в неотопительный период – по максимальному расходу воды на горячее водоснабжение в неотопительный период.

Число сетевых насосов должно быть не менее двух, один из которых – резервный; при пяти рабочих сетевых насосах, соединенных параллельно в одной группе, допускается резервный насос не устанавливать.

Напор подпиточных насосов $H_{п.н}$ должен определяться из условий поддержания в водяных тепловых сетях статического напора $H_{ст}$

и преодоления потерь напора в подпиточной линии $\Delta H_{п.л.}$, величина которых при отсутствии более точных данных должна быть равной 10 – 20 м

$$H_{пн} = H_{ст} + \Delta H_{п.л} \pm z,$$

где z – разность отметок уровня воды в подпиточном баке и оси подпиточных насосов.

Напор подпиточных насосов должен проверяться для условий работы сетевых насосов в отопительный и неотопительный периоды.

Допускается устанавливать отдельные группы подпиточных насосов с различными напорами для отопительного, неотопительного периодов и для статического режима.

Установка для подпитки системы теплоснабжения на теплоисточнике обеспечивает подачу в тепловую сеть в рабочем режиме воды соответствующего качества и аварийную подпитку водой из систем хозяйственно-питьевого или производственного водопроводов.

Расход подпиточной воды в рабочем режиме компенсирует расчетные (нормируемые) потери сетевой воды в системе теплоснабжения, которые включают расчетные технологические потери (затраты) сетевой воды и потери сетевой воды с нормативной утечкой из тепловой сети и систем теплоснабжения.

Среднегодовая утечка теплоносителя (измеряется в метрах кубических в час, м³/ч) из водяных тепловых сетей должна быть не более 0,25 % среднегодового объема воды в тепловой сети и присоединенных системах теплоснабжения независимо от схемы присоединения (за исключением систем горячего водоснабжения, присоединенных через водоподогреватели). Сезонная норма утечки теплоносителя устанавливается в пределах среднегодового значения.

Технологические потери теплоносителя включают количество воды на наполнение трубопроводов и систем теплоснабжения при их плановом ремонте и подключении новых участков сети и потребителей, промывку, дезинфекцию, проведение регламентных испытаний трубопроводов и оборудования тепловых сетей [2, п. 6.16].

Для компенсации этих расчетных технологических потерь (затрат) сетевой воды необходима дополнительная производительность водоподготовительной установки и соответствующего оборудования (свыше 0,25 % объема теплосети), которая зависит от интенсивности заполнения трубопроводов. Во избежание гидравлических ударов и лучшего удаления воздуха из трубопроводов максимальный часовой

расход воды G_M при заполнении трубопроводов тепловой сети с условным диаметром D_y не должен превышать значений, приведенных в таблице. При этом скорость заполнения тепловой сети должна быть увязана с производительностью источника подпитки и может быть ниже расходов, указанных в таблице.

Максимальный часовой расход в зависимости от диаметра

D_y , мм	G_M , м ³ /ч	D_y , мм	G_M , м ³ /ч
100	10	600	150
150	15	700	200
250	25	800	250
300	35	900	300
350	50	1000	350
400	65	1100	400
500	85	1200	500
550	100	1400	665

В результате для закрытых систем теплоснабжения максимальный часовой расход подпиточной воды G_3 составляет

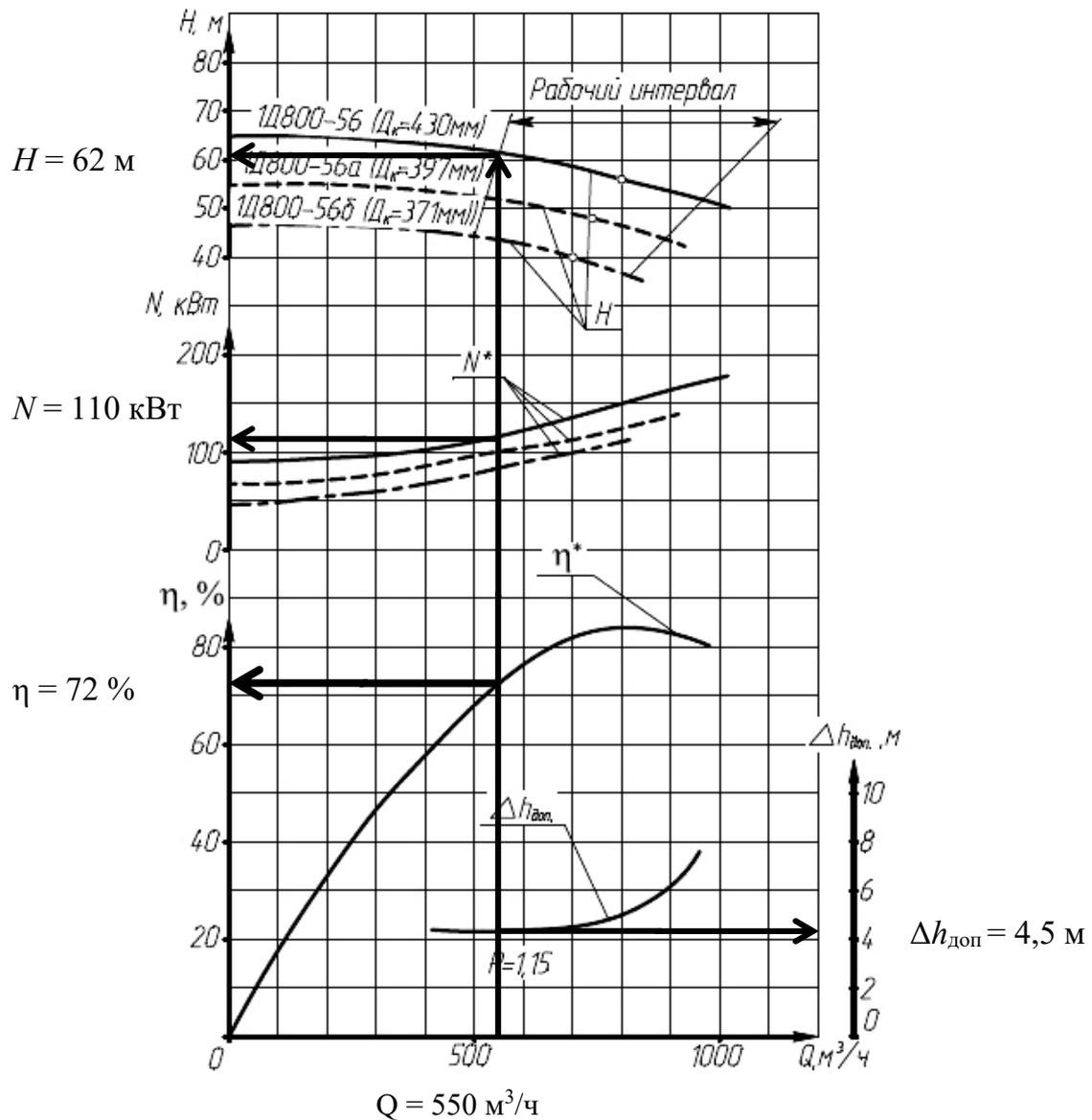
$$G_3 = 0,0025V_{TC} + G_M, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где G_M – расход воды на заполнение наибольшего по диаметру секционированного участка тепловой сети, принимаемый по приведенной таблице, м³/ч;

V_{TC} – объем воды в системах теплоснабжения, м³.

При отсутствии данных по фактическим объемам воды допускается устанавливать его равным 65 м³ на 1 МВт расчетной тепловой нагрузки при закрытой системе теплоснабжения, 70 м³ на 1 МВт – при открытой системе и 30 м³ на 1 МВт средней нагрузки – для отдельных сетей горячего водоснабжения.

В курсовом проекте насос можно выбрать непосредственно в режиме онлайн на сайтах основных производителей, таких как GRUNDFOS (<https://ru.grundfos.com/>); WILO (<https://wilo.com/ru/ru/>), или других производителей. Сетевой и подпиточный насосы рекомендуется выбирать в программах или непосредственно по рабочим характеристикам с необходимыми пояснениями как показано на рисунке.



Характеристика насоса 1Д 800-56:
 частота вращения $24,2 c^{-1}$ ($n = 1450$ об/мин);
 жидкость – вода плотностью $1000 kg/m^3$;
 * – данные для насоса

11. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Графическая часть проекта разрабатывается на листах форматом А1, так как чертежи выпускной квалификационной работы бакалавра выполняются также в данном формате А1. Допускаются форматы А2 и А3. Требования к графической части изложены в [4], она может выполняться в любом графическом редакторе.

Для разработки планов сетей в качестве подосновы могут быть использованы рабочие чертежи генерального плана, автомобильных и железных дорог или топографические планы. Подоснову чертежа выполняют тонкой основной линией в программе Автокад.

На планах сетей необходимо указать:

- существующие и проектируемые здания и сооружения, проектируемые и существующие сети, инженерные сети другого назначения, влияющие на прокладку проектируемых сетей;
- координаты проектируемых и существующих сетей или привязки осей трасс к координационным осям зданий (сооружений) или постоянным базисам;
- длины участков между элементами сетей или их координаты;
- числовые значения углов поворотов (кроме углов 90°);
- диаметры проектируемых трубопроводов до и после точек их изменения;
- маркировку и нумерацию элементов сетей.

На планах магистральных сетей при необходимости указывают номера пикетов (ПК) и привязки элементов сетей к ближайшим пикетам.

На планах сетей в местах изменения диаметров трубопроводов, их размещения или способов прокладки указывают положение секущих плоскостей поперечных разрезов; направление взгляда для разрезов принимают от источника тепловой энергии.

Нумерацию поперечных разрезов предусматривают сквозной от источника тепловой энергии или границы проектирования.

Схемы сетей выполняют в виде плана, на них указывают:

- трубопроводы и их обозначения, арматуру, компенсаторы, неподвижные опоры, углы поворотов, опуски труб, точки дренажа трубопроводов;
- маркировку элементов сетей (характерных точек) и их нумерацию;

- направление уклона;
- секущие плоскости поперечных разрезов и их нумерацию (обозначения);

– расчетные нагрузки на неподвижные опоры (при необходимости).

На схеме сетей или на одном из повторяющихся участков схемы показывают разбивку, привязку и тип всех подвижных опор трубопроводов или приводят таблицу (произвольной формы) с указанием типа опор и расстояний между ними для каждого диаметра труб.

Допускается при двух-, четырехтрубных сетях заменять схему сетей фрагментами схемы в пределах узлов трубопроводов, размещая фрагменты, как правило, на листах совместно с поперечными разрезами и планами сетей.

На поперечных разрезах сетей указывают:

- каналы, тоннели, траншеи (для бесканальной прокладки), эстакады, отдельно стоящие опоры в виде упрощенных контурных очертаний сплошной тонкой линией;
- трубопроводы и их обозначения, привязку трубопроводов к строительным конструкциям;
- опоры трубопроводов – в виде упрощенных контурных очертаний сплошной тонкой линией;
- нумерацию позиций опор по спецификации – на полке линии-выноски;
- контуры тепловой изоляции – штриховой линией.

Продольные профили сетей изображают в виде разверток по осям трубопроводов.

На профилях сетей указывают:

- поверхности земли (проектную – сплошной тонкой линией, натурную – тонкой штриховой);
- уровень грунтовых вод – тонкой штрихпунктирной линией;
- пересекаемые автомобильные дороги, железнодорожные и трамвайные пути, кюветы, а также другие подземные и надземные коммуникации и сооружения, влияющие на прокладку проектируемых сетей, с указанием их габаритных размеров, высотных отметок и при необходимости координат или привязок;
- каналы, тоннели, камеры, ниши П-образных компенсаторов, эстакады, отдельно стоящие опоры, вентиляционные шахты, павильоны

и другие сооружения и конструкции сетей – упрощенными контурными очертаниями внутренних и наружных габаритов сплошной тонкой линией;

– трубопроводы бесканальной прокладки – контурными очертаниями наружных габаритов сплошной тонкой линией с указанием осей труб;

– неподвижные опоры – условными графическими изображениями.

Трубопроводы в каналах, тоннелях, камерах и нишах не изображают. На профилях надземной прокладки сетей трубопроводы каждого яруса показывают одной сплошной основной линией.

На планах и разрезах узлов трубопроводов (УТ) указывают:

– контуры строительных конструкций, площадок и лестниц (сплошной тонкой линией) с указанием габаритных размеров и отметок;

– нумерацию поперечных разрезов участков сетей, примыкающих к УТ и П-образным компенсаторам (только на планах);

– трубопроводы, их детали, оборудование, арматуру, закладные конструкции для контрольно-измерительных приборов и их привязку к строительным конструкциям;

– обозначение трубопроводов;

– значение холодной растяжки П-образных компенсаторов, установочную длину сальниковых компенсаторов, компенсирующую способность сальниковых компенсаторов;

– номера позиций оборудования, арматуры, элементов трубопроводов – на полке линии-выноски.

На чертежах узлов трубопроводы показывают условными графическими обозначениями и/или упрощенными изображениями. Трубопроводы на чертежах рисуют упрощенно в две линии, если их диаметры в соответствующем масштабе составляют 2 мм и более.

Оборудование и арматуру изображают условными графическими обозначениями или в виде упрощенных внешних очертаний. Для арматуры обязательно указывают вылет шпинделя.

Для простых узлов и П-образных компенсаторов допускается выполнять трубопроводы одной линией независимо от диаметров, а планы и разрезы однотипных П-образных компенсаторов – в виде одного эскиза без масштаба, при этом размеры и характеристики компенсаторов приводят вместе с эскизом в таблице.

Схемы узлов трубопроводов разрабатывают при необходимости для сложных узлов с большим количеством арматуры, оборудования и трубопроводов. Схему УТ выполняют в виде плана. Допускается разрабатывать ее в аксонометрической проекции.

На схеме указывают:

- трубопроводы и их обозначения;
- оборудование, компенсаторы, арматуру, элементы трубопроводов, точки дренажа, закладные конструкции для контрольно-измерительных приборов – условными графическими обозначениями;
- направление уклона трубопроводов;
- секущие плоскости поперечных разрезов и их обозначения;
- отметки трубопроводов (для схем в аксонометрической проекции);
- позиции оборудования, арматуры и деталей трубопроводов – на полке линии-выноски.

На чертежах УТ приводят спецификацию на оборудование, компенсаторы, арматуру, элементы трубопроводов. Если на чертеже размещены изображения нескольких узлов, для них составляют общую спецификацию, разделяя соответствующими подзаголовками.

Примеры выполнения рабочих чертежей приведены в прил. Ж и З.

12. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПЕНСАЦИЙ СЕТИ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РАСШИРЕНИЯМ

Для компенсации тепловых деформаций трубопроводов тепловых сетей, рассчитанных в соответствии с [2, п. 10.1], следует применять следующие способы компенсации и компенсирующие устройства:

- гибкие компенсаторы (различной формы) из стальных труб и углы поворотов трубопроводов – при любых параметрах теплоносителя и способах прокладки;
- сильфонные и линзовые компенсаторы – для параметров теплоносителя и способов прокладки согласно технической документации заводов-изготовителей;
- стартовые компенсаторы, предназначенные 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 – растяжения в трубе. Проверка на продольный изгиб при этом обязательна.

При прокладке тепловых сетей из гибких самокомпенсирующихся труб устройство компенсаторов и проверку на продольный изгиб проводить не требуется [2, п. 10.28].

Технические характеристики сильфонных компенсаторов приведены в каталогах заводов-изготовителей.

При расчете самокомпенсации основной задачей будет определение максимального напряжения σ у основания короткого плеча угла поворота трассы, которое определяют для углов поворотов 90° и более, т. е. $90 + \beta$, по формуле

$$\sigma = \frac{1,5 \cdot \Delta l \cdot E \cdot d}{l^2 \cdot \cos \beta} \left(n + 1 + \frac{n + 3}{n + 1} \sin \beta \right), \quad (12.1)$$

где Δl – удлинение короткого плеча, м;

E – модуль продольной упругости, равный в среднем для стали $2 \cdot 10^5$ МПа;

d – наружный диаметр трубы, м;

l – длина короткого плеча, м;

$n = \frac{l_1}{l}$ – отношение длины длинного плеча к длине короткого.

Для угла поворота 90° формула (12.1) приобретает вид

$$\sigma = \frac{1,5 \cdot \Delta l \cdot E \cdot d (n + 1)}{l^2}. \quad (12.2)$$

При расчетах углов на самокомпенсацию величина максимального напряжения σ не должна превышать $[\sigma] = 80$ МПа. При расстановке неподвижных опор на углах поворотов, используемых для самокомпенсации, необходимо учитывать, что сумма длин плеч угла между опорами не должна быть более 60 % от предельного расстояния между неподвижными опорами для прямолинейных участков. Следует учитывать также, что максимальный угол поворота, используемый для самокомпенсации, не должен превышать 130° .

Изоляционная конструкция бесканальных теплопроводов находится в непосредственном контакте с окружающим грунтом и под его давлением. Поэтому при изменении температуры стального трубопровода

между деформируемым теплопроводом и окружающим грунтом возникает сила трения.

В конструкциях бесканальных теплопроводов, в которых имеет место хорошая адгезия тепловой изоляции к поверхности трубы (теплопроводы с монолитными оболочками из пенополиуретана, армопенобетона, поропласта и др.), трение возникает на наружной поверхности монолитной оболочки. В бесканальных теплопроводах без адгезии изоляции к поверхности трубы (теплопроводы с монолитной изоляцией из битумоперлита, с изоляцией из засыпных порошков) трение возникает на наружной поверхности стального трубопровода.

Силы трения вызывают в стенках стального трубопровода деформацию и напряжение сжатия (при разогреве) или растяжения (при остывании).

При этом суммарное напряжение на стенке стального трубопровода предполагается не выше допустимого значения $\varphi[\sigma]$. Из этого условия определяется предельная длина участка бесканального теплопровода между неподвижной опорой и компенсатором.

При изменении температуры теплоносителя в бесканальных теплопроводах компенсация температурной деформации происходит одновременно не на всей длине теплопровода, а только на участке длиной L , отсчитанной от компенсатора в сторону неподвижной опоры, на котором возникающая в трубопроводе реакция (сила) сжатия или растяжения достигает значения, достаточного для преодоления силы трения на поверхности этого участка трубопровода (рис. 12.1).

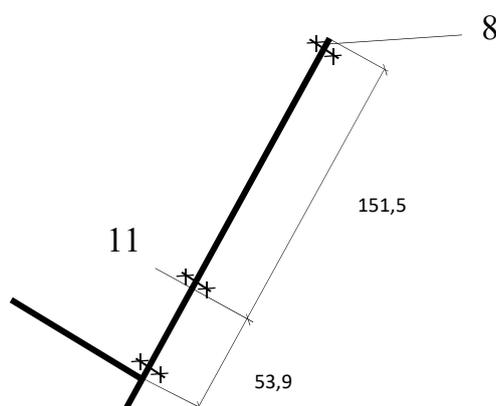


Рис. 12.1. Расчет компенсаторов. Схема ответвления

Последовательность расчета компенсации [7]:

1. Определяется свободное расширение трубопроводов по формуле
 $\Delta L = \alpha \cdot \Delta T \cdot L$,

где α – коэффициент температурного расширения стали;

ΔT – изменение температуры, например

$$\Delta L_1 = 12 \cdot 10^{-6} (150 - 0) 53,9 = 0,097 \text{ м};$$

$$\Delta L_2 = 12 \cdot 10^{-6} (150 - 0) 151,5 = 0,273 \text{ м}.$$

2. Проверяется допустимое напряжение

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta T \leq \alpha_{\text{доп}} = 150 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma = 2,08 \cdot 10^5 \cdot 12 \cdot 10^{-6} (150 - 0) = 374,4 \text{ Н/мм}^2 > 150 \text{ Н/мм}^2,$$

где σ – осевые температурные напряжения, Н/мм²; E – модуль упругости стали, МПа.

3. Рассчитывается удельная сила трения между грунтом и трубопроводом, действующая на единицу длины трубопровода:

$$f = \frac{\pi \cdot D \cdot \rho \cdot \mu \cdot g (1 + K_0)}{2} h_0 :$$

– для диаметра 89×4,0 мм

$$f = \frac{3,14 \cdot 0,160 \cdot 1850 \cdot 0,4 \cdot 9,81 (1 + 0,5)}{2} 0,78 = 2133,6 \text{ Н/м};$$

– для диаметра 76×3,0 мм

$$f = \frac{3,14 \cdot 0,140 \cdot 1850 \cdot 0,4 \cdot 9,81 (1 + 0,5)}{2} 0,77 = 1842,9 \text{ Н/м},$$

где D – внешний диаметр полиэтиленовой оболочки, м;

ρ – плотность грунта, по заданию принимаем пески, кг/м³;

μ – коэффициент трения между грунтом и полиэтиленовой изоляцией;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

K_0 – калибровочный коэффициент;

h_0 – расстояние от поверхности почвы до оси трубопровода, м.

4. Определяется максимально допустимая длина прямолинейного участка трубопровода

$$L_{\text{max}} = \frac{150 \cdot S_{\text{ст}}}{f},$$

где $S_{\text{ст}}$ – площадь поперечного сечения стальной трубы, мм²;

$$S_{\text{ст}} = \frac{\pi(D_{\text{н}}^2 - D_{\text{в}}^2)}{4};$$

– для диаметра 89×4,0 мм

$$S_{\text{ст}} = \frac{3,14(89^2 - 81^2)}{4} = 1067,6 \text{ мм}^2;$$

– для диаметра 76×3,0 мм

$$S_{\text{ст}} = \frac{3,14(76^2 - 70^2)}{4} = 1217,5 \text{ мм}^2;$$

– для диаметра 89×4,0 мм

$$L_{\text{max}} = \frac{150 \cdot 1067,6}{2133,6} = 75,1 \text{ м};$$

– для диаметра 76×3,0 мм

$$L_{\text{max}} = \frac{150 \cdot 1217,5}{1842,9} = 99,1 \text{ м}.$$

5. Обосновывается необходимость в компенсаторе

1-й участок: $L = 53,9$ м, меньше $L_{\text{max}} = 75,1$ м (установка компенсатора не требуется);

2-й участок: $L = 151,5$ м, больше $L_{\text{max}} = 99,1$ м (необходима установка компенсатора).

6. Рассчитываются компенсаторы и выполняется монтажное проектирование.

Расчет компенсатора для 2-го участка

$$\Delta L_2 = 12 \cdot 10^{-6} (150 - 0) 151,5 = 0,273 \text{ м} = 273 \text{ мм}.$$

По удлинению $\Delta L_2 = 273$ мм и наружному диаметру $D_{\text{н}} = 76$ мм с помощью диаграммы подбирается «длина колена компенсатора» П-образного типа (рис. 12.2).

7. Рассчитываются силы трения.

Силу трения, действующую на прямолинейный участок, найдем по формуле $F = f \cdot L$.

$$F_1 = f_1 \cdot L_1 = 2133,6(43,9 - 2) = 110733 \text{ Н};$$

$$F_2 = f_2 \cdot L_2 = 1842,9(151,5 - 2) = 275513 \text{ Н};$$

$$F_{\Sigma} = F_1 + F_2 = 110733 + 275513 = 386247 \text{ Н}.$$

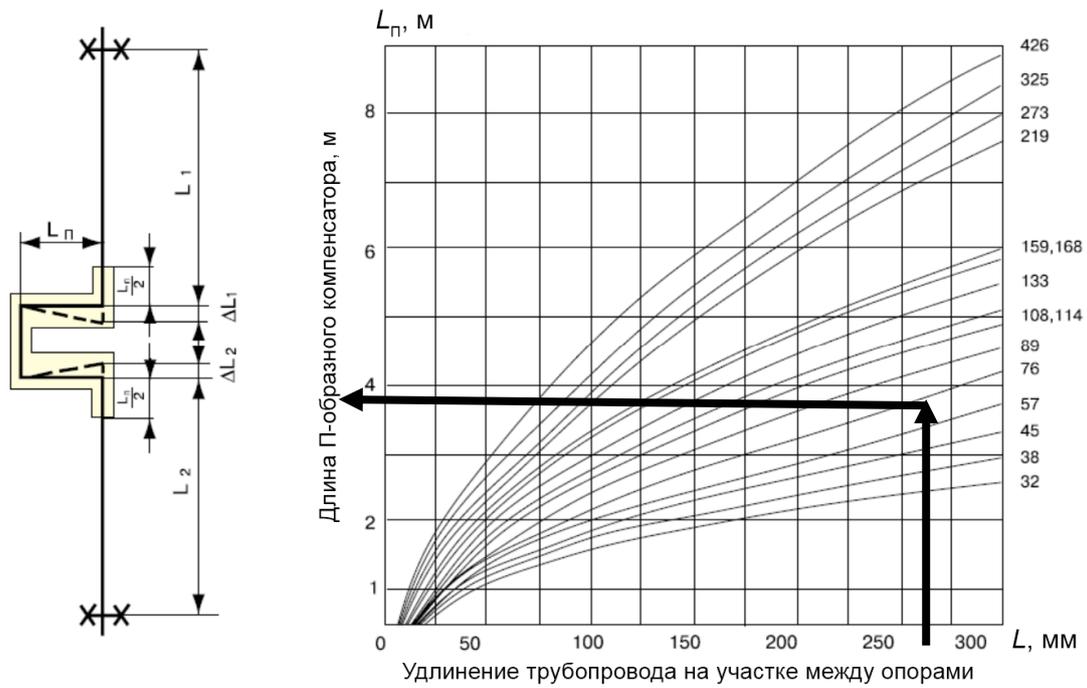


Рис. 12.2. Подбор П-образного гибкого компенсатора $L_{\text{п}} = 4,0$ м

На рис. 12.3 представлен современный гибкий компенсатор, выполненный и смонтированный по технологии Стройполимер [7] и широко применяющийся в настоящее время.



Рис. 12.3. Монтаж П-образного компенсатора

13. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕПОДВИЖНЫХ ОПОР

Неподвижные опоры необходимы для восприятия усилий, возникающих при температурном расширении трубопроводов тепловой сети.

Условная неподвижная опора на прямом участке трубопровода образуется в таком месте, где наступает равновесие сил трения между грунтом, трубой и силами, возникающими под влиянием изменения температуры. Для расчета таких опор применяют эмпирические формулы или используют лицензионную программу «Старт».

Для предохранения трубопровода от разрушающих усилий (превышающих расчетную прочность), возникающих при температурных удлинениях, иногда необходимо устанавливать реальные неподвижные опоры в следующих случаях:

1. При выполнении угла поворота трассы от 10 до 45°. Неподвижные опоры устанавливают на расстоянии не более 6 м от поворота трассы либо должна быть применена система компенсации под углом 90° на расстоянии не более чем $0,5L_{\max}$.

2. На вводах в здание, когда прямолинейный участок трубопровода, непосредственно входящий в здание, имеет длину более 10 м (соглашение о неподвижной опоре).

3. При переходе диаметров больше чем на один типоразмер с целью защиты участка с меньшим диаметром. При разнице диаметров на один типоразмер неподвижная опора может не устанавливаться, но рекомендуется проверять такие ситуации расчетом при конкретных условиях.

4. Для защиты трубопроводов при комбинации осевой и радиальной компенсации.

5. Для защиты малых компенсационных плеч при радиальной компенсации.

6. На ответвлении от основного теплопровода, выполненного с помощью прямого или углового тройника.

7. При комбинации канальной и бесканальной прокладки трубопровода.

Площадь опорной поверхности щита для установки неподвижных опор (рис. 13.1 и 13.2) при подземной прокладке определяется по формуле

$$S_{\text{щ}} = \frac{K_{\text{гр}} \cdot F_{\Sigma}}{150},$$

где $K_{гр}$ – поправочный коэффициент на прочность грунта;

F_{Σ} – суммарная сила действия на опору, кН;

150 кН/м^2 – сопротивление грунта; $S_{щ} = \frac{1,15 \cdot 386,25}{150} = 2,96 \text{ м}^2$.

Существует эмпирическая формула для определения площади опорного щита

$$S_{щ} = A \cdot C + 2(A + C)B.$$

Конструктивно принимается $A = 1,095 \text{ м}$; $C = 0,595 \text{ м}$;

$$B = \frac{2,96 - 1,095 \cdot 0,595}{2(1,095 + 0,595)} = 0,68 \text{ м}.$$

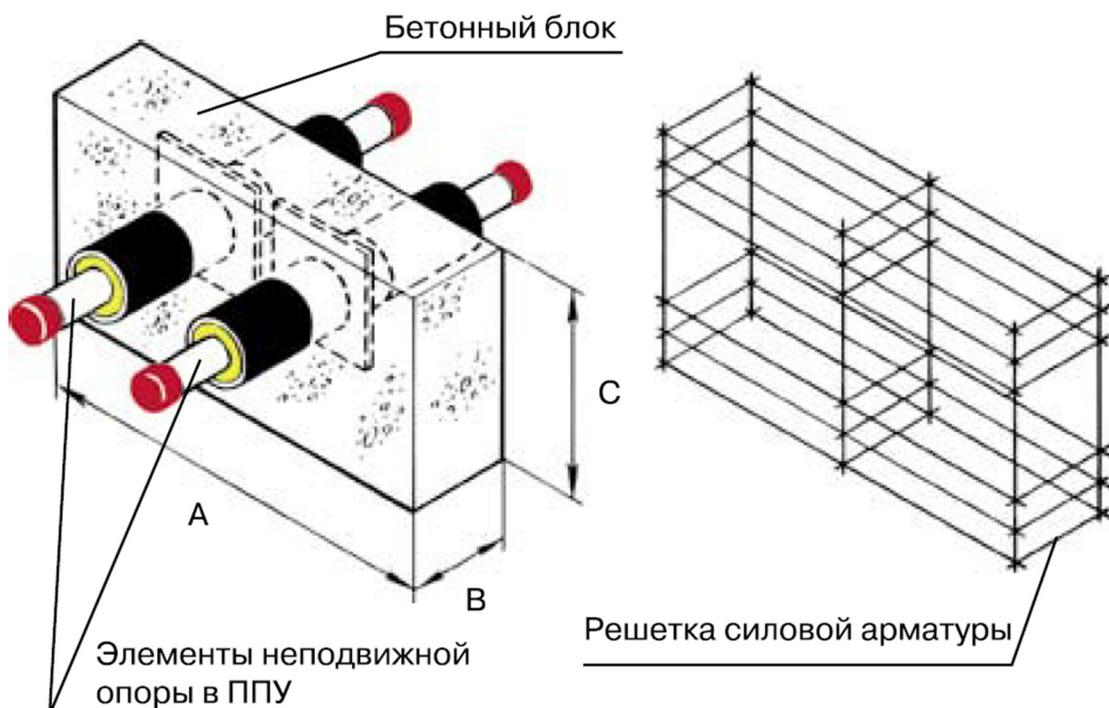


Рис. 13.1. Подбор щита под неподвижные опоры

Проверка эквивалентного напряжения проводится по выражению

$$\sigma_{\text{э}} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_t^2 - \sigma_x \cdot \sigma_t},$$

где σ_x – напряжение, действующее вдоль оси трубопровода, равное

$$\sigma_x = \frac{F}{S_{ст}}, \text{ Н/мм}^2, F - \text{ сила, растягивающая (сжимающая) трубопровод,}$$

направлена вдоль оси трубы, Н.

$$F_2 = f_2 \cdot L_2 = 1842,9(75,75 - 2) = 135913 \text{ Н};$$

$S_{\text{ст}}$ – площадь поперечного сечения стальной трубы, мм^2 ;

$$\sigma_x = \frac{135913}{1217,5} = 111,6 \text{ Н/мм}^2;$$

σ_t – окружное (тангенциальное) напряжение, которое вычисляется как

$$\sigma_t = \frac{R \cdot P}{\delta},$$

где R – внутренний радиус стальной трубы, м;

P – давление теплоносителя, Н/мм^2 ;

δ – толщина стенки стальной трубы, м;

$$\sigma_t = \frac{0,035 \cdot 1,6}{0,003} = 18,7 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_3 = \sqrt{111,6^2 + 18,7^2} - 111,6 \cdot 18,7 = 103,6 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_3 < \sigma_{\text{доп}}$$



Рис. 13.2. Монтаж неподвижной опоры

14. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Для тепловых сетей следует, как правило, принимать теплоизоляционные материалы и конструкции, проверенные практикой эксплуатации. Новые материалы и конструкции допускаются к применению при положительных результатах независимых испытаний, проведенных специализированными лабораториями, аккредитованными на выполнение данных испытаний в установленном порядке [2, п. 11.1].

Материалы тепловой изоляции и покровного слоя теплопроводов должны отвечать требованиям СП 61.13330 [3], нормам пожарной безопасности и выбираться в зависимости от конкретных условий и способов прокладки [2, п. 11.2].

Начальные условия для расчета тепловой изоляции изложены в [2, 3] и записываются следующим образом:

1. Толщина теплоизоляционного слоя находится по нормированной плотности теплового потока, которая определяется расположением трубопроводов, временем его работы в течение отопительного периода, температурой транспортируемого продукта, способом прокладки теплопроводов.

2. Расчетная температура теплоносителя принимается для подающих теплопроводов водяных тепловых сетей:

– при постоянной температуре сетевой воды и количественном регулировании – максимальная температура теплоносителя;

– при переменной температуре сетевой воды и качественном регулировании – среднегодовая температура теплоносителя устанавливается по табл. 14.1.

Таблица 14.1

Расчетная температура теплоносителя

Температурные режимы водяных тепловых сетей, °С	95 – 70	130 – 70	150 – 70	180 – 70
Расчетная температура теплоносителя подающего теплопровода t_w , °С	55	65	90	110
Среднегодовая температура теплоносителя подающего теплопровода t_o , °С	50			

3. При определении температуры грунта в температурном поле подземного трубопровода тепловых сетей температуру теплоносителя

рассчитывают для водяных тепловых сетей по температурному графику регулирования при среднемесячной температуре наружного воздуха расчетного месяца.

4. За расчетную температуру окружающей среды при расчетах по нормированной плотности теплового потока следует принимать:

а) температуру изолируемых поверхностей, расположенных на открытом воздухе: для технологического оборудования и трубопроводов

- среднюю за год;
- для трубопроводов тепловых сетей при круглогодичной работе;
- среднюю за год;
- для трубопроводов тепловых сетей, работающих только в отопительный период;

- среднюю за период со среднесуточной температурой наружного воздуха $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже;

б) температуру изолируемых поверхностей, расположенных в помещении, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$;

в) для трубопроводов, расположенных в тоннелях, $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$;

г) при подземной прокладке в каналах или бесканальной прокладке трубопроводов – среднюю за год температуру грунта на глубине заложения оси трубопровода. При величине заглубления верхней части перекрытия канала (при прокладке в каналах) или верха теплоизоляционной конструкции трубопровода (при бесканальной прокладке) $0,7\text{ м}$ и менее за расчетную температуру окружающей среды предусматривают уже температуру наружного воздуха, что и при надземной прокладке.

5. При определении температуры грунта в температурном поле подземного трубопровода тепловых сетей температуру теплоносителя следует устанавливать:

- для водяных тепловых сетей – по температурному графику регулирования при среднемесячной температуре наружного воздуха расчетного месяца;

- для паровых сетей – максимальную температуру пара в рассматриваемом месте паропровода (с учетом падения температуры пара по длине трубопровода);

- для конденсатных сетей и сетей горячего водоснабжения – максимальную температуру конденсата или воды.

6. Толщина изоляции определяется:
- по заданной величине теплового потока;
 - заданной величине охлаждения (нагрева) вещества, сохраняемого в емкостях в течение определенного времени;
 - заданному снижению (повышению) температуры вещества, транспортируемого трубопроводами (паропроводами);
 - заданному количеству конденсата в паропроводах;
 - заданному времени приостановки движения жидкого вещества в трубопроводах в целях предотвращения его замерзания или увеличения вязкости;
 - заданной температуре на поверхности изоляции;
 - с целью предотвращения конденсации влаги из окружающего воздуха на покровном слое тепловой изоляции оборудования и трубопроводов, содержащих вещества с температурой ниже температуры окружающего воздуха.

Тепловые потери через изолированную поверхность оборудования и трубопроводов в общем случае рассчитывают по криволинейным формулам (В.3), (В.4) [7]. Анализ особенностей теплообмена в теплоизоляционных конструкциях промышленных объектов позволяет существенно упростить расчетные формулы:

криволинейной n -слойной

$$q_L = \frac{t_B - t_H}{R_{BH}^L + R_{CT}^L + \sum_{i=1}^n R_i^L + R_H^L},$$

криволинейной однослойной

$$q_L = \frac{t_B - t_H}{R_{BH}^L + R_{CT}^L + R_{ИЗ}^L + R_H^L}.$$

Термическое сопротивление теплоотдаче от внутренней среды к внутренней поверхности стенки изолируемого объекта для жидких и даже газообразных сред по сравнению с термическим сопротивлением кондуктивному переносу теплоты в изоляции составляет весьма незначительную величину и может не учитываться.

Стенки изолируемого промышленного оборудования и трубопроводов обычно изготовлены из металла, теплопроводность которого в 100 раз и более превышает теплопроводность изоляции, вследствие этого термическим сопротивлением стенки без заметного снижения точности расчета можно пренебречь (рис. 14.1).

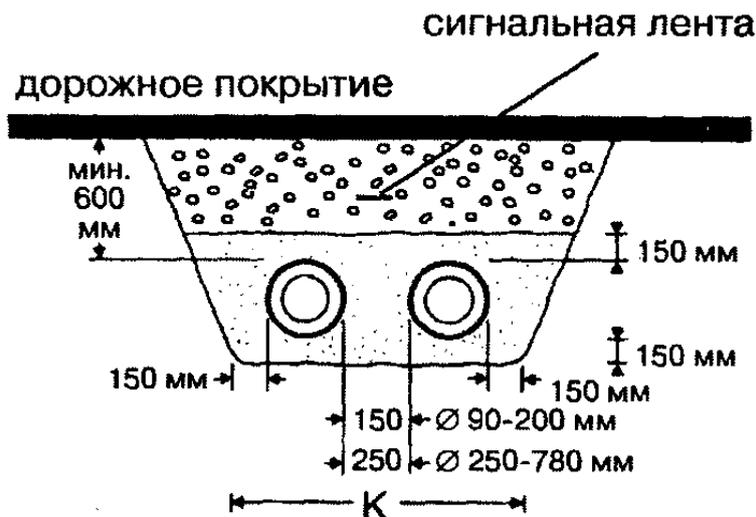


Рис. 14.1. Сечение двухтрубной прокладки тепловой сети

Таким образом, основной расчетной формулой для определения тепловых потерь изолируемого оборудования для трубопроводов диаметром менее 2 м будет

$$q_L = \frac{(t_B - t_H)K}{\sum_{i=1}^n R_i^L + R_H^L}, \quad (14.1)$$

где K – коэффициент дополнительных потерь, учитывающий теплопотери через теплопроводные включения в теплоизоляционных конструкциях, обусловленных наличием в них крепежных деталей и опор, (табл. 14.2).

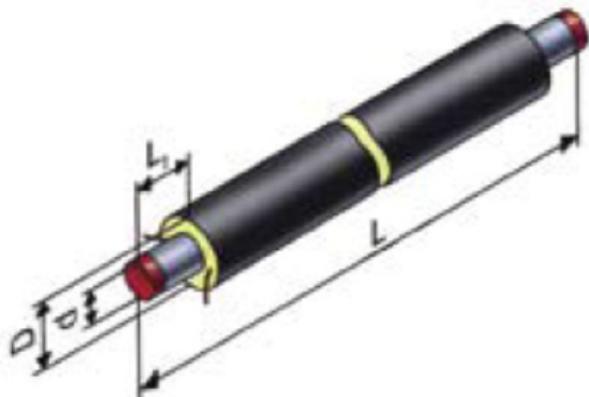
Таблица 14.2

Значения коэффициента дополнительных потерь

Способ прокладки трубопроводов	Коэффициент K
На открытом воздухе, в непроходных каналах, тоннелях и помещениях:	
Для стальных трубопроводов на подвижных опорах условным проходом, мм:	
до 150	1,2
150 и более	1,15
на подвесных опорах	1,05
Для неметаллических трубопроводов на подвижных и подвесных опорах	1,7
Бесканальная	1,15

Сортамент стальных трубопроводов в пенополиуретановой изоляции представлен фрагментарно на рис. 14.2 и в табл. 14.3.

Труба теплоизолированная
в полиэтиленовой оболочке



Код изделия:

Тб Ст dxs-n-ППУ-ПЭ (Т)

Тб – труба теплоизолированная

Ст – труба стальная

d – диаметр стальной трубы

s – толщина стенки стальной трубы

n – тип изоляции по ГОСТ 30732

ППУ – теплоизоляция

из пенополиуретана

ПЭ – оболочка гидрозащитная
полиэтиленовая

Рис. 14.2. Вид, код, условное обозначение теплопровода

Весь сортамент трубопроводов представлен полностью в [7] и находится в свободном доступе на основном сайте производителя и сайтах-продавцах.

Таблица 14.3

Сортамент стальных трубопроводов

Код изделия	Диаметр стальной трубы, d [мм]	Диаметр полиэтиленовой оболочки, D [мм]		Толщина полиэтиленовой оболочки, [мм]		Толщина слоя теплоизоляции, [мм]		L, [мм]	Толщина усиления, t [мм]	
		n = 1	n = 2	n = 1	n = 2	n = 1	n = 2		n = 1	n = 2
Тб Ст 32xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	32	–	90	–	3,0	–	26,0	150	6,0	6,0
Тб Ст 38xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	38	–	110	–	3,0	–	33,0	150	6,0	6,0
Тб Ст 45xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	45	–	125	–	3,0	–	37,0	150	6,0	6,0
Тб Ст 57xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	57	125	140	3,0	3,0	31,5	38,5	150	6,0	6,0
Тб Ст 76xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	76	140	160	3,0	3,0	29,0	39,0	150	6,0	6,0
Тб Ст 89xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	89	160	180	3,0	3,0	32,5	42,5	150	6,0	6,0
Тб Ст 108xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	108	180	200	3,0	3,2	33,0	43,0	150	6,0	6,4
Тб Ст 133 xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	133	225	280	3,5	3,9	42,5	54,5	150	7,0	7,8
Тб Ст 159xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	159	250	355	3,9	4,4	41,5	55,5	150	7,8	8,8
Тб Ст 219xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	219	315	450	4,9	5,6	42,0	62,0	150	9,8	11,2
Тб Ст 273xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	273	400	450	6,3	7,0	57,0	81,5	210	12,6	14,0
Тб Ст 325xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	325	450	500	7,0	7,8	55,5	79,5	210	14,0	15,6
Тб Ст 426xs-n-ППУ-ПЭ (Т)	426	560	630	8,8	9,8	58,2	92,5	210	17,6	19,6

Термическое сопротивление кондуктивному переносу слоев изоляции и внешней теплоотдаче рассчитывается по формулам

$$R_{\text{вн}} = \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}}; R_{\text{н}} = \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}; R_{\text{из}} = \frac{\delta_{\text{из}}}{\alpha_{\text{из}}}; R_{\text{ст}} = \frac{\delta_{\text{ст}}}{\alpha_{\text{ст}}}; R_i = \frac{\delta_i}{\alpha_i}; \quad (14.2)$$

$$R_{\text{вн}}^L = \frac{1}{\pi d_{\text{вн}}^{\text{ст}} \alpha_{\text{вн}}}; R_{\text{н}}^L = \frac{1}{\pi d_{\text{н}}^{\text{из}} \alpha_{\text{н}}}; R_{\text{из}}^L = \frac{1}{2\pi \lambda_{\text{из}}} \ln \frac{d_{\text{н}}^{\text{из}}}{d_{\text{н}}^{\text{ст}}}, \quad (14.3)$$

в которых теплопроводность изоляции принимается по прил. Б [7], а коэффициент теплоотдачи на поверхности изоляции – по табл. 14.4.

Таблица 14.4

Значения коэффициента теплоотдачи α , Вт/(м²·°С)

Изолированный объект	В закрытом помещении		На открытом воздухе при скорости ветра ³ , м/с		
	Покрытия с малым коэффициентом излучения ¹	Покрытия с высоким коэффициентом излучения ²			
			5	10	15
Горизонтальные трубопроводы	7	10	20	26	35
Вертикальные трубопроводы, оборудование, плоская стенка	8	12	26	35	52

Примечания:

¹ К ним относятся кожухи из оцинкованной стали, листов алюминиевых сплавов и алюминия с оксидной пленкой.

² К ним относятся штукатурки, асбестоцементные покрытия, стеклопластики, различные краски (кроме краски с алюминиевой пудрой).

³ При отсутствии сведений о скорости ветра принимают значения, соответствующие скорости 10 м/с.

Определение толщины изоляции по заданной потере тепла – наиболее распространенный случай расчета тепловой изоляции. Расчет может осуществляться исходя из нормативных плотностей теплового потока (q_F^H, q_L^H) и как завершающий этап более сложного расчета, в результате которого определяются тепловые потери, удовлетворяющие производственно-техническим и технологическим требованиям. Для цилиндрической поверхности диаметром менее 2 м предварительно по

уравнению* $\ln B = 2\pi \cdot \lambda_{\text{из}} \left[\frac{K(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{q_L^{\text{H}}} - R_{\text{н}}^L \right]$ определяют величину $\ln B$,

где $B = \frac{d_{\text{н}}^{\text{сг}} + 2\delta_{\text{из}}}{d_{\text{н}}^{\text{сг}}}$; при этом приближенные значения $R_{\text{н}}^L$ следует принимать по табл. В 3 [7]:

– подающая магистраль

$$\ln B = 2\pi \cdot \lambda_{\text{из}} \left[\frac{K(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{q_L^{\text{H}}} - R_{\text{н}}^L \right] = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,033 \left[\frac{1,15(90 - 3,23)}{54,7} - 0,18 \right] = 0,341;$$

$$dn := 159 \quad e^{0,341} = 1,406 \quad B := 1,406 \quad \delta := \frac{dn(B-1)}{2} \quad \delta = 32,277;$$

– обратная магистраль

$$\ln B = 2\pi \cdot \lambda_{\text{из}} \left[\frac{K(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{q_L^{\text{H}}} - R_{\text{н}}^L \right] = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,033 \left[\frac{1,15(50 - 3,23)}{33,7} - 0,18 \right] = 0,293;$$

$$e^{0,293} = 1,34 \quad e^{\ln(B)} = 1,341 \quad B := e^{\ln(B)} \quad B := 1,341 \quad dn := 159 \quad \delta := \frac{dn(B-1)}{2} \quad \delta = 27,114.$$

Затем находят величину B и определяют требуемую толщину изоляции $\delta_{\text{из}}$, мм:

подача

$$\delta_{\text{из}} = \frac{d_{\text{н}}^{\text{сг}}(B-1)}{2} = \frac{159(1,406-1)}{2} = 32,277;$$

обратка

$$\delta_{\text{из}} = \frac{d_{\text{н}}^{\text{сг}}(B-1)}{2} = \frac{159(1,341-1)}{2} = 27,114.$$

В качестве расчетных параметров, обуславливающих тепловое взаимодействие окружающей среды с теплоизоляционной конструкцией, при определении толщины изоляции по нормируемым тепловым потерям следует принимать:

– температуру внутренней среды $t_{\text{в}}$ как среднюю за год температуру вещества в изолируемом объекте;

– температуру наружной среды $t_{\text{н}}$ при расположении изолируемого объекта в помещении на основании технического задания на проектирование, при его отсутствии – равной 20 °С; при расположении на открытом воздухе – как среднюю за год температуру наружного воздуха.

* Формулы рассчитаны в программе MathCAD.

Среднегодовые значения температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети определяются как средние из ожидаемых среднемесячных значений температуры теплоносителя по применяемому в системе теплоснабжения графику регулирования тепловой нагрузки, соответствующих ожидаемым среднемесячным значениям температуры наружного воздуха на всем протяжении функционирования тепловой сети в течение года.

Ожидаемые среднемесячные значения температуры наружного воздуха определяются как средние из соответствующих статистических значений по информации метеорологической станции за последние 5 лет (при отсутствии таковой – по климатологическому справочнику или соответствующей главе Свода правил).

Таблица 14.5

Температура грунта в течение календарного года по месяцам, °С

Глубина, м	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,2	-0,8	-1,1	-0,3	3,3	11,4	15,1	19	17,2	12,3	6,7	2,6	0,2
0,4	0,6	0	0	2,4	9,6	13,5	16,9	16,5	12,9	7,8	4,2	1,7
0,8	1,7	0,9	0,8	2,0	7,8	11,6	15,0	15,6	13,2	8,8	5,4	2,9
1,6	3,2	2,4	1,9	2,2	5,6	9,2	11,9	13,2	12,0	9,7	6,9	4,6

Средневзвешенная температура грунта (табл. 14.5) для Владимирской области находится по выражению

$$t_{\text{н}} = \frac{\sum_1^7 t_i \cdot z_i}{\sum_1^7 z_i} = \frac{\sum_1^7 1,7 \cdot 31 + 0,9 \cdot 29 + 0,8 \cdot 31 + 2,0 \cdot 30 + 8,8 \cdot 31 + 5,4 \cdot 30 + 2,9 \cdot 31}{\sum_1^7 31 + 29 + 31 + 30 + 31 + 30 + 31} = \frac{688,3}{213} = 3,23 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тепловые потери через изолированную поверхность подающих и обратных трубопроводов тепловых сетей при надземной прокладке и известной толщине изоляции $\delta_{\text{из}}$ (в метрах) следует определять по формуле (14.1), а термические сопротивления, входящие в эту формулу, – по (14.2), (14.3). В качестве температур внутренней и наружной сред $t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$ принимают расчетные температуры теплоносителя и окружающего воздуха, а коэффициент теплоотдачи $\alpha_{\text{н}}$ выбирают по табл. 14.4.

При определении толщины изоляции трубопроводов тепловых сетей по нормированным значениям плотности тепловых потоков от подающих и обратных теплопроводов используется методика расчетов, изложенная выше. При этом в качестве расчетных температур внутренней среды t_v принимают среднегодовые температуры теплоносителя по табл. 14.1.

За расчетную температуру наружной среды при круглогодичной работе тепловой сети берут среднегодовую температуру наружного воздуха, при работе только в отопительный период – среднюю за отопительный период, расчетный коэффициент теплоотдачи α_n – по табл. 14.4.

Тепловые потери через изолированную поверхность двухтрубных тепловых сетей, прокладываемых в непроходном канале шириной b и высотой h метров на глубине H метров от поверхности земли до оси канала, вычисляются как

$$q_1^L + q_2^L = \frac{(t_{\text{кан}} - t_n)K}{R_{\text{кан}} + R_{\text{гр}}^k},$$

температура воздуха в канале $t_{\text{кан}}$ – по уравнению

$$t_{\text{кан}} = \frac{\frac{t_{v1}}{R_{\text{из1}}^L + R_{\text{н1}}^L} + \frac{t_{v2}}{R_{\text{из2}}^L + R_{\text{н2}}^L} + \frac{t_n}{R_{\text{кан}} + R_{\text{гр}}^k}}{\frac{1}{R_{\text{из1}}^L + R_{\text{н1}}^L} + \frac{1}{R_{\text{из2}}^L + R_{\text{н2}}^L} + \frac{1}{R_{\text{кан}} + R_{\text{гр}}^k}},$$

где $R_{\text{из1}}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{из}}} \ln \frac{d_1 + 2\delta_{\text{из1}}}{d_1}$; $R_{\text{из2}}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{из}}} \ln \frac{d_2 + 2\delta_{\text{из2}}}{d_2}$;

$$R_{\text{н1}}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_k(d_1 + 2\delta_{\text{из1}})}; R_{\text{н2}}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_k(d_2 + 2\delta_{\text{из2}})}; R_{\text{кан}} = \frac{1}{\pi\alpha_k \frac{2bh}{b+h}};$$

q_1^L, q_2^L – линейные плотности теплового потока от подающего и обратного трубопроводов, Вт/м;

d_1, d_2 – наружные диаметры подающего и обратного трубопроводов, м;

t_{v1}, t_{v2} – температуры подающего и обратного трубопроводов, °С;

K – коэффициент дополнительных потерь;

$R_{\text{из1}}^L, R_{\text{из2}}^L$ – термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов, м·°С/Вт;

$R_{н1}^L, R_{н2}^L$ – термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов, $м \cdot ^\circ C / Вт$;

$R_{кан}$ – термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала, $м \cdot ^\circ C / Вт$;

α_k – коэффициент теплоотдачи в канале, принимается равным $11 Вт / (м^2 \cdot ^\circ C)$;

$\lambda_{из}$ – теплопроводность изоляции в конструкции, $Вт / (м \cdot ^\circ C)$;

$\delta_{из1}, \delta_{из2}$ – толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов, $м$;

$R_{гр}^k$ – термическое сопротивление грунта, определяемое по формуле, $Вт / (м \cdot ^\circ C)$,

$$R_{гр}^k = \frac{\ln \left[3,5 \frac{H}{h} \left(\frac{h}{b} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \frac{b}{h} \right) \lambda_{гр}};$$

$\lambda_{гр}$ – теплопроводность грунта, $Вт / (м \cdot ^\circ C)$ (табл. 14.6).

Для определения толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов по заданной нормированной линейной плотности потока q_1^{-L} и q_2^{-L} , $Вт / м$, предварительно определяют по ним температуру воздуха в канале

$$t_{кан} = t_n + K(q_1^{-L} + q_2^{-L})(R_{кан} + R_{гр}).$$

Таблица 14.6

Теплопроводность грунта

Вид грунта	Средняя плотность, $кг / м^3$	Весовое влагосодержание грунта, %	Коэффициент теплопроводности, $Вт / (м \cdot ^\circ C)$
Песок	1480	4	0,86
		5	1,11
	1600	15	1,92
		23,8	1,92
Суглинок	1100	8	0,71
		15	0,9
	1200	8	0,83
		15	1,04
	1300	8	0,98
		15	1,2

Окончание табл. 14.6

Вид грунта	Средняя плотность, кг/м ³	Весовое влагосодержание грунта, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
Суглинок	1400	8	1,12
		15	1,36
		20	1,63
	1500	8	1,27
		15	1,56
		20	1,86
	1600	8	1,45
		15	1,78
	2000	5	1,75
10		2,56	
11,5		2,68	
Глинистый	1300	8	0,72
		18	1,08
		40	1,66
	1500	8	1,0
		18	1,46
		40	2,0
	1600	8	1,13
		27	1,93

Затем вычисляют для каждого трубопровода величины $\ln B_1 = \ln \frac{d_1 + 2\delta_{из1}}{d_1}$, $\ln B_2 = \ln \frac{d_2 + 2\delta_{из2}}{d_2}$ по формулам

$$\ln B_1 = 2\pi\lambda_{из} \left(\frac{t_{в1} - t_{кан}}{q_1^{-L}} - R_{н1}^L \right);$$

$$\ln B_2 = 2\pi\lambda_{из} \left(\frac{t_{в2} - t_{кан}}{q_2^{-L}} - R_{н2}^L \right),$$

где приближенные значения $R_{н1}^L$ и $R_{н2}^L$ выбирают по табл. В.3 [3].

Определяя по таблице натуральных логарифмов B_1 и B_2 , вычисляют значения толщин изоляции $\delta_{из1} = \frac{d_1(B_1 - 1)}{2}$, $\delta_{из2} = \frac{d_2(B_2 - 1)}{2}$, обеспечивающие требуемые нормативные потери тепла.

Тепловые потери двухтрубных тепловых сетей при бесканальной прокладке, расположенных в грунте на одинаковом расстоянии от поверхности до оси труб H , вычисляют по выражениям, м

$$q_1^L = \frac{(t_{в1} - t_n)(R_{из2}^L + R_{гр2}^к) - (t_{в2} - t_n)R_0}{(R_{из1}^L + R_{гр1}^к)(R_{из2}^L + R_{гр2}^к) - R_0^2} K;$$

$$q_2^L = \frac{(t_{в2} - t_n)(R_{из1}^L + R_{гр1}^к) - (t_{в1} - t_n)R_0}{(R_{из2}^L + R_{гр2}^к)(R_{из1}^L + R_{гр1}^к) - R_0^2} K.$$

Далее приведен расчет для толщины слоя теплоизоляции для трубы Ст159×5,0-1-ППУ-ПЭ (Т) [7].

$$q_1^L = \frac{(90 - 3,23)(2,047 + 0,177) - (50 - 3,23)0,07}{(2,047 + 0,177)(2,047 + 0,177) - 0,07^2} 1,15 = 44,15;$$

$$q_2^L = \frac{(50 - 3,23)(2,047 + 0,177) - (90 - 3,23)0,07}{(2,047 + 0,177)(2,047 + 0,177) - 0,07^2} 1,15 = 22,80,$$

где $R_{гр}^к$ – термическое сопротивление грунта при бесканальной прокладке определяются по формуле, м·°С/Вт

$$R_{гр}^к = \frac{1}{2\pi\lambda_{гр}} \ln \left[\frac{2H}{d} + \sqrt{\left(\frac{2H}{d}\right)^2 - 1} \right];$$

$$R_{гр}^к = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,68} \ln \left[\frac{2(0,7 + \frac{0,159}{2})}{0,159} + \sqrt{\left(\frac{2(0,7 + \frac{0,159}{2})}{0,159}\right)^2 - 1} \right] = 0,177,$$

где H – глубина заложения – расстояние от оси труб до поверхности земли, м;

$\lambda_{гр}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м·°С);

d – наружный диаметр труб, м: подающей – d_1 , обратной – d_2 ;

$$R_0 = \frac{\ln \sqrt{1 + \left(\frac{2H}{K_{1,2}}\right)^2}}{2\pi\lambda_{гр}},$$

где R_0 – термическое сопротивление, обусловленное тепловым взаимодействием двух труб, рассчитывают по выражению, м·°С/Вт

$$R_0 = \frac{\ln \sqrt{1 + \left(\frac{2(0,7 + \frac{0,159}{2})}{0,25 + 0,25}\right)^2}}{2\pi \cdot 2,68} = 0,07,$$

в котором $K_{1,2}$ – расстояние между осями труб по горизонтали, м.

$R_{из1}^L, R_{из2}^L$ – термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов, м·°С/Вт;

$$R_{из1}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \ln \frac{d_{н}^{из1}}{d_{н}^{ст}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,033} \ln \frac{159 + 2 \cdot 26,95}{159} = 1,409;$$

$$R_{из2}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \ln \frac{d_{н}^{из2}}{d_{н}^{ст}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,033} \ln \frac{159 + 2 \cdot 20,59}{159} = 1,111.$$

Расчет для толщины слоя теплоизоляции для трубы Ст159×5,0-1-ПШУ-ПЭ (Т) [7]

$$R_{из1}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \ln \frac{d_{н}^{из1}}{d_{н}^{ст}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,033} \ln \frac{159 + 2 \cdot 42,00}{159} = 2,047.$$

Остальные значения величин те же, что и в формулах для канальной прокладки.

Формулы для расчета толщины изоляции бесканальных теплопроводов по нормированной плотности тепловых потоков имеют вид:

$$\ln \frac{d_1 + 2\delta_{из1}}{d_1} = \frac{2\pi\lambda_{из1}\lambda_{гр}}{\lambda_{гр} - \lambda_{из1}} \left(\frac{t_{в1} - t_{н} - q_2^{-L}R_0}{q_1^{-L}} - R_{гр1}^{\delta} \right)$$

или

$$\ln \frac{d_1 + 2\delta_{из1}}{d_1} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,033 \cdot 2,68}{2,68 - 0,033} \left(\frac{90 - 3,23 - 33,7 \cdot 0,07}{54,7} - 0,177 \right) = 0,292;$$

$$e^{0,292} = 1,339 \quad B := 1,339 \quad dn := 159 \quad \delta = \frac{dn(B-1)}{2} \quad \delta = 26,95.$$

$$\ln \frac{d_2 + 2\delta_{из2}}{d_2} = \frac{2\pi\lambda_{из2}\lambda_{гр}}{\lambda_{гр} - \lambda_{из2}} \left(\frac{t_{в2} - t_{н} - q_1^{-L}R_0}{q_2^{-L}} - R_{гр2}^{\delta} \right)$$

или

$$\ln \frac{d_2 + 2\delta_{из2}}{d_2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,033 \cdot 2,68}{2,68 - 0,033} \left(\frac{50 - 3,23 - 54,7 \cdot 0,07}{33,7} - 0,177 \right) = 0,230;$$

$$e^{0,230} = 1,259 \quad B := 1,259 \quad dn := 159 \quad \delta := \frac{dn(B-1)}{2} \quad \delta = 20,59.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Учебное пособие имеет практическую ценность в подготовке специалистов по теплогазоснабжению, способных профессионально выполнять проектные работы, монтаж, ремонт и обслуживание современного теплоснабжающего оборудования.

Основные системные проблемы функционирования российского теплоснабжения:

- отсутствие надежных данных по фактическому состоянию систем теплоснабжения;
- замедление роста спроса на тепло в последние годы на фоне существенного ускорения экономического роста;
- отсутствие перспективных генеральных планов, муниципальных энергетических планов и обновленных схем теплоснабжения в подавляющем большинстве населенных пунктов;
- существенный избыток мощностей источников теплоснабжения;
- завышенные оценки тепловых нагрузок потребителей;
- избыточная централизация многих систем теплоснабжения;
- высокий уровень потерь в ТС за счет избыточной централизации, обветшания тепловых сетей и роста доли сетей, нуждающихся в срочной замене;
- разрегулированность систем теплоснабжения (высокие потери от «перетоков», достигающие 30 – 50 %);
- нехватка квалифицированных кадров, особенно на объектах теплоснабжения небольших поселений.

В частности, для тепловых сетей:

- заниженный (по сравнению с реальным) уровень потерь в ТС, включаемый в тарифы на тепло, что существенно занижает экономическую эффективность расходов на реконструкцию тепловых сетей;
- высокий уровень фактических потерь в тепловых сетях;
- высокий уровень затрат на эксплуатацию ТС (около 50 % всех затрат в системах теплоснабжения);
- избыточная централизация значительной части систем теплоснабжения, что обуславливает повышенные потери в тепловых сетях;
- высокая степень износа ТС и превышение в ряде населенных пунктов критического уровня частоты отказов;

- неудовлетворительное техническое состояние тепловых сетей, нарушение тепловой изоляции и высокие потери тепловой энергии;
- нарушение гидравлических режимов ТС и сопутствующие ему «недотопы» и «перетопы» отдельных зданий.

Для потребителей услуг теплоснабжения:

- неоднозначность приобретаемого продукта: ресурсы (гигакалории, литры) или услуги по обеспечению комфорта (температура и влажность в помещении);
- существенное завышение расчетного потребления коммунальных ресурсов в жилых домах и бюджетных зданиях по сравнению с фактическим при низкой степени охвата зданий приборным учетом потребления тепловой энергии;
- низкая степень организованности населения как потребителя коммунальных ресурсов;
- невысокая степень охвата домохозяйств квартирным учетом горячей воды и средствами регулирования теплопотребления;
- низкие характеристики теплозащиты жилых зданий и их ухудшение из-за недостаточных ремонтов ограждающих конструкций жилых и общественных зданий;
- ограниченная способность населения оплаты услуг теплоснабжения и связанные с этим энергичное противодействие повышению тарифов на тепло и низкий уровень собираемости платежей.

Решение перечисленных проблем возможно при комплексном и профессиональном подходе к проектированию каждого объекта систем теплоснабжения, использовании современного энергетически эффективного оборудования и теплоизоляционных материалов, грамотной эксплуатации в комплексе с теплогенерирующими установками и системами отопления потребителей.

Современный подход часто выражается в использовании различных расчетных программ и качественных онлайн-ресурсов. Но для грамотного применения настоящих методов необходимо овладеть начальными знаниями в данной области, что даст возможность профессионально выполнять проектные работы, монтаж, ремонт, обслуживание систем теплоснабжения и всегда быть востребованными специалистами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О теплоснабжении [Электронный ресурс]: федер. закон от 27.07.2010 № 190 ФЗ (ред. от 29.07.2018 № 272-ФЗ) // Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. СП 124.13330.2012. Свод правил. Тепловые сети: актуализир. ред. СНиП 41-02-2003 / Минрегион России. – М. : Стандартинформ, 2016. – 72 с.
3. СП 61.13330.2012. Строительные норма и правила. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов : актуализир. ред. СНиП 41-03-2003 (с изм. от 04.06.2017) / Минрегион России. – М. : Стандартинформ, 2017. – 74 с.
4. ГОСТ 21.705-2016. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации тепловых сетей / Росстандарт. – М. : Стандартинформ, 2017. – 26 с.
5. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология : актуализир. ред. СНиП 23-01-99* (с изм. от 25.07.2018) / Минрегион России. – М. : Стандартинформ, 2018. – 144 с.
6. Методические указания по определению расходов топлива, электроэнергии и воды на выработку теплоты отопительными котельными коммунальных теплоэнергетических предприятий: метод. указания, 4-е изд. от 12.07.2002 [Электронный ресурс] // Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. МДК 4-05.2004. Методика определения потребности в топливе, электрической энергии и воде при производстве и передаче тепловой энергии и теплоносителей в системах коммунального теплоснабжения / Госстрой России. – М. : ФГУП ЦПП, 2004. – 80 с.
8. О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию [Электронный ресурс]: постановление Правительства Рос. Федерации от 16.02.2008 № 87 (ред. от 06.07.2019) // Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

9. Проектирование тепловых сетей : справ. проектировщика / под ред. А. А. Николаева. – М. : Стройиздат, 1965. – 360 с.
10. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пособие / под ред. Б. М. Хрусталева. – М. : Изд-во АСВ, 2007. – 784 с. – ISBN 978-5-93093-394-9.
11. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети : учеб. для вузов – 7-е изд. стер. / Е. Я. Соколов. – М. : Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с. – ISBN 5-7046-0703-9.
12. Теплоснабжение : учеб. пособие / В. Е. Козин [и др.]. – М. : Высш. шк., 1980. – 408 с.
13. Всё о теплоснабжении в России [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rosteplo.ru> (дата обращения: 04.01.2020).
14. Теплоснабжение. Диалог специалистов АВОК. [Электронный ресурс]. – URL: <http://forum.abok.ru/index.php?showforum=7/> (дата обращения: 07.09.2019).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ СОСТАВЛЕНИЯ ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

ЗАДАНИЕ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Разработать проект централизованной системы теплоснабжения жилого микрорайона.

Исходные данные для проектирования

1. План микрорайона с указанием места размещения котельной.
2. Плотность населения P , чел./га.
3. Норма общей площади f , м²/чел.
4. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, t_o , °С.
5. Расчетные температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети соответственно τ_1 и τ_2 , °С.
6. Температуру холодной водопроводной воды на входе в водоподогреватель t^c принять равной 5 °С. Температуру горячей воды на выходе из водоподогревателя t^h принять равной 60 °С. Высоту этажа принять равной 3 м.
7. Дополнительные исходные данные для проектирования следует взять из табл. А1 и А2. Вариант плана здания и микрорайона, а также номер котельной на плане принимаются по заданию.

Таблица А1

Исходные данные для проектирования

Вариант	План микрорайона	План здания	Этажность	Год постройки	Котельная	Район строительства (город)	Температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С	Средняя температура отопительного периода, °С	Продолжительность отопительного периода, сут	Норма общей площади f , м ² /чел.	Расчет- ные тем- пера- туры теплоно- сителя, °С	
											τ_1	τ_2
1	1	10	5	До 1995	1	Астрахань	-23	-1,2	167	20	130	70
2	5	1	7	После 2000	1	Архангельск	-32	-4,7	251	19	140	70
3	6	7	9	После 2010	1	Барнаул	-39	-8,3	219	20	130	70
4	1	9	12	После 2015	2	Брянск	-26	-2,3	205	18	150	70
5	7	6	5	До 1995	1	С.- Петербург	-26	-1,8	220	19	140	70
6	5	8	7	После 2000	2	Воронеж	-26	-3,1	196	20	130	70
7	9	2	9	После 2010	2	Волгоград	-22	-3,1	182	18	150	70
8	6	4	12	После 2015	2	Владимир	-28	-3,5	213	18	150	70
9	10	5	5	До 1995	2	Екатеринбург	-31	-6,4	228	19	140	70
10	1	8	7	После 2000	3	Челябинск	-29	-7,1	216	20	130	70
11	7	1	9	После 2010	2	Казань	-32	-5,2	215	19	140	70
12	9	6	12	После 2015	1	Калининград	-18	1,1	193	20	130	70
13	2	4	5	До 1995	2	Владивосток	-24	-3,9	196	19	140	70
14	2	9	7	После 2000	1	Мурманск	-27	-3,2	275	20	130	70
15	8	7	9	После 2010	1	Москва	-25	-3,2	205	18	150	70
16	3	3	12	После 2015	2	Пенза	-27	-5,1	206	19	140	70
17	10	2	5	До 1995	3	Рязань	-27	-4,2	212	20	130	70
18	2	6	7	После 2000	3	Самара	-27	-6,1	206	18	150	70
19	8	3	9	После 2010	2	Тула	-28	-3,8	207	18	150	70
20	3	5	12	После 2015	3	Тюмень	-29	-6,4	211	19	140	70
21	5	10	5	До 1995	1	Иваново	-28	-4,4	217	20	130	70
22	4	7	7	После 2000	2	Курск	-24	-3,0	198	19	140	70
23	4	4	9	После 2010	1	Магнитогорск	-34	-7,9	218	18	150	70
24	5	8	7	После 2000	2	Мурманск	-26	-3,1	196	20	130	70
25	10	5	5	До 1995	2	Волгоград	-31	-6,4	228	19	140	70

Таблица А2

Данные о грунте

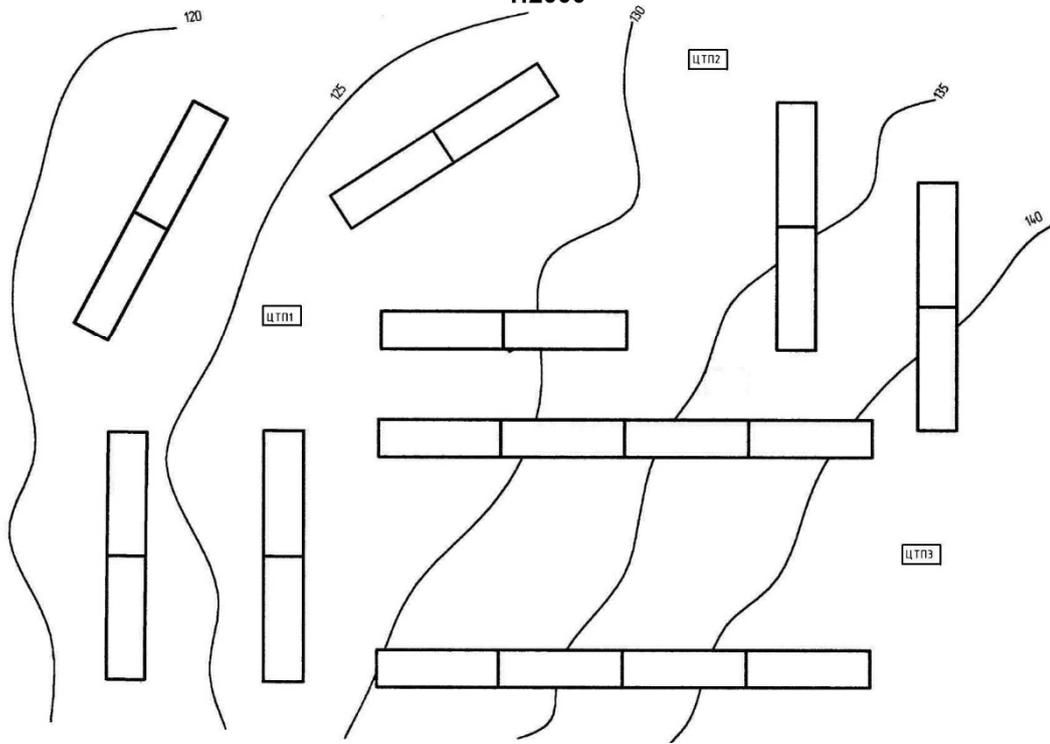
Вариант	Вид грунта	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, кДж/м/ч/°С
1	Глинистый	1700	3,14
2	Суглинки	2100	9,63
3	Пески	1600	6,91
4	Песчаный	1900	6,28
5	Гравийный	2400	8,37
6	Суглинки	2000	6,5
7	Гравийный	2300	9,84
8	Суглинки	1800	6,7
9	Песчаный	2200	7,83
10	Пески	1850	3,98
11	Глинистый	1700	3,14
12	Суглинки	2100	9,63
13	Пески	1600	6,91
14	Песчаный	1800	6,7
15	Гравийный	2200	7,83
16	Суглинки	1850	3,98
17	Гравийный	1700	3,14
18	Суглинки	2100	9,63
19	Песчаный	1600	6,91
20	Пески	1900	6,28
21	Глинистый	2400	8,37
22	Суглинки	1800	6,7
23	Пески	2200	7,83
24	Песчаный	1850	3,98
25	Гравийный	1700	3,14

Примечание. Прокладка тепловой сети бесканальная (трубы и материал теплоизоляции рекомендуется выбрать самостоятельно).

План и рельеф местности микрорайона

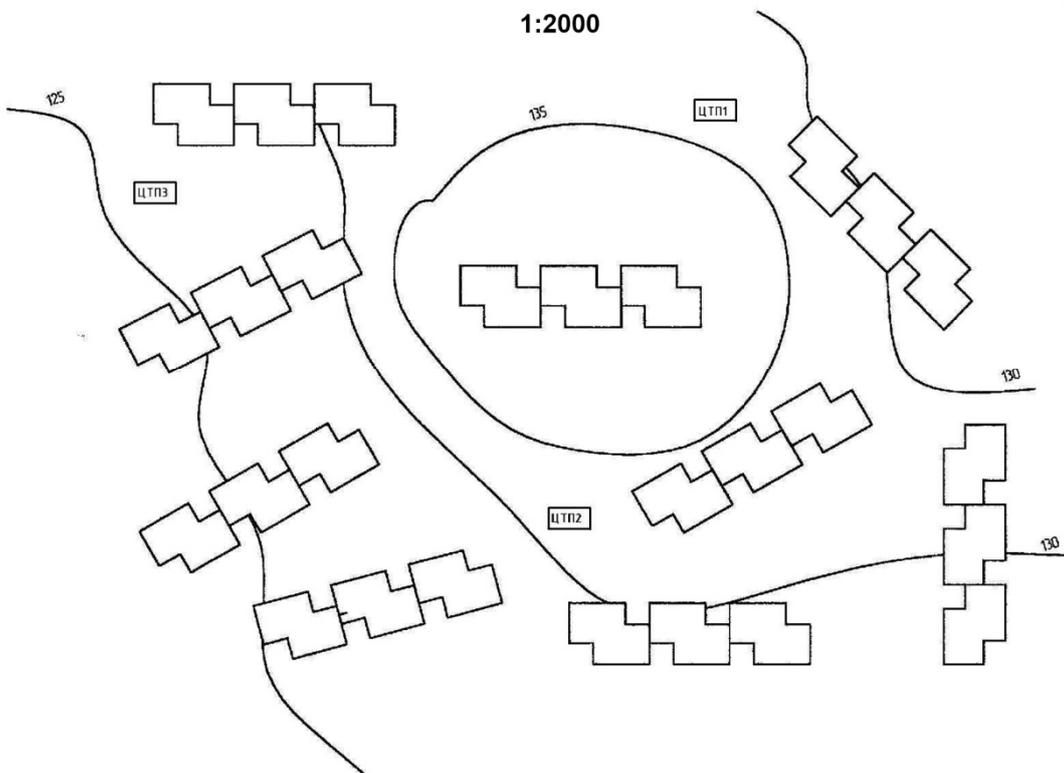
МИКРОРАЙОН № 1

1:2000

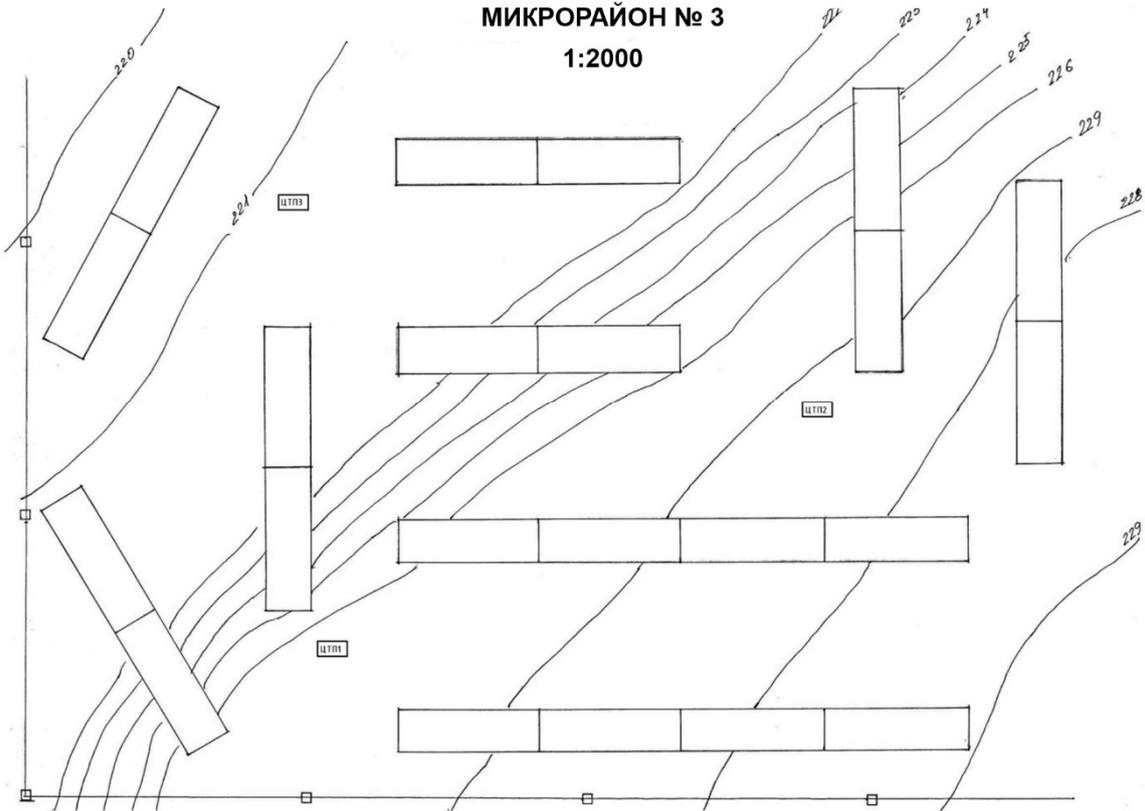


МИКРОРАЙОН № 2

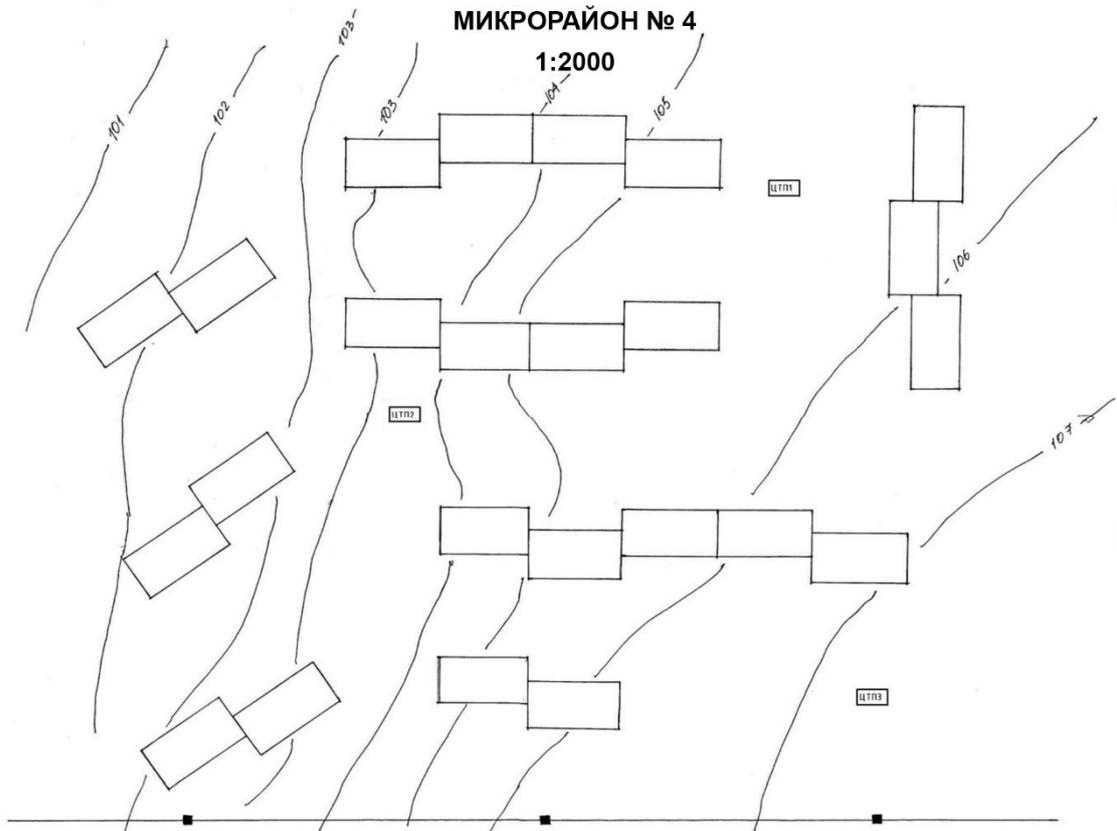
1:2000



МИКРОРАЙОН № 3
1:2000

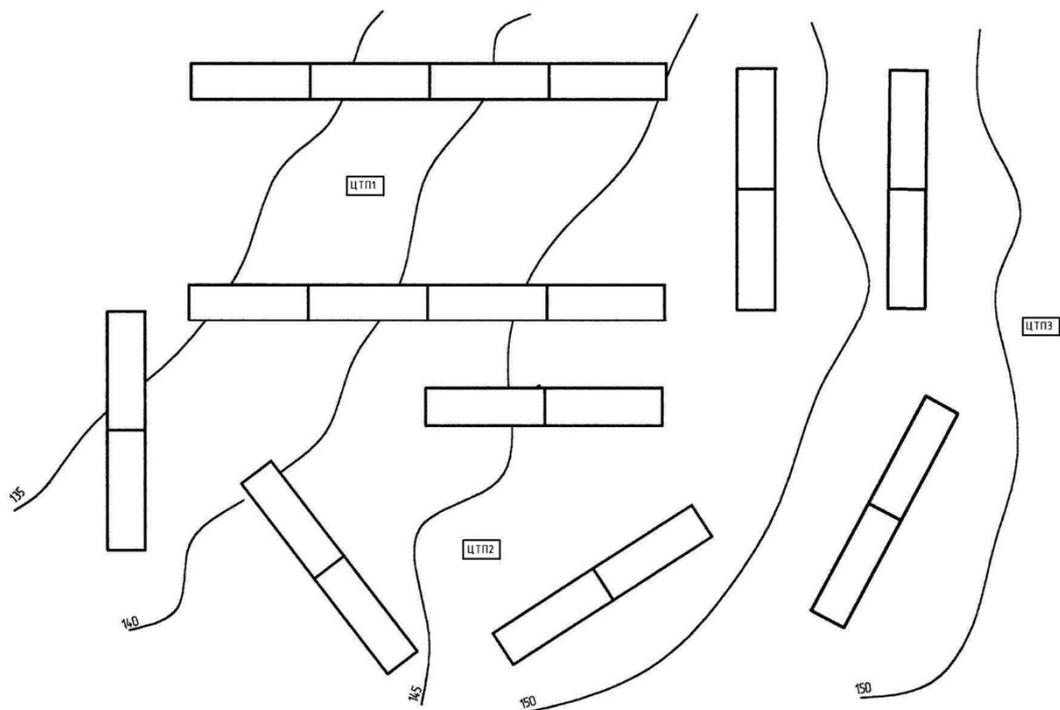


МИКРОРАЙОН № 4
1:2000



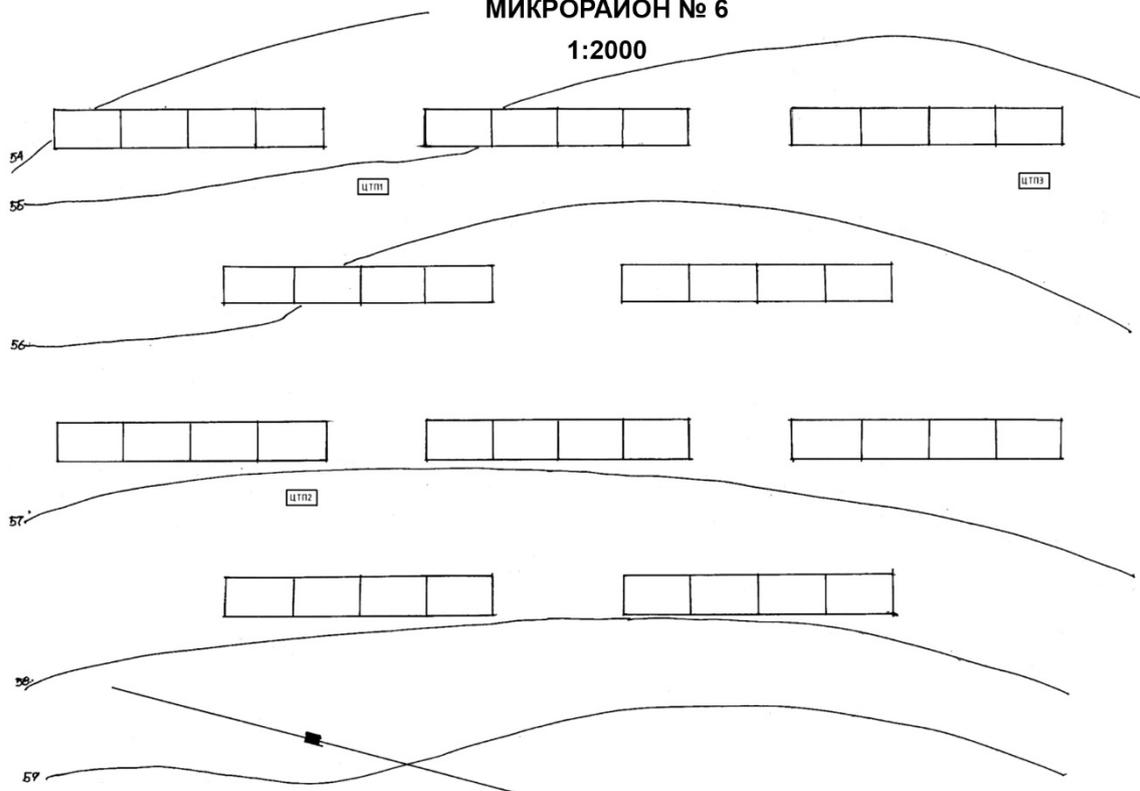
МИКРОРАЙОН № 5

1:2000



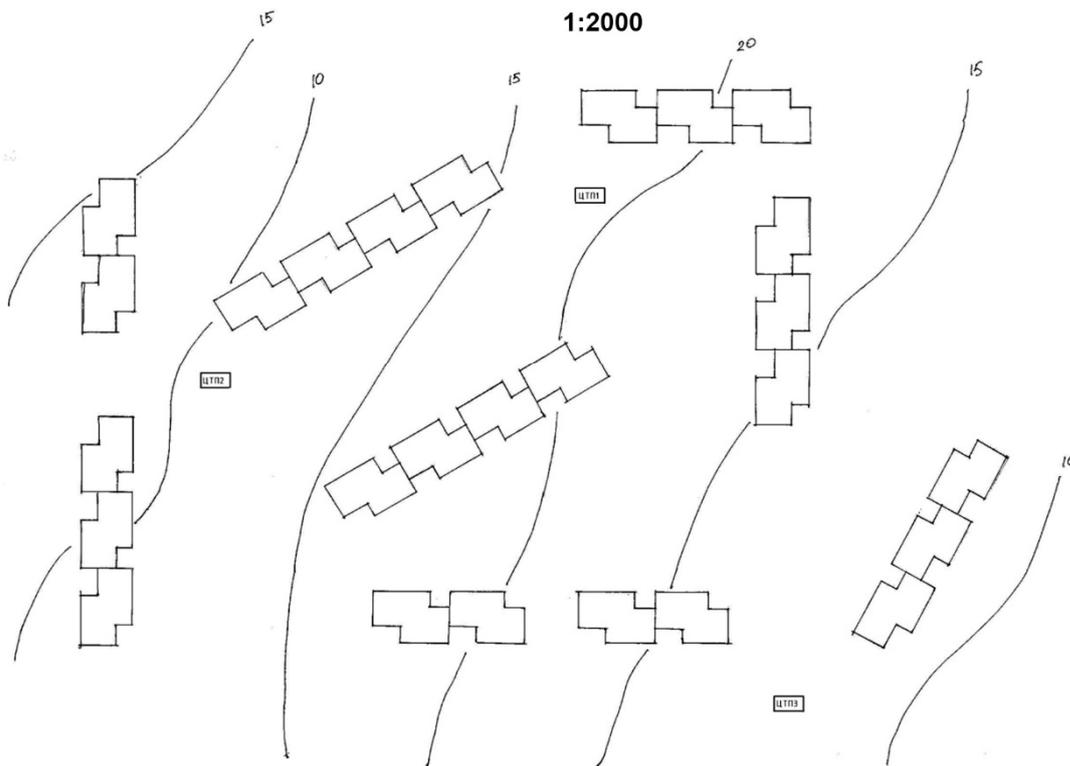
МИКРОРАЙОН № 6

1:2000



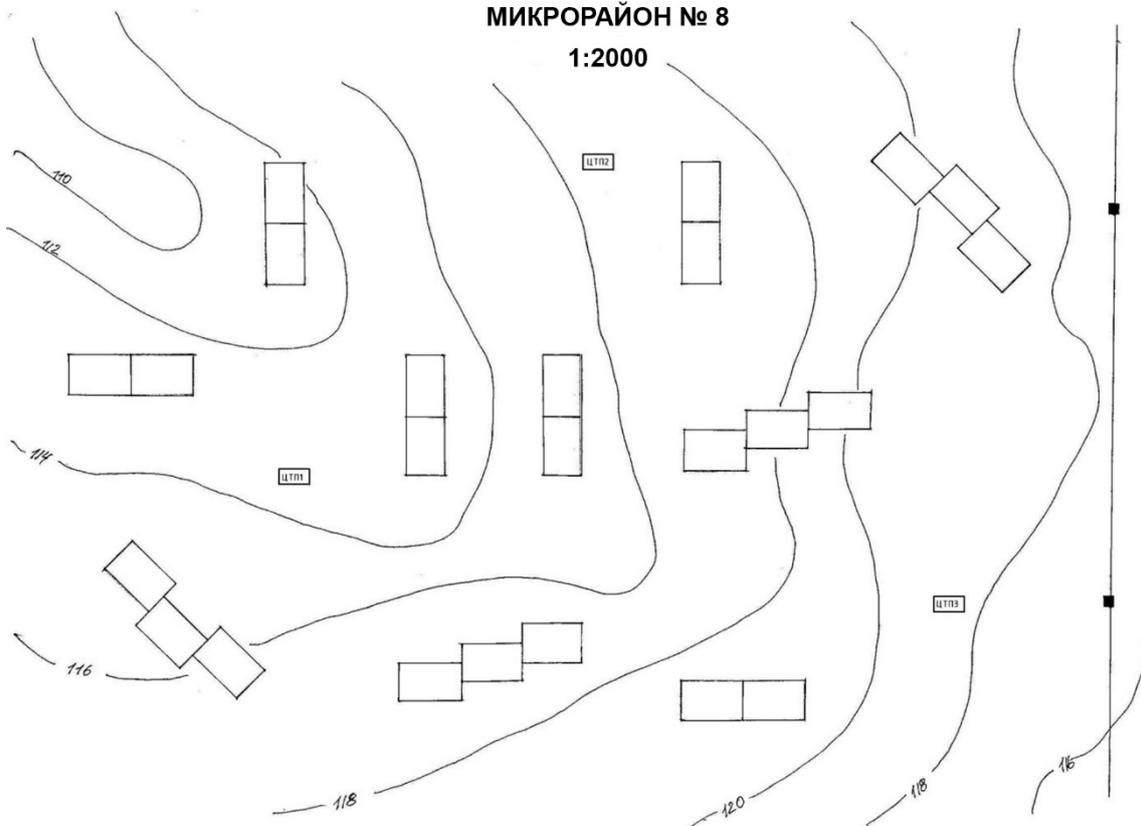
МИКРОРАЙОН № 7

1:2000



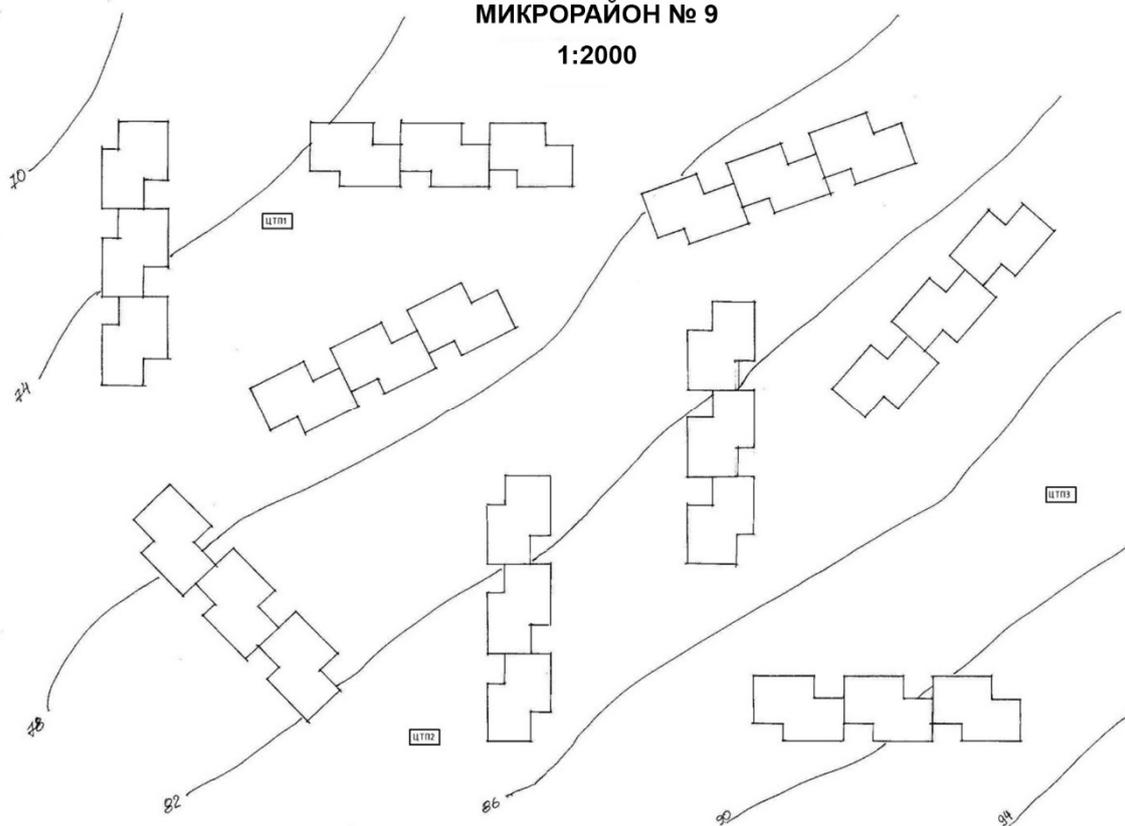
МИКРОРАЙОН № 8

1:2000



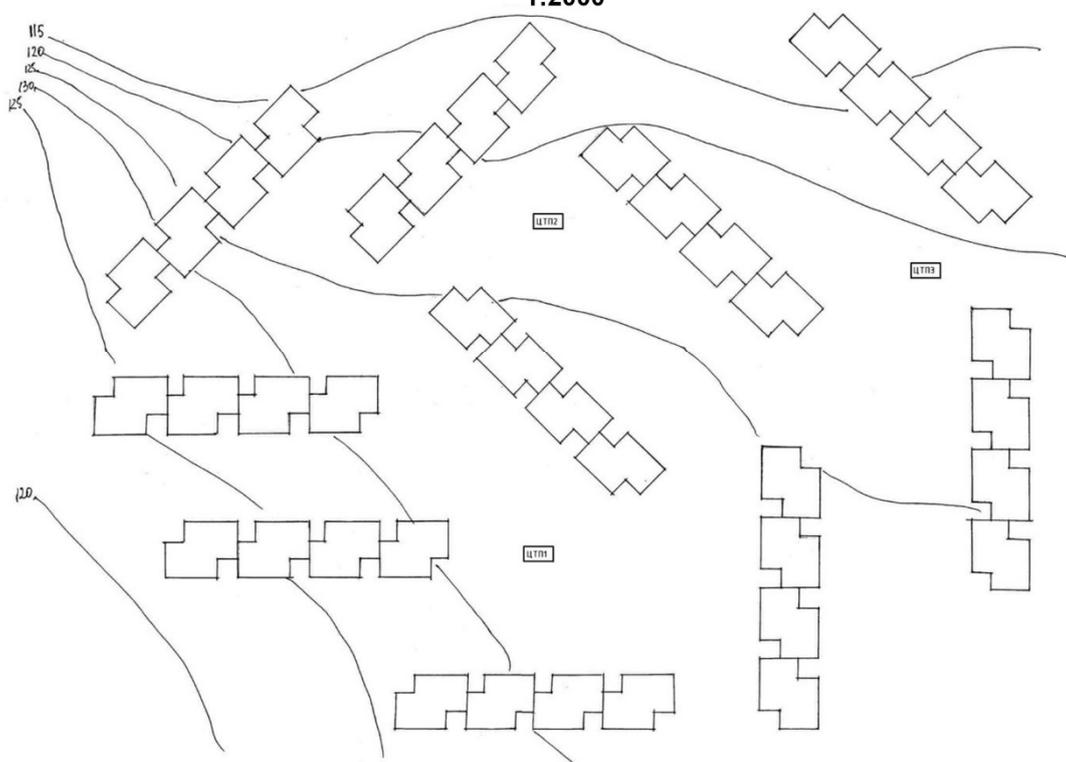
МИКРОРАЙОН № 9

1:2000



МИКРОРАЙОН № 10

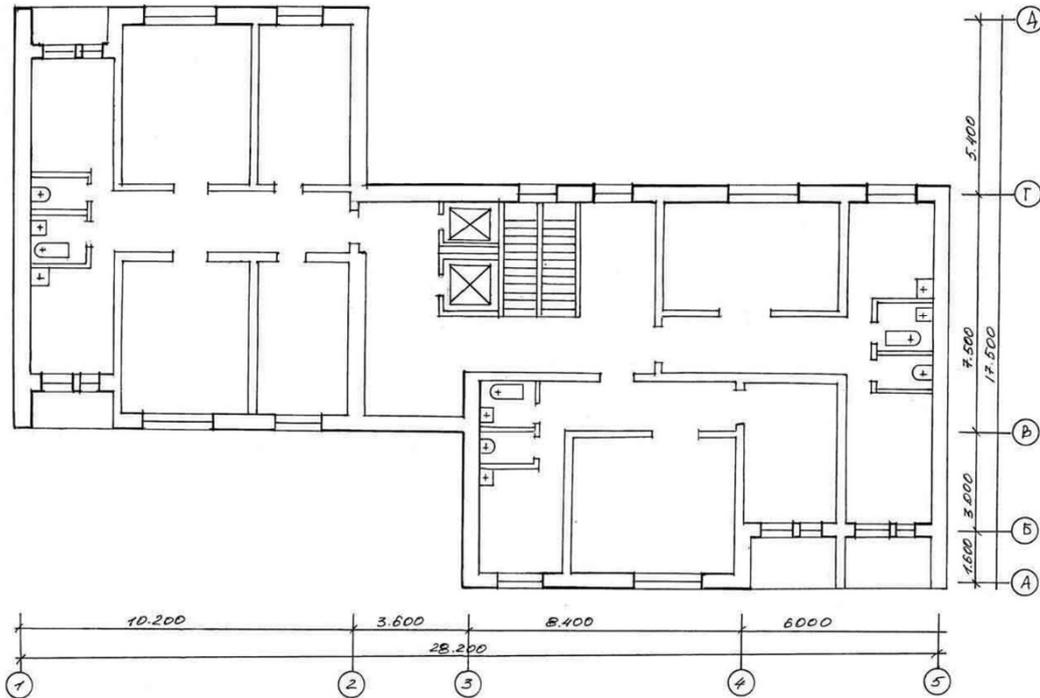
1:2000



Застройка микрорайона (планы зданий)

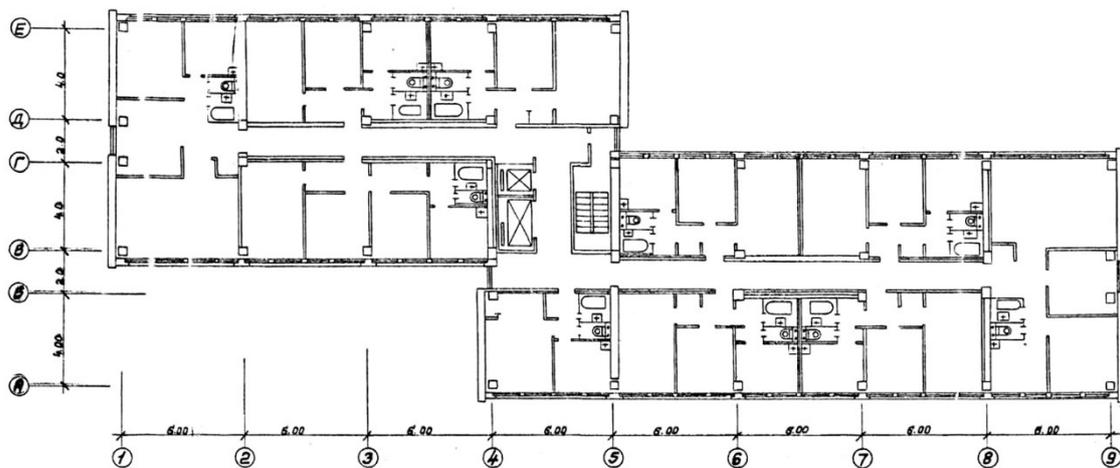
ЗАСТРОЙКА МИКРОРАЙОНА № 1

1:200



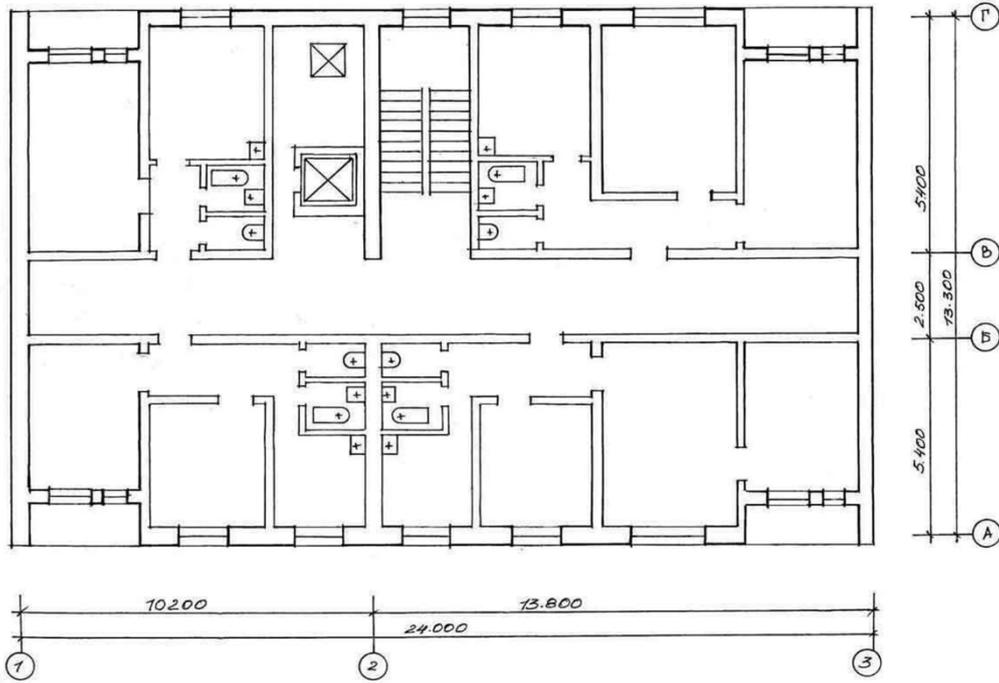
ЗАСТРОЙКА МИКРОРАЙОНА № 2

1:200



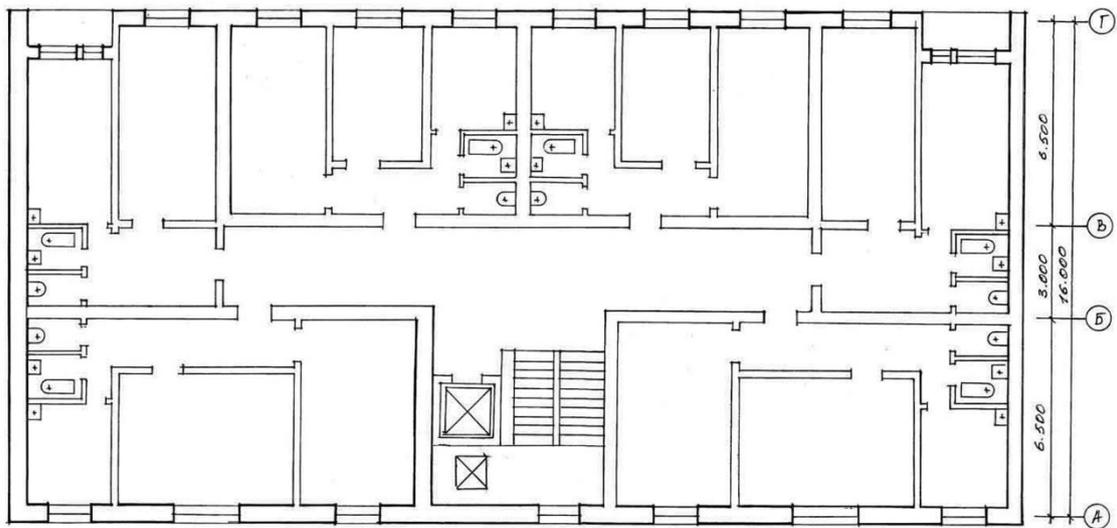
ЗАСТРОЙКА МИКРОРАЙОНА № 3

1:200



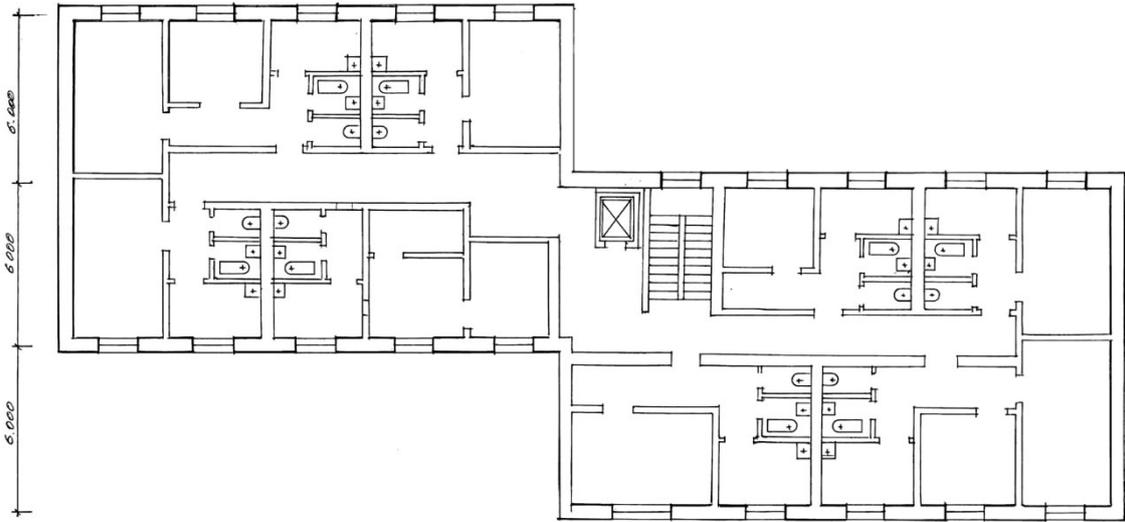
ЗАСТРОЙКА МИКРОРАЙОНА № 4

1:200



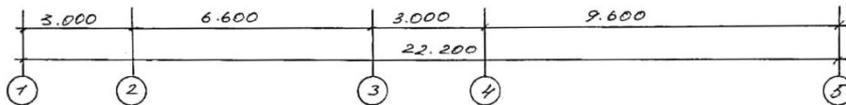
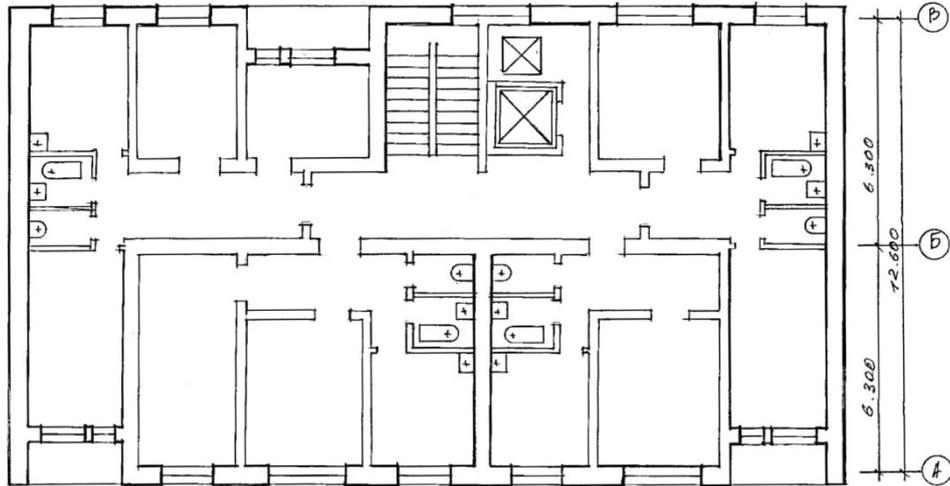
ЗАСТРОЙКА МИКРОРАЙОНА № 5

1:200



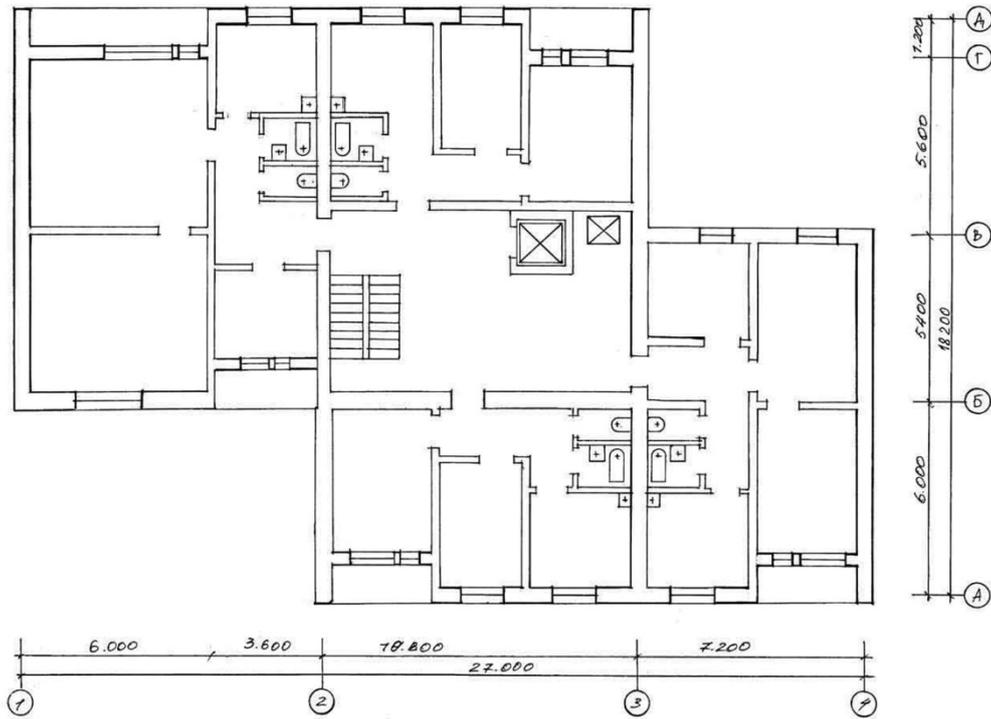
ЗАСТРОЙКА МИКРОРАЙОНА № 6

1:200



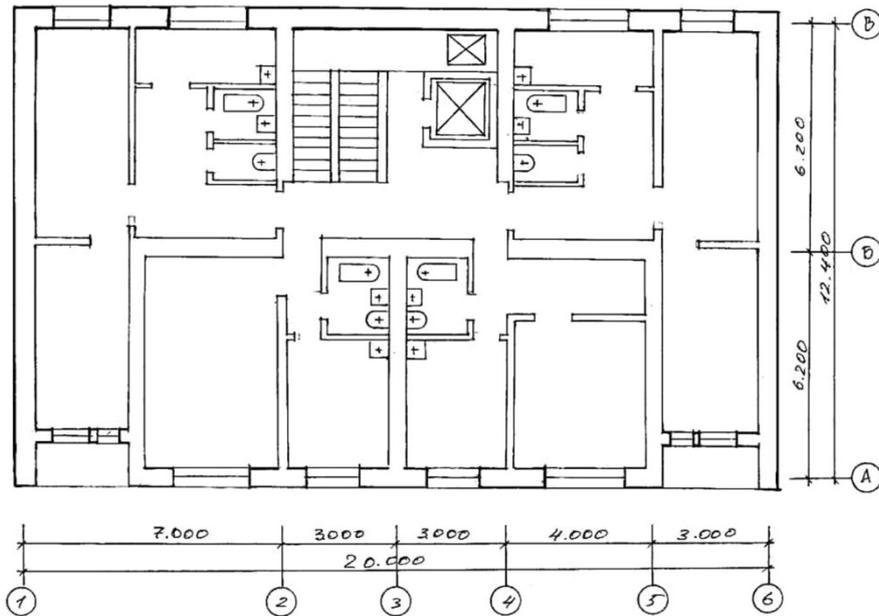
ЗАСТРОЙКА МИКРОРАЙОНА № 7

1:200



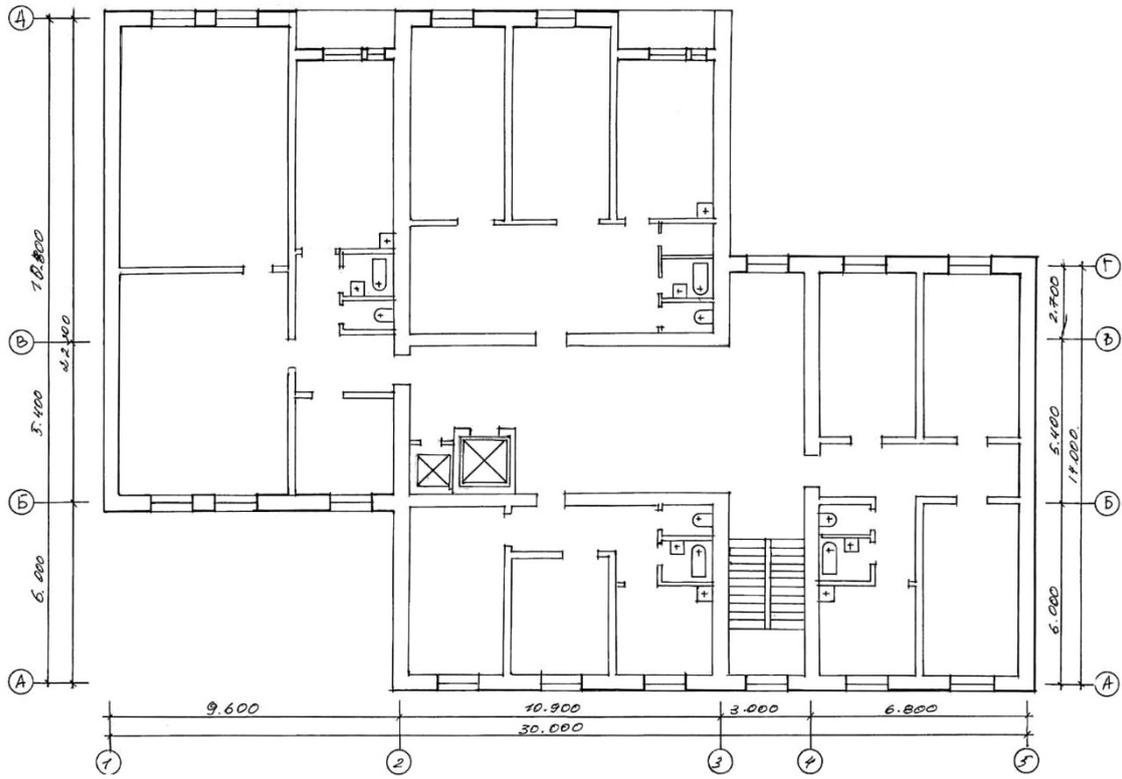
ЗАСТРОЙКА МИКРОРАЙОНА № 8

1:200



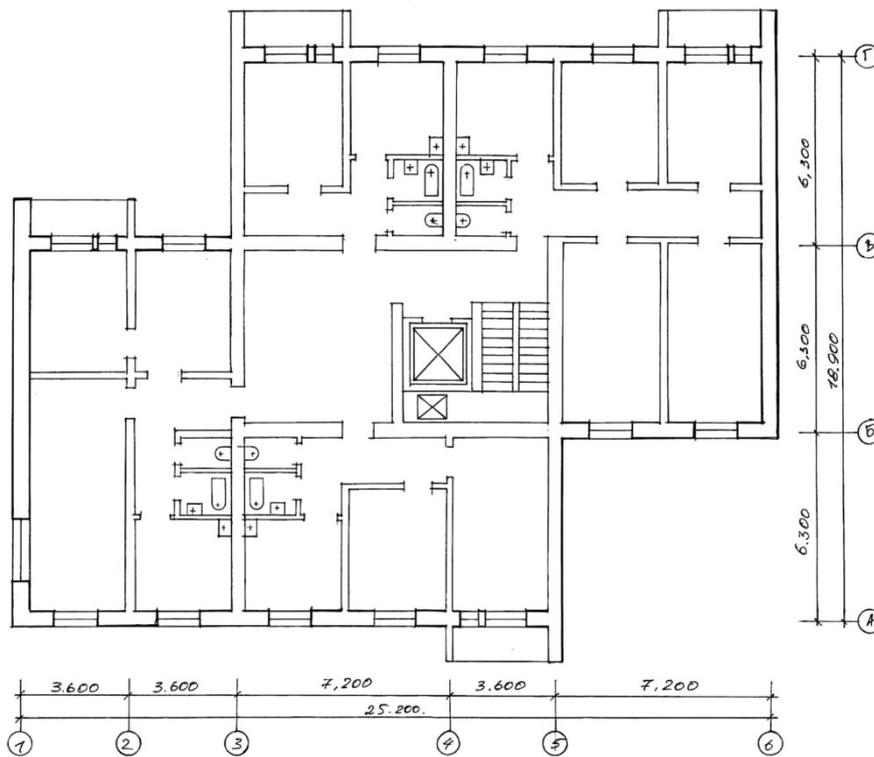
ЗАСТРОЙКА МИКРОРАЙОНА № 9

1:200



ЗАСТРОЙКА МИКРОРАЙОНА № 10

1:200



Приложение Б

**Удельные показатели максимальной тепловой нагрузки
на отопление и вентиляцию жилых домов, Вт/м²
(Из СП 124.13330.2012. Свод правил. Тепловые сети
Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 (прил. В))**

Этажность жилых зданий	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_{нв}$, °С										
	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55
Для зданий, построенных до 1995 г.											
1-3-этажные многоквартирные отдельно стоящие	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, построенных после 2000 г.											
1-3-этажные многоквартирные отдельно стоящие	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

Окончание прил. Б

Этажность жилых зданий	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_{нв}$, °С										
	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	-55
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, построенных после 2010 г.											
1-3-этажные многоквартирные отдельно стоящие	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
11-14-этажные	34	35	36	37	41	45	50	53	56	59	62
Более 15 этажей	31	32	34	35	38	43	47	50	53	56	58
Для зданий, построенных после 2015 г.											
1-3-этажные многоквартирные отдельно стоящие	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

**Удельная отопительная характеристика q_o жилых зданий
по типовым проектам**

Тип здания	Расчетная температура наружного воздуха t_o , °С	Объем здания V_n , м ³	Теплопотери, Вт (ккал/ч)	Удельная отопительная характеристика q_o , Вт/(м ³ ·°С) [ккал/(ч·м ³ ·°С)]
П 43/16	-26	24951	514743 (442600)	0,469 (0,403)
П 42/16	-26	28676	576336 (495560)	0,457 (0,393)
П 30-6/12	-26	22423	333130 (286440)	0,337 (0,290)
П 30-5/12	-26	33616	496752 (427130)	0,336 (0,289)
П 30-4/12	-26	22373	327245 (281380)	0,333 (0,286)
П 30-3/12	-26	33552	490867 (422070)	0,333 (0,286)
П 30-2/12	-26	33603	496752 (427130)	0,336 (0,289)
П 30-1/12	-26	22426	333130 (286440)	0,337 (0,290)
И-700Л	-25	49665	915886 (787520)	0,429 (0,369)
П 46-2/12в	-26	18373	150609 (129500)	0,186 (0,160)
П 55-4/12	-25	8422	190732 (164000)	0,527 (0,453)
П 55-2/12	-25	12279	264001 (227000)	0,500 (0,430)
П 44-1/16	-25	14600	232716 (200100)	0,371 (0,319)
П 44-4/6	-26	15820	300054 (258000)	0,441 (0,379)
1605АМ-04/120	-25	36149	627429 (539500)	0,404 (0,347)
П 3/16	-26	33710	483529 (415760)	0,326 (0,280)
П 31/12	-26	45430	707441 (608290)	0,354 (0,304)
П 47/12	-26	36547	560566 (482000)	0,349 (0,300)
П-68-01/160-2/78	-25	22828	393094 (338000)	0,400 (0,344)

Для здания, построенного по типовому проекту, при отсутствии конкретного проекта для оценки максимального теплового потока на отопление может быть произведена корректировка по типовому проекту по формуле, МВт (Гкал/ч),

$$Q_{o \max} = Q_{o \max}^r (t_i - t_o) / (t_i^r - t_o^r),$$

где значения $Q_{o \max}^r$, t_i^r , t_o^r соответствуют данным типового проекта.

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

(Из СП 124.13330.2012. Свод правил. Тепловые сети
Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 (прил. Г))

Потребители	Измеритель	Норма расхода горячей воды α , л/сут	Норма общей/полезной площади на один измеритель S_B , м ² /чел.	Удельная величина тепловой энергии Q_{hw} , Вт/м ²
1. Жилые дома независимо от этажности, оборудованные умывальниками, мойками и ваннами, с квартирными регуляторами давления То же, с заселенностью 20 м ² /чел	Один житель	105	25	12,2
	Один житель	105	20	15,3
2. То же, с умывальниками, мойками и душевыми	Один житель	85	18	13,8
3. Гостиницы и пансионаты с душами во всех отдельных номерах	Один проживающий	70	12	17,0
4. Больницы с санитарными узлами, приближенными к палатам	Один больной	90	15	17,5
5. Поликлиники и амбулатории	Один больной в смену	5,2	13	1,5
6. Детские ясли и сады с дневным пребыванием детей и столовыми на полуфабрикатах	Один ребенок	11,5	10	3,1
7. Административные здания	Один работающий	5	10	1,3
8. Общеобразовательные школы с душевыми при гимнастических залах и столовыми на полуфабрикатах	Один учащийся	3	10	0,8

Потребители	Измеритель	Норма расхода горячей воды α , л/сут	Норма общей/полезной площади на один измеритель S_B , м ² /чел.	Удельная величина тепловой энергии Q_{hw} , Вт/м ²
9. Физкультурно-оздоровительные комплексы	Один человек	30	5	17,5
10. Предприятия общественного питания для приготовления пищи, реализуемой в обеденном зале	Один посетитель	12	10	3,2
11. Магазины продовольственные	Один работающий	12	30	1,1
12. Магазины промтоварные	То же	8	30	0,7

Примечания: 1. Нормы расхода воды установлены для основных потребителей и включают все дополнительные расходы (обслуживающим персоналом, душевыми для обслуживающего 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.

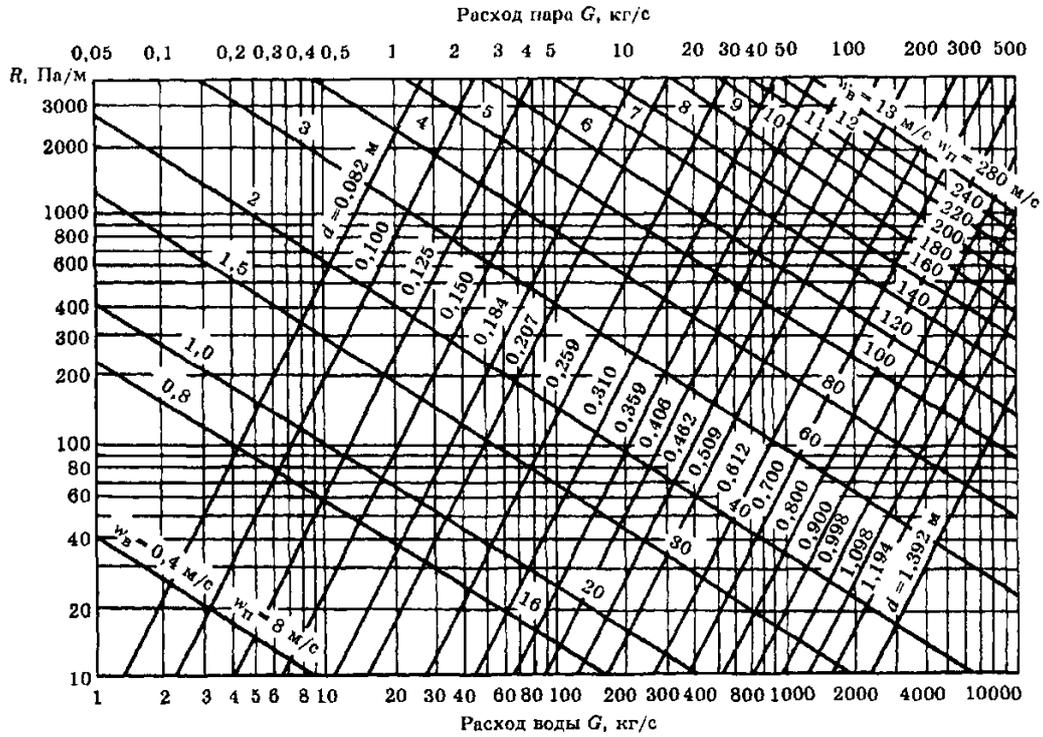
Продолжительность стояния температур наружного воздуха

Город	Интервал изменения t_n , °С									
	От +8,0 до +5,1	От +5,0 до +0,1	От 0,0 до -4,9	От -5,0 до -9,9	От -10,0 до -14,9	От -15,0 до -19,9	От -20,0 до -24,9	От -25,0 до -29,9	От -30,0 до -34,9	-35 и ниже
Архангельск	653	1423	1276	1102	701	358	128	131	53	27
Астрахань	508	1116	1229	644	317	184	93	40	3	–
Барнаул	623	752	833	853	798	572	390	239	115	50
Белгород	718	1302	1222	782	425	147	47	10	1	–
Брянск	628	1370	1241	859	519	266	72	15	2	–
Владивосток	964	863	817	850	322	187	87	2	–	–
Владимир	604	1217	1240	984	619	244	144	43	12	–
Волгоград	449	1048	1118	738	522	216	116	12	1	–
Вологда	635	1325	1255	1001	665	372	175	77	32	2
Воронеж	523	1168	1220	850	509	310	103	27	5	–
Екатеринбург	592	965	1010	1044	895	581	293	139	41	7
Иваново	748	1272	1177	755	644	268	168	58	30	6
Иркутск	796	991	724	704	857	502	402	283	114	57
Казань	747	914	1088	954	737	322	222	86	20	1
Калининград	813	1582	1248	636	274	19	19	3	–	–
Кемерово	579	877	842	814	782	677	451	322	146	80
Киров	578	1068	1156	1054	809	509	260	110	51	7
Кострома	608	1198	1284	977	665	370	163	58	22	5
Краснодар	779	1502	858	320	137	28	14	1	–	–
Красноярск	612	1042	932	905	771	484	364	263	129	84
Курск	444	941	1344	1140	667	341	110	29	7	–
Липецк	528	1176	1177	826	562	287	137	34	9	–
Москва	800	1333	1284	821	470	221	121	31	12	3
Мурманск	913	1721	1678	1246	701	338	110	38	7	–
Нижний Новгород	606	1070	1238	1008	682	401	154	58	20	2

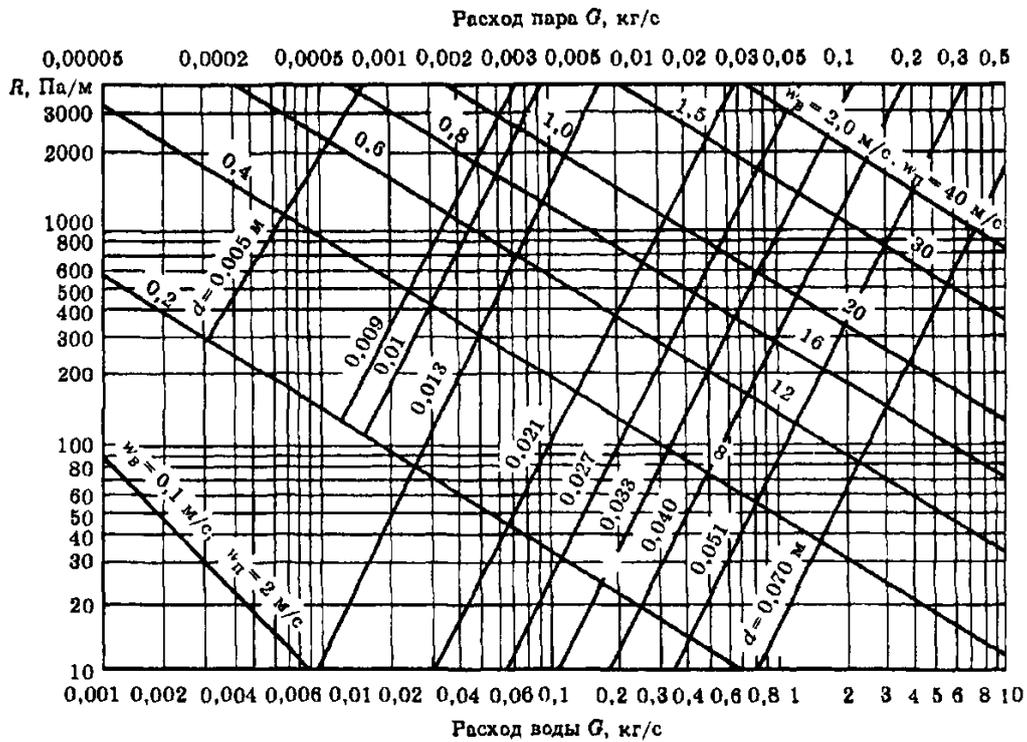
Окончание прил. Д

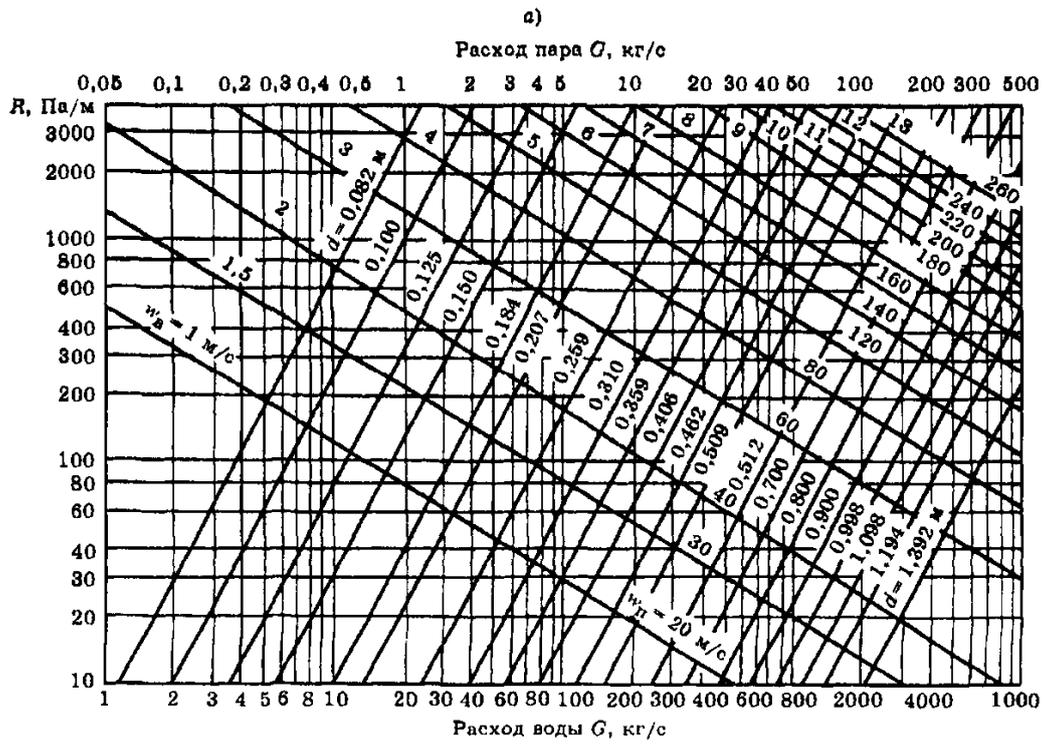
Город	Интервал изменения $t_{н}$, °С									
	От +8,0 до +5,1	От +5,0 до +0,1	От 0,0 до -4,9	От -5,0 до -9,9	От -10,0 до -14,9	От -15,0 до -19,9	От -20,0 до -24,9	От -25,0 до -29,9	От -30,0 до -34,9	-35 и ниже
Новгород Великий	655	1589	1368	871	478	250	91	29	5	–
Новороссийск	985	1075	497	158	41	7	–	–	–	–
Новосибирск	544	857	782	802	809	691	485	286	122	74
Омск	474	814	763	826	821	710	468	290	130	63
Оренбург	521	749	949	818	741	479	329	130	30	5
Пенза	526	926	1193	986	732	422	166	48	12	2
Пермь	568	10П	956	981	813	423	293	141	68	18
Петрозаводск	680	1562	1382	1006	588	310	132	36	5	–
Петропав- ловск-Камчат- ский	1018	1560	1860	1308	737	192	38	–	–	–
Ростов-на-Дону	702	1200	1169	637	314	196	36	5	–	–
Самара	504	794	1058	962	804	485	242	70	14	5
Санкт- Петербург	672	1596	1378	871	463	214	67	17	2	–
Саратов	488	982	1066	883	655	432	194	36	2	–
Смоленск	703	1322	1315	852	494	181	81	20	8	–
Тамбов	536	1109	1222	948	588	341	127	43	5	–
Тверь	618	1402	1277	900	552	276	127	46	14	–

Номограммы для определения диаметра стальных трубопроводов

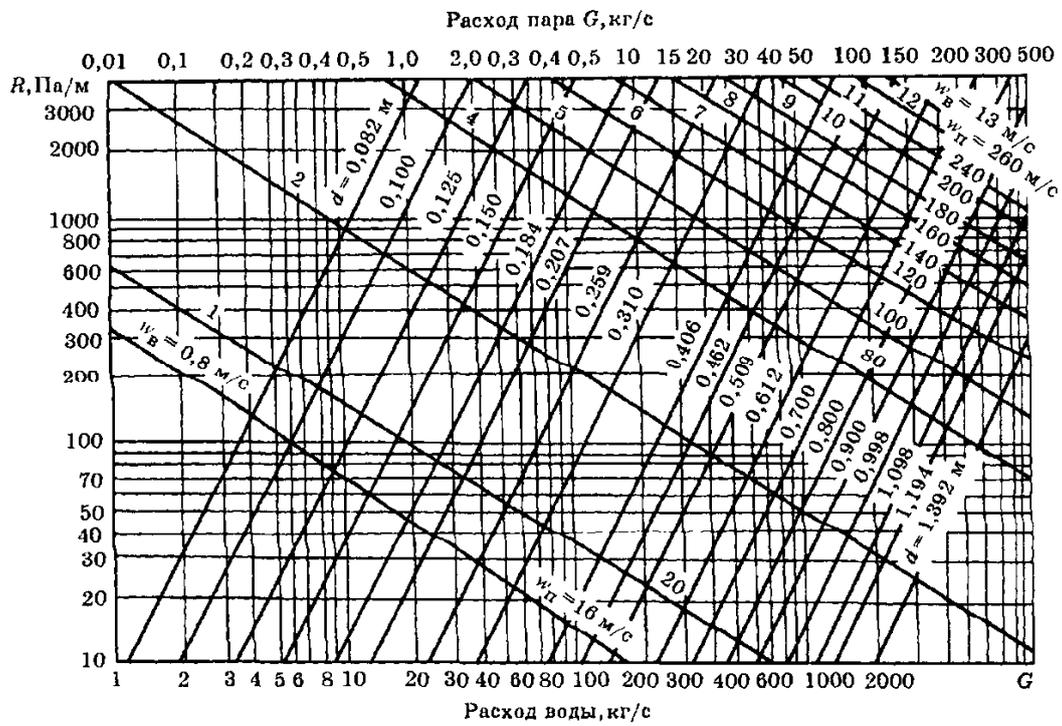


$k_3 = 0,0002$ м; $\rho_в = 975$ кг/м³; $\rho_п = 2,45$ кг/м³; $d = 0,07—1,392$ м; при другой плотности пара $R_2 = (2,45 / \rho_2) R_1$





$a-d = 0,005-0,07$ м, $b-d = 0,07-1,392$ м, $k_3 = 0,0005$ м, $\rho_B = 975$ кг/м³, $\rho_n = 2,45$ кг/м³, при другой плотности пара $R_2 = (2,45 / \rho_2) R_1$



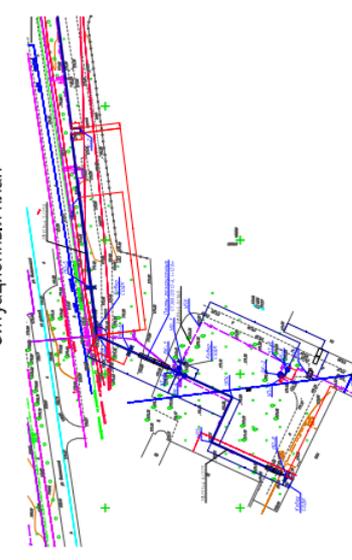
$k_3 = 0,001$ м, $\rho_B = 975$ кг/м³, $\rho_n = 2,45$ кг/м³, при другой плотности пара $R_2 = (2,45 / \rho_2) R_1$

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ Рабочие чертежи проекта системы теплоснабжения

Ведомость чертежей основного комплекта

Лист	Наименование	Примечания
1	Общие данные (начало)	
2	Общие данные (окончание)	
3	Генплан М 1:500	
4	Продольный профиль теплосети	
5	Схема трубопроводов. Схема прохода трубопроводов через стену. Узел соединения канальной и бесканальной прокладки	
6	Узлы трубопроводов УТ-1, УТ-2, УТ-3. Сечение 1-1	
7	Арматурная сетка С-1. Арматурная сетка С-1	
8	Схема трубопроводов от УТ-3 до ОК	
9	План охладительного колодца	
10	Схема раскладки компенсирующих подушек на углах поворота	
11	Указания по монтажу системы ОДК. Общие указания по системе ОДК. Обеспечение безопасности. Защита от поражения электрическим током от системы ОДК	
12	Принципиальная электрическая схема системы ОДК теплосети. Оснащение контрольных точек элементами системы	
13	Схема подключения кабельных выводов	

Ситуационный план



Ведомость сылочных и прилагаемых документов

Обозначение	Наименование	Примечания
Ссылочные документы		
НПО "Стойполимер" г. Москва 2007 г.	Руководство НПО "Стойполимер" по проектированию и строительству.	
"Термолайн" г. Москва 2007 г. Издание второе	Руководство по применению: "Система оперативного дистанционного контроля "ТЕРМОЛАЙН"	
Прилагаемые документы		
909-2007-ТС.СО	Спецификация оборудования, изделий и материалов	На 2 листах

Расчетные тепловые потоки

Наименование потребителя	Расчетный тепловой поток, МВт (Гкал/ч)		Всего
	Отопление	Горячее водоснабжение	
Учебный корпус	0,687 (0,591)	0,166 (0,143)	0,241 (0,207)
			1,094 (0,941)

Технические решения, принятые в рабочих чертежах, соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и иных нормативов на территории Российской Федерации и обеспечивают безопасность для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных рабочими чертежами мероприятий.

Главный инженер проекта
Ким Б.Г.

Изм.	Колуч.	Лист	Искл.	Подпись	Дата
г. Владимир, ул. Белоконой, д. 3					
Генпр.	Руковод.	Технадзор	Сторона	Лист	Листов
			Надстройка вышесреднего этажа к учебно-лабораторному корпусу № 2	РП	1
Выполнил	Мельникова В.И.	Проверил	РП		13
	Ряжова А.А.		Общие данные (начало)		
					ВЛГУ

Общие указания

Проект реконструкции магистральных тепловых сетей учебного корпуса № 2 Владимирского Государственного университета выполнен в соответствии со СНиП 41-02-2003, 3.05.03-85 "Тепловые сети", СП 41-105-2002. Проектирование и строительство тепловых сетей безанальной прокладки из стальных труб с индустриальной тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке". Источником тепла является владимирская ТЭЦ. Теплоноситель в источнике - горячая вода с параметрами 130 - 70С согласно температурному графику.

Тепловые сети выполняются двухтрубными, проектом предусмотрена замена тепловых сетей канальной прокладки на бесканальную с заменой существующих трубопроводов Ду 108 на Ду 159 в пеннополиуретановой изоляции в обоченке из стойкого полиметилена с внешней стороны трубы ГОСТ 20295-86 (сталь 17ГС ГОСТ 19281-73). Стальные отводы, тройники, переходы и др. по ГОСТ 17376-83, 17376-83, 17376-83.

Комплексация тепловых удлинений осуществляется естественными поворотами трассы. Для компенсации тепловых расширений используются амортизирующие подушки из вспененного полиметилена.

Трубопроводы тепловых сетей укладываются в траншею на песчаное основание с последующей засыпкой. Глубина укладки предизолированных труб от поверхности земли до верха гидрозащитной оболочки по трассе принимается от Н±1,10 м до Н±1,38 м.

Существующие ответвления присоединяются к проектируемой теплотрассе в тех же местах с установкой отключающей арматуры.

Категория трубопроводов по правилам Госгортехнадзора - IV.

Величина пробного давления для гидротестирования трубопроводов тепловой сети должна быть равна 1,25 Раб, но не менее 1,8 МПа для подающих и обратных трубопроводов.

Протяженность участка тепловой сети - 79,5 м.

Транспортировка

Доставка на строительную площадку теплоизолированных труб должна производиться автотранспортом с удлиненным прицепом.

Транспортировку теплоизолированных труб и деталей следует выполнять при температуре не ниже -25 °С.

Разгрузка

Разгрузку теплоизолированных труб и деталей следует производить с использованием траверс и мягких полотенец, располагаемых на трубах на 1/3 от их концов.

Погрузочно-разгрузочные работы с теплоизолированными трубами и деталями следует производить при температуре не ниже - 25 °С.

При выполнении погрузочно-разгрузочных работ запрещается сбрасывать изолированные трубы с транспортных средств.

Складирование

Складирование и хранение теплоизолированных труб на приобъектных складах и строительных площадках должно выполняться в штабелях на подготовленной и выровненной площадке. Нижний ряд труб должен располагаться на песчаных подушках высотой не менее 300 мм, шириной 0,7-0,9 м, с шагом не более 5,0 м. Высота штабеля теплоизолированных труб должна быть не более 2 м. Должны быть предусмотрены меры против раскатывания труб.

Различные виды теплоизолированных фасонных изделий должны храниться отдельно.

Теплоизолированные трубы, фасонные изделия и детали при хранении более двух недель должны быть защищены от воздействия прямых солнечных лучей (располагаться в тени, под навесом или прикрыты рулонным материалом).

Получиллинды из ППУ, термоусаживающиеся муфты и манжеты, компоненты "А" и "Б" ППУ должны храниться в закрытых помещениях или под навесом в заводской упаковке при положительной температуре.

Монтаж и испытания трубопроводов

Строительство тепловых сетей следует выполнять в соответствии с проектами организации и производства работ, техническими картами прокладки трубопроводов, а также с учетом общих требований СНиП 3.05.03-85 "Тепловые сети", СНиП 2.04.07-86 "Тепловые сети", "Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды", утвержденных коллегией Госгортехнадзора России, СНиП III-42-80* "Магистральные трубопроводы", СНиП 3.05.05-84 "Технологическое оборудование и технологические трубопроводы", а также в соответствии с требованиями техники безопасности и противопожарной безопасности.

Последовательность операций при строительстве теплотрассы включает в себя следующие типовые операции:

- разметка трассы в плане в соответствии с чертежом геоодосновы и монтажной схемой, предъявление разметки приемной комиссии;
- подготовка траншеи по ширине и глубине с учетом песчаной подсыпки, при необходимости укрепление стенок траншей, проверка глубины траншей по геодезическим отметкам, составление акта;

- раскладка труб, фасонных изделий и других комплектующих элементов;
- проверка целостности проводов системы контроля в трубопроводах и других элементах теплотрассы ("прозвон" проводов);
- установка неподвижных опор;
- сборка труб и сварка стыков труб;
- тепло - гидроизоляция стыков труб;
- оформление акта на скрытые работы;
- установка компенсирующим подушек, обсыпка трубопроводов слоем песка, обратная засыпка траншей, трамбовка грунта.

Организационно-техническая подготовка к строительству тепловых сетей должна осуществляться в соответствии с требованиями СНиП 3.01.01-85 и предусматриваться в ПОС.

Для слива теплоносителя из сети на время ремонта предусмотрен вентильный колодец с шаровым краном. Теплоноситель сливается в охлаждающий колодец для производственной канализации.

После монтажа и испытания подземных трубопроводов составить акты на скрытые работы:

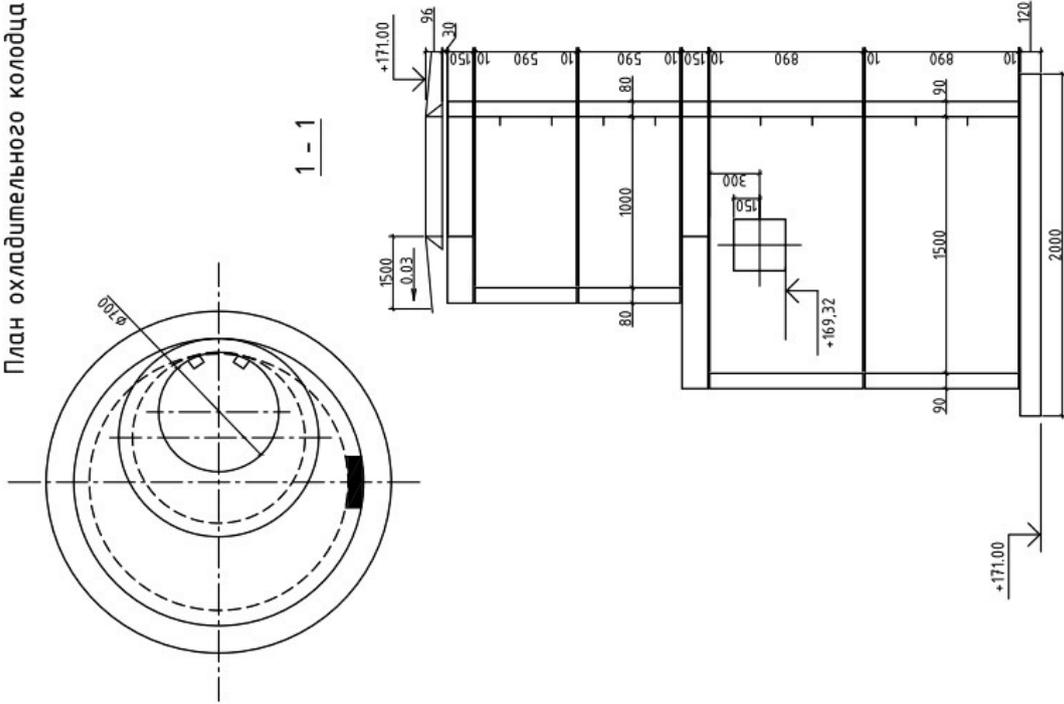
- Акт на разработку траншей под теплотрассу
- Акт на устройство песчаного основания
- Акт на гидравлическое испытание трубопроводов
- Акт на обратную засыпку
- Акт на теплоизоляцию стыков
- Акт ввода теплотрассы в эксплуатацию

В проекте приняты условные обозначения в соответствии с ГОСТ 21.605-82, ГОСТ 21.205-83, ГОСТ 21.208-83.

270.800-ТС					
Изм.	Кол.уч.	Лист	Ирек	Подпись	Дата
Исполн.	Проверка	Утверждение	Дата		
Выполнил	Проверил	Утвердил	Дата		
г. Владимир, ул. Белоюнкской, д. 3			Страница	Лист	Листов
Надстройка мансардного этажа к учебно-лабораторному корпусу № 2			РП	2	13
Общие данные (окончание)					
ВЛУ					

Имя, Подп. _____
Дата _____

План охлаждающего колодца



Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Масса ед., кг	Примечание
	Серия 3.900-3 Вып. 7	Плиты днища	1	940	
	КЦД 15	КЦД 15			
	3.900-3 Вып. 7	Кольца стеновые	2	1000	
	КЦ-15-Ф	КЦ-15-Ф			
	3.900-3 Вып. 7	Плиты перекрытия			
	КЦП 1-15-2	КЦП 1-15-2	1	680	
	3.900-3 Вып. 7	КЦП 1-10-2	1	250	
		Кольца стеновые горловины			
	КЦ 10-6	КЦ 10-6	2	400	
		Люки чугунные			
	ГОСТ 3634-89	Люк с крышной типа ЛТ	1	65	

Охлаждающий колодец запроектирован из типовых железобетонных конструкций по Серии 3.900-3 и согласно номенклатуре ТСО "Владимирстрой".
 При монтаже сборные элементы колодца устанавливаются на цементном растворе марки М100.

Ходовые скобы покрыть антикоррозионным составом и установить и замонолитить в отверстиях, имеющих в стеновых кольцах.

270.800-ТС			
г. Владимир, ул. Белокопской, д. 3			
Имя, Кол.уч.	Лист	Изм.	Подпись
Ручевель	Технико В.А.		
Гл. спец.	Мельникова В.И.		
Выполнил	Рябов А.А.		
Надстройка мансардного этажа к учебно-лабораторному корпусу N2		Стадия	Лист
План охлаждающего колодца		РП	9
		Листов	13
		ВЛГУ	

Имя, Инициал.	Подпись и дата
Взам.инв.№	

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа, опросного листа	Код обработки, изделия, материала	Завод-изготовитель	Единица измерения	Количество	Масса единицы кг	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Труба теплоизолированная в полиэтиленовой оболочке Ø159x5/250 L=6 м	С159x5-1-ППУ-ПЭ(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	24		
2	Отвод в полиэтиленовой оболочке Ø159x5/250 L=800	С159x5-90-1-ППУ-ПЭ-800(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	4		
3	Напорная опора в полиэтиленовой оболочке Ø159x5/250 L=3000	С159-40x30-1-ППУ-ПЭ-3000(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	2		
4	Тройниковое ответвление в полиэтиленовой оболочке L=1500	С159-108-1-ППУ-ПЭ-1(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	1		
5	Тройниковое ответвление в полиэтиленовой оболочке L=1000	С159-108-1-ППУ-ПЭ-2(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	1		
6	Кран шаровой в полиэтиленовой оболочке Ø159	С159-45-1-ППУ-ПЭ-1(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	1		
7	Кран шаровой в полиэтиленовой оболочке Ø108	С159-Н-1-ППУ-ПЭ-2000(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	2		
8	Кран шаровой в полиэтиленовой оболочке Ø45	С108-Н-2-ППУ-ПЭ-1500(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	2		
9	Элемент трубопровода с кабелем вывода в полиэтиленовой оболочке Ø159x5/250 L=3 м	С145-Н-2-ППУ-ПЭ-1500(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	2		
10	Концевой элемент трубопровода с кабелем вывода в полиэтиленовой оболочке Ø159x5/250 L=2,5 м	С159-1-ППУ-ПЭ(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	2		
11	Z-образный элемент в полиэтиленовой оболочке Ø159x5/250	С159-1-ППУ-ПЭ-2000(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	2		
12	Заглушка изоляция термосужимаемая Ø159	С159-2-ППУ-ПЭ(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	2		
13	Заглушка изоляция термосужимаемая Ø108	С108-2-ППУ-ПЭ(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	2		
14	Заглушка изоляция термосужимаемая Ø45	С45-2-ППУ-ПЭ(Т)		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	2		
15	Манжета стенового ввода	ППУ ПЭ 250x285		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	8		
16	Манжета стенового ввода	ППУ ПЭ 200x238		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	4		
17	Подушка полиэтилен вспененный	Под. ПЭВсп		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	64		
18	Комплект материалов для заделки стыка на трубопроводе С1М-П Ø159/250	ППУ ПЭ 159-С1М-П		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	41		
19	Комплект материалов для заделки стыка на трубопроводе С1М-П Ø108/200	ППУ ПЭ 108-С1М-П		НПО "Стройполимер", г.Москва	шт	4		

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист		Лист		Листов	
Подпись и дата		Подпись		Дата		Страница	
						РП	
						1	
						2	

Имя, Подп.		Лист</	
------------	--	--------	--

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Состав курсового проекта. Исходные данные для курсового проектирования	4
2. Определение расчетных тепловых нагрузок для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.....	5
3. Определение количества тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение	9
4. Построение графиков расхода тепла	11
5. Расчет регулирования отпуска тепла.....	14
6. Определение расходов теплоносителя	18
7. Выбор конструкции тепловой сети и разработка монтажной схемы	23
8. Гидравлический расчет	26
9. Гидравлические режимы водяных тепловых сетей.....	32
10. Подбор основного сетевого оборудования	38
11. Графическая часть курсового проекта.....	42
12. Проектирование компенсаций сети температурным расширениям	45
13. Проектирование неподвижных опор	51
14. Тепловой расчет теплоизоляционной конструкции	54
Заключение	67
Библиографический список	69
Приложения	71

Учебное издание

МЕЛЬНИКОВ Владимир Михайлович
АНТИПОВА Александра Владимировна

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ РАЙОНА ГОРОДА

Учебное пособие к курсовому проектированию

Редактор А. П. Володина
Технический редактор С. Ш. Абдуллаева
Корректор О. В. Балашова
Компьютерная верстка П. А. Некрасова
Выпускающий редактор А. А. Амирсейидова

Подписано в печать 26.12.19.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 6,05. Тираж 50 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.