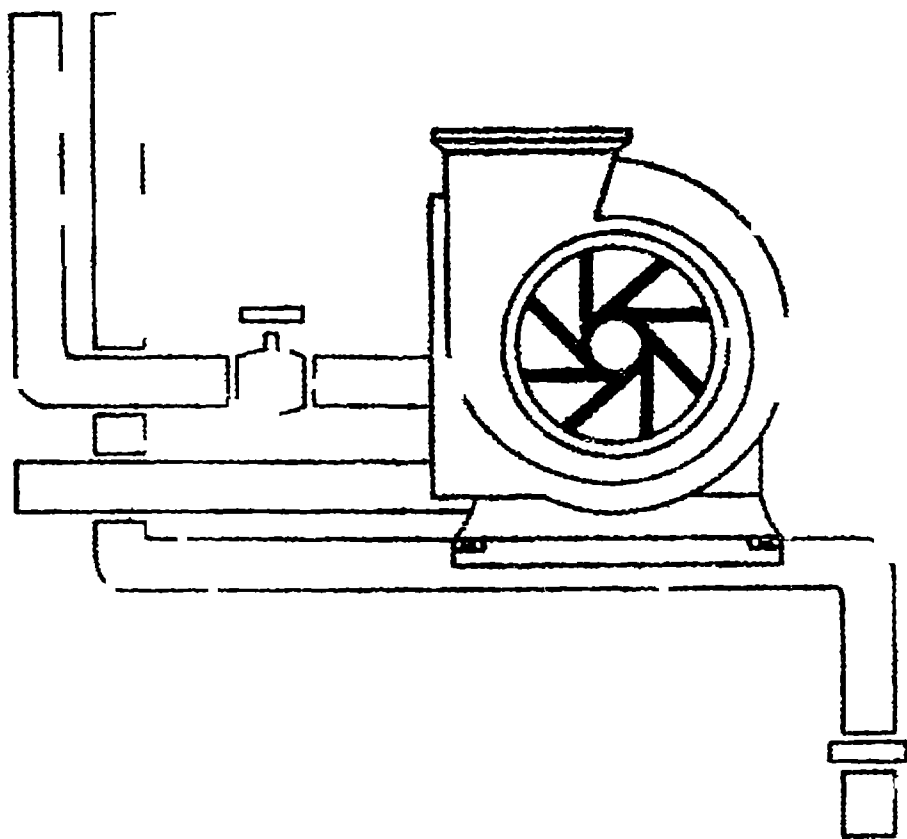


ПО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЮ И ВЕНТИЛЯЦИИ



в прачечной при водоснабжении из местных источников независимо от ее производительности, а также в лечебных учреждениях, жилых зданиях и других общественных сооружениях — на часовой расход воды.

В зданиях с максимальным расходом тепла на горячее водоснабжение до 75000 ккал/ч мощность теплового генератора или водонагревателя допускается рассчитывать на возмещение часового расхода воды. Установка аккумулятора не обязательна при наличии теплофикации или газифицированной котельной с автоматизацией системы горячего водоснабжения.

Приготовление горячей воды в больницах должно обеспечиваться не менее чем двумя тепловыми генераторами или водонагревателями, каждый из которых рассчитывается на половину часового расхода тепла. Для небольших больниц на 50—60 коек, когда необходимая поверхность нагрева тепловых генераторов невелика, каждый из двух устанавливаемых генераторов допускается принимать из расчета часового расхода тепла. Приготовление горячей воды для кафедры водолечебного отделения предусматривается в самостоятельных водонагревателях при давлении в водопроводной сети не менее 3 кгс/см².

Необходимую поверхность нагрева в м² змеевиков емких водонагревателей и баков определяют по формуле

$$F_{зм} = (1,1 \div 1,2) \frac{Q}{k \Delta t}, \quad (IV.18)$$

где Q — расчетный часовой расход тепла на горячее водоснабжение, ккал/ч;
 k — коэффициент теплопередачи, равный для стального змеевика 600 ккал/(м² · ч · °С) при теплоносителе — паре и 250 ккал/(м² · ч · °С) при теплоносителе — воде, для медного или латунного змеевика — соответственно 720 и 300 ккал/(м² · ч · °С);

Δt — расчетная разность средних температур теплоносителя и нагреваемой воды, °С, вычисляемая из выражения

$$\Delta t = \frac{T_n + T_k}{2} = \frac{t_n + t_k}{2}, \quad (IV.19)$$

где T_n и T_k — начальная и конечная температуры при теплоносителе — воде, °С;
 t_n и t_k — начальная и конечная температуры нагреваемой воды, °С.

При теплоносителе — паре $\frac{T_n + T_k}{2} = T_n$ — температуре насыщенного пара.

Потери напора в емких водонагревателях в м вод. ст.

$$h = 1,5 \frac{v^2}{2g}, \quad (IV.20)$$

где v — скорость движения воды в подающем трубопроводе, м/с;
 g — 9,8 м/с².

Расчет скоростных паро- и водоводяных нагревателей приведен в разделе VI «Тепловые сети».

Пример IV.1. Определить емкость и тепловую мощность генератора квартирной установки горячего водоснабжения, оборудованной змеевиком в плите.

Если принять расход горячей воды для одного купания в ванной с душем 300 л при температуре смешанной воды 37° С, то количество тепла на нагрев воды

$$Q_{г.в} = g_{см}(t_{см} - t_x) = 300(37 - 5) = 9600 \text{ ккал.}$$

Необходимую полезную емкость бака-аккумулятора, обеспечивающую расход горячей воды при работе ванны, определяем по формуле (IV.14), допуская нагрев воды до 80° С,

$$V_{ак} = \frac{9600}{80 - 5} = 128 \text{ л.}$$

Для установки можно принять бак полезной емкостью $V_{ак} = 140$ л (см. табл. IV.1).

С целью уменьшения коррозии металла температуру подогрева воды рекомендуется ограничивать 60—65° С, однако в этом случае установка получается более громоздкой. Потребная емкость бака-аккумулятора должна быть не менее $V_{ак} = 160 \div 175$ л.

СПРАВОЧНИК

ПО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЮ И ВЕНТИЛЯЦИИ

КНИГА ПЕРВАЯ

ОТОПЛЕНИЕ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

*ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ,
ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ*

Справочник по теплоснабжению и вентиляции (издание 4-е, переработанное и дополненное). Книга 1-я. *Р. В. Щекин, С. М. Корневский, Г. Е. Бем, [Ф. И. Скорыходько,] Е. И. Чечик, Г. Д. Соболевский, В. А. Мельник, О. С. Корневская.* Киев, «Будівельник», 1976, стр. 416.

Справочник содержит основные сведения по строительной теплотехнике с расчетами и выбором строительных конструкций наружных ограждений отапливаемых зданий, а также по устройству, расчету и проектированию систем отопления, горячего водоснабжения и теплоснабжения в жилых и общественных зданиях.

Предназначен справочник для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и строительством жилых и общественных зданий, а также может быть полезен студентам сантехнических специальностей.

Таблиц 196, рисунков 81, приложений 2.

Рецензенты *канд. техн. наук Е. И. Чечик и инж. Э. И. Микунис*

Редакция литературы по коммунальному хозяйству
Заведующий редакцией *инж. А. Л. Леоновский*

Щ $\frac{30213 - 092}{M203 (04) - 76}$ 115—76

© Госстройиздат УССР, 1959 г.

© Издательство «Будівельник», 1976 г.

Затрата времени на водонагрев зависит от теплопроизводительности генератора тепла. При установке в плите змеевика теплопроизводительностью 8000 ккал/ч времени на нагрев воды потребуется

$$9600 \cdot 1,1 : 8000 = 1,33 \text{ ч} \approx 80 \text{ мин.}$$

Расход воды, циркулирующей между баком-аккумулятором и генератором тепла, определяем для наименее выгодного случая по формуле (IV.37)

$$g_p = \frac{8000}{95 - 80} = 533 \text{ л/ч.}$$

В случае необходимости установки теплообменника при повышенной жесткости воды поверхность нагрева его змеевика из стальных труб для конечного, наименее выгодного момента водонагрева по формуле (IV.18) будет

$$F_{\text{зм}} = \frac{1,1 \cdot 8000}{250 \left(\frac{95 + 70}{2} - \frac{80 + 5}{2} \right)} = 0,88 \text{ м}^2.$$

Емкость теплообменника рассчитываем так же, как и емкость бака-аккумулятора.

Расчет трубопроводов

Гидравлический расчет трубопроводов производят после решения принципиальной схемы и трассировки разводящих магистралей системы горячего водоснабжения. Диаметры трубопроводов систем горячего водоснабжения определяют по расчетным расходам и величине эквивалентов для различных потребителей, которые суммируются по отдельным расчетным участкам ответвлений и магистралям.

Расчетные расходы горячей воды. Расчетные секундные расходы воды в жилых домах и общественных зданиях различного назначения приведены в табл. IV.8 — IV.10. В зрелищных, спортивных учреждениях и на предприятиях общественного питания расчетные секундные расходы воды принимают с учетом процента одновременного действия санитарных приборов (табл. IV.11).

Таблица IV. 8. Расчетные расходы воды санитарными приборами
(СНиП II-Г.1—70)

Прибор	Эквивалент <i>N</i>	Расход воды, <i>л/с</i>	Диаметр ус- ловного про- хода труб, <i>мм</i>
Кран у раковины	1	0,2	15
Кран у умывальника	0,33	0,07	10—15
Смеситель у ванны с водонагревателем, работающим на твердом топливе	1	0,2	15
Смеситель у ванны с централизованным горячим водоснабжением	1,5	0,3	15
Кран у мойки	1—1,5	0,2—0,3	15—20
Биде и гигиенический душ	0,35	0,07	10—15
Душ в групповых установках	1	0,2	15
Душ в квартирах	0,67	0,14	15
Кран водоразборной колонки в мыль- ной	2	0,4	20
Кран лабораторной раковины	0,5	0,1	15
Кран лабораторной мойки	1	0,2	15
Ванна ножная	0,6	0,12	15
Проходной ножной душ в бассейнах	1	0,2	15

Расчетные расходы воды определяют по суммарной величине эквивалентов *N* (см. табл. IV.8) или по числу обслуживаемых людей. За единицу эквивалента принят расход воды через кран у раковины — 0,2 л/с. Эквивалентные расходы воды другими приборами выражаются в долях от единицы.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Четвертое издание справочника по теплоснабжению и вентиляции жилых и общественных зданий, существенно переработанное и дополненное, выпускается в двух книгах. В первую— «Отопление и теплоснабжение» входят разделы: Строительная теплотехника, Печное отопление, Центральное отопление, Горячее водоснабжение, Отопительные котельные и Тепловые сети; во вторую — «Вентиляция и кондиционирование воздуха» — Вентиляция, Кондиционирование воздуха, Автоматика систем теплоснабжения и вентиляции, Вычислительные машины в расчетах систем теплоснабжения и вентиляции.

Справочник, кроме нормативных сведений, содержит материалы по проектированию; здесь приводятся примеры расчета и конструирования современных сантехнических установок, а также подбора основного оборудования. Особое внимание уделено вопросам внедрения в строительство новых технических решений, направленных на снижение стоимости систем и экономии металла, топлива и электроэнергии.

Материал представлен в виде таблиц, эскизов, номограмм, графиков, выдержек из норм и стандартов, каталожных данных по оборудованию и конструктивных решений.

В справочнике даны также сведения об оборудовании, снятом с производства, но еще эксплуатируемом во многих зданиях и сооружениях.

Ограниченный объем книги не позволил поместить в справочнике материалы по проектированию уникальных сооружений и специального оборудования коммунальных предприятий, лечебных и общественных зданий, строящихся согласно особым техническим условиям.

Справочник подготовили: канд. техн. наук доц. Р. В. Щекин (Строительная теплотехника, Центральное отопление, Горячее водоснабжение и Отопительные котельные); доц. Г. Е. Бем (Печное отопление); доц. Ф. И. Скороходько и инж. В. А. Мельник (Тепловые сети); канд. техн. наук доц. С. М. Корневский с участием инж. О. С. Корневской (Вентиляция); доц. Г. Е. Бем и канд. техн. наук Е. И. Чечик (Кондиционирование воздуха); канд. техн. наук доц. Г. Д. Соболевский (Автоматика систем теплоснабжения и вентиляции); канд. техн. наук Е. И. Чечик с участием канд. техн. наук Р. Е. Цаля (Вычислительные машины в расчетах систем теплоснабжения и вентиляции).

Поскольку до настоящего времени все действующие нормативные документы по строительству, каталоги заводов-изготовителей оборудования и материалов изданы и продолжают издаваться в единицах измерения системы МКГСС, в справочнике сохранены эти единицы. Однако в приложении 1 даны необходимые сведения по единицам системы СИ согласно проекту нового ГОСТа «Единицы физических величин».

Нормативные материалы в справочнике приведены по состоянию на 1 января 1976 г.

Авторский коллектив выражает благодарность доктору техн. наук профессору Б. Н. Лобаеву за ценные методические указания при подготовке справочника к изданию.

Все замечания и предложения по справочнику просим направлять по адресу: Киев, Владимирская, 24, издательство «Будівельник».

При вычислении расчетных секундных расходов горячей воды по табл. IV.9 следует учитывать степень благоустройства жилых домов, правильно установив общую норму водопотребления на 1 жителя в сутки.

Величину расчетного секундного расхода воды, найденную по табл. IV.9, принимают с коэффициентом уменьшения 0,7 для последующего определения диаметров раздельной сети трубопроводов горячей и холодной воды и с коэффициентом 1 для общих участков подводящих трубопроводов систем холодного и горячего водоснабжения.

Расчет подающих трубопроводов. При количестве эквивалентов 20 и менее диаметры труб допускается назначать в зависимости от расчетных расходов, выраженных суммой эквивалентов:

Сумма эквивалентов установленных приборов N	1	3	6	12	20
Диаметр трубопроводов, мм	10	15	20	25	23

Потери напора в системе горячего водоснабжения рассчитывают так же, как и при расчетах внутренних водопроводов. Потери на трение определяют по таблицам, составленным ВНИИ Водгео (табл. IV.12). Потери на местные сопротивления принимают в размере 30% от потерь напора на трение по длине трубопровода. Учитывая возможные отложения накипи, потери напора в трубопроводах систем горячего водоснабжения принимают с коэффициентом 1,2.

Диаметры подающих трубопроводов назначают из расчета обеспечения подачи необходимого количества горячей воды в наиболее удаленные и высокорасположенные точки водоразбора с максимальным использованием имеющегося напора. Скорость движения воды не должна превышать 1,5 м/с в магистральных и 2,5 м/с — в подводках к водоразборным точкам.

Располагаемый напор в м для расчета подающих трубопроводов при нагревании воды в открытых баках находят по формуле

$$H_p = h_1 - (h_2 + h_3), \quad (IV.21)$$

где h_1 — отметка дна бака горячей воды, м;

h_2 — отметка самой высокой точки водоразбора верхнего этажа, наиболее удаленной от бака горячей воды, м;

h_3 — потеря напора на излив воды (свободный напор), м.

При нагревании воды в закрытом водонагревателе или герметическом баке-аккумуляторе без насоса

$$H_p = H_{\text{вод}} - (h_3 + h_4 + h_5 + h), \quad (IV.22)$$

где $H_{\text{вод}}$ — напор в наружной сети водопровода, м;

h_4 — потери напора в емком водонагревателе, определяемые по формуле (IV.20), м;

h_5 — потери напора в водомере, м;

h — расстояние по вертикали от ввода до самой высокой точки водоразбора, м.

Потери напора в водомере определяют по формуле

$$h_5 = Sq^2, \quad (IV.23)$$

где q — расчетный расход воды, л/с;

S — коэффициент сопротивления водомера, принимаемый в зависимости от его калибра:

Калибр водомера, мм	15	20	30	40	50	80	100
Коэффициент S	14,4	5,18	1,3	0,32	0,0265	0,00207	0,000675

При установке насоса его напор должен быть достаточным для нормальной эксплуатации системы горячего и холодного водоснабжения ($H_p = H_n$).

Расчетный постоянный свободный напор у водоразборных кранов и смесителей санитарных приборов принимают не менее 2 м, а у смесителей регулируемых душевых сеток — не менее 4 м. Величина свободного постоянного напора обеспечивает необходимую для нормальной эксплуатации скорость истечения воды из водоразборного крана или душевой сетки. Так, скорость наполнения ведра из крана кухонной раковины составляет 60 с, шайки в бане — 6 с, стиральной машины, ванны, мойки — 3—5 мин и т. п.

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

Теплофизическая характеристика строительных материалов и конструкций

Строительные конструкции внешних ограждений отапливаемых жилых и общественных зданий должны отвечать требованиям прочности и устойчивости, огнестойкости и долговечности, архитектурного оформления и экономичности, а также теплотехническим нормам*. Ограждающие конструкции выбирают в зависимости от физических свойств материала, конструктивного решения, температурно-влажностного режима воздуха в здании и климатологических характеристик района строительства в соответствии с нормами сопротивления теплопередаче, паро- и воздухопроницанию. В зданиях с мокрым и влажным режимами следует учитывать паропроницание и возможность накопления влаги в толще наружного ограждения, что снижает его сопротивление теплопередаче, приводит к появлению сырости, поражению древесным грибом, деформациям конструкций и повышенной коррозии металла. Воздухопроницание, особенно в стыковых соединениях панелей при крупноблочном строительстве и в щелях створных периметров проемов, снижая сопротивление теплопередаче наружных ограждений, одновременно приводит к перерасходу тепла на отопление здания. Применение массивных конструкций наружных ограждений, не соответствующих расчетному температурно-влажностному режиму, ведет к перерасходу строительных материалов и капитальных затрат.

В условиях периодической работы отопления для уменьшения колебания температуры воздуха в помещениях зимой, а в южных районах для устранения перегрева воздуха летом наружные ограждения должны обладать необходимой теплоустойчивостью. Чтобы получить наиболее экономичное конструктивное решение, теплозащитные качества наружных ограждений определяют расчетом. Теплозащитные качества внутренних стен, перегородок и междуэтажных перекрытий проверяют расчетом при разности температур в разделяемых помещениях более 10°C .

Для обоснованного выбора строительных конструкций наружных ограждений отапливаемых зданий в справочнике изложена методика расчета сопротивлений теплопередаче с проверкой, в необходимых случаях, на конденсацию влаги. Подробные проверочные расчеты ограждающих конструкций на сопротивление воздуха и паропроницанию, а также на теплоустойчивость выполняются по нормам СНиП II-A.7—71 «Строительная теплотехника. Нормы проектирования».

Основные физические свойства строительных материалов характеризуются объемной массой, удельной теплоемкостью и коэффициентами теплопроводности, теплоусвоения, паро- и воздухопроницаемости.

Объемная масса γ в кг/м^3 — масса 1 м^3 материала в кг (с учетом пустот).

Удельная теплоемкость c в $\text{ккал/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$ — количество теплоты, необходимое для нагрева 1 кг материала на 1°C . Удельная теплоемкость воды равна $1 \text{ ккал/кг} \times ^{\circ}\text{C}$.

Коэффициент теплопроводности материала λ в $\text{ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C}$ — количество теплоты в ккал , проходящее через плоскую однородную стенку площадью 1 м^2 и толщиной 1 м в течение 1 ч при разности температур на противоположных поверхностях стенки 1°C . Коэффициент теплопроводности зависит от объемной массы, пористости, влажности и температуры материала. Чем больше его объемная масса и влажность, тем больше теплопроводность. Например, в уплотненном и влажном материале с большей объемной массой теплоизолирующая способность пустот меньше, чем в более рыхлом и сухом материале с меньшей объемной массой.

* Здесь и далее в тексте имеются в виду Строительные нормы и правила. Ч. II. Нормы строительного проектирования. Изменения, внесенные Госстроем СССР в последующих изданиях отдельных разделов этих норм, учтены по состоянию на 1/1 1976 г.

Таблица IV. 9. Расчетные расходы воды, л/с, в жилых домах в зависи

N	Норма водопотребления, л, на 1 жителя в сутки						
	100	125	150	200	250	300	400
2	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,29
4	0,37	0,39	0,39	0,39	0,41	0,41	0,44
6	0,46	0,47	0,48	0,48	0,49	0,5	0,54
8	0,53	0,54	0,55	0,55	0,57	0,59	0,63
10	0,57	0,6	0,61	0,63	0,64	0,65	0,71
12	0,64	0,66	0,66	0,66	0,7	0,71	0,78
14	0,7	0,72	0,73	0,74	0,77	0,78	0,86
16	0,74	0,75	0,76	0,76	0,81	0,83	0,92
18	0,78	0,8	0,81	0,81	0,86	0,89	0,99
20	0,82	0,84	0,85	0,85	0,9	0,93	1,04
25	0,91	0,93	0,94	0,95	1,01	1,05	1,18
30	1	1,02	1,02	1,04	1,11	1,15	1,32
35	1,08	1,11	1,12	1,12	1,21	1,25	1,36
40	1,15	1,19	1,19	1,2	1,29	1,34	1,38
45	1,22	1,25	1,27	1,28	1,37	1,43	1,64
50	1,28	1,32	1,33	1,34	1,44	1,52	1,75
60	1,4	1,46	1,46	1,47	1,58	1,67	1,96
70	1,5	1,57	1,58	1,6	1,73	1,81	2,12
80	1,61	1,68	1,7	1,71	1,86	1,95	2,24
90	1,7	1,79	1,79	1,81	1,98	2,07	2,43
100	1,82	1,88	1,91	1,92	2,1	2,2	2,62
120	2	2,06	2,09	2,12	2,3	2,43	2,88
140	2,21	2,29	2,3	2,32	2,51	2,65	3,17
160	2,33	2,43	2,44	2,48	2,7	2,85	3,42
180	2,47	2,56	2,58	2,62	2,84	3	3,64
200	2,63	2,74	2,76	2,78	3,04	3,23	3,89
220	2,77	2,86	2,9	2,94	3,22	3,41	4,08
240	2,91	3,02	3,06	3,06	3,38	3,58	4,34
260	3,03	3,14	3,18	3,2	3,52	3,75	4,52
280	3,15	3,28	3,33	3,34	3,7	3,91	4,74
300	3,26	3,4	3,43	3,46	3,83	4,07	4,93
320	3,74	3,87	3,9	3,92	4,3	4,54	5,46

Величина гидростатического напора у санитарных приборов не должна превышать 60 м. При большем давлении необходимо зонирование системы.

Расчет циркуляционных трубопроводов. Циркуляция воды может быть непрерывной в течение всего периода снабжения потребителей горячей водой и даже круглосуточно (например, в больницах), а также кратковременной за несколько часов до начала водоразбора (например, в душевых промышленных предприятий — за 0,5—1 ч до конца смены).

Циркуляционный трубопровод устраивают с естественной или насосной циркуляцией, с верхней или нижней разводкой, с прокладкой циркуляционной сети параллельно подающим магистралям. Пределы применения естественной циркуляции можно принимать по данным табл. IV.13.

Расчетное циркуляционное кольцо состоит из двух частей: разводящей водоразборной сети и собственно циркуляционного трубопровода. Подающую водоразборную сеть рассчитывают на пропуск необходимых расходов воды к точкам водоразбора, а циркуляционную — на пропуск расходов горячей воды, восполняющих потери тепла в трубах.

Расчетный расход воды в л/с в циркуляционной сети определяют по формуле

$$g_{\text{ц}} = \frac{\Sigma Q_{\text{п}}}{\Delta t_{\text{т}}}, \quad (\text{IV.24})$$

Таблица 1.1. Теплофизические характеристики строительных материалов и конструкций (СНиП II-A. 7-71)

Материалы и конструкции	В сухом состоянии			Расчетная величина коэффициента теплопроводности λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}}$		Массовая влажность w , проц.	
	Объемная масса γ_0 , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Коэффициент теплопроводности λ_0 , $\frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}}$	Удельная теплоемкость c_0 , $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{°C}}$	при условии эксплуатации		ограничения *	
				А	Б	А	Б
Асбестоцементные изделия							
Асбестоцементные плиты (ГОСТ 929—59)	1900	0,35	0,2	0,45	0,5	2	3
	1800	0,3	0,2	0,4	0,45	2	3
Асфальтовые и битумные материалы							
Асфальтобетон (ГОСТ 12801—71)	2100	0,9	0,4	0,9	0,9	0	0
Битумы нефтяные строительные и кровельные (ГОСТ 6617—56, ГОСТ 9548—74)	1300	0,21	0,4	0,21	0,21	0	0
	1000	0,15	0,4	0,15	0,15	0	0
Битумоперлит (ГОСТ 16136—70)	400	0,095	0,35	0,1	0,105	1	2
	300	0,075	0,35	0,08	0,085	1	2
Бетоны							
Железобетон (ГОСТ 13015—67)	2500	1,45	0,2	1,65	1,75	2	3
Бетон на гравии или щебне из природного камня (ГОСТ 13579—68)	2400	1,3	0,2	1,5	1,6	2	3
	2200	1,0	0,2	1,2	1,3	2	3
Бетон силикатный на кварцевом песке (ТУ 21—01—91—67)	2000	0,9	0,2	1,1	1,2	2	3
	1800	0,8	0,2	1,0	1,1	2	3
Шлакобетон на топливных (котельных) шлаках и бетон на аглопорите (ГОСТ 6928—54)	1800	0,6	0,2	0,7	0,8	5	8
	1600	0,5	0,2	0,6	0,65	5	8
	1400	0,45	0,2	0,5	0,55	5	8
	1200	0,35	0,2	0,4	0,45	5	8
	1000	0,25	0,2	0,3	0,35	5	8
	800	0,2	0,2	0,25	0,3	5	8
Шлакобетон на доменных гранулированных шлаках	1800	0,5	0,2	0,6	0,7	5	8
	1600	0,4	0,2	0,5	0,55	5	8
	1200	0,3	0,2	0,4	0,45	5	8

N	Норма водопотребления, л, на 1 жителя в сутки						
	100	125	150	200	250	300	400
340	3,87	3,99	4,02	4,06	4,46	4,71	5,67
360	3,99	4,12	4,14	4,2	4,58	4,88	5,88
380	4,12	4,28	4,32	4,32	4,72	5,04	6,07
400	4,25	4,42	4,44	4,48	4,94	5,2	6,4
450	4,63	4,77	4,8	4,88	5,31	5,59	6,73
500	4,93	5,06	5,08	5,16	5,51	5,97	7,14
550	5,73	5,92	5,94	6,02	6,53	6,89	8,25
600	6,08	6,26	6,3	6,34	6,9	7,3	8,68
650	6,46	6,6	6,67	6,7	7,3	7,7	9,22
700	6,76	7	7,03	7,06	7,7	8,09	9,69
750	7,07	7,33	7,36	7,4	8,08	8,48	10,1
800	7,4	7,63	7,71	7,8	8,36	8,86	10,56
850	8,58	8,81	8,87	8,96	9,63	10,08	11,85
900	8,93	9,19	9,22	9,3	9,99	10,5	12,23
950	9,25	9,55	9,63	9,65	10,34	10,91	12,86
1000	9,64	9,92	9,96	10,04	10,54	11,32	13,34
1100	10,2	10,46	10,68	10,78	11,56	12,14	14,23
1200	11,02	11,16	11,41	11,48	12,34	12,93	15,15
1300	13	13,32	13,4	13,46	14,36	15,01	17,38
1400	13,8	14,12	14,2	14,32	15,26	15,83	18,2
1500	14,54	14,9	14,98	15,08	16,02	16,74	19,1
1600	15,32	15,69	15,78	15,88	16,91	17,6	20,4
1700	16,08	16,46	16,57	16,66	17,73	18,45	21,34
1800	16,84	17,23	17,34	17,44	18,54	19,29	22,3
1900	17,58	18	18,1	18,21	19,35	20,12	23,24
2000	18,33	18,75	18,86	18,97	20,15	20,94	24,17
2200	19,81	20,21	20,37	20,49	21,74	22,58	26,01
2400	21,28	21,74	21,87	22	23,31	24,2	27,83
2600	22,73	23,22	23,35	23,48	24,86	25,8	29,82
2800	24,18	24,69	24,82	24,96	26,41	27,38	31,4
3000	25,61	26,14	26,28	26,43	27,94	28,95	33,15

где Δt_T — расчетный перепад температур в подающем трубопроводе, принимаемый в пределах от 5 до 15° С в зависимости от протяженности циркуляционного кольца;

ΣQ_{Π} — суммарные потери тепла трубами подающей водоразборной сети, ккал/ч, найденные по табл. IV.14, при температурном перепаде между средней температурой горячей воды и окружающей среды $\Delta t'_T$, вычисляемом по формуле

$$\Delta t'_T = \frac{t_n - t_k}{2} - t_b, \quad (\text{IV.25})$$

где t_n и t_k — температура горячей воды в начале и в конце подающего трубопровода, °С;

t_b — температура окружающей среды, зависящая от месторасположения труб (в бороздах и каналах — 40° С, при открытой прокладке в жилых зданиях — 18—20, в неотапливаемых подвалах — 5, на чердаках — 10° С).

Теплопотери в подающих трубопроводах жилых зданий допускается определять по формуле

$$\Sigma Q_{\Pi} = 0,05 Q_{\Gamma}, \quad (\text{IV.26})$$

где Q_{Γ} — расчетный расход тепла, вычисляемый по формулам (IV.7) и (IV.8).

Шлакобетон или термозитобетон (ГОСТ 11050—64)	1000	0,25	0,2	0,3	0,25	5	8
	1800	0,45	0,2	0,55	0,65	6	10
	1600	0,35	0,2	0,45	0,5	6	10
	1400	0,3	0,2	0,35	0,4	6	10
	1200	0,25	0,2	0,3	0,35	6	10
	1000	0,2	0,2	0,25	0,3	6	10
	800	0,15	0,2	0,2	0,25	6	10
	1600	0,4	0,2	0,55	0,6	8	12
	1400	0,3	0,2	0,45	0,5	8	12
	1200	0,25	0,2	0,35	0,4	8	12
Шлакопемзолпено- или шлакопемзагазобетон	1000	0,2	0,2	0,3	0,35	8	12
	800	0,15	0,2	0,25	0,3	8	12
	600	0,13	0,2	0,2	0,25	8	12
	1600	0,45	0,2	0,55	0,65	6	10
	1400	0,4	0,2	0,45	0,5	6	10
	1200	0,3	0,2	0,35	0,4	6	10
	1000	0,2	0,2	0,25	0,3	6	10
	800	0,17	0,2	0,2	0,25	6	10
	600	0,14	0,2	0,17	0,2	6	10
	1000	0,19	0,2	0,23	0,28	10	15
Перлитобетон (ГОСТ 11050—64)	800	0,14	0,2	0,18	0,22	10	15
	600	0,1	0,2	0,12	0,15	10	15
	400	0,07	0,2	0,1	0,13	10	15
	700	0,15	0,2	0,17	0,18	8	13
	500	0,1	0,2	0,11	0,12	8	13
	300	0,07	0,2	0,08	0,09	8	13
Вермикулитобетон (ГОСТ 11050—64)	1000	0,24	0,2	0,3	0,35	10	15
	800	0,18	0,2	0,22	0,25	10	15
	600	0,12	0,2	0,15	0,18	8	12
	400	0,09	0,2	0,11	0,12	8	12
	300	0,07	0,2	0,09	0,11	8	12
	1200	0,25	0,2	0,35	0,4	15	22
	1000	0,2	0,2	0,3	0,35	15	22
	800	0,15	0,2	0,2	0,25	15	22
Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат (ГОСТ 11118—73, ГОСТ 5742—61, ГОСТ 12852—67)	1000	0,24	0,2	0,3	0,35	10	15
	800	0,18	0,2	0,22	0,25	10	15
	600	0,12	0,2	0,15	0,18	8	12
	400	0,09	0,2	0,11	0,12	8	12
	300	0,07	0,2	0,09	0,11	8	12
	1200	0,25	0,2	0,35	0,4	15	22
	1000	0,2	0,2	0,3	0,35	15	22
	800	0,15	0,2	0,2	0,25	15	22
Газо- и пенозобетон (СТУ 109—641—62, РТУ ЭССР 1274—67)	1000	0,24	0,2	0,3	0,35	10	15
	800	0,18	0,2	0,22	0,25	10	15
	600	0,12	0,2	0,15	0,18	8	12
	400	0,09	0,2	0,11	0,12	8	12
	300	0,07	0,2	0,09	0,11	8	12
	1200	0,25	0,2	0,35	0,4	15	22
	1000	0,2	0,2	0,3	0,35	15	22
	800	0,15	0,2	0,2	0,25	15	22
Бетоны ячеистые	1000	0,24	0,2	0,3	0,35	10	15
	800	0,18	0,2	0,22	0,25	10	15
	600	0,12	0,2	0,15	0,18	8	12
	400	0,09	0,2	0,11	0,12	8	12
	300	0,07	0,2	0,09	0,11	8	12
	1200	0,25	0,2	0,35	0,4	15	22
	1000	0,2	0,2	0,3	0,35	15	22
	800	0,15	0,2	0,2	0,25	15	22
	1000	0,24	0,2	0,3	0,35	10	15
	800	0,18	0,2	0,22	0,25	10	15

* Условия эксплуатации А и Б принимают по табл. 1.2.

Таблица IV 10 Расчетные расходы воды, л/с, на хозяйственно-питьевые нужды в зависимости от количества эквивалентных единиц для различных общественных зданий (СНИП II-Г 1—70)

N	Ванн, детские ясли, сады	Полкилиники и амбулатория	Административные здания и магазины	Учебные заведения	Больницы, санатории, дома отдыха и пионерские лагеря	Тостиницы, общежития, школы интернаты и пансионаты	N	Ванн, детские ясли, сады	Полкилиники и амбулатория	Административные здания и магазины	Учебные заведения	Больницы, санатории, дома отдыха и пионерские лагеря	Тостиницы, общежития, школы интернаты и пансионаты
1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	55	—	2,08	2,22	2,67	2,97	3,71
2	0,35	0,39	0,4	0,4	0,4	0,4	60	—	2,17	2,32	2,79	3,1	3,88
3	0,42	0,48	0,52	0,6	0,6	0,6	65	—	2,26	2,42	2,9	3,22	4,03
4	0,48	0,56	0,6	0,72	0,8	0,8	70	—	2,34	2,51	3,02	3,35	4,18
5	0,54	0,63	0,67	0,81	0,9	1	75	—	2,42	2,6	3,12	3,46	4,33
6	0,59	0,69	0,74	0,88	0,98	1,22	80	—	2,5	2,68	3,22	3,58	4,47
7	0,64	0,74	0,8	0,96	1,06	1,32	85	—	2,58	2,77	3,32	3,69	4,61
8	0,67	0,79	0,85	1,02	1,13	1,41	90	—	2,66	2,84	3,42	3,8	4,75
9	0,72	0,84	0,9	1,08	1,2	1,5	95	—	2,73	2,83	3,51	3,9	4,88
10	0,76	0,88	0,95	1,13	1,26	1,58	100	—	2,8	3	3,6	4	5
12	0,83	0,97	1,04	1,24	1,38	1,73	120	—	—	3,29	3,94	4,38	5,48
14	0,9	1,05	1,12	1,34	1,5	1,87	140	—	—	3,66	4,26	4,73	5,91
16	0,96	1,12	1,2	1,44	1,6	2	160	—	—	3,8	4,55	5,06	6,38
18	1,02	1,19	1,27	1,52	1,69	2,12	180	—	—	4,03	4,32	5,36	6,71
20	1,07	1,25	1,34	1,61	1,79	2,23	200	—	—	4,24	5,08	5,65	7,07
25	1,2	1,4	1,5	1,8	2	2,5	220	—	—	4,45	5,34	5,93	7,42
30	1,31	1,53	1,64	1,97	2,2	2,74	240	—	—	4,64	5,57	6,2	7,74
35	1,42	1,66	1,78	2,14	2,37	2,96	260	—	—	4,84	5,81	6,45	8,06
40	1,52	1,77	1,9	2,28	2,53	3,16	280	—	—	5,02	6,02	6,69	8,36
45	1,61	1,88	2,01	2,42	2,68	3,35	300	—	—	5,2	6,24	6,93	8,66
50	1,7	1,98	2,12	2,54	2,83	3,54		—	—				

Материалы и конструкции	В сухом состоянии			при условии эксплуатации ограждения		Расчетная величина коэффициента теплопроводности λ , $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$	Массовая влажность w , проц.		
	Объемная масса γ_0 , $\text{кг}/\text{м}^3$	Коэффициент теплопроводности λ_0 , $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$	Удельная теплоемкость c_0 , $\text{ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$	А	Б			А	Б
Бетоны из пористых бетонных заполнителей (РТУ АрмССР 785—66)									
Туфобетон	2000	0,7	0,23	0,9	1,0	7	10		
	1800	0,55	0,23	0,75	0,85	7	10		
	1600	0,45	0,23	0,6	0,7	7	10		
	1400	0,35	0,23	0,45	0,5	7	10		
	1200	0,25	0,23	0,35	0,4	7	10		
Пемзобетон	1700	0,5	0,23	0,6	0,65	4	6		
	1500	0,4	0,23	0,46	0,5	4	6		
	1100	0,25	0,23	0,3	0,33	4	6		
	900	0,19	0,23	0,22	0,25	4	6		
	700	0,13	0,23	0,16	0,2	4	6		
Бетон на вулканическом шлаке	1200	0,28	0,23	0,35	0,39	8	10		
	1000	0,21	0,23	0,25	0,3	8	10		
	800	0,17	0,23	0,2	0,25	8	10		
Вата минеральная и стеклянная и изделия из нее									
Вата минеральная (ГОСТ 4640—66)	100	0,038	0,18	0,04	0,042	2	5		
	150	0,042	0,18	0,044	0,047	2	5		
	100	0,04	0,18	0,042	0,045	2	5		
	175	0,044	0,18	0,047	0,052	2	5		
Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом связующем (ГОСТ 9573—72)	300	0,06	0,22	0,062	0,065	2	5		
	400	0,07	0,22	0,072	0,075	2	5		
	100	0,04	0,22	0,042	0,045	2	5		
	200	0,05	0,22	0,052	0,058	2	5		
	300	0,06	0,22	0,063	0,07	2	5		
	100	0,038	0,18	0,04	0,042	2	5		
Плиты минераловатные прошивные (МРТУ 7-19—68)	200	0,046	0,18	0,048	0,052	2	5		

Маты минераловатные рулонированные на синтетическом связующем (ТУ 36-917—67 ММСС СССР)	50 75	0,034 0,037	0,18 0,18	0,038 0,04	0,04 0,042	2 2	5 5
Плиты минераловатные на крахмальном связующем (ТУ 1—81—69)	125 200	0,04 0,05	0,18 0,18	0,042 0,052	0,045 0,056	2 2	5 5
Вага стеклянная из непрерывного волокна (ГОСТ 5174—49)	125	0,042	0,18	0,044	0,046	2	5
Плиты полужесткие и маты теплоизоляционные из стеклянного штапельного волокна (ГОСТ 10499—67)	35—50	0,04	0,2	0,042	0,045	2	5
Маты и полосы из стеклянного волокна (ГОСТ 2245—43)	175	0,042	0,2	0,044	0,048	2	5
Стекло							
Стекло оконное (ГОСТ 111—65)	2600	0,7	0,2	0,7	0,7	0	0
Гипсовые материалы и изделия							
Блоки из гипса (ТУ 21-02—69, ТУ 55—67)	1200 1100	0,3 0,25	0,2 0,2	0,35 0,3	0,4 0,35	2 2	3 3
Гипсовые плиты с органическим наполнителем (ГОСТ 1008—41)	700 500	0,12 0,09	0,25 0,25	0,18 0,15	0,2 0,17	8 8	10 10
Листы гипсовые обшивочные — сухая штукатурка (ГОСТ 6266—67)	800	0,13	0,24	0,16	0,18	2	3
Дерево и изделия из него							
Хвойные породы (ГОСТ 8486—66, ГОСТ 9463—72):	500 500	0,08 0,15	0,6 0,6	0,12 0,25	0,15 0,3	15 15	20 20
поперек волокон							
вдоль волокон							
Лиственные породы (ГОСТ 9462—71, ГОСТ 2695—71):	700 700 600 500	0,09 0,2 0,1 0,1	0,6 0,6 0,6 0,5	0,15 0,3 0,13 0,15	0,2 0,35 0,15 0,2	— — 10 10	— — 13 15
поперек волокон							
вдоль волокон							
Фанера клееная (ГОСТ 3916—69)	400 300	0,08 0,06	0,5 0,5	0,12 0,1	0,15 0,13	10 10	15 15
Плиты фибролитовые на поргладцементе (ГОСТ 8928—70)	1000 600	0,13 0,09	0,5 0,5	0,2 0,11	0,25 0,14	10 10	15 12
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные (ГОСТ 8904—66, ГОСТ 4598—74, ГОСТ 10632—70)	400	0,07	0,5	0,08	0,12	10	12

Таблица IV. 11. Процент одновременного действия санитарных приборов и оборудования в общественных зданиях (СНиП II-Г 1—70)

Приборы и оборудование	Кинотеатры, клубы и спортивные сооружения	Театры и цирки	Предприятия общественного питания
Умывальники	80	60	80
Души	100		100
Мойки в буфетах	100		—
Машины посудомоечные	—		100

Таблица IV 12 Данные ВНИИ Водгео для гидравлического расчета стальных водогазопроводных труб (H — потери напора на 1 м трубы, мм; v — скорость воды в трубе, м/с)

Расход воды, л/с	Диаметр труб мм (ГОСТ 3262—62)							
	15		20		25		32	
	v	H	v	H	v	H	v	H
0,05	0,29	28	—	—	—	—	—	—
0,1	0,58	99	0,31	20,8	—	—	—	—
0,15	0,88	208	0,46	43	0,28	12,7	—	—
0,2	1,17	354	0,62	72,7	0,38	21,3	0,21	5,2
0,25	1,46	551	0,78	109	0,47	31,8	0,26	7,7
0,3	1,76	793	0,93	153	0,56	44,2	0,32	10,7
0,35	2,05	1079	1,09	204	0,66	58,6	0,37	14,1
0,4	2,34	1409	1,24	263	0,75	74,8	0,42	17,9
0,45	2,63	1784	1,4	333	0,85	93,2	0,47	22,1
0,5	2,93	2202	1,55	411	0,94	113	0,53	26,7
0,6	—	—	1,86	591	1,13	159	0,63	37,3
0,7	—	—	2,17	805	1,32	214	0,74	49,5
0,8	—	—	2,48	1051	1,51	279	0,84	63,2
0,9	—	—	2,79	1330	1,69	354	0,95	78,7
1	—	—	—	—	1,88	437	1,05	95,7
1,25	—	—	—	—	2,35	682	1,32	147
1,5	—	—	—	—	2,82	983	1,58	211
1,75	—	—	—	—	—	—	1,85	287
2	—	—	—	—	—	—	2,11	375
2,25	—	—	—	—	—	—	2,38	475
2,5	—	—	—	—	—	—	2,64	587
2,75	—	—	—	—	—	—	2,9	710

Продолжение табл IV 12

Расход воды, л/с	Диаметры труб, мм (ГОСТ 3262—62)									
	40		50		70		80		100	
	v	H	v	H	v	H	v	H	v	H
0,25	0,2	3,9	—	—	—	—	—	—	—	—
0,3	0,24	5,4	—	—	—	—	—	—	—	—
0,35	0,28	7,1	—	—	—	—	—	—	—	—
0,4	0,32	9	—	—	—	—	—	—	—	—

Материалы и конструкции	В сухом состоянии			Расчетная величина коэффициента теплопроводности λ , ккал/(м $\cdot$ $^{\circ}$ C)		Массовая влажность w , проц	
	Объемная масса γ_0 , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_0 , ккал/(м $\cdot$ $^{\circ}$ C)	Удельная теплоемкость c_0 , ккал/(кг $\cdot$ $^{\circ}$ C)	при условии эксплуатации ограждения			
				А	Б	А	Б
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные (ГОСТ 8904—66, ГОСТ 4598—74, ГОСТ 10632—70) Арболит на древесных отходах (РТУ ЛитССР 1031—69)	200	0,05	0,5	0,06	0,07	10	12
	700	0,12	0,5	0,18	0,23	10	12
	600	0,1	0,5	0,15	0,19	10	12
	500	0,08	0,5	0,12	0,15	10	12
З а с ы п к и							
Песок (ГОСТ 8736—67) Щебень из доменного шлака (ГОСТ 5578—65)	1700	0,3	0,18	0,4	0,5	1	2
	900	0,14	0,2	0,18	0,22	2	4
	500	0,08	0,2	0,12	0,14	2	4
	800	0,15	0,2	0,18	0,2	2	5
Гравий керамзитовый (ГОСТ 9759—71)	600	0,12	0,2	0,15	0,17	2	5
	400	0,105	0,2	0,11	0,12	2	5
	200	0,085	0,2	0,09	0,1	2	5
	800	0,15	0,2	0,19	0,23	3	6
Щебень аглопоритовый (ГОСТ 11991—66)	600	0,13	0,2	0,16	0,19	3	6
	400	0,105	0,2	0,13	0,15	3	6
	800	0,14	0,2	0,18	0,22	3	6
	600	0,12	0,2	0,15	0,18	3	6
Пемза шлаковая (ГОСТ 9760—61)	400	0,1	0,2	0,12	0,14	3	6
	400	0,065	0,2	0,075	0,08	2	5
	200	0,05	0,2	0,065	0,07	2	5
	100	0,04	0,2	0,045	0,05	2	5
Перлит вспученный (ГОСТ 10832—64)	300	0,065	0,2	0,09	0,1	3	6
	200	0,055	0,2	0,08	0,09	3	6
	100	0,045	0,2	0,065	0,07	3	6
	100	0,045	0,2	0,065	0,07	3	6
Вермикулит вспученный (ГОСТ 12865—67)	1700	0,3	0,18	0,4	0,5	1	2
	900	0,14	0,2	0,18	0,22	2	4
	500	0,08	0,2	0,12	0,14	2	4
	800	0,15	0,2	0,18	0,2	2	5

Расход воды, л/с	Диаметры труб, мм (ГОСТ 3262—62)									
	40		50		70		80		100	
	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>	<i>v</i>	<i>H</i>
0,45	0,36	11,1	0,21	3,1	—	—	—	—	—	—
0,5	0,4	13,4	0,23	3,7	—	—	—	—	—	—
0,6	0,48	18,4	0,28	5,2	—	—	—	—	—	—
0,7	0,56	24,6	0,33	6,8	0,2	2	—	—	—	—
0,8	0,64	31,4	0,38	8,5	0,23	2,5	—	—	—	—
0,9	0,72	39	0,42	10,7	0,25	3,1	—	—	—	—
1	0,8	47,3	0,47	12,9	0,28	3,8	0,2	1,6	—	—
1,25	0,99	71,6	0,59	19,4	0,35	5,6	0,25	2,4	—	—
1,5	1,19	101	0,71	27	0,42	7,7	0,3	3,4	—	—
1,75	1,39	136	0,82	35,9	0,5	10,2	0,35	4,4	0,2	1,2
2	1,59	178	0,94	46	0,57	13	0,4	5,6	0,23	1,5
2,25	1,79	226	1,06	58	0,64	16,2	0,45	7	0,26	1,9
2,5	1,99	278	1,18	69,6	0,71	19,6	0,5	8,4	0,29	2,2
2,75	2,19	337	1,3	83,8	0,78	23,3	0,55	10	0,31	2,5
3	2,39	400	1,41	99,8	0,85	27,4	0,6	11,7	0,35	3
3,25	2,59	470	1,53	118	0,93	31,8	0,65	13,6	0,37	3,5
3,5	2,78	545	1,65	136	0,99	36,5	0,7	15,5	0,4	3,9
3,75	2,98	627	1,78	156	1,07	41,5	0,75	17,6	0,44	4,5
4	—	—	1,88	177	1,13	46,8	0,81	19,8	0,46	5
4,25	—	—	2	200	1,21	52,4	0,86	22,1	0,49	5,6
4,5	—	—	2,12	224	1,28	58,6	0,91	24,6	0,52	6,2
4,75	—	—	2,24	250	1,35	65,3	0,96	27,2	0,55	6,8
5	—	—	2,35	277	1,42	72,3	1,01	30	0,58	7,5
5,25	—	—	2,48	306	1,49	80	1,06	32,8	0,61	8,2
5,5	—	—	2,59	335	1,56	87,5	1,11	35,8	0,63	8,9
5,75	—	—	2,71	367	1,63	95,7	1,16	38,9	0,67	9,7
6	—	—	2,82	399	1,7	104	1,21	42,1	0,69	10,5
6,25	—	—	2,95	433	1,78	113	1,26	45,7	0,73	11,2
6,5	—	—	—	—	1,84	122	1,31	49,4	0,75	12,2
6,75	—	—	—	—	1,92	132	1,36	53,2	0,78	13
7	—	—	—	—	1,99	142	1,41	57,3	0,81	13,9
7,25	—	—	—	—	2,06	152	1,46	61,5	0,84	14,8
7,5	—	—	—	—	2,13	163	1,51	65,7	0,87	15,8
7,75	—	—	—	—	2,2	174	1,56	70,2	0,9	16,8
8	—	—	—	—	2,27	185	1,61	74,8	0,92	17,8
8,25	—	—	—	—	2,34	197	1,66	79,5	0,96	18,9
8,5	—	—	—	—	2,41	209	1,71	84,4	0,98	19,9
8,75	—	—	—	—	2,49	222	1,76	89,5	1,02	21
9	—	—	—	—	2,55	234	1,81	94,6	1,04	22,1
9,25	—	—	—	—	2,63	248	1,86	100	1,07	23,3
9,5	—	—	—	—	2,69	261	1,91	105	1,1	24,5
9,75	—	—	—	—	2,77	275	1,96	111	1,13	25,7
10	—	—	—	—	2,84	289	2,01	117	1,15	26,9

Камни природные

Гранит, гнейс, базальт (РТУ ЛатвССР 098—67)	2800	3,0	0,22	3,0	3,0	—	—
Мрамор (РТУ ЛатвССР 098—67)	2800	2,5	0,22	2,5	2,5	—	—
Камни из известняков (ГОСТ 4001—66)	2100	0,9	0,22	1,1	1,2	2	3
	1700	0,55	0,22	0,7	0,8	2	3
	1500	0,45	0,22	0,55	0,6	2	3
Камни из туфа месторождений АрмССР (ГОСТ 4001—66)	2000	0,65	0,22	0,8	0,9	3	5
	1700	0,4	0,22	0,5	0,6	3	5
	1500	0,3	0,22	0,4	0,5	3	5
	1300	0,25	0,22	0,35	0,4	3	5
	1100	0,2	0,22	0,25	0,3	3	5
Кладка на тяжелом растворе из камня правильной формы (ГОСТ 4001—66) при объемной массе камня, кг/м³.	2600	2,2	0,22	2,55	2,75	2	3
	1900	0,65	0,22	0,9	1,0	2	3
	1200	0,3	0,22	0,4	0,45	2	3
Кладка на тяжелом растворе из камня неправильной формы (ГОСТ 4001—66) при объемной массе камня, кг/м³.	2400	1,8	0,22	2,05	2,2	2	3
	1850	0,6	0,22	0,8	0,9	2	3
	1300	0,35	0,22	0,45	0,5	2	3
Кладка из кирпича на любом растворе							
Кирпич глиняный обыкновенный, пустотелый, легковесный (ГОСТ 530—71, ГОСТ 6316—74, ГОСТ 648—73, ГОСТ 7484—69)	1800	0,48	0,21	0,6	0,7	1	2
	1600	0,4	0,21	0,5	0,55	1	2
	1400	0,35	0,21	0,45	0,5	1	2
	1200	0,3	0,21	0,4	0,45	1	2
	1000	0,25	0,21	0,35	0,4	1	2
Кирпич силикатный (ГОСТ 379—69)	1800	0,6	0,21	0,65	0,75	2	4
Кирпич шлаковый (ГОСТ 1148—41)	1500	0,45	0,21	0,55	0,6	1,5	3

Таблица IV. 13. Пределы применения естественной циркуляции в системах горячего водоснабжения

Расстояние от центра водоподогревателя, м, до наивысшей точки водозабора	Горизонтальное расстояние от дальнего водозабора до генератора тепла, м	
	в системе с верхней разводкой	в системе с нижней разводкой
2	15—20	12—15
6	30—35	20—25
10	40—45	25—30
20	50—60	30—35

Таблица IV. 14. Потери тепла, ккал/ч, на 1 м труб горячего водоснабжения

ГОСТ	Диаметр условного прохода, мм	Разность температур воды и окружающего воздуха, °С								
		25	30	35	40	45	50	55	60	65
Трубы неизолированные										
3262—62	15	17	20	23	28	32	35	40	45	49
	20	22	26	30	36	41	45	52	59	64
	25	27	32	38	46	52	59	67	74	81
	32	30	36	42	50	56	63	73	83	90
	40	34	40	47	57	64	71	84	95	103
10 704—63 *	50	42	50	59	70	79	88	102	117	126
	70	51	62	72	91	102	114	132	151	163
8732—70 *	70	51	62	72	91	102	114	137	151	163
	80	60	72	84	106	110	133	154	176	191
	90	64	78	90	115	129	144	167	192	208
	100	72	86	100	129	145	161	187	204	221
Трубы изолированные (к. п. д. изоляции 0,6)										
3262—62	15	7	8	9	11	13	14	16	18	20
	20	9	10	12	14	16	18	21	24	26
	25	11	13	15	18	21	24	26	30	32
	32	12	14	17	20	22	25	29	33	35
	40	14	16	19	23	26	28	34	38	41
10 704—63 *	50	17	20	24	28	32	35	41	47	50
	70	20	25	29	36	41	46	53	60	65
8732—70 *	70	20	25	29	36	41	46	53	60	65
	80	24	29	34	42	44	53	62	70	76
	90	26	31	36	46	52	58	67	77	83
	100	29	34	40	52	58	64	75	82	88

Материалы и конструкции	В сухом состоянии			Расчетная величина коэффициента теплопроводности λ , $\frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}}$			Массовая влажность w , проц.
	Объемная масса γ_0 , $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Коэффициент теплопроводности λ_0 , $\frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}}$	Удельная теплоемкость c_0 , $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$	при условии эксплуатации			
				А	Б	А	
Органические теплоизоляционные материалы							
Плиты камышовые (ГОСТ 7483—58)	350	0,06	0,4	0,08	0,12	10	15
Плиты торфяные теплоизоляционные (ГОСТ 4861—74)	250	0,05	0,4	0,06	0,08	10	15
	250	0,05	0,4	0,055	0,065	15	20
Пористые полимерные материалы							
Пенопласт полистирольный бисерный (ГОСТ 15588—70)	25—35	0,035	0,32	0,036	0,037	2	10
Пенопласт плиточный марки ПС-4 (СТУ 9-92—61)	74	0,035	0,32	0,036	0,037	2	10
То же, марки ПС-1 (СТУ 9-91—61)	100	0,035	0,32	0,036	0,037	2	10
	150	0,04	0,32	0,041	0,042	1	5
Мипора (МРТУ 6-05-1112—68)	200	0,05	0,32	0,051	0,052	1	5
	15	0,035	0,32	0,04	0,045	15	30
Пенопласт плиточный ПХВ-1 (МРТУ 6-05-1179—69)	100	0,04	0,3	0,041	0,043	2	10
Пенопласт заливочный марки ФРП-1 (ВТУ 38—64)	125	0,05	0,3	0,051	0,053	2	10
	50	0,04	0,4	0,042	0,045	5	25
Поропласт полиуретановый эластичный ППУЭ и ППУЭС (МРТУ 6-05-1150—68)	50	0,04	0,35	0,041	0,042	1	3
	75	0,035	0,35	0,036	0,037	1	3
Пенополиуретан жесткий самозатухающий ППУ-3Н (ТУ 67—66)							

По данным А. В. Хлудова (см. сноску на стр. 254) потери тепла в местных системах горячего водоснабжения составляют до 8% среднечасового расхода полезного тепла при изолированных стояках и до 25% — при неизолированных.

При установке полотенцесушителей в ванных комнатах жилых домов потери тепла увеличиваются до 30%. Потери тепла в циркуляционной сети можно принимать в размере 40—50% от теплопотерь в подающей сети.

Для магистральных участков подающих трубопроводов циркуляционные расходы воды $g_{ц}$ вычисляют как сумму расходов в примыкающих участках пропорционально теплопотерям. Так, расходы воды, циркулирующей в трубопроводах системы горячего водоснабжения, которая показана на схеме (лист IV.11, рис. 2), определяют так:

$$\text{для участка 1 } g_{ц_1} = \frac{Q_{п}}{\Delta t_{г}} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5}{\Delta t_{г}} \quad (\text{IV.27})$$

$$\text{для участка 2 } g_{ц_2} = g_{ц_1} \frac{Q_2}{Q_{п} - Q_1}; \quad (\text{IV.28})$$

$$\text{для участка 3 } g_{ц_3} = g_{ц_1} - g_{ц_2}; \quad (\text{IV.29})$$

$$\text{для участка 4 } g_{ц_4} = g_{ц_3} \frac{Q_4}{Q_4 - Q_5}; \quad (\text{IV.30})$$

$$\text{для участка 5 } g_{ц_5} = g_{ц_4} - g_{ц_3}. \quad (\text{IV.31})$$

Диаметры циркуляционных трубопроводов принимают из расчета пропускания найденных выше циркуляционных расходов; потери на трение находят так же, как при расчете подающих трубопроводов системы горячего водоснабжения. При циркуляционных трубопроводах большой протяженности удельные потери на трение допускается принимать до 15 мм вод. ст. на 1 м трубы. В системах с естественной циркуляцией гидравлический расчет следует выполнять с большей точностью, аналогично расчету трубопроводов центрального водяного отопления.

Порядок расчета циркуляционной системы горячего водоснабжения с естественным побуждением следующий.

В зависимости от геометрических размеров системы задаются располагаемым напором в мм вод. ст., пользуясь эмпирическими формулами, предложенными А. В. Хлудовым:

для верхней разводки

$$H_p = 0,4 (h_1 + 0,08L) (t_n - t_k); \quad (\text{IV.32})$$

для нижней разводки

$$H_p = 0,25 (h_2 + 0,03L) (t_n - t_k), \quad (\text{IV.33})$$

где h_1 и h_2 — расстояния по вертикали от центра водонагревателя до разводящего горизонтального трубопровода и до наивысшей точки водоразбора, м;

L — расстояние по горизонтали от водонагревателя до самой дальней точки водоразбора при изолированном трубопроводе, м (размеры h_1 , h_2 и L — см. лист IV.6, рис. 1);

t_n — начальная температура горячей воды при выходе из водонагревателя, °С;

t_k — конечная температура горячей воды при выходе из дальней точки водоразбора, °С.

При наличии аккумулятора тепла, расположенного высоко над водонагревателем, величину H_p определяют по формуле

$$H_p = \beta h (t_n - t_a), \quad (\text{IV.34})$$

где β — удельное гравитационное давление, принимаемое равным 0,64 мм вод. ст./°С на 1 м высоты;

h — расстояние по вертикали от центра водонагревателя до низа аккумулятора или до места выхода горячей воды, м;

t_a и t_n — температура воды при выходе из водонагревателя в восходящий стояк и при выходе из аккумулятора в обратный стояк, °С.

В обратном стояке обычно принимают $t_a = 80 \div 85^\circ \text{C}$, а в восходящем $t_n = 95 \div 98^\circ \text{C}$, так как вода в открытом аккумуляторе не должна закипать.

Растворы строительные и штукатурные

Цементно-песчаный раствор или штукатурка из него	1800	0,5	0,2	0,65	0,8	2	4
Сложный раствор (песок, известь, цемент) или штукатурка из него	1700	0,45	0,2	0,6	0,75	2	4
Известково-песчаный раствор или штукатурка из него	1600	0,4	0,2	0,6	0,7	2	4
Штукатурка из известково-песчаного раствора по дроби	1400	0,35	0,2	0,45	0,55	2	4
Цементно-шлаковый раствор	1400 1200	0,35 0,3	0,2 0,2	0,45 0,4	0,55 0,5	2 2	4 4

Рулонные материалы

Линолеум поливинилхлоридный многослойный (ГОСТ 14632—69)	1800	0,33	0,35	0,33	0,33	—	—
То же, на тканевой основе (ГОСТ 7251—66)	1600 1700	0,28 0,27	0,35 0,35	0,28 0,27	0,28 0,27	—	—
Картон облицовочный (ГОСТ 8740—74)	1500	0,22	0,35	0,22	0,22	—	—
Картон строительный многослойный «энсонит» (ГОСТ 4408—48)	1000 650	0,15 0,11	0,32 0,32	0,18 0,18	0,2 0,15	5	10
Руберойд (ГОСТ 10923—64), пергамин (ГОСТ 2697—64), толь (ГОСТ 10999—64)	600	0,15	0,35	0,15	0,15	—	—

Примечания. 1. Если величина объемной массы материала отличается от приведенной в табл. I.1, то расчетную величину коэффициента теплопроводности λ следует определять линейной интерполяцией табличных величин или принимать по экспериментальным данным.

2. Величину коэффициента теплопроводности λ материалов, подверженных усадке, деформации или усадке (например, минеральная вата и изделия на ее основе, войлок и др.), надлежит увеличивать на 20 %, независимо от их объемной массы (надбавка на усадку теплоизоляционного материала $b = 1,2$).

3. Расчетные величины коэффициентов теплопроводности λ материалов в отражающих конструкциях следует принимать по табл. I.1 с учетом их условий эксплуатации (А и Б). Выбор требуемого столбца в табл. I.1 относительно условий эксплуатации принимать по данным табл. I.2, предварительное определение зому влажности наружного воздуха в данном пункте строительства по карте на листе I.1 или по табл. I.3.

После определения величины H_p находят диаметры водоразборной сети, потери тепла и величину $g_{ц}$. Затем предварительно задаются диаметрами циркуляционного сети, обычно принимаемыми в системах с насосной циркуляцией на один-два размера меньше соответствующих участков подающего трубопровода, а при естественной циркуляции воды — одинакового диаметра.

По табл. IV.12 определяют потери напора H_1 при пропуске до водоразборной (подающей) сети только циркуляционного расхода $g_{ц}$.

Зная величины H_p и H_1 , находят напор $H_{ц} = H_p - H_1$, оставшийся на преодоление сопротивления циркуляционного трубопровода, на основании чего уточняют диаметры сети при средней удельной потере на трение в *мм вод. ст.* на 1 м трубопровода.

$$R_{ц} = \frac{H_{ц}}{\Sigma l} 0,6, \quad (IV.35)$$

где Σl — общая длина циркуляционного трубопровода, м;

0,6 — доля потерь давления на трение.

Величина циркуляционного напора $H_{ц}$ должна быть на 25—30% больше потерь напора H_1 в подающей сети.

Общие потери напора в главном магистральном циркуляционном кольце должны быть не более $0,75H_p$. Второстепенные циркуляционные кольца (ответвления) следует увязывать с магистралью, допуская неувязку напоров не более 10%. В противном случае требуется соответственно изменить диаметры трубопроводов проектируемой сети горячего водоснабжения.

В циркуляционных системах горячего водоснабжения с насосным пробуждением мощность насоса должна обеспечить подачу воды с напором $H_{н}$ в м при таких условиях:

$$H_p = H_{н} = H_1 \left(\frac{0,15g_p + g_{ц}}{g_{ц}} \right)^2 + H_{ц}, \quad (IV.36)$$

где H_1 — потери напора в подающем трубопроводе и оборудовании при циркуляционном расходе, м;

$H_{ц}$ — потери напора в циркуляционном трубопроводе, м;

$g_{ц}$ — циркуляционный расход воды при отсутствии водозабора, л/ч;

g_p — расчетный расход горячей воды, л/ч, определяемый по формуле

$$g_p = \frac{Q_{гв}}{t_r - t_x}, \quad (IV.37)$$

где $Q_{гв}$ — расчетный расход тепла на горячее водоснабжение, ккал/ч;

t_r — расчетная температура горячей воды, °C;

t_x — температура воды в сети холодного водопровода, °C.

Циркуляционные насосы подбирают по правилам, изложенным в разделе V «Огипельные котельные». На напорной линии у насоса устанавливают задвижку и обратный клапан, а на всасывающей линии — задвижку.

При непосредственном разборе воды из тепловой сети в системе горячего водоснабжения циркуляция обеспечивается за счет разности давлений, создаваемой диафрагмой с автоматическим регулированием температуры подаваемой потребителям воды (лист IV.11, рис. 3). Для зимнего режима диафрагму устанавливают на обратной линии тепловой сети между точками присоединения подающего и циркуляционного трубопроводов горячего водоснабжения, для летнего — на циркуляционном трубопроводе системы горячего водоснабжения. Диаметр отверстия диафрагмы в *мм* находят по формуле

$$d_d = 11,3 \sqrt{\frac{g_d}{V H_d}}, \quad (IV.38)$$

где g_d — количество проходящей через диафрагму воды, м³/ч, вычисляемое из выражения

$$g_d = 0,00015 g_p; \quad (IV.39)$$

g_p — расчетный расход воды, л/ч, определяемый по формуле (IV.37);
 H_d — напор, поглощаемый диафрагмой, м, который при установке диафрагмы для зимнего режима находят по формуле (IV.36), а для летнего — по формуле

$$H_d = H_c - H_p; \quad (IV.40)$$

H_c — разность напоров в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, м.
 Для контроля давления и температуры воды в системе горячего водоснабжения предусматривают установку манометров (до и после циркуляционного насоса и на подающем трубопроводе) и термометров (до и после водонагревателей и на циркуляционном трубопроводе).

Пример IV.2. Пользуясь данными примера IV.1, рассчитать диаметры циркуляционных труб между генератором тепла и баком-аккумулятором квартирных установок горячего водоснабжения, изображенных на листе IV.3. Расчетный расход горячей воды $g_p = 533$ кг/ч, а температурный перепад в системе $\Delta t = 15^\circ \text{C}$.

С х е м а 1 (лист IV.3, рис. 3). Высота циркуляционного стояка от выхода горячей воды в баке-аккумуляторе до центра генератора тепла

$$h = 0,15 + 1,23 + \frac{0,42}{2} = 1,59 \text{ м.}$$

Располагаемый циркуляционный напор на основании формулы (IV.34)

$$H_p = 0,64 \cdot 1,59 \cdot 15 = 15,26 \text{ мм вод. ст.}$$

Общая длина циркуляционных труб подающего стояка с учетом змеевика генератора тепла (см. лист IV.2)

$$\Sigma l = 0,15 + 1,23 + 0,34 \cdot 2 + 0,06 \cdot 4 \cdot 2 + 0,42 = 2,96 \text{ м,}$$

обратного стояка

$$\Sigma l = 0,05 + 0,42 + 1,23 = 1,7 \text{ м.}$$

Находим потери напора на трение по табл. III.60. Для расчета трубопроводов водяного отопления, предварительно приняв диаметры циркуляционных труб равными 40 мм, при скорости воды в трубах $v = 0,112$ м/с

$$Rl = 0,55 (2,96 + 1,7) = 2,56 \text{ мм вод. ст.}$$

Для определения потерь напора в местных сопротивлениях сначала по табл. II. 65 подсчитываем сумму коэффициентов местных сопротивлений:

Внезапное расширение	1
Змеевик генератора тепла	2
Тройник-ответвление	1,5
Утка	0,5
Внезапное сужение	0,6
Всего	5,6

Поскольку потери определены при отсутствии водоразбора, местное сопротивление крестовины на проход подающего стояка не учтено. При скорости воды $v = 0,112$ м/с по табл. III.61, интерполируя, находим потери напора в местных сопротивлениях $Z = 3,52$ мм вод. ст.

Суммарные потери напора в циркуляционном кольце с учетом поправочного коэффициента на возможное отложение накипи на внутренних стенках труб 1,2 равны:

$$(Rl + Z) \cdot 1,2 = (2,56 + 3,52) 1,2 = 7,42 \text{ мм вод. ст.}$$

$$\text{Запас напора } A = \frac{15,26 - 7,42}{15,26} \cdot 100 = 51,5\%.$$

С х е м а 2 (лист IV.3, рис. 4). Высота циркуляционного стояка от центра змеевика в баке-аккумуляторе до центра генератора тепла

$$h = \frac{0,15 + 0,05}{2} + 1,03 + \frac{0,42}{2} = 1,34 \text{ м.}$$

Во влажном материале пустоты заполнены водой, что увеличивает его теплопроводность, поскольку λ воды примерно в 20 раз больше λ воздуха. Для большинства строительных материалов, имеющих воздушные поры-пустоты, коэффициент теплопроводности находится в прямой зависимости от их объемной массы.

Если стенка состоит из слоев неоднородных материалов, среднее значение коэффициента теплопроводности вычисляют по формуле

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{\lambda_1 F_1 + \lambda_2 F_2 + \dots + \lambda_n F_n}{F_1 + F_2 + \dots + F_n}, \quad (1.1)$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ — коэффициенты теплопроводности материалов, входящих в рассматриваемый слой, $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$;

$F_1, F_2, \dots, F_n$ — площади участков материалов, входящих в рассматриваемый слой, м^2 .

Величину среднего коэффициента теплопроводности каменной кладки находят в зависимости от доли содержания в ней камня и раствора по формуле

$$\lambda_{\text{ср}}^{\text{кл}} = \lambda_{\text{к}} P_{\text{к}} + \lambda_{\text{р}} P_{\text{р}}, \quad (1.2)$$

где $\lambda_{\text{к}}$ и $\lambda_{\text{р}}$ — коэффициенты теплопроводности камня и раствора, $\text{ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$;
 $P_{\text{к}}$ и $P_{\text{р}}$ — доли содержания материалов по объему.

Термическое сопротивление в $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})/\text{ккал}$ однородного материального слоя толщиной δ в м

$$R = \frac{\delta}{\lambda}. \quad (1.3)$$

Коэффициент теплоусвоения материала s в $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$ показывает способность поверхности стенки площадью 1 м^2 усваивать теплоту в течение 1 ч при температурном перепаде 1°C и зависит от продолжительности отопления z в ч и физических свойств материала — λ, c, γ . Величина коэффициента теплоусвоения материала при $z = 24 \text{ ч}$

$$s = 0,51 \sqrt{\lambda c \gamma \omega}, \quad (1.4)$$

где λ — коэффициент теплопроводности материала, принимаемый по табл. I.1;
 c_{ω} — удельная теплоемкость влажного материала, определяемая по формуле

$$c_{\omega} = \frac{c_0 + 0,01\omega}{1 + 0,01\omega}; \quad (1.5)$$

c_0 — удельная теплоемкость сухого материала, принимаемая по табл. I.1;

γ_{ω} — объемная масса влажного материала, определяемая по формуле

$$\gamma_{\omega} = \gamma_0 \left(1 + \frac{\omega}{100} \right); \quad (1.6)$$

ω — массовая влажность материала, проц., принимаемая по табл. I.1.

Наружные ограждения могут быть легкими, малой массивности, средней массивности и массивными.

Степень массивности определяется по величине тепловой инерции D , вычисляемой по формуле

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + \dots + R_n s_n, \quad (1.7)$$

где $R_1, R_2, \dots, R_n$ — термические сопротивления отдельных однородных слоев ограждения, $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})/\text{ккал}$, вычисляемые по формуле (I.3),

$s_1, s_2, \dots, s_n$ — коэффициенты теплоусвоения отдельных слоев материала, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$, при периоде отопления $z = 24 \text{ ч}$, вычисляемые по формуле (I.4).

Наружные ограждения считаются легкими при $D \leq 1,5$, малой массивности — при $1,5 < D \leq 4$, средней массивности — при $4 < D \leq 7$ и массивными — при $D > 7$. Для воздушных прослоек $D = 0$.

Располагаемый циркуляционный напор

$$H_p = 0,64 \cdot 1,34 \cdot 15 = 12,86 \text{ мм вод. ст.}$$

Общая длина циркуляционных труб подающего стояка с учетом змеевика генератора тепла

$$\Sigma l = 1,2 + 1,03 + 0,2 + 0,34 \cdot 2 + 0,06 \cdot 4 \cdot 2 + 0,42 = 4,01 \text{ м;}$$

для обратного стояка с учетом змеевика бака-аккумулятора

$$\Sigma l = 0,05 + 0,42 + 1,03 + 0,37 \cdot 2 + 0,15 = 3,39 \text{ м.}$$

Ранее принятый диаметр циркуляционных труб остается равным 40 мм. Потери напора на трение при скорости движения воды $v = 0,112 \text{ м/с}$ должны быть

$$Rl = 0,55 (4,01 + 3,39) = 4,07 \text{ мм вод. ст.}$$

Подсчитываем сумму коэффициентов местных сопротивлений циркуляционного кольца:

Змеевик бака-аккумулятора	2
Тройник-ответвление	1,5
Змеевик генератора тепла	2
Тройник-ответвление	1,5
Отвод	0,3
Всего	7,3

Поскольку потери определяем при отсутствии водоразбора, то местное сопротивление крестовины на подающем стояке принято как сопротивление тройника-ответвления. При скорости воды $v = 0,112 \text{ м/с}$ потери напора в местных сопротивлениях $Z = 4,63 \text{ мм вод. ст.}$ Суммарные потери напора в циркуляционном кольце с учетом коэффициента 1,2 будут

$$(Rl + Z) \cdot 1,2 = (4,07 + 4,63) \cdot 1,2 = 10,44 \text{ мм вод. ст.}$$

$$\text{Запас напора } A = \frac{12,86 - 10,44}{12,86} \cdot 100 = 18,7\%.$$

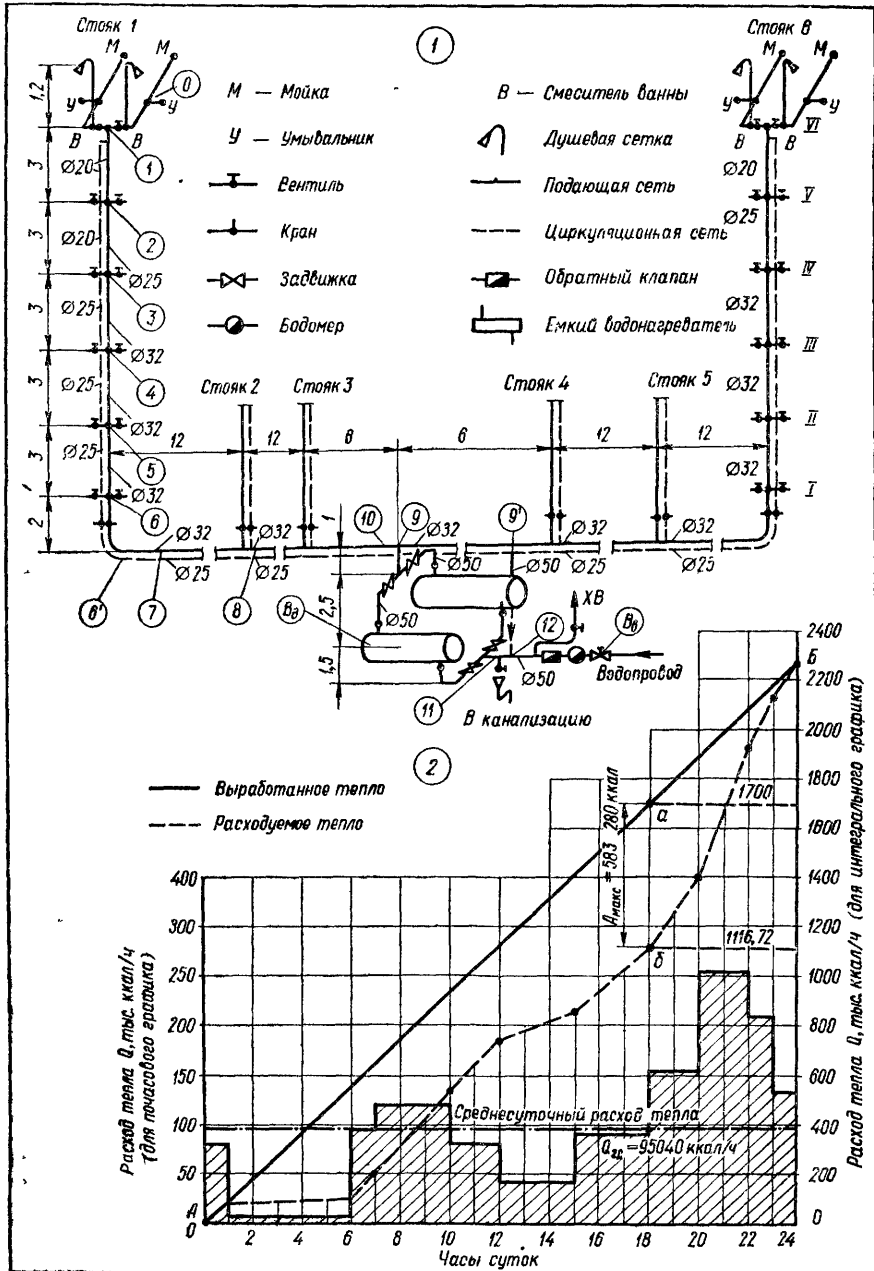
Полученные результаты гидравлического расчета позволяют сделать вывод, что предварительно принятые диаметры циркуляционных труб приемлемы.

Пример IV.3. Определить параметры генератора тепла и выполнить гидравлический расчет трубопроводов системы горячего водоснабжения с циркуляционной сетью жилого дома на 72 квартиры и посемейным заселением. Каждая квартира имеет ванну с душем, умывальник и мойку в кухне. Норма водопотребления на 1 жителя — 150 л/сут. Разводящие магистрали проложены под потолком неотапливаемого подвала с хорошей теплоизоляцией: стояки не изолированы и проложены в бороздах стен.

Схема системы горячего водоснабжения симметричная с вводом городского водопровода в центре здания. Нагрев воды предусмотрен в емких горизонтальных пароводяных водонагревателях, установленных в подвале дома. Теплоноситель — пар низкого давления 0,5 кгс/см² (см. лист IV.12, рис. 1). Циркуляция воды без водоразбора в ночное время поддерживается постоянной с естественным побуждением и обеспечением расчетных циркуляционных расходов для восполнения теплопотерь трубами.

Емкие водонагреватели работают на продавливание напором холодной воды из сети водопровода и одновременно служат аккумуляторами тепла. Водонагреватель обеспечивается теплоносителем круглосуточно от теплосети котельной завода.

Расчет параметров генератора тепла. За расчетный принимаем среднечасовой расход тепла за сутки наибольшего водопотребления, вычисляя его по формуле (IV.7) при таких данных: норма расхода горячей воды $a = 110 \text{ л/сутки}$ на 1 чел.; температура горячей воды $t_r = 65^\circ \text{ С}$, холодной $t_x = 5^\circ \text{ С}$; количество жителей с посемейным заселением дома равно $4 \cdot 72 = 288 \text{ чел.}$ Тогда по



Влажностный режим в зданиях (сухой, нормальный, влажный и мокрый) в условиях эксплуатации ограждающих конструкций принимают в зависимости от относительной влажности внутреннего воздуха ϕ по табл. I.2.

Таблица I.2. Условия эксплуатации ограждений для выбора расчетных значений λ (СНиП II-A.7—71)

Влажностный режим помещений	Относительная влажность воздуха помещений ϕ , проц.	Группа условий эксплуатации в зависимости от зоны влажности (лист I.1)		
		сухая	нормальная	влажная
Сухой	Менее 50	A	A	B
Нормальный	50—60	A	B	B *
Влажный	61—75	B	B *	B *
Мокрый	Более 75	B *	B *	B *

Примечания. 1. При условиях эксплуатации B, отмеченных звездочкой, расчетные величины коэффициентов теплопроводности λ следует повышать на 10% для наружных ограждающих конструкций, выполняемых из медленно высыхающих материалов, например, для стен из золобетона, газозолобетона, бетона с перлитом и др.

2. Для перекрытий над неотапливаемыми подвалами, а также для стен подвалов и подземных помещений расчетные величины коэффициентов теплопроводности материалов λ во всех случаях следует принимать для условий B.

При проектировании наружных стен следует предусматривать меры по защите их от следующих видов влаги: атмосферной, конденсирующейся на внутренней поверхности и в толще конструкции, грунтовой и влаги от производственных и хозяйственно-бытовых процессов.

Для стен помещений с влажным и мокрым режимами нельзя применять силикатный кирпич, пустотелые камни, ячеистые бетоны и каменную кладку на легком растворе. Устройство воздушных прослоек допускается только при условии вентиляции их наружным воздухом. Невентилируемые воздушные прослойки в покрытиях (например, в банях и прачечных) запрещены.

В многослойных конструкциях наружных ограждений для уменьшения вероятности увлажнения рекомендуется располагать к внутренней поверхности слой из плотных теплопроводных материалов с малой паропроницаемостью, а к наружной — слой из пористых малотеплопроводных, но паропроницаемых материалов. В ограждениях с воздушными прослойками следует избегать прослоек большой толщины: выгоднее применять несколько прослоек малой толщины, располагая их ближе к наружной поверхности ограждения. Прослойки следует делать замкнутыми, за исключением случаев сообщения их с наружным воздухом для вентиляции и предотвращения конденсации влаги (например, в покрытиях, витринах магазинов и т.д.)*. Замкнутые воздушные прослойки в толще наружных стен должны иметь высоту не более высоты этажа, но не выше 5 м. При устройстве воздушных прослоек, вентилируемых наружным воздухом, высота их не ограничивается.

Для защиты покрытий от увлажнения следует предусматривать в них пароизоляцию ниже теплоизоляционного слоя или прослойки, вентилируемые наружным воздухом. Беспустотные полы, устраиваемые непосредственно на грунте в зонах примыкания их к наружным стенам, необходимо утеплять влагостойкими материалами.

Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха

При определении теплозащитных качеств и выборе конструкций наружных ограждений принимают следующую расчетную зимнюю температуру наружного воздуха: для легких ограждений — абсолютно минимальную температуру t_a ; для ограждений малой массивности —

* К. Ф. Фокин. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М., Госстройиздат, 1954.

формуле (IV.7)

$$Q_{гс} = 1,2 \frac{288 \cdot 110 (65 - 5)}{24} = 95\,040 \text{ ккал/ч.}$$

На основании безразмерного графика водопотребления (см. лист IV.10, рис. 1, а) находим расчетные расходы тепла по часам суток по данным ломаной линии 1. За 100% принят расход тепла $Q_{гс} = 95040$ ккал/ч. Неравномерность расходования тепла колеблется в пределах 5—270%.

Суммарные расходы тепла определяем за то число часов суток, в течение которого расход тепла не изменялся. Результаты подсчетов приведены в табл. IV.15 и показаны на интегральном графике (лист IV.12, рис. 2) штриховой ломаной линией.

Учитывая равномерную работу водонагревателей — аккумуляторов тепла, соединяем прямой сплошной линией А — Б точки начала (0) и конца (24 ч) ординат расходования тепла интегрального графика. Сопоставляя точки на ломаной и прямой линиях — расхода и выработки тепла, находим наибольшую разность между ординатами в 18 ч (точки а, б):

$$A_{\text{макс}} = 1\,700\,000 - 1\,116\,720 = 583\,280 \text{ ккал.}$$

Тогда необходимая емкость аккумулятора тепла по формуле (IV.15) при максимальной температуре воды на выходе из водонагревателя $t_r = 75^\circ\text{C}$ должна быть при постоянном объеме воды

$$v_{\text{ак}} = \frac{583\,280}{75 - 5} = 8322 \text{ л.}$$

Поверхность змеевиков из стальных труб рассчитываем на максимальный часовой расход тепла [формула (IV.8)]

$$Q_r = 10\,000 \cdot 288 \cdot 0,325 = 234\,000 \text{ ккал/ч,}$$

где 0,325 — коэффициент одновременности теплопотребления, полученный путем интерполяции (см. данные на стр. 275).

Тогда по формуле (IV.18)

$$F_{\text{зм}} = \frac{1,2 \cdot 234\,000}{600 \left(110 - \frac{75 + 5}{2} \right)} = 6,65 \text{ м}^2,$$

Таблица IV. 15. Данные для построения интегрального графика

Период работы при неизменном расходе тепла, ч			Неравномерность расходования тепла, 0,01 · х	Расход тепла, ккал/ч	
				часовой	суммарный
начало	конец	всего		при неизменном расходе тепла	общий
0	1	1	0,8	76 032	76 032
1	6	5	0,05	4752 · 5 = 23 760	99 792
6	7	1	1	95 040	194 832
7	10	3	1,3	123 552 · 3 = 370 656	565 488
10	12	2	0,8	76 032 · 2 = 152 064	717 552
12	15	3	0,5	47 520 · 3 = 142 560	860 112
15	18	3	0,9	85 536 · 3 = 256 608	1 116 720
18	20	2	1,6	152 064 · 2 = 304 128	1 420 848
20	22	2	2,7	256 608 · 2 = 513 216	1 934 064
22	23	1	2,2	209 088	2 143 152
23	24	1	1,4	133 056	2 276 208

где $600 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$ — коэффициент теплопередачи труб змеевика от пара к воде;
 110°C — температура насыщенного пара давлением $0,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$,
 принимаемая по табл. III.5.

К установке принимаем два емких горизонтальных пароводяных водонагревателя 3078 с $v = 4400/4000 \text{ л}$ и $F_{\text{зм}} = 4,7 \text{ м}^2$ (см. табл. IV.4).

Расчет подающей сети. На основании схемы трубопроводов системы горячего водоснабжения, показанной на листе IV.12, рис. 1, с разбивкой на расчетные участки, а водопотребителей — на группы, объединенные в стояки, по табл. IV.8 находим сумму эквивалентов, а по табл. IV.9 — соответствующие им секундные расходы воды. При этом расчетные расходы воды на участке от ввода городского водопровода до водонагревателей определены как суммарные расходы горячей и холодной воды в здании, а на остальных участках подающей сети — только как расходы горячей воды по табл. IV.9 с коэффициентом 0,7.

Потери напора на местные сопротивления приняты в размере 30% от потерь напора на трение. Общие потери напора на трение увеличены на поправочный коэффициент 1,2, учитывающий возможное зарастание накипью внутренних стенок труб.

Гидравлический расчет выполняем по табл. IV.12; полученные результаты сводим в табл. IV.16.

На основании подсчетов потери напора в подающей сети получаем следующие величины, *мм вод. ст.*:

Суммарные потери на трение	5294
Местные потери (30% суммарных потерь на трение)	1588
Потери в емком водонагревателе по формуле (IV.20)	110
Потери в водомере диаметром 50 мм по формуле (IV.23)	168
Итого	7160

С учетом коэффициента на зарастание стенок труб, равного 1,2, общие потери напора в подающей сети составляют $7160 \cdot 1,2 = 8592 \text{ мм вод. ст.} \approx 8,6 \text{ м}$.

Величины напора на вводе водопровода, *м*, будут следующие:

Свободный напор у ванного смесителя	4
Высота подъема воды (см. схему на листе IV.12, рис. 1)	23,2
Общие потери напора в подающей сети	8,6
Всего	35,8

Следовательно, давление на вводе водопровода в здание должно составлять $3,6 \text{ кгс}/\text{см}^2$.

Т а б л и ц а IV. 16. Гидравлический

Номер участка	Длина l , м	Число приборов		
		ванн ($N = 1$)	умывальников ($N = 0,33$)	моек ($N = 1$)
$M - 0$	1,1	—	—	1
$0 - B$	1,4	—	1	1
$B - 1$	0,9	1	1	1
$1 - 2$	3	2	2	2
$2 - 3$	3	4	4	4
$3 - 4$	3	6	6	6
$4 - 5$	3	8	8	8
$5 - 6$	3	10	10	10
$6 - 7$	14	12	12	12
$7 - 8$	12	24	24	24
$8 - 9$	6	36	36	36
$9 - 12$	6,5	72	72	72
$12 - Bв$	5	72	72	72

Таблица 1.3. Расчетные параметры наружного воздуха для некоторых населенных пунктов СССР (СНиП II-A.6—72)

Населенный пункт	Средняя температура воздуха, °C				Средняя скорость ветра за январь u , м/с	Зона влажности *	Продолжительность отопительного периода λ , сут.
	t_H	$t_{х.с}$	$t_{o.п}$	$t_{х.п}$			
Абакан	—42	—43	—9,5	—27	6,5	С	226
Актюбинск	—31	—37	—7,3	—21	7,4	С	203
Александровск-Сахалинский	—26	—32	—6,2	—19	7,8	В	238
Алма-Ата	—25	—28	—2,1	—10	1,9	С	166
Андижан	—15	—16	+1,3	—6	2,1	С	128
Ангарск	—40	—41	—9,4	—25	2,9	С	239
Арзамас	—29	—34	—4,9	—17	7,5	Н	211
Армавир	—21	—22	+0,5	—7	7,8	С	159
Архангельск	—32	—36	—4,7	—19	5,9	В	251
Астрахань	—22	—26	—1,6	—8	4,8	С	172
Ашхабад	—11	—14	+3,9	—2	2,8	С	111
Баку	—4	—6	+5,1	+1	8,4	С	119
Барабинск	—37	—43	—9,6	—26	6,5	С	228
Барнаул	—39	—43	—8,3	—23	5,9	С	219
Ватуми	—1	—2	+7,6	+4	—	В	115
Белгород	—23	—28	—2,2	—12	5,9	С	196
Березово	—41	—48	—9	—27	4,2	Н	265
Балашов	—27	—32	—4,6	—15	7,3	С	199
Бобруйск	—25	—29	—1,5	—10	—	Н	199
Бийск	—38	—42	—8,7	—24	4,7	С	222
Благовещенск	—34	—37	—11,5	—25	3,4	Н	212
Братск	—43	—46	—10,3	—30	3,4	С	246
Брест	—20	—24	+0,4	—8	5,2	Н	186
Брянск	—24	—29	—2,6	—13	6,3	Н	206
Буйнакск	—15	—19	+1,2	—4	—	С	166
Василевичи	—24	—26	—1,1	—8	4,4	Н	195
Великие Луки	—27	—31	—2,6	—12	6,1	Н	209
Вентспилс	—18	—23	+0,7	—7	9,7	Н	207
Верхотурье	—35	—40	—7,3	—22	—	С	239
Верхоянск	—60	—63	—22	—51	2,1	С	272
Вильнюс	—23	—25	—0,9	—9	5,5	Н	194
Винница	—21	—26	—1,1	—10	3,6	Н	189
Витебск	—26	—31	—1,6	—12	5,9	Н	205
Владивосток	—25	—26	—4,8	—16	9	В	201
Владимир	—27	—32	—4	—16	4,5	Н	214
Вологда	—31	—35	—4,2	—16	6	Н	228
Волгоград	—22	—29	—3,4	—13	—	С	182
Воркута	—41	—45	—9,9	—26	10,1	Н	299
Воронеж	—25	—30	—3,4	—14	5,4	С	199
Ворошиловград	—25	—29	—1,6	—10	5,3	С	180
Выборг	—24	—30	—2,3	—12	—	В	227
Выкса	—28	—33	—4,4	—16	4,2	Н	210
Горький	—30	—33	—4,7	—16	5,1	Н	218
Гродно	—21	—25	—0,1	—9	5,1	Н	193
Гомель	—25	—27	—1,3	—11	5,5	Н	197
Гурьев	—24	—30	—3,8	—12	7,8	С	182

* Приняты следующие обозначения зон влажности: Н — нормальная, В — влажная, С — сухая.

Расчет циркуляционной сети. По формуле (IV. 33) находим величину естественного циркуляционного давления:

$H_p = 0,25 (h_2 + 0,03L) (t_n - t_k) = 0,25(20,7 + 0,03 \cdot 30) (70 - 60) = 53,5 \text{ мм вод. ст.}$,
где $h_2 = 1,2 + 3 \cdot 5 + 2 + 1 + 1,5 = 20,7 \text{ м}$ (см. расчетную схему на листе IV.12, рис. 1);

$L = 30 \text{ м}$ — радиус действия системы;

$t_n = 70^\circ \text{С}$ — начальная средняя температура горячей воды при выходе из водонагревателя;

$t_k = 60^\circ \text{С}$ — конечная температура горячей воды в самой дальней точке водоразбора.

Интерполируя данные табл. IV.14, подсчитываем теплопотери в подающей сети для неизолированных стояков в бороздах стен и для изолированных магистралей, проложенных в неотапливаемом подвале здания. Затем по ним вычисляем циркуляционные расходы при принятом температурном перепаде $\Delta t = 70 - 60 = 10^\circ \text{С}$.

При обеспечении минимальной температуры горячей воды во всех точках водоразбора $t_r = 60^\circ \text{С}$ величины падения температуры в отдельных участках подающей сети не должны превышать $3-5^\circ \text{С}$. Тогда средние температуры горячей воды t_n могут быть приняты следующие: в стояках — 63, в магистралах — 68, в коммуникации водонагревателей — 70°С .

Суммарный циркуляционный расход для магистрали по формуле (IV.24)

$$g_{ц} = \frac{4885}{70 - 60} = 488 \text{ л/ч;}$$

для участков сети —

$$g_{ц8-9} = 488 : 2 = 244 \text{ л/ч;}$$

$$g_{ц7-8} = 244 \frac{828}{1656} = 122 \text{ л/ч;}$$

$$g_{ц1-7} = 244 - 122 = 122 \text{ л/ч.}$$

Результаты расчетов сведены в табл. IV.17.

расчет подающей сети

ΣN	$g, \text{ л/с } (k = 0,7)$	$d, \text{ мм}$	$v, \text{ м/сек}$	Потери напора $H, \text{ мм вод. ст.}$	
				на 1 м	на участке
1	0,1	15	0,58	99	109
1,33	0,14	15	0,87	195	274
2,33	0,21	15	1,23	370	333
4,66	0,29	20	0,9	144	432
3,32	0,39	25	0,73	55	165
13,98	0,51	25	0,96	118	354
18,64	0,58	25	1,09	149	447
23,3	0,62	32	0,65	40	120
27,96	0,69	32	0,72	48	672
55,92	0,97	32	1,02	81	972
83,88	1,21	32	1,33	136	816
177,76	1,78	50	0,83	37	240
177,76	2,55	50	1,2	72	360
Итого . . .				5294	

Населенный пункт	Средняя температура воздуха, °C				Средняя скорость ветра за январь v , м/с	Зона влажности	Продолжительность отопительного периода n , сут.
	t_n	$t_{х.с}$	$t_{о.п}$	$t_{х.п}$			
Гусь-Хрустальный	-27	-32	-4	-16	4,6	Н	214
Даугавпилс	-27	-30	-1,5	-10	5,1	Н	203
Джамбул	-24	-31	-1,1	-9	3	С	167
Джезказган	-33	-36	-7,8	-21	4,6	С	196
Дербент	-9	-12	+3,8	0	5,2	Н	145
Днепропетровск	-24	-26	-1	-9	5,5	С	175
Донецк	-24	-29	-1,8	-10	6,2	С	183
Душанбе	-14	-17	+3,6	-2	2,8	С	112
Евпатория	-16	-20	+2,4	-3	7,1	С	149
Енисейск	-47	-50	-9,5	-28	—	Н	245
Ереван	-19	-20	-0,5	-8	2,5	С	139
Ессентуки	-17	-21	+0,1	-8	—	Н	102
Жданов	-23	-28	-0,8	-9	6,1	С	177
Житомир	-21	-25	-0,8	-9	5,4	Н	192
Запорожье	-23	-25	-0,7	-9	5,4	С	175
Златоуст	-30	-36	-6,6	-20	—	С	217
Иваново	-28	-33	-4,4	-16	4,9	Н	217
Иргиз	-30	-36	-7,5	-20	5,5	С	191
Иркутск	-38	-40	-8,9	-25	2,8	С	241
Йошкар-Ола	-33	-36	-6,1	-18	—	С	220
Казань	-30	-35	-5,7	-18	5,7	Н	218
Калининград	-18	-22	-0,6	-7	—	Н	195
Калинин	-29	-33	-3,7	-15	6,2	Н	219
Калуга	-26	-31	-3,5	-14	5	Н	214
Камышин	-26	-30	-4,5	-15	8,5	С	189
Кандалакша	-28	-33	-4,1	-18	—	В	267
Канск	-42	-46	-9	-26	—	С	238
Караганда	-32	-35	-7,5	-20	7,7	С	212
Каунас	-20	-24	-0,5	-8	4,8	Н	192
Кемерово	-39	-42	-8,8	-25	6,8	С	232
Кемь	-27	-32	-3,7	-15	—	В	256
Керчь	-15	-19	+2,2	-4	7,5	С	153
Кзыл-Орда	-24	-29	-3,4	-12	6,5	С	168
Киев	-21	-26	-1,1	-10	4,3	Н	187
Киров	-31	-36	-5,8	-19	5,3	Н	231
Кировабад	-8	-9	+3,9	-1	—	С	132
Кировоград	-21	-25	-1	-9	4,8	С	185
Кишинев	-15	-20	+0,6	-7	—	С	166
Клайпеда	-18	-22	+0,4	-7	10,5	Н	194
Кокчетав	-35	-39	-7,9	-21	9,5	С	214
Комсомольск-на-Амуре	-34	-37	-11,2	-27	—	Н	221
Кострома	-30	-36	-4,5	-16	5,8	Н	224
Котлас	-33	-39	-5,5	-19	5,6	Н	237
Красноводск	-7	-11	+4,6	0	—	С	109
Краснодар	-19	-24	+1,5	-5	—	С	152
Красноуфимск	-36	-39	-7	-21	5,1	С	227
Красноярск	-40	-44	-7,2	-22	—	С	235
Кривой Рог	-23	-25	-0,6	-9	6,2	С	178
Куйбышев	-27	-36	-6,1	-18	—	С	206

Таблица IV. 17. Расчет теплопотерь и циркуляционных расходов в подающей сети

Номер участка	Длина l , мм	d , мм	Температуры, °C			Теплопотери, ккал/ч			$g_{ц}$, л/ч
			t_n	t_v	Δt_T	на 1 м	Q_n	ΣQ_n	
1—2	3	20	63	40	23	20	60	60	122
2—5	9	25	63	40	23	25	225	285	122
5—6'	5	32	63	40	23	27	135	420	122
6'—7	12	32	68	5	63	34	408	828	122
Стояк 2	—	—	—	—	—	—	420	—	122
7—8	12	32	68	5	63	34	408	1656	122
Стояк 3	—	—	—	—	—	—	420	—	122
8—9	6	32	68	5	63	34	204	2280	244
Правая половина	—	—	—	—	—	—	2280	—	244
9—Вд	6,5	50	70	5	65	—	325	4885	488

Таблица IV. 18. Проверочный расчет потерь напора в сети горячего водоснабжения при естественной циркуляции

Номер участка	L, м	d, мм	g _ц , л/ч	R, мм вод ст		v, м/сек	Σζ	Z, мм вод ст.
				на 1 м	на участке			
Подающая сеть								
Вд — 9	4	50	488	0,14	0,56	0,064	5,3	1,12
9—8	6	32	244	0,28	1,68	0,068	1	0,23
8—5	29	32	122	0,075	2,17	0,035	3,8	0,23
5—2	9	25	122	0,26	2,34	0,059	6	1,08
2—1	3	20	122	0,95	2,85	0,095	1,5	0,68
ΣR = 9,6				ΣZ = 3,54				
Циркуляционная сеть								
1—2	3	20	122	0,95	2,85	0,095	1,5	0,68
2—5	9	25	122	0,26	2,34	0,059	—	—
5—8	29	25	122	0,26	7,54	0,059	2,8	0,5
8—9'	9	32	244	0,28	2,52	0,068	1,5	0,35
9' — Вд	5	50	488	0,14	0,7	0,064	3,8	0,5
ΣR = 15,95				ΣZ = 2,03				

Таблица IV. 19. Выборка коэффициентов местных сопротивлений

Подающая сеть			Циркуляционная сеть		
Участок	Элемент системы	ζ	Участок	Элемент системы	ζ
Вд—9	Водонагреватель	1,5	1—2	Отвод диаметром 20 мм	1,5
	Задвижка диаметром 50 мм	0,5	2—5	—	—

Населенный пункт	Средняя температура воздуха, °С				Средняя скорость ветра за январь и, м/с	Зона влажности	Продолжитель- ность отопитель- ного периода и, сут.
	t_n	$t_{х.с}$	$t_{о.п}$	$t_{х.п}$			
Купино	-38	-41	-9,9	-25	6,7	С	222
Курган	-34	-39	-8,7	-24	—	С	217
Курильск	-15	-17	-0,8	-8	—	В	229
Курск	-24	-29	-3	-14	—	Н	198
Кустанай	-35	-40	-3,7	-22	5,8	С	213
Ленинабад	-13	-16	+2,6	-4	6,8	С	130
Леннинск	-23	-26	-4,3	-11	—	Н	163
Ленкорань	-4	-7	+5,3	+2	—	В	118
Ленинград	-25	-28	-2,2	-11	—	В	219
Лиеная	-18	-23	+0,8	-6	8,6	В	202
Липецк	-26	-32	-3,9	-15	—	С	199
Луцк	-20	-24	-0,2	-8	6,3	Н	187
Львов	-19	-23	+0,3	-7	6,4	Н	183
Магадан	-35	-37	-9,6	-23	—	Н	278
Магнитогорск	-34	-37	-7,9	-22	8,1	С	218
Майкоп	-17	-20	+1,7	-5	5,7	Н	154
Махачкала	-14	-19	+2,6	-2	7	С	151
Мелитополь	-19	-26	0	-9	5,1	С	169
Минск	-25	-30	-1,2	-10	5,4	Н	203
Минусинск	-42	-43	-9,5	-27	—	С	226
Мишуринск	-26	-32	-4,3	-15	5,4	С	202
Москва	-25	-32	-3,2	-14	4,9	Н	205
Могилев	-25	-29	-1,5	-11	5	Н	204
Мурманск	-28	-34	-3,3	-18	7,5	В	281
Нальчик	-17	-21	-0,4	-5	2,5	Н	170
Наманган	-15	-17	+1,2	-7	2	С	131
Нерчинский Завод	-41	-44	-13,1	-31	12,2	С	235
Николаев	-19	-22	+0,4	-7	5,4	С	168
Николаевск-на-Амуре	-35	-38	-9,8	-25	4,5	Н	246
Никополь	-23	-24	-0,8	-8	4,9	С	171
Нижний Тагил	-34	-39	-6,6	-21	—	Н	238
Новгород	-27	-31	-2,6	-12	6,6	Н	220
Новокузнецк	-38	-41	-7,9	-23	5,6	С	227
Новороссийск	-13	-19	+4,4	-2	6,7	В	134
Новосибирск	-39	-42	-9,1	-24	5,7	С	227
Норильск	-46	-51	-14,6	-34	—	Н	300
Одесса	-17	-21	+1	-6	8,5	С	165
Омск	-37	-41	-7,7	-23	5,1	С	220
Онега	-31	-38	-5	-20	4,6	Н	237
Орджоникидзе	-17	-19	-0,4	-5	3	Н	175
Орел	-25	-30	-3,3	-13	6,5	Н	207
Оренбург	-29	-35	-8,1	-20	6,1	С	201
Орск	-29	-36	-7,9	-21	—	С	204
Оха	-29	-32	-7,5	-22	11,2	В	266
Охотск	-31	-39	-10	-26	—	Н	278
Павлодар	-37	-40	-9	-23	6,7	С	209
Пенза	-27	-33	-5,1	-17	2,6	С	206
Пермь	-34	-38	-6,4	-20	—	Н	226
Петрозаводск	-29	-33	-2,9	-14	5,9	Н	237
Полоцк	-26	-30	-1,2	-11	6,5	Н	209

Подающая сеть			Циркуляционная сеть		
Учас-ток	Элемент системы	ζ	Учас-ток	Элемент системы	ζ
Вд—9	Отвод диаметром 50 мм Тройник на поворот	0,3	5—8	Кран диаметром 32 мм Отвод диаметром 32 мм Тройник на проход	1,5
		$1,5 \times 2 = 3$			0,3
$\Sigma \zeta = 5,3$			$\Sigma \zeta = 2,8$		
9—8	Тройник на проход	1	8—9	Тройник на поворот	1,5
8—5	То же	1	9—Вд	То же	$1,5 \times 2 = 3$
	Крестовина на проход Отвод диаметром 32 мм Кран диаметром 32 мм	2 0,3 1,5		Задвижка диаметром 50 мм Отвод диаметром 50 мм	0,5 0,3
$\Sigma \zeta = 3,8$			$\Sigma \zeta = 3,8$		
5—2	Крестовина на проход	$2 \times 3 = 6$			
2—1	Тройник на поворот	1,5			

Далее выполняем проверочный расчет потерь напора в системе горячего водоснабжения при естественной циркуляции и отсутствии водоразбора раздельно в подающей и циркуляционной сетях. Гидравлический расчет выполняем по табл. III.60. и III. 61 (для водяного отопления) для наиболее протяженного (главного) циркуляционного кольца системы: от водонагревателя по подающей сети через стояк I и затем по циркуляционной сети обратно к водонагревателю. Ввиду полной симметрии системы горячего водоснабжения расчетные данные, полученные для ее левой половины, принимаем и для правой. В ходе гидравлического расчета выясняем возможность уменьшения диаметров циркуляционной сети при располагаемом напоре $H_{\text{д}} = H_{\text{р}} - H_{\text{п}} = 53,5 - 15,8 = 37,7$ мм вод. ст. или более 50% $H_{\text{р}}$ (см. стр. 289).

Потери напора на трение R и местные сопротивления Z найдены по табл. III.60 и III.61, а значения к. м. с. $\Sigma \zeta$ для каждой группы расчетных участков — по табл. III.65.

Общая потеря напора в подающей сети $H_{\text{п}} = (9,6 + 3,54) 1,2 = 15,8$ мм вод. ст., в циркуляционной сети $H_{\text{ц}} = (15,95 + 2,03) 1,2 = 21,57$ мм вод. ст. Полные потери напора в циркуляционном кольце $H_{\text{общ}} = 15,8 + 21,57 = 37,37$ мм вод. ст. Запас напора $A = \frac{53,5 - 37,37}{53,5} \cdot 100 \approx 30\%$.

Результаты проверочного расчета показывают, что участки 5—8 циркуляционной сети оказалось возможным назначить меньшего диаметра (25 мм), чем ранее принятые диаметры подающей сети на этих участках (32 мм).

Населенный пункт	Средняя температура воздуха, °С				Средняя скорость ветра за январь v , м/с	Зона влажности	Продолжитель- ность отопитель- ного периода n , сут.
	$t_{\text{н}}$	$t_{\text{х.с}}$	$t_{\text{о.п}}$	$t_{\text{х.п}}$			
Полтава	-22	-27	-1,9	-11	6,2	С	187
Поти	-3	-5	+7,2	+3	5,1	В	120
Псков	-26	-31	-2	-11	4,8	Н	212
Пярну	-22	-26	-0,8	-9	8,6	В	211
Пятигорск	-18	-21	0	-8	6,3	Н	175
Рига	-20	-25	-0,6	-9	4,5	Н	205
Ровно	-21	-25	-0,5	-9	7,5	Н	191
Ростов-на-Дону	-22	-27	-0,6	-8	6,5	С	175
Рубцовск	-38	-41	-8,5	-23	7,9	С	213
Рязань	-27	-33	-4,2	-16	7,3	Н	212
Самарканд	-13	-17	+2,8	-3	2,7	С	132
Саратов	-25	-34	-5	-16	6	С	198
Свердловск	-31	-38	-6,4	-20	5	С	228
Семипалатинск	-38	-39	-8	-21	4,3	С	202
Севастополь	-11	-14	0	0	6,4	С	137
Симферополь	-16	-20	+1,9	-4	6	С	158
Смоленск	-26	-33	-2,7	-13	6,8	Н	210
Советская Гавань	-27	-29	-6,2	-20	—	В	241
Сортавала	-25	-31	-2,8	-14	6,2	В	235
Сочи	-3	-5	+5,9	+2	6,5	В	103
Ставрополь	-18	-23	+0,3	-7	7,4	Н	169
Сумы	-24	-28	-2,5	-12	5,9	Н	195
Сургут	-40	-48	-9,7	-28	5,3	Н	257
Сухуми	-3	-5	+7	+3	—	В	122
Сыктывкар	-36	-40	-6,1	-20	5,5	Н	244
Таганрог	-24	-28	-0,8	-9	5,8	С	173
Таллин	-21	-25	-0,8	-9	7,7	Н	221
Тамбов	-27	-32	-4,2	-15	4,7	Н	202
Тарту	-23	-29	-1,5	-10	6,6	В	214
Ташкент	-15	-18	+2,4	-6	1,7	С	130
Тбилиси	-7	-10	+4,2	0	3,9	С	152
Тернополь	-21	-25	-0,5	-9	5,1	Н	190
Тирасполь	-15	-22	+0,7	-7	4,4	Н	163
Тольятти	-29	-34	-5,4	-17	—	С	203
Туймазы	-34	-37	-6,5	-19	—	С	211
Тула	-28	-31	-3,8	-14	4,9	Н	207
Тюмень	-35	-41	-5,7	-21	3,9	С	220
Ужгород	-18	-22	+1,6	-6	3,6	Н	162
Улан-Удэ	-38	-42	-10,6	-28	2,8	С	235
Ульяновск	-31	-36	-5,7	-18	—	С	213
Умань	-21	-26	-1	-9	5,8	С	186
Уральск	-30	-33	-6,5	-18	6,8	С	199
Усть-Каменогорск	-33	-39	-7,8	-18	5,7	С	204
Уфа	-29	-36	-6,4	-19	—	С	211
Феодосия	-15	-19	+2,9	-2	6	С	144
Фергана	-15	-16	+1,3	-7	2	С	134
Форт Шевченко	-14	-18	+0,6	-7	8,9	С	158
Фрунзе	-23	-27	-0,9	-9	2,4	С	157
Хабаровск	-32	-34	-10,1	-23	5,9	В	205
Харьков	-23	-28	-2,1	-11	5	С	189

МАЛОМЕТРАЖНЫЕ ОТОПИТЕЛЬНЫЕ КОТЛЫ

Общая характеристика встроенных котельных

В населенных пунктах, где нет возможности осуществить теплоснабжение от ТЭЦ или районной котельной, центральное водяное отопление и горячее водоснабжение жилых и общественных зданий обеспечивается теплом от групповых или индивидуальных домовых отопительных котельных, оборудованных небольшими водогрейными или паровыми чугунными секционными котлами общей тепловой мощностью 3—4 Гкал/ч. Если общая теплопроизводительность отопительных котельных, включая технологическую нагрузку, превышает 4 Гкал/ч, они оборудуются более мощными котлоагрегатами с экономайзерами, комплексной механизацией подачи топлива, золоудалением, очисткой дымовых газов.

Котельные бывают отдельно стоящие (выносные), заблокированные (примыкающие к другим зданиям) и встроенные (располагаемые внутри здания) *.

Для современных многоэтажных зданий, расположенных на одном участке или квартале, обычно предусматривается строительство общей отопительной котельной, которую целесообразно располагать в центре существующих и перспективных тепловых нагрузок на обособленном участке вне жилого квартала.

При решении системы теплоснабжения районов малоэтажной застройки городов, кроме требований санитарных и противопожарных норм, учитывают следующее. Устройство централизованного теплоснабжения рентабельно для зданий не ниже двухэтажных. В жилых одноэтажных домах индивидуального типа удобны поквартирные системы центрального водяного отопления. Первоначальные затраты на строительство групповой котельной будут минимальными при мощности котельной не ниже 3 Гкал/ч с установкой котлов теплопроизводительностью не менее 0,5 Гкал/ч.

Групповые котельные, как правило, делаются заблокированными или отдельно стоящими, закрытого типа, независимо от местных климатических условий. В зависимости от вида сжигаемого топлива и теплопроизводительности (если позволяют грунтовые условия и рельеф местности) групповые котельные, как исключение, допускается устраивать в подвале одного из отапливаемых зданий.

Целесообразность строительства групповых котельных для поселков и жилых кварталов с прокладкой наружных тепловых сетей к потребителям должна быть обоснована технико-экономическими расчетами и сравнением вариантов проектных решений. При этом учитывают следующие показатели.

кубатуру зданий, капитальность и очередность строительства, расположение основных потребителей тепла;

плотность застройки, протяженность и способ прокладки наружных тепловых сетей, архитектурно-планировочные требования;

качество грунтов и рельеф местности;

удобство доставки и хранения топлива, вывозки золы и шлака, близость источников энерго-, газо- и водоснабжения, возможность расположения котельной по отношению к жилому массиву с подветренной стороны ветров преимущественного направления.

Если проектируемое здание с центральным отоплением строится ранее других объектов, в нем оборудуется встроенная временная или постоянная индивидуальная котельная в зависимости от комплексного решения вопроса теплоснабжения только при соответствующем технико-экономическом и санитарном обосновании.

Устройство отопительных котельных регламентируется СНиП II-Г.9-65 «Котельные установки. Нормы проектирования», СН 350-66 «Указания по проектирова-

* В настоящем разделе рассмотрены только встроенные котельные, расположенные в подвалах отапливаемых зданий.

Населенный пункт	Средняя температура воздуха, °C				Средняя скорость ветра за январь v , м/с	Зона влажности	Продолжительность отопительного периода n , сут
	t_n	$t_{х.с}$	$t_{о.п}$	$t_{х.п}$			
Херсон	-18	-22	+0,6	-7	6,2	С	167
Хмельницкий	-21	-25	-0,6	-9	5,7	Н	191
Целиноград	-35	-39	-8,7	-22	7,7	С	215
Чарджоу	-13	-17	+3,2	-2	—	С	119
Чебоксары	-32	-35	-5,4	-18	—	В	217
Челябинск	-29	-36	-7,1	-20	4,5	С	216
Череповец	-31	-36	-4,3	-16	7	Н	225
Черкассы	-21	-26	-1	-9	—	С	189
Чернигов	-22	-27	-1,7	-10	4,2	Н	191
Черновцы	-20	-25	-0,2	-9	5,4	С	179
Чимкент	-17	-22	+1,1	-6	2,8	С	147
Чита	-38	-41	-11,6	-30	3,9	С	240
Шадринск	-34	-40	-7,4	-21	—	С	218
Элиста	-23	-27	-1,8	-9	7,6	С	176
Эльтон	-26	-32	-4,2	-14	4,9	С	184
Эмба	-29	-34	-6,9	-20	5,2	С	197
Южно-Сахалинск	-24	-27	-4,3	-15	8,5	В	233
Якутск	-55	-58	-19,5	-45	—	С	254
Ялта	-6	-8	+5,2	+1	4,4	С	126
Ярославль	-31	-35	-4,5	-16	4,4	Н	222

Таблица I.4. Расчетные температуры внутреннего воздуха в помещениях жилых и общественных зданий

Помещения	$t_{в}$, °C
Жилые здания (СНиП II-Л. 1—71)	
Жилая комната квартиры и общежития*, ванная и совмещенный санитарный узел с индивидуальным нагревателем, умывальная индивидуальная, гардеробная, комната для чистки и глажения одежды, вестибюль, общий коридор, лестничная клетка, помещения культурно-массовых мероприятий, коменданта и воспитателя, кабинет врача, обслуживающего персонала и парикмахерские в общежитиях	18
Кухня квартиры, кухня и кубовая, постирочная, сушильная, сушилка одежды и обуви в общежитиях	15
Ванна индивидуальная, ванная и душевая общие, совмещенный санитарный узел	25
Кабины личной гигиены женщин в общежитиях	23
Уборная индивидуальная и общая, вестибюль, передняя, лестничная клетка в квартирном доме, кладовые и бельевые в общежитиях	16
Палата, комната персонала, кабинет физиотерапии, процедурная изолятора в общежитии	20
Машинное отделение лифтов, электрощитовая, мусоросборная камера	5

* В районах с температурой наиболее холодной пятидневки $t_n = 31^\circ\text{C}$ и ниже в жилых комнатах следует принимать $t_{в} = 20^\circ\text{C}$. В угловых комнатах квартир $t_{в}$ необходимо принимать на 2°C выше указанных температур.

нию котельных установок», а также противопожарными, санитарными нормами и другими требованиями, предъявляемыми к проектированию и строительству котельных в населенных пунктах.

Строительство индивидуальной котельной в подвале может быть допущено для отдельно стоящего здания, расположенного среди малоэтажных домов с печным отоплением; котельные прачечных, бань, душевых, гаражей целесообразно объединять в хозяйственные комплексы, размещая их на обособленных участках или в отдельных кварталах изолированно от жилых и общественных зданий. Котельные больничных зданий следует делать блокированными или встроенными в хозяйственные корпуса. Устройство встроенных котельных в лечебных зданиях не допускается. Встроенные котельные в зданиях детских яслей, детских садов и общеобразовательных школ допускаются для теплоснабжения только тех зданий, в которые они встроены.

Встроенные котельные в жилых и общественных зданиях допускаются только при специальном согласовании с Государственной санитарной инспекцией. Такие котельные оборудуются малометражными чугунными секционными водогрейными и паровыми котлами различных типов для сжигания твердого, газообразного и жидкого топлива

При выборе типов отопительных котлов необходимо учитывать следующее: возможность сжигания местного низкосортного или газового и жидкого топлива; применение современных проверенных на практике котлов; возможность установки дополнительных котлов в случае расширения котельной.

Чугунные секционные котлы могут работать как водогрейные при температуре воды на выходе из котла $95-115^{\circ}\text{C}$ и на входе в котел -70°C или как паровые низкого давления $p_k \leq 0,7 \text{ кгс/см}^2$. При работе котлов на газовом топливе они должны иметь приборы и автоматику безопасности согласно нормам Государственной газовой инспекции.

Проектирование и строительство отопительных котельных, монтаж котлов, вспомогательного оборудования и коммуникаций трубопроводов должны отвечать правилам техники безопасности Госгортехнадзора.*

Типы котлов

Малометражные чугунные котлы ВНИИСТО-Мч (табл. V.1 и V.2) и разработанные НИИСТ МПСМ СССР (табл. V.3) со съемными колосниками используют как генераторы тепла для квартирных установок водяного отопления и в небольших индивидуальных котельных (листы V.1 и V.2). Эти котлы собираются из отдельных секций.

Т а б л и ц а V.1. Чугунные котлы ВНИИСТО-Мч малой модели (ГОСТ 8317-57, Лист V.1, рис. 1)

Наименование показателей	Единица измерения	Поверхность нагрева, м ²			
		0,54	0,69	0,84	0,99
Максимальная теплопроизводительность при сжигании сортированного антрацита	тыс. ккал/ч	5	7	8,5	10
Количество секций:					
средних	шт.	2	3	4	5
крайних	»	2			
Строительная длина котла <i>L</i>	мм	280	350	420	490
Емкость	л	15,7	18	20,3	22,7
Масса без воды	кг	124	140	157	173

* Госгортехнадзор РСФСР. Правила устройства и безопасной эксплуатации водогрейных котлов и паровых котлов с давлением не свыше 0,7 атм. М., Госгортехиздат, 1960.

Помещения	$t_{в}, ^\circ\text{C}$
Гостиницы (СНиП II-Л. 17—65)	
Номера, вестибюль, общая гостиная, бюро обслуживания, лестничная клетка, гардероб, комната для чистки одежды и обуви, общая умывальная	20
Общий санитарный узел, кладовые, бельевые, камеры хранения	16
Контора, комнаты дежурного персонала и общественных организаций	18
Склады	12
Детские ясли-сады (СНиП II-Л. 3—71)	
Игровая, приемная младшей группы ясельного возраста в климатических подрайонах и районах:	
I.A, I.B, I.Г	23
I.B, I.Д	22
II, III и IV	21
Групповая, приемная средней и старшей групп ясельного возраста в климатических подрайонах и районах:	
I.A, I.B, I.Г	21
I.B, I.Д	20
II, III и IV	19
Спальня-веранда, раздевальная, комната для музыкальных и гимнастических занятий, персонала и стирально-разборочная	18
Туалетные для младшей группы ясельного возраста	22
То же, средней и старшей групп	21
Туалетные для групп детей школьного возраста	20
Помещение бассейна для обучения детей плаванию	29
Комната для заболевших детей, изолятор, медицинская комната	22
Комната для хранения чистого белья	15
Сушильно-гладильная	16
Общеобразовательные школы и школы-интернаты (СНиП II-Л. 4-62)	
Классные комнаты, учебные кабинеты, лаборатории, мастерские по обработке металла, актовый зал, рекреационные помещения, вестибюль, гардеробы, кладовые для одежды и обуви	16
Гимнастический зал	15
Комнаты общественных организаций, учительские, библиотека-хранилище, кабинеты директора и воспитателей, канцелярия, уборные, комнаты для чистки одежды и обуви	18
Кабинеты врачей, раздеральные при гимнастическом зале	20
Раздеральные при душевых и умывальные	22
Душевые	25
Мастерская по обработке древесины	14
Профессионально-технические училища (СНиП II-Л. 5-68)	
Учебные кабинеты и классы, лаборатории с вредными выделениями, учебно-производственные мастерские, гардеробная, вестибюль, актовый зал	16
Кабинеты технического черчения, читальные залы, библиотека-хранилище, уборные, комнаты общественных организаций и администрации	18
Лаборатории с точными измерительными приборами, кабинет врача	20
Раздевальная при душевых, умывальная	22
Душевые	25

Т а б л и ц а V.2. Чугунные котлы ВНИИСТО-Мч, большой модели (ГОСТ 7252-54. Лист V.1, рис. 2)

Помещения	$t_{в}, ^\circ\text{C}$
Высшие учебные заведения (СНиП II-Л. 6-67)	
Актный зал, лаборатории с производственными вредностями, вестибюль, гардероб в отдельном помещении	16
Аудитории до 150 мест*, учебные кабинеты, чертежные залы, лаборатории без вредных выделений, книгохранилища, фотолаборатории, помещения администрации и общественных организаций	18
Лаборатории с точными измерительными приборами, рентгенкабинет	20
Больницы и поликлиники** (СНиП II-Л. 9—70)	
Палаты для взрослых больных, кабинеты врачей, процедурные кабинеты различного назначения, уборные и умывальные для больных	20
Палаты предродовые, травмированных и недоношенных детей, манипуляционные, изоляторы, комнаты санитарной обработки больных, душевые, кабины личной гигиены женщин, подогрев парафина и озокерита, лечебные плавательные бассейны и ванны, душевой зал с кафедрой, гинекологические процедурные	25
Раздевательные и кабины для раздевания водолечебниц	23
Палаты послеоперационные и послеродовые, родовые и родовые боксы, фильтр-боксы, приемно-смотровые, малые операционные	22
Зал лечебной физкультуры, стерилизационные, лаборатории, регистратура, аптека, склады стерильных материалов, буфет и столовая для больных	18
Помещения для хранения гипсовых бинтов, лекарственных и дезинфицирующих средств, перевязочных материалов и хозяйственного инвентаря, чистое и грязное отделения дезинфекционной камеры	16
Помещения для хранения и регенерации грязи	12
Хранение термолабильных медикаментов, вспомогательные помещения морга	14
Морг	2
Санатории (СНиП II-Л. 10—62)	
Вестибюль, гардеробные, регистратура, помещения для хранения вещей больных, парикмахерские, бельевые, кладовые белья, грязе-лечебницы	16
Кабинет главного врача, канцелярия, архив, комнаты общественных организаций и персонала, чистки одежды и обуви, комнаты дневного пребывания, зубоучебный кабинет, зал лечебной физкультуры, лаборатории, грязевая кухня, помещение мойки и сушки халатов и простынь	18
Кабинеты врачей, аптека, ингаляторы, рентгеновский кабинет, кабинеты электросветолечения, парафино-озокеритового лечения, массажа, электрокардиографии, антропометрическая, кислородная палата, процедурные	20
Раздевательные	23
Водо- и грязелечебница, ванны и душевой залы, грязевых процедур, душевые кабины для обмывания больных	25
Помещения для хранения и регенерации грязи	12
Павильоны и помещения для климатолечения	8
Спортивные сооружения (СНиП II-Л. 11—70)	
Спортивные залы	15 ***

* В аудиториях на 150 мест и более $t_{в}$ необходимо принимать по табл. I СНиП II-Г. 7—62.

** В таблице указаны лишь главнейшие помещения.

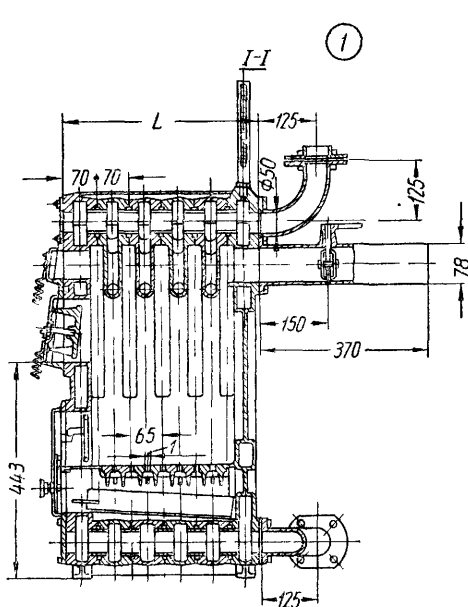
*** Указанная температура должна быть в зоне нахождения спортсменов.

Помещения	$t_{в}, ^\circ\text{C}$
Залы ванн крытых бассейнов	26 *
Залы для подготовительных занятий в бассейнах, гардеробные, помещения для отдыха, учебно-методические кабинеты, лаборатория бассейна	18
Вестибюль-грелка катка, насосно-фильтровальная, хлораторная, кладовые и склады с постоянным пребыванием персонала	16
Вестибюли и гардеробные верхней одежды при бассейнах	20
Массажные, помещения для отдыха при бассейнах	22
Раздевалочные и уборные при них	23
Душевые	25
Бани русского типа (парильные)	60—75 **
Бани типа сауны	60—120 **
Склады баллонов, реагентов, хозяйственных химикатов, кладовые и склады с кратковременным пребыванием персонала	10
Бани (СНиП II-Л. 13—62)	
Вестибюли с гардеробными и кассами, ожидальная, парикмахерские, административные помещения и комнаты персонала	18
Уборные	20
Раздевалочные, ванны и душевые кабины	25
Мыльные	30
Парильные	40
Мастерские бытового обслуживания	16
Дезинфекционные камеры (чистая и грязная половины), кладовые	15
Помещения запасных баков для воды	5
Прачечные (СНиП II-Л. 14—62)	
Помещения для приема, метки, учета и сортировки грязного белья, хранения, стирки, полоскания и отжима белья, хранения стиральных материалов, приготовления растворов, разборки, починки, упаковки, хранения и выдачи чистого белья, сушильно-гладильный цех, ожидальные цехов приема и выдачи чистого белья	15
Лаборатория	18
Централизованный реверс	10
Помещения запасных баков для воды	5
Магазины (СНиП II-Л. 7—70)	
Торговые залы *** в магазинах:	
продовольственных	12
непродовольственных	15
Зал демонстрации новых товаров	18
Помещения для приемки и подготовки товаров к продаже, хранения инвентаря и упаковочных материалов, гладильные и бельевые	16
Разрубочные, помещения для хранения тары, кладовые бакалейных, хлебных, гастрономических, хозяйственных товаров и табачных изделий	10
Кладовые обуви, парфюмерных и прочих товаров	12
Кладовые рыбных товаров и овощей	8

* Указанная температура должна быть в зоне нахождения спортсменов.

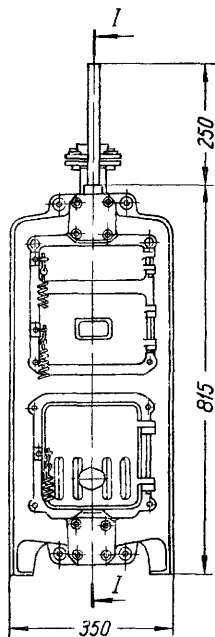
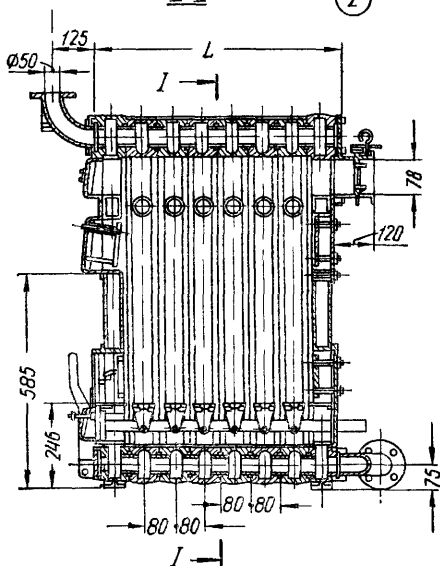
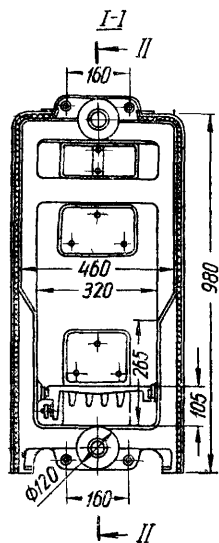
** Указанная температура обеспечивается технологическим оборудованием.

*** В торговых залах во внерабочее время дежурным отоплением следует поддерживать температуру $t_{в} = 10^\circ\text{C}$.



II-II

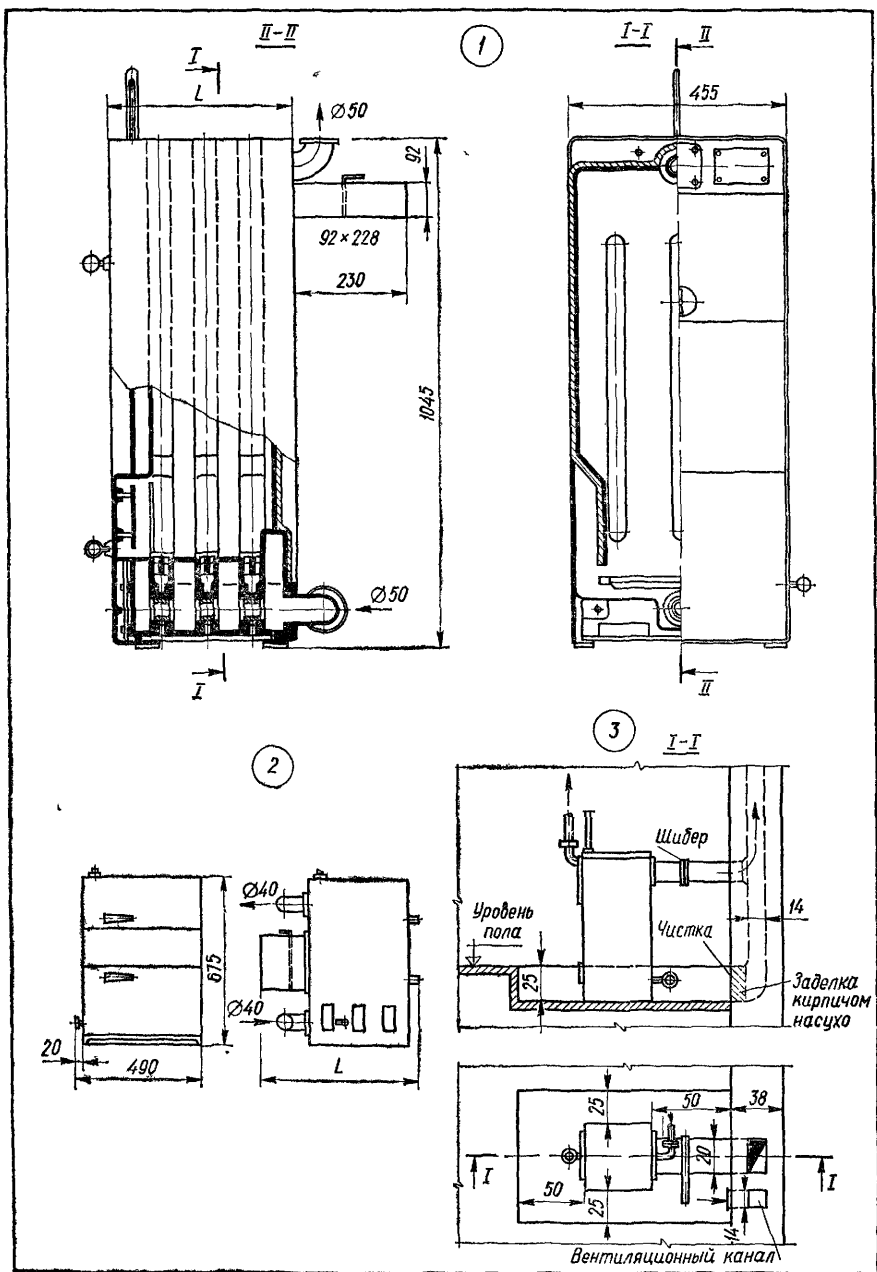
(2)



Лист V.1. Чугунные секционные котлы ВНИИСТО-Мч:

1 — малая модель, 2 — большая модель.

Помещения	$t_{в}, ^\circ\text{C}$
Кинотеатры (СНиП II-Л. 15—68)	
Зрительный зал, распределительные кулуары и фойе, курительная	14
Кассовый вестибюль, перемоточная, кладовая буфета и инвентаря	12
Кассовые кабины, электросиловая, мастерская киномеханика, плакатная и столярная, контора и кабинеты администрации, моечная буфета	18
Аккумуляторная, кислотная, щелочная, санитарные узлы	15
Проекционная, буфет в отдельном помещении, доготовочная буфета	16
Театры (СНиП II-Л. 20—69)	
Зрительный зал до спектакля без зрителей	16
» » во время спектакля	19—21
Сцена, карманы, арьерсцена	22
Трюм	20
Помещения для регулировки освещения сцены и зала	12
Фойе и кулуары, кассовые вестибюли и кабины. Помещения для обслуживающего персонала, администрации, дирижера, художника, настройки инструментов, декораций, костюмов, живописно-декоративная мастерская, библиотека нот, буфет с подсобными комнатами, макетная, кладовая красок	18
Распределительный вестибюль, гардеробные с барьером, аппаратные звукозаписи, звукофикации, связи, радиовещания, кабины дикторов, дежурных костюмеров, гримеров, парикмахерские, проекционная, курительные, бутафорская, слесарная, склады мебели, костюмов, умывальные и уборные	16
Душевые	25
Кладовые машиниста сцены, электроаппаратуры, дежурных складов, реквизита, бутафории, щелочные и кислотные, аккумуляторные, кладовая электролита	15
Клубы (СНиП II-Л. 16—71)	
Зрительный зал, зал-аудитория, костюмерная, мастерская, свето-, звуко- и кинопроекционные, курительные, уборные, гардеробные, помещение пожарного поста	16
Сцена и арьерсцена	22
Артистические и гримерно-парикмахерские	20
Комнаты художника, работы кружков, гостиная, билiardная, читальный зал, книгохранилище, выдача книг на дом, комната рабочих	18
Склады декораций, мебели и электроаппаратуры, аккумуляторные	15
Помещение для регулировки освещения сцены, автотрансформаторная	12
Предприятия общественного питания (СНиП II-Л. 8—71)	
Зал, раздаточная, буфет, вестибюль, аванзал, помещения для продажи полуфабрикатов, отделки кондитерских изделий, экспедиторов, подготовки мороженого, хранения музыкальных инструментов, белья, загрузочная, хлебобрезка, сервизная	16
Цехи доготовочный, холодный, мясной, рыбный, обработки зелени, овощной и птицебельевой, помещения для подготовки яиц и мучных изделий	16
Цехи горячей выпечки кондитерских изделий, кладовые овощей, солений, тары, шлюз при камере пищевых отходов	5



Лист V.2. Чугунные секционные котлы НИИСТ МПСМ СССР.
 1 — котел КЧМ 2; 2 — котел КЧММ-2, 3 — схема отвода дымовых газов.

Помещения	$t_{в}, ^\circ\text{C}$
Помещения для администрации, обслуживающего персонала, совета кафе, кладовщика, главная касса	18
Кладовые сухих продуктов, инвентаря, винно-водочных изделий и пива	12
Предприятия бытового обслуживания населения (СНиП II-Л. 21—71)	
Помещения для изготовления и ремонта одежды*, головных уборов, трикотажных изделий, обуви и кожаной галантереи, ремонта металлоизделий, бытовых приборов, часов, фото-кино- и радиоаппаратуры, телевизоров, музыкальных инструментов, ювелирных и граверных работ, зал фотосъемки и обработки фотоматериалов, парикмахерские, студии звукозаписи, машинописное бюро	18
Химическая чистка одежды	16
Предприятия по обслуживанию автомобилей (СНиП II-Д. 9—62)	
Помещения для хранения автомобилей и шин	5
» » обслуживания автомобилей	16
» » хранения запасных частей, инструментов, масел, обтирочных материалов	10
Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий (СНиП II-М. 3—68)	
Вестибюли, гардеробные уличной одежды, помещения для сушки рабочей одежды, обеспыливание ее, залы собраний и совещаний, светокопировальная мастерская, умывальные	16
Курительные, уборные	14
Гардеробные уличной и рабочей одежды, химическая чистка рабочей одежды, рабочие помещения управлений и общественных организаций, архив, помещения радиоузла и телефонной станции	18
Помещения для отдыха, обеспыливания рабочей одежды при самообслуживании, ремонта рабочей одежды и обуви, конструкторское бюро и библиотеки	20
Гардеробные с пребыванием людей с обнаженным телом, преддушевые, помещения личной гигиены женщин и кормления грудных детей	23
Душевые, фотарии	25
Помещения для обогрева работающих	22—24

Примечание. Во всех основных помещениях жилых и общественных зданий должен быть нормальный влажностный режим внутреннего воздуха ($\varphi = 40 \div 60\%$). Влажный режим допускается в помещениях, где технологический процесс сопровождается большим выделением влаги ($\varphi = 60 \div 70\%$). Мокрый режим при $\varphi = 70 \div 75\%$ может быть в банях и прачечных.

среднюю наиболее холодных суток $t_{хс}$; средней массивности — среднюю из средних температур наиболее холодных суток и наиболее холодной пятидневки; для массивных ограждений — среднюю наиболее холодной пятидневки t_n . Для перекрытий над подвалами и подпольями принимают среднюю наиболее холодной пятидневки температуру t_n , независимо от массивности ограждения.

При проектировании систем отопления принимают такие расчетные температуры наружного воздуха: зимнюю, равную средней наиболее холодных пятидневок из восьми зим за 50-летний период t_n ; среднюю отопительного

* В производственных помещениях с теплоизбытками $t_{в} = 10^\circ\text{C}$.

не имеют обмуровки и снаружи покрываются кожухом из кровельной стали по листовому асбесту. Дымовые газы удаляются через прямоугольный патрубок, расположенный в задней секции котла.

Таблица V.4. Чугунные секционные котлы «Искитим-1», «Отопитель-1» и «Тула-1»

Наименование показателей	Единица измерения	Поверхность нагрева, м ²								
		«Искитим 1» (лист V 3, рис 1)			«Отопитель 1» (лист V 5, рис 2)			«Тула 1»		
		35	48,5	62,5	32	46,3	60,5	43,2	59,4	81,0
Теплопроизводительность при сжигании с дутьем сортированного антрацита	тыс. ккал/ч	—			523	756	988	513	705,6	962
То же, АРШ	то же	550	760	970	464	671	874	456	627,2	855,2
Количество секций	шт.	22	30	38	20	28	36	16	22	30
Габариты котла:										
длина L	мм	1850	2410	2940	1775	2335	2895	1710	2250	2785
ширина	»	2660			2440			2960		
высота	»	2630			2380			2430		
Масса металлических частей	кг	3300	4200	5200	3371	4509	5651	3480	4615	6096
Расход красного кирпича	шт.	2330	2860	3340	2050	2500	2900	1780	2370	2950
То же, огнеупорного	»	690	835	980	400	450	500	1550	1650	1750
Расход изоляции	м ³	—			0,2	0,28	0,34	—		

Таблица V.5. Чугунные секционные котлы «Энергия»

Наименование показателей	Единица измерения	Поверхность нагрева, м ²					
		«Энергия 3», (лист V 3, рис 2)			«Энергия 6»		
		36,8	55,2	73,6	27,9	40,3	52,7
Теплопроизводительность при сжигании с дутьем сортированного антрацита	тыс. ккал/ч	—			486	702	918
То же, АРШ	То же	368	552	736	432	624	816
Количество секций	шт.	18	26	34	20	28	36
Габариты котла:							
длина L	мм	1815	2340	2880	1689	2217	2475
ширина	»	2900			1610		
высота	»	2630			2460		
Масса металлических частей	кг	3247	4406	5565	2860	3809	4758

периода со средней суточной температурой не более $8^{\circ}\text{C } t_{0.п}$; среднюю наиболее холодного периода (для вентиляции) $t_{х.п}$.

Расчетные температуры наружного воздуха, продолжительность отопительного периода n и скорости ветра v принимают по СНиП II-A.6—72 «Строительная климатология и геофизика» или по данным табл. I.3. При отсутствии нужного населенного пункта в табл. I.3, руководствуясь картой на листе I.1, принимают данные для ближайшего пункта, имеющегося в этой таблице.

Расчетные температуры внутреннего воздуха t_v и относительную влажность воздуха φ в помещениях жилых и общественных зданий принимают по табл. I.4.

Нормы сопротивления теплопередаче ограждений

Общее сопротивление теплопередаче многослойной конструкции ограждения R_0 в $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{ккал}$ находят по формуле

$$R_0 = \frac{1}{a_v} + R_1 + R_2 + R_{в.п} + \dots + R_n + \frac{1}{a_n}, \quad (\text{I.8})$$

где $\frac{1}{a_v} = R_v$, $\frac{1}{a_n} = R_n$ — сопротивления теплоотдаче соответственно внутренней и наружной поверхностей ограждения, $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{ккал}$, принимаемые по табл. I.5;

$R_1, R_2, \dots, R_n$ — термические сопротивления отдельных конструктивных слоев ограждения $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{ккал}$, определяемые по формуле (I.3);

$R_{в.п}$ — термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{ккал}$, принимаемое по табл. I.6.

Таблица I.5. Коэффициенты теплоотдачи a_v и a_n и сопротивления теплоотдаче R_v и R_n поверхностей ограждений (СНиП II-A. 7—71)

Вид поверхности	Коэффициенты теплоотдачи, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \times \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$	Сопротивления теплоотдаче, $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{ккал}$
Внутренние поверхности		
Поверхности стен, полов и потолков, гладких или с выступающими ребрами, отношение высоты h которых к расстоянию a между гранями соседних ребер $\frac{h}{a} \leq 0,3$	7,5	0,133
Потолки с выступающими часто расположенными ребрами при $\frac{h}{a} > 0,3$	6,5	0,154
Потолки с кессонами при $\frac{h}{a} > 0,3$ (где a — меньшая сторона кессона)	6	0,167
Наружные поверхности		
Поверхности, соприкасающиеся непосредственно с наружным воздухом — наружные стены, бесчердачные покрытия (совмещенные крыши) и пр.	20	0,05
Поверхности, непосредственно не соприкасающиеся с наружным воздухом:		
выходящие на чердак	10	0,1
над холодными подвалами и подпольями	5	0,2
Поверхности вентилируемых воздушных прослоек и холодных подполий зданий, сооружаемых в Северной строительной-климатической зоне	15	0,066

Таблица V.6. Чугунные секционные котлы «Универсал-5» (лист V.4, рис. 1)

Наименование показателей	Единица измерения	Поверхность нагрева, м ²						
		15,2	19,68	24,16	28,64	33,12	37,6	42,08
Теплопроизводительность при сжигании с дутьем сортированного антрацита	тыс. ккал/ч	221	287	353	418	484	549	615
То же, АРШ	»	200	260	319	378	437	496	552
Количество секций	шт.	14	18	22	26	30	34	38
Длина котла L	мм	855	1095	1345	1595	1845	2095	2245
Масса металлических частей	кг	1430	1719	2007	2295	2583	2871	3159
Расход красного кирпича	шт.	770	940	1110	1280	1450	1450	—
То же, огнеупорного	»	30	42	54	66	78	90	—

Примечание Ширина котла равна 2060, высота — 1850 мм Расход изоляционной мастики — 135 кг.

Таблица V.7. Чугунные секционные котлы «Универсал-6м» (лист V.4, рис. 2)

Наименование показателей	Единица измерения	Поверхность нагрева, м ²			
		13,2	24,2	33,0	41,8
Теплопроизводительность при сжигании с дутьем сортированного антрацита	тыс. ккал/ч	185	339	462	585
То же, АРШ	»	145	266	363	460
Длина котла L	мм	1046	1584	2122	2660
Количество секций	шт.	12	22	30	34
Масса металлических частей	кг	1366	2053	2615	3180
Расход красного кирпича	шт.	500	730	930	1150
То же, огнеупорного	»	115	180	200	225
Расход изоляционной ленты	кг	150	165	195	225

Примечания. 1. Ширина котла равна 2070 мм, высота — 2100 для антрацита и 2470 для бурого угля

2. Расход кирпича и масса металла приведены для котлов на антраците

Таблица V.8. Чугунные секционные котлы типа АВ-2 (лист V.5, рис. 1)

Наименование показателей	Единица измерения	Поверхность нагрева, м ²					
		21,1	27	32,7	38,5	44,2	50
Теплопроизводительность при сжигании с дутьем сортированного антрацита	тыс. ккал/ч	309	393	476	560	645	730
То же, АРШ	»	274	349	425	500	672	648
Количество секций	шт.	16	20	24	28	32	36
Длина котла L	мм	1316	1588	1860	2132	2404	2676

Таблица 1.6. Термические сопротивления замкнутых воздушных прослоек
 $R_{в.п}$ (СНиП II-A. 7—71)

Толщина прослойки, мм	Величины $R_{в.п.}$ ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C} / \text{ккал}$)			
	для горизонтальных прослоек при потоке тепла снизу вверх и для вертикальных прослоек		для горизонтальных прослоек при потоке тепла сверху вниз	
	летом	зимой	летом	зимой
10	0,15	0,17	0,15	0,18
20	0,16	0,18	0,18	0,22
30	0,16	0,19	0,19	0,24
50	0,16	0,2	0,2	0,26
100	0,17	0,21	0,21	0,27
150	0,18	0,21	0,22	0,28
200—300	0,18	0,22	0,22	0,28

Примечание. Величины $R_{в.п}$ соответствуют разности температур на поверхностях прослоек 10°C . Для уточненных расчетов необходимо величину $R_{в.п}$ умножать на следующий коэффициент:

Разность температур, $^\circ\text{C}$ 8 6 4 2
 Коэффициент 1,05 1,1 1,15 1,2

При определении величины R_0 ограждающих конструкций со сплошными воздушными прослойками, вентилируемыми наружным воздухом, в расчетах допускается учитывать только ту часть конструкции, которая расположена между прослойками и помещением. При вычислении термического сопротивления покрытия с вентилируемыми каналами следует принимать полную толщину теплоизолирующего слоя, если диаметр канала не превышает 5 см, а расстояние между каналами — не менее 1,5 м.

Термическое сопротивление ограждений, в которых материал неоднороден как в параллельном, так и в перпендикулярном к тепловому потоку направлениях (разного вида пустотелые камни, кладки с утепляющими вкладышами и пр.), определяют так:

1) плоскостями, параллельными направлению теплового потока, ограждение разрезают на характерные в теплотехническом отношении участки, состоящие из одного или нескольких слоев. Термическое сопротивление ограждения $R_{||}$ вычисляют по формуле

$$R_{||} = \frac{F_I + F_{II} + \dots + F_n}{\frac{F_I}{R_I} + \frac{F_{II}}{R_{II}} + \dots + \frac{F_n}{R_n}}, \quad (1.9)$$

где $R_I, R_{II}, \dots, R_n$ — термические сопротивления отдельных участков, вычисленные по формулам (1.3) или (1.8), но без сопротивлений теплоотдаче $R_{в}$ и $R_{н}$;

$F_I, F_{II}, \dots, F_n$ — площади отдельных участков по поверхности ограждения, м^2 ;

2) плоскостями, перпендикулярными к направлению теплового потока, ограждение разрезают на однородные (состоящие только из одного материала) и разнородные (состоящие из участков с различными материалами) слои. Термические сопротивления однородных слоев вычисляют по формуле (1.3), а неоднородных — по формуле (1.9). Термическое сопротивление ограждения $R_{\perp}$ определяют как сумму термических сопротивлений отдельных слоев;

3) действительное термическое сопротивление ограждения вычисляют по формуле

$$R = \frac{R_{||} + 2R_{\perp}}{3}. \quad (1.10)$$

Термическое сопротивление ограждений, имеющих выступы в плане, а также ограждений, у которых $R_{||}$ более чем на 25% превышает $R_{\perp}$, следует определять рас-

Наименование показателей	Единица измерения	Поверхность нагрева, м²					
		21,1	27	32,7	38,5	44,2	50
Масса металлических частей котла	кг	1747	2120	2493	2889	3262	3635
Расход красного кирпича	шт.	800 (350)	930 (410)	1060 (470)	1190 (530)	1320 (600)	1550 (660)
То же, огнеупорного	»	30 (12)	38 (14)	46 (14)	54 (16)	62 (16)	70 (18)
Расход изоляционной мастики	кг	50 (160) (180) (200) (220) (240) (260)					

Примечания. 1. В скобках даны показатели по варианту с мастичной изоляцией.

2. Ширина котла равна 2040 (1750), высота — 2130 мм.

На листах V.1—V.5 приведены некоторые современные типы отопительных малометражных, водогрейных чугунных секционных котлов с внутренней топкой и легкой обмуровкой, а в табл. V.1—V.8 даны их основные технические показатели. Теплопроизводительность, приведенная в таблицах, уточняется рекомендуемыми величинами теплосъема с поверхности нагрева (см. табл. V.13).

Обмуровка котлов

Фундаменты под чугунные секционные малометражные котлы в легкой обмуровке устраиваются бутовые, кирпичные и бетонные с учетом местных грунтовых условий. Обмуровывают котел после его гидравлического испытания на плотность и проверки правильности установки на фундамент. Кладку обмуровки ведут особо тщательно из красного и огнеупорного кирпича, с хорошей перевязкой швов толщиной 3—5 мм (табл. V.9). Просушивают готовую обмуровку после заполнения котла водой при умеренной топке дровами.

Стойки каркаса заделывают в фундаментную плиту обмуровки котла на глубину не менее 150 мм. Стяжные болты каркаса после установки и натяжки закрепляют с обоих концов гайками. Фронтальная плита с топочными и поддувальными дверцами крепится к стойкам каркаса (см. лист. V.6).

Расход раствора на 1 м³ кладки

Толщина швов, мм	1	2	3	5	8
Расход раствора, м³	0,05	0,084	0,12	0,18	0,23

Таблица V.9. Расход кирпича для обмуровки котлов и топок отопительных котельных на 1 м³ кладки

Сорт кирпича	Размеры, мм	Масса 1 шт., кг	Толщина швов, мм	Расход кирпича, шт.
Шамотный класса А	250 × 123 × 65	3,3	1—2 3	500 480
То же, классов Б и В	230 × 113 × 65	3,1	1—2 3	599 570
Гжельский	235 × 114 × 65	2,9	1—2 3	590 570
Красный	250 × 120 × 65	3,5—3,6	5 8	470—450 450—420

На приготовление 1 м³ огнеупорного раствора требуется 0,85 м³ порошка (30% огнеупорной молотой глины и 70% шамотного порошка по объему), пропущенного через сито с отверстиями 2 мм. На приготовление 1 м³ обыкновенного раствора требуется глины обыкновенной 60—80% и песка 40—20%.

четом их температурного поля. Затем величину общего сопротивления теплопередаче ограждения R_0 с учетом значений $R_{в}$ и $R_{н}$ вычисляют по формуле (1.8). Найденная величина общего сопротивления теплопередаче наружного ограждения R_0 должна быть не менее требуемых значений $R_0^{тр}$ в $(м^2 \cdot ч \cdot ^\circ C)/ккал$ по теплотехническим нормам, вычисленных по формуле

$$R_0^{тр} = \frac{(t_{в} - t_{н}) n}{\Delta t^{н}} R_{в}, \quad (1.11)$$

где $t_{в}$ — расчетная температура воздуха в помещении, принимаемая по табл. 1.4, $^\circ C$;
 $t_{н}$ — расчетная зимняя температура наружного воздуха, $^\circ C$, принимаемая по табл. 1.3 в зависимости от массивности ограждений;
 $R_{в}$ — сопротивление теплоотдаче, $(м^2 \cdot ч \cdot ^\circ C)/ккал$, принимаемое по табл. 1.5;
 n — коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху (см. стр. 32);
 $\Delta t^{н}$ — нормируемый температурный перепад между температурой воздуха в помещении и температурой внутренней поверхности ограждения, принимаемый по табл. 1. 7.

Таблица 1.7. Нормируемые величины температурного перепада $\Delta t^{н}$ (СНиП II-A. 7—71)

Вид помещений	$\Delta t^{н}$, $^\circ C$, не более	
	для наружных стен	для покрытий и чердачных перекрытий
Жилые помещения и помещения общественных зданий (больницы, детские ясли-сады)	6	4
Помещения поликлиник и школ	6	4,5
Помещения общественных (за исключением указанных выше) и административных зданий, вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий, кроме помещений с влажным и мокрым режимами	7	5,5
Отапливаемые помещения производственных зданий с расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха менее 50%	10	8
То же, 50—60%	8	7
Помещения производственных зданий с избыточными тепловыделениями и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха не более 45%	12	12
Помещения производственных зданий с расчетной влажностью внутреннего воздуха более 60%, где не допускается конденсация влаги на внутренних поверхностях стен и потолков	$t_{в} - \tau_p^*$	$t_{в} - \tau_p - 1$
То же, но конденсация влаги на внутренних поверхностях стен допускается	7	$t_{в} - \tau_p - 0,5$

Примечания. 1. Для полов следует принимать следующие величины $\Delta t^{н}$: в жилых зданиях, больницах и детских яслях-садах — $2^\circ C$; в общественных зданиях (за исключением указанных выше) и в производственных зданиях с постоянными рабочими местами — $2,5^\circ C$ (на участках, где отсутствуют постоянные рабочие места, $\Delta t^{н}$ не нормируется).

2. В местах теплопроводных включений — колонн, ригелей каркаса, стыков панелей и пр., а также при относительной влажности внутреннего воздуха в производственных зданиях более 60% допускается принимать $\Delta t^{н} = t_{в} - \tau_p$.

3. Величины $\Delta t^{н}$ и $R_0^{тр}$ не нормируются, а ограждающие конструкции выбираются по строительным и технологическим требованиям, когда тепловыделения значительно превышают потери тепла (более 50%), либо когда избытки явного тепла превышают $20 ккал/(м^3 \cdot ч)$, а влаговыделения незначительны, а также в тех случаях, если внутренняя поверхность стен и покрытий подвергается интенсивному воздействию лучистого тепла или омывается горячим сухим воздухом и если площадь пола помещений на одного работника составляет более $100 м^2$.

* τ_p — температура точки росы внутреннего воздуха, $^\circ C$.

Т а б л и ц а 1.8. Требуемые сопротивления теплопередаче наружных ограждений жилых и общественных зданий $R_{0}^{г\pi p}$,
($м^2 \cdot ч \cdot ^\circ C$)/ккал

$t_B - t_H$	Наружные стены при $n = 1$	Покровытия при $n = 1$		Чердачные перекрытия при $n = 0,9$		Перекрытия над подвалами и подпольями при n , равном					
						0,4		0,6		0,75	
		$\Delta t_H = 4^\circ C$	$\Delta t_H = 4,5^\circ C$	$\Delta t_H = 4^\circ C$	$\Delta t_H = 4,5^\circ C$	$\Delta t_H = 2^\circ C$	$\Delta t_H = 2,5^\circ C$	$\Delta t_H = 2^\circ C$	$\Delta t_H = 2,5^\circ C$	$\Delta t_H = 2^\circ C$	$\Delta t_H = 2,5^\circ C$
20	0,44	0,66	0,59	0,6	0,53	0,53	0,42	0,8	0,64	1,0	0,8
22	0,48	0,73	0,65	0,66	0,58	0,58	0,47	0,88	0,7	1,08	0,87
24	0,53	0,8	0,71	0,72	0,64	0,64	0,51	0,96	0,77	1,2	0,96
26	0,57	0,86	0,77	0,78	0,69	0,69	0,55	1,01	0,83	1,3	1,03
28	0,62	0,93	0,83	0,84	0,74	0,74	0,59	1,12	0,89	1,4	1,11
30	0,66	1,0	0,89	0,89	0,8	0,8	0,64	1,2	0,96	1,5	1,19
32	0,71	1,06	0,95	0,95	0,85	0,85	0,68	1,28	1,02	1,6	1,27
34	0,75	1,13	1,0	1,01	0,9	0,9	0,72	1,36	1,08	1,7	1,35
36	0,79	1,2	1,06	1,07	0,96	0,96	0,76	1,44	1,15	1,79	1,43
38	0,84	1,26	1,12	1,12	1,01	1,01	0,8	1,52	1,21	1,89	1,51
40	0,88	1,33	1,18	1,18	1,06	1,06	0,85	1,6	1,28	1,99	1,59
42	0,93	1,4	1,24	1,24	1,12	1,12	0,89	1,67	1,34	2,09	1,67
44	0,97	1,46	1,3	1,3	1,17	1,17	0,93	1,75	1,4	2,19	1,75

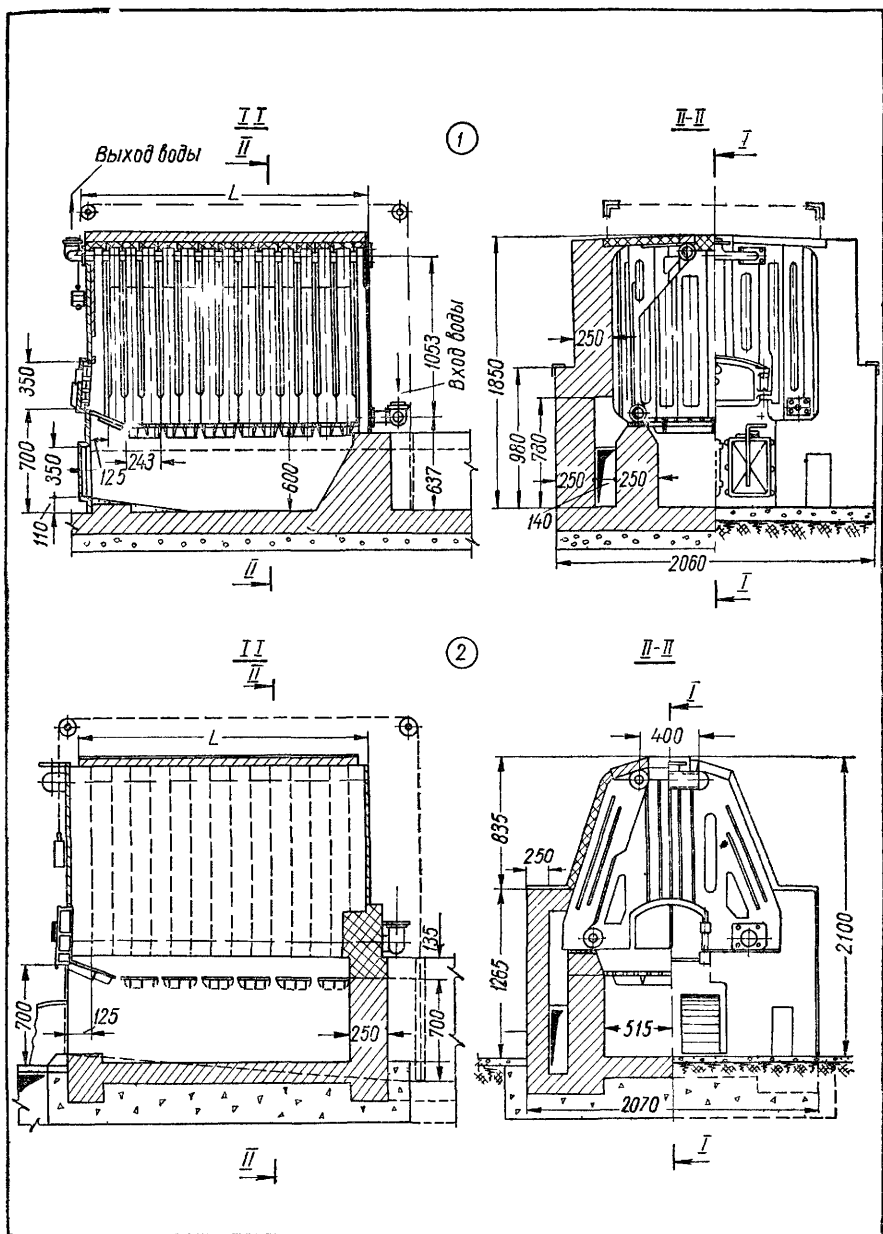
46	1,02	1,53	1,36	1,36	1,36	1,22	1,22	1,22	0,98	1,83	1,47	2,29	1,83
48	1,06	1,6	1,42	1,42	1,42	1,28	1,28	1,28	1,02	1,91	1,53	2,39	1,91
50	1,1	1,66	1,48	1,48	1,48	1,33	1,33	1,33	1,06	1,99	1,6	2,49	1,99
52	1,15	1,73	1,54	1,54	1,54	1,38	1,38	1,38	1,1	2,07	1,66	2,59	2,07
54	1,19	1,79	1,59	1,59	1,59	1,43	1,43	1,44	1,14	2,15	1,72	2,69	2,15
56	1,23	1,86	1,65	1,65	1,65	1,49	1,49	1,49	1,19	2,23	1,79	2,79	2,23
58	1,28	1,93	1,71	1,71	1,71	1,54	1,54	1,54	1,23	2,31	1,85	2,89	2,31
60	1,32	1,99	1,77	1,77	1,77	1,6	1,6	1,6	1,27	2,39	1,91	2,99	2,39
62	1,37	2,06	1,83	1,83	1,83	1,65	1,65	1,65	1,31	2,47	1,98	3,09	2,47
64	1,41	2,13	1,89	1,89	1,89	1,7	1,7	1,7	1,36	2,55	2,04	3,19	2,55
66	1,46	2,19	1,95	1,95	1,95	1,75	1,75	1,75	1,4	2,63	2,11	3,29	2,63
68	1,51	2,26	2,01	2,01	2,01	1,81	1,81	1,81	1,44	2,71	2,17	3,39	2,71
70	1,54	2,33	2,07	2,07	2,07	1,86	1,86	1,86	1,48	2,79	2,23	3,49	2,79

Примечания. 1. При других значениях Δt_n табличные значения величины $R_o^{тр}$ следует умножать на поправку:

Ограждения	Поправки к $R_o^{тр}$ при значениях $\Delta t_n, ^\circ C$											
	4,5	5,5	6	6,5	7	8	9	10	12			
Наружные стены Покрытия и чердачные перекрытия	1,33	1,09	1,0	0,92	0,86	0,75	0,67	0,6	0,5			
	1,0	0,82	0,75	0,69	0,64	0,56	0,5	0,45	0,38			

2. Табличные значения $R_o^{тр}$ для наружных ограждений жилых зданий, больниц, поликлиник и детских яслей-садов следует увеличивать на 10—30% в случаях, указанных в пояснениях на стр. 32.

3. При промежуточных значениях $t_n - t_n$ расчетные величины $R_o^{тр}$ следует определять путем интерполяции.



Лист V.4. Чугунные секционные котлы.

1 — «Универсал 5», 2 — «Универсал 6м»

Значения коэффициента n для различных ограждений (СНиП II-A.7—71)

Наружные стены, покрытия, перекрытия над проездами и над холодными проветриваемыми подпольями зданий, возводимых в районах Северной строительной-климатической зоны	1
Чердачные перекрытия со стальной, черепичной или асбестоцементной кровлей по разряженной обрешетке и покрытия с вентилируемыми прослойками	0,9
Чердачные перекрытия с кровлей из рулонных материалов	0,8
Стены и перекрытия (за исключением перекрытий над неотапливаемыми подвалами), отделяющие отапливаемые помещения от сообщающихся с наружным воздухом неотапливаемых помещений (например, тамбуров)	0,7
Перекрытия над подпольями, расположенными ниже уровня земли, при непрерывной конструкции цоколя с $R_0 > 1 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C)/ккал}$	0,4
То же, с $R_0 \leq 1 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C)/ккал}$ и перекрытия над холодными подпольями, расположенными выше уровня земли	0,75
Стены и перекрытия, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, не сообщающихся с наружным воздухом	0,4
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами, расположенными ниже уровня земли или имеющие наружные стены, выступающие над уровнем земли до 1 м, при наличии окон в наружных стенах	0,6
То же, при отсутствии окон	0,4

Значения требуемых сопротивлений теплопередаче наружных ограждений $R_0^{\text{тр}}$ приведены в табл. I.8, которая составлена для различных тепловых режимов — разностей расчетных температур $t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$ и нормируемых температурных перепадов $\Delta t^{\text{н}}$.

При расчете величины требуемого сопротивления теплопередаче ограждения $R_0^{\text{тр}}$ по формуле (I.11) или определения ее по табл. I.8 следует знать степень массивности ограждения для правильного выбора расчетной наружной температуры $t_{\text{н}}$ или $t_{\text{х.с.}}$, а следовательно, и расчетной разности температур $\Delta t = t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$. Величину $R_0^{\text{тр}}$ наружных стен жилых зданий для однослойных панелей следует увеличивать на 10%, а для многослойных — на 20%. Величину $R_0^{\text{тр}}$ наружных ограждений с характеристикой тепловой инерции $D \leq 2,5$ для жилых, общественных (больницы, поликлиники, детские ясли-сады) и производственных зданий, где требуется постоянно поддерживать заданную температуру и относительную влажность воздуха, следует увеличивать на 30%. При изготовлении конструкций со знаком качества указанные надбавки не предусматриваются.

Величины требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{тр}}$ заполнения световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей) в зависимости от разности расчетных температур внутреннего и наружного воздуха определяются по табл. I.9.

Таблица I.9. Требуемые сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{тр}}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C)/ккал}$, окон, балконных дверей и фонарей жилых и общественных зданий (СНиП II-A.7—71)

Здания и помещения	$t_{\text{в}} - t_{\text{н}}, ^\circ\text{C}$	Окна и балконные двери	Фонари
Больницы, поликлиники, детские ясли-сады, жилые здания и школы	< 25	0,2	0,4
	24—46	0,4	0,4
	47—55	0,44	0,4
	≥ 56	0,6	0,6
Общественные здания, кроме указанных выше	< 30	0,2	0,4
	30—49	0,35	0,4
	50—65	0,4	0,4
	≤ 66	0,56	0,4

Теплотехнический расчет сопротивлений теплопередаче R_0 и выбор строительных конструкций наружных ограждений отапливаемых зданий рекомендуется выполнять в такой последовательности. Сначала найти по готовым данным, приведенным в табл. I.8, или вычислить по формуле (I.11) требуемые сопротивления теплопередаче наружных ограждений R_0^{TP} при заданных температурных режимах. Затем по ним выбрать известные, проверенные на практике конструкции ограждений по табл. I.12—I.16 или запроектировать их заново, в необходимых случаях уточняя принятые величины R_0 экономическим расчетом.

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_0 , как правило, не должно быть меньше сопротивления теплопередаче R_0^{TP} , определяемого из санитарно-гигиенических условий и $R_0^{ЭК}$, определяемого из экономических условий.

В практике теплотехнических расчетов могут быть три случая сопоставления найденных значений сопротивлений теплопередаче — требуемых по нормам R_0^{TP} и фактически принятых для запроектированных конструкций наружных ограждений R_0 :

при $R_0^{TP} = R_0$ принятая конструкция ограждения удовлетворяет теплотехническим нормам;

при $R_0^{TP} > R_0$ наружное ограждение не обладает необходимыми теплозащитными качествами, может накапливать влагу в толще конструкции, промерзать и способствовать конденсации водяных паров на его внутренней поверхности (в практике такой случай недопустимый). Однако по СНиП II-A.7—71 допускается принимать R_0 на 5% меньше R_0^{TP} для промышленных элементов конструкций, а также для сплошных каменных стен из штучных материалов (кирпича, камней и т. п.);

при $R_0^{TP} < R_0$ имеет место перерасход строительных материалов и стоимости, поэтому значительное расхождение этих величин требует технико-экономического обоснования.

Таким образом, выбор конструкций наружных ограждений должен быть экономически целесообразен. В современном строительстве зданий из крупнопанельных элементов с дешевыми и эффективными утеплителями иногда оказывается экономически выгодно проектировать наружные ограждения с сопротивлением теплопередаче $R_0^{TP} < R_0$. При этом сопротивление теплопередаче конструкции повышается за счет увеличения толщины более дешевого теплоизоляционного слоя.

При расчетах сопротивления теплопередаче стеновых панелей следует учитывать возможное ухудшение теплотехнических качеств утеплителей, а также повышенное воздухопроницание в стыковых соединениях (см. примечание 2 к табл. I.8).

Теплотехнический расчет выполняют одновременно с конструированием наружного ограждения. Так, толщину теплоизоляционного слоя наружной стеновой панели жилого дома рассчитывают в следующем порядке. Приняв значение R_0^{TP} для данного температурного режима, находят величину сопротивления теплопередаче наружной панели принятой конструкции по формуле

$$R_0^{TP} = R_0 = R_v + \Sigma R + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из} b} + R_{в.п} + R_n, \quad (I.12)$$

где ΣR — сумма термических сопротивлений конструктивных слоев ограждения, принятых из соображений прочности и устойчивости;

$\lambda_{из}$ — коэффициент теплопроводности изоляции, принимаемый по табл. I.1; $b = 1, 2$ — надбавка на усадку теплоизоляционного материала.

Решая уравнение (I.12) в отношении толщины слоя изоляции $\delta_{из}$ в мм, определяем наименьшую толщину утеплителя из выражения

$$\delta_{из} = 1000 [R_0^{TP} - (R_v + \Sigma R + R_{в.п} + R_n)] \lambda_{из} b. \quad (I.13)$$

При замене одного вида утеплителя другим (с одинаковым значением термического сопротивления) необходимую толщину нового утеплителя δ_2 находят по правилу

пропорциональности:

$$\delta_2 = \delta_1 \lambda_2 b_2 : \lambda_1 b_1. \quad (I.14)$$

Оптимальное значение сопротивления теплопередаче ограждения из экономических условий $R_o^{\text{эк}}$ следует определять по формуле (СНиП II-A.7—71)

$$R_o^{\text{эк}} = \sqrt{\frac{B_k + B_n T_n}{\lambda K_{\text{огр}}}}. \quad (I.15)$$

где B_k — удельные капитальные вложения в устройство системы теплоснабжения;
 B_n — годовые удельные эксплуатационные затраты на отопление;
 T_n — нормативный срок окупаемости дополнительных капитальных вложений;
 λ — коэффициент теплопроводности материала однослойного ограждения или теплоизолирующего слоя многослойной конструкции, принимаемый по табл. I.1;
 $K_{\text{огр}}$ — стоимость 1 м³ однослойного ограждения или теплоизоляционного слоя многослойной конструкции.

Для однослойных стен из кирпича $R_o^{\text{эк}}$ разрешается не определять.

Оптимальное значение сопротивления теплопередаче ограждения при наиболее выгодной толщине теплоизоляционного слоя * с учетом продолжительности работы и стоимости эксплуатации отопительной системы можно найти по формуле

$$R_o^{\text{опт}} = \sqrt{\frac{(t_b - t_{o.n}) n \cdot 24 S_T T_n}{\lambda_{\text{из}} S_{\text{из}}}}, \quad (I.16)$$

где $t_{o.n}$ и n — средняя температура и продолжительность отопительного периода в сутках, принимаемые по табл. I.3;

S_T — стоимость отпуска тепла для системы отопления, руб/ккал,

T_n — нормативный срок окупаемости (6 лет);

$S_{\text{из}}$ — стоимость 1 м³ изоляции, руб.

Дополнительная толщина утепляющего слоя в мм при которой фактическое сопротивление теплопередаче ограждения достигнет своего оптимального значения,

$$\delta_{\text{из}}^{\text{доп}} = 1000 (R_o^{\text{опт}} - R_o^{\text{тр}}) \lambda b. \quad (I.17)$$

Пример I.1. Найти сопротивление теплопередаче наружной стены конструкции, изображенной на листе I.2, рис. 1, и выяснить возможность применения ее для строительства жилого дома в местности с нормальной влажностью и расчетной зимней температурой наружного воздуха $t_n = -26^\circ \text{C}$ и $t_{\text{х.с}} = -31^\circ \text{C}$. Расчет выполнить при условии эксплуатации ограждения по параметру B (см. табл. I.2).

На основании формулы (I.3) вычисляем при помощи табл. I.1 термические сопротивления материальных слоев стенки **:

для известково-песчаной штукатурки $R_1 = 0,02 : 0,7 = 0,028$;

для кирпичной кладки из обыкновенного кирпича при объемной массе кладки $\gamma_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$ $R_2 = 0,38 : 0,7 = 0,542$;

для облицовки естественным камнем правильной формы при объемной массе кладки $\gamma_0 = 1900 \text{ кг/м}^3$ $R_3 = 0,3 : 1,0 = 0,3$;

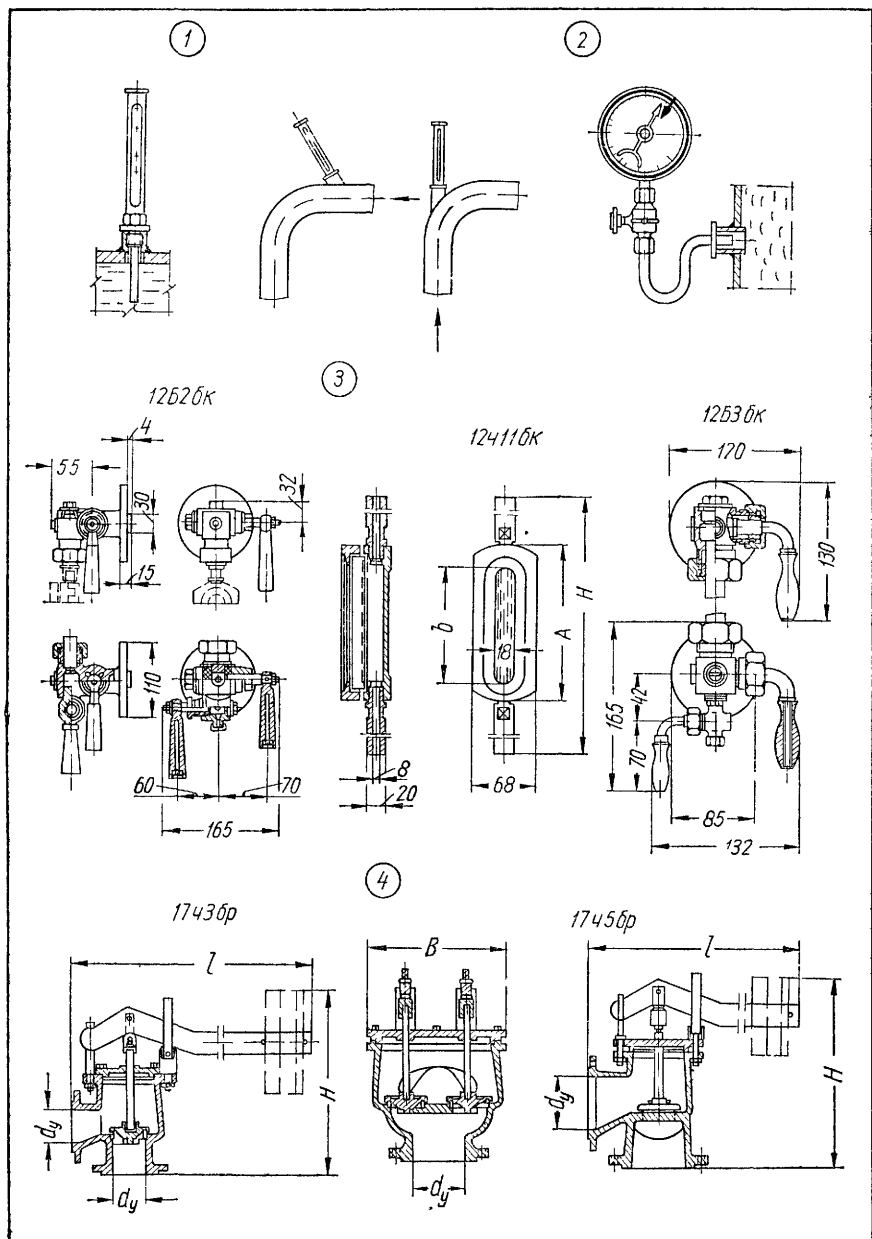
$$\Sigma R = 0,028 + 0,542 + 0,3 = 0,87.$$

Сопротивление теплоотдаче внутренней и наружной поверхностей ограждения по табл. I.5 $R_{\text{в}} + R_{\text{н}} = 0,133 + 0,05 = 0,183$. Тогда общее сопротивление теплопередаче стены $R_o = 0,87 + 0,183 = 1,053 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C)/ккал}$.

Для выяснения степени массивности ограждения, пользуясь формулами (I.4)—(I.7) и табл. I.1, находим коэффициенты теплоусвоения s и соответствующие характеристики тепловой инерции материальных слоев D .

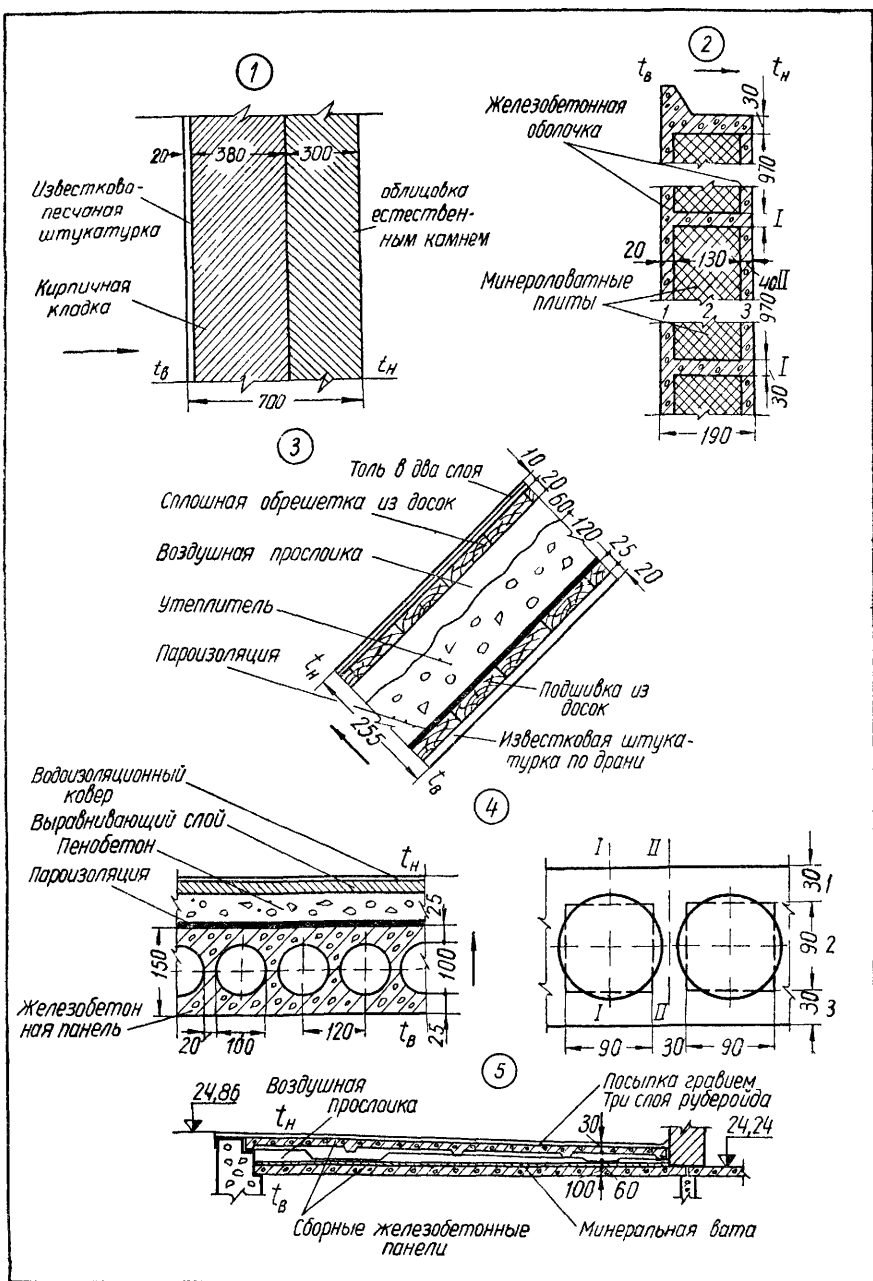
* В. Н. Богословский. Строительная теплофизика. М., «Высшая школа», 1970.

** В промежуточных расчетах размерность R в примерах не указана.



Лист V.7. Арматура котлов:

1 — установка термометров; 2 — установка манометра; 3 — водоуказательные приборы;
4 — грузовые предохранительные клапаны.



Лист I.2. К расчетам сопротивления теплопередаче наружных ограждений:
1 — к примеру I 1, 2 — к примеру I 2, 3 — к примеру I 3, 4—к примеру I 4, 5 — к примеру I 5

Для известково-песчаной штукатурки при $\gamma_0 = 1600 \text{ кг/м}^3$, $c_0 = 0,2 \text{ ккал/(кг} \cdot ^\circ\text{С)}$, $\lambda = 0,7 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)}$ и $w_B = 4\%$. Удельная теплоемкость влажного материала по формуле (I.5)

$$c_w = \frac{0,2 + 0,01 \cdot 4}{1 + 0,01 \cdot 4} = 0,23 \text{ ккал/(кг} \cdot ^\circ\text{С)}.$$

Объемная масса влажного материала по формуле (I.6) $\gamma_w = 1600(1 + 0,04) = 1664 \text{ кг/м}^3$. Отсюда коэффициент теплоусвоения по формуле (I.4)

$$s_1 = 0,51 \sqrt{0,7 \cdot 0,23 \cdot 1664} = 8,36 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)}.$$

Характеристика тепловой инерции $D_1 = 0,028 \cdot 8,36 = 0,234$.

Для кирпичной кладки при $\gamma_0 = 1800 \text{ кг/м}^3$, $c_0 = 0,21 \text{ ккал/(кг} \cdot ^\circ\text{С)}$, $\lambda = 0,7 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)}$, $w_B = 2\%$

$$c_w = \frac{0,21 + 0,01 \cdot 2}{1 + 0,01 \cdot 2} = 0,225 \text{ ккал/(кг} \cdot ^\circ\text{С)},$$

$\gamma_w = 1800(1 + 0,02) = 1836 \text{ кг/м}^3$; $s_2 = 0,51 \sqrt{0,7 \cdot 0,225 \cdot 1836} = 8,61 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)}$,

$$D_2 = 0,542 \cdot 8,61 = 4,666.$$

Для каменной облицовки при $\gamma_0 = 1900 \text{ кг/м}^3$, $c_0 = 0,22 \text{ ккал/(кг} \cdot ^\circ\text{С)}$, $\lambda = 1,0 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)}$ и $w_B = 3\%$

$$c_w = \frac{0,22 + 0,01 \cdot 3}{1 + 0,01 \cdot 3} = 0,252 \text{ ккал/(кг} \cdot ^\circ\text{С)},$$

$\gamma_w = 1900(1 + 0,03) = 1957 \text{ кг/м}^3$, $s_3 = 0,51 \sqrt{1,0 \cdot 0,252 \cdot 1957} = 11,4 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)}$;
 $D_3 = 0,3 \cdot 11,4 = 3,42$.

Полная величина тепловой инерции конструкции

$$\Sigma D = 0,234 + 4,666 + 3,42 = 8,32.$$

Поскольку $D = 8,32 > 7$, конструкцию стены следует отнести к массивным ограждениям. Для них величина R_0^{TP} принимается по зимней расчетной температуре наружного воздуха наиболее холодной пятидневки. Из табл. I.8 видно, что при $t_n - t_B = 18 + 26 = 44^\circ \text{С}$ значение требуемого сопротивления теплопередаче меньше найденного, а именно: $R_0^{\text{TP}} < R_0$ или $0,97 < 1,053$. Таким образом, конструкция стены отвечает теплотехническим нормам.

Пример I.2. Вычислить сопротивление теплопередаче трехслойной стеновой панели из железобетонной оболочки, заполненной минераловатными плитами (лист I.2, рис. 2). Расчет выполнить для строительства в зоне с нормальной влажностью при параметре B .

Панель площадью 1 м^2 разбиваем на характерные участки с однородной конструкцией параллельно тепловому потоку (сечения I, II) и перпендикулярно к нему (сечения 1, 2, 3).

Определим термическое сопротивление панели параллельно тепловому потоку. На участке I (железобетонная диафрагма)

$$R_I = \frac{0,19}{1,75} = 0,108;$$

площадь этого участка $F_I = 0,03 \cdot 1 = 0,03 \text{ м}^2$.

На участке II (железобетонная оболочка, заполненная минераловатными плитами с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,052$ и $b = 1,2$)

$$R_{II} = \frac{0,02 + 0,04}{1,75} + \frac{0,13}{0,052 \cdot 1,2} = 2,12;$$

площадь этого участка $F_{II} = 0,97 \cdot 1 = 0,97 \text{ м}^2$.

Арматура котлов

Чугунные секционные водогрейные и паровые котлы низкого давления по правилам Госгортехнадзора оборудуются предохранительными устройствами и контрольно-измерительной арматурой.

Водогрейные котлы (с температурой воды до 115°C) оборудуются термометрами, манометрами, предохранительными клапанами, запорными задвижками и патрубками в нижней части котла с пробочным краем или вентилем для спуска воды и грязи, а также для наполнения котла.

Термометр со шкалой до 130°C и делениями через 1°C устанавливают на патрубке или подающем трубопроводе котла. На подающей линии термометр устанавливается между котлом и запорной задвижкой. При наличии в котельной более двух котлов необходим также термометр на общей подающей магистрали системы. Термометры устанавливают в специальных гильзах, имеющих гнезда, заполненные машинным маслом (лист V.7, рис. 1).

Манометр при естественной циркуляции устанавливают на общей обратной линии системы. При насосной циркуляции устанавливают два манометра, монтируемые на одном уровне: один — на всасывающем патрубке перед насосом, другой — на напорном после насоса.

На котлах теплопроизводительностью свыше $350\,000\text{ ккал/ч}$ устанавливают два грузовых предохранительных клапана, на котлах меньшей теплопроизводительности — один клапан. Вместо одного из предохранительных клапанов допускается устройство обвода вокруг запорной задвижки на выходе горячей воды из котла с обратным клапаном, пропускающим воду из котлов. В этом случае между котлом и расширительным баком не устанавливают других запорных устройств. Диаметры обводной линии и обратного клапана должны быть:

для котлов с поверхностью нагрева менее 25 м^2 и теплопроизводительностью менее $240\,000\text{ ккал/ч}$ — не менее 38 мм ;

для котлов с поверхностью нагрева свыше 25 м^2 и теплопроизводительностью более $240\,000\text{ ккал/ч}$ — не менее 50 мм .

При наличии в котельной нескольких чугунных секционных водогрейных котлов, работающих на общий трубопровод горячей воды и имеющих, кроме запорных задвижек, задвижки на общем трубопроводе, разрешается вместо предохранительных клапанов устанавливать на каждом котле обводы с обратными клапанами у запорных устройств котлов. В этом случае на общем трубопроводе горячей воды устанавливают два предохранительных клапана между задвижками на котлах и общим трубопроводом. Диаметр каждого из предохранительных клапанов принимают по расчету для одного из котлов с наибольшей теплопроизводительностью, но не менее 50 мм .

Запорные задвижки, присоединяемые непосредственно к котлу или при помощи вставки между ними колена, отвода или изогнутой стальной трубы, устанавливают на подающем и обратном трубопроводах от каждого котла. При наличии в котельной одного котла установка запорных задвижек не обязательна.

Паровые котлы низкого давления (до $0,7\text{ кгс/см}^2$) оборудуются водоуказательными приборами, манометрами, предохранительными выкидными приспособлениями, запорными паровыми вентилями, а также спускными кранами, задвижками или вентилями для опорожнения котла и периодической промывки его от шлама под давлением.

На каждом котле устанавливают не менее двух водоуказательных приборов. Один из них можно заменить двумя водопробными кранами с внутренним диаметром не менее 8 мм .

Водопробные краны выпускаются нескольких типов с диаметром условного прохода $d_y = 6, 10, 15$ и 20 мм . Для чугунных котлов с поверхностью нагрева менее 25 м^2 допускается установка только одного водоуказательного прибора. Круглые водоуказательные стекла должны иметь защитные приспособления на случай разрыва (табл. V.10).

Манометр со шкалой до 3 кгс/см^2 с делением для первой атмосферы через $0,1\text{ кгс/см}^2$ сообщается с паровым пространством котла при помощи сифонной трубки с трехходовым краном (лист V.7, рис. 2). На шкале манометра устанавливается постоянный указатель (черта или металлическая стрелка) максимального допускаемого давления пара в котле.

Общее термическое сопротивление панели параллельно тепловому потоку на основании формулы (I.9)

$$R_{\parallel} = \frac{0,03 + 0,97}{\frac{0,03}{0,108} + \frac{0,97}{2,13}} = 1,366.$$

Термическое сопротивление панели перпендикулярно к тепловому потоку на участках 1 и 3 (стенки железобетонной оболочки)

$$R_{1+3} = \frac{0,02 + 0,04}{1,75} = 0,034.$$

На участке 2 (теплоизоляция минераловатными плитами с железобетонными диафрагмами панели) по формуле (I.1) находим величину среднего коэффициента теплопроводности пропорционально толщинам неоднородных слоев панели

$$\lambda_{ср2} = \frac{1,75 \cdot 0,03 + 0,052 \cdot 1,2 \cdot 0,97}{0,03 + 0,97} = 0,112.$$

Тогда

$$R_2 = \frac{0,13}{0,112} = 1,16.$$

Общее термическое сопротивление перпендикулярно к тепловому потоку на основании формулы (I.8)

$$R_{\perp} = 0,034 + 1,16 = 1,194.$$

Поскольку разница между $R_{\parallel}$ и $R_{\perp}$ (1,366 и 1,194) весьма незначительна и не превышает 25%, полученные значения термических сопротивлений можно принять. Действительная величина термического сопротивления панели по формуле (I.10)

$$R = \frac{1,366 + 2 \cdot 1,194}{3} = 1,251.$$

На основании формулы (I.8) общее сопротивление теплопередаче конструкции панели

$$R_0 = 0,133 + 1,251 + 0,05 = 1,434 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C) / ккал.}$$

Пример 1.3. Найти сопротивление теплопередаче бесчердачного покрытия (лист 1.2, рис. 3) и рассчитать наименьшую толщину утеплителя для отопляемого складского помещения, строящегося в местности с сухим климатом, при $t_{в} = 15^{\circ}\text{C}$. Средняя температура самых холодных суток $t_{х.с} = -27^{\circ}\text{C}$. Покрытие относится к конструкциям малой массивности.

Определяем термические сопротивления отдельных конструктивных слоев покрытия, принимая значение λ в табл. I.1. по графе А:

известковая штукатурка по драни —

$$R_1 = 0,02 : 0,45 = 0,044;$$

подшивка из досок —

$$R_2 = 0,025 : 0,12 = 0,208;$$

засыпка топливным шлаком ($b = 1,2$) —

$$R_3 = 0,12 : 0,2 \cdot 1,2 = 0,5;$$

воздушная прослойка толщиной 6 см — по табл. I.6

$$R_4 = 0,2;$$

обрешетка сплошная из досок —

$$R_5 = 0,02 : 0,12 = 0,166;$$

толь в два слоя —

$$R_6 = 0,01 : 0,15 = 0,067.$$

Сопротивление теплоотдаче по табл. I.5 $R_{в} + R_{и} = 0,133 + 0,05 = 0,183.$

Величина общего сопротивления теплопередаче покрытия по формуле (I.8) равна сумме термических сопротивлений и сопротивления теплоотдаче: $R_0 = 1,361 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C) / ккал.}$

По данным табл. I.8 для покрытий, при заданной разности расчетных температур $t_{в} - t_{х.с} = 15 + 27 = 42^{\circ}\text{C}$, требуемое сопротивление теплопередаче с поправкой 0,82 на $\Delta t^H = 5,5^{\circ}\text{C}$ должно быть не менее $R_0^{TP} = 1,24 \cdot 0,82 = 1,03$, т. е. принятую ранее толщину утеплителя можно несколько уменьшить.

На основании приведенного подсчета термических сопротивлений конструктивных слоев покрытия наименьшую толщину слоя шлака определим из выражения

$$\delta_{из} = 1000 (R_{0\Gamma}^{TP} - R_0 + R_3) \lambda b = 1000 (1,03 - 1,361 + 0,5) 0,2 \cdot 1,2 = 35 \text{ мм.}$$

Применять в покрытиях топливный шлак, значительно увеличивающий нагрузку на несущие деревянные конструкции, запрещено, поэтому утеплитель необходимо заменить на более легкий. Такую замену утеплителей при одинаковых значениях их термических сопротивлений производим по формуле (1.14).

Если вместо топливного шлака при $\gamma_1 = 1000 \text{ кг/м}^3$, $\delta_1 = 0,12 \text{ м}$ и $\lambda_1 = 0,20 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)}$ утеплить покрытие трепелом при $\gamma_2 = 700 \text{ кг/м}^3$ и $\lambda_2 = 0,16 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)}$, необходимая толщина слоя трепела $\delta_2 = 0,12 \cdot 0,16 : 0,2 = 0,096 \text{ м}$, а масса 1 м^2 засыпки уменьшится на $1000 \cdot 0,12 - 700 \cdot 0,096 = 120 - 67 = 53 \text{ кг}$.

Найденное значение сопротивления теплопередаче ограждения R_0 вычислено в предположении, что воздушная прослойка неветилируемая. Фактически в пустотелых конструкциях стен, перекрытий и кровли (ветилируемых) происходит постоянное движение воздуха за счет проникновения его через неплотности в швах кладки, пористости строительных материалов и ветилиации воздушных прослоек кровли и перекрытий, что уменьшает сопротивление теплопередаче ограждения.

Пример 1.4. Рассчитать сопротивление теплопередаче совмещенной кровли из многопустотных железобетонных панелей средней массивности и найти оптимальную толщину утеплителя (пенобетона) для общественного здания в Киеве (лист 1.2, рис. 4). Расчетные температуры: $t_{в} = 18^\circ\text{С}$, $t_{н} = -21^\circ\text{С}$, $t_{х.с} = -26^\circ\text{С}$. Зона влажности нормальная.

Требуемое сопротивление теплопередаче R_0^{TP} по табл. 1.8 для совмещенной кровли при разности расчетных температур $t_{в} - \frac{t_{н} + t_{х.с}}{2} \approx 42^\circ\text{С}$ при $\Delta t^H = 4^\circ\text{С}$ должно быть не менее $1,4 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)/ккал}$.

Находим термическое сопротивление многопустотной железобетонной панели, затем оптимальную толщину утеплителя (пенобетона), но без учета водоизоляционного ковра, выравнивающего слоя и пароизоляции. Для упрощения круглые отверстия-пустоты панели диаметром 100 мм заменяем равновеликими по площади квадратными со стороной 90 мм:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\pi d^2}{4}} = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4}} = 0,088 \text{ м} \approx 90 \text{ мм.}$$

Термическое сопротивление панели в направлении, параллельном движению теплового потока, вычисляем для двух характерных сечений:

для сечения I—I (два слоя железобетона толщиной $\delta_1 = 0,03 \text{ м}$ с $\lambda_1 = 1,75 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)}$ и воздушная прослойка толщиной $\delta = 0,09 \text{ м}$)

$$R_I = 2 \cdot \frac{0,03}{1,75} + 0,21 = 0,244,$$

где $R_{в.п} = 0,21$ — термическое сопротивление замкнутой горизонтальной воздушной прослойки при потоке тепла снизу вверх (см. табл. 1.6);
для сечения II—II (толщина глухой части панели $\delta = 0,15 \text{ м}$)

$$R_{II} = \frac{0,15}{1,75} = 0,085;$$

на основании формулы (1.9)

$$R_{\parallel} = \frac{0,09 + 0,03}{\frac{0,09}{0,244} + \frac{0,03}{0,085}} = 0,169.$$

Термическое сопротивление панели в направлении, перпендикулярном к движению теплового потока, вычисляем для трех характерных сечений.

Таблица V. 10. Водоуказательный прибор 12 ч116к (лист V.7, рис. 3)

Номер рамки	Размеры рамки, мм			Стекло (по ГОСТ 1663—57)		Масса прибора, кг
	A	b	H	номер	длина, мм	
2	162	124	298	11	140	2,5
4	224	173	360	19	190	3,3
6	284	234	420	26	250	4,2
8	355	304	491	32	320	5,2

Таблица V. 11. Предохранительные гидравлические затворы паровых котлов низкого давления (лист V.8, рис. 1)

Теплопроизводительность котла, тыс ккал/ч	Диаметры труб, мм			Размеры, мм	
	D	D ₁	d	a	b
До 15	25	100	25	400	350
15—40	38		32		
40—80	50		32		
80—150	65	125	38	500	400
150—240	76				
240—450	100			500	500
450—800	125			600	500

Примечания. 1. Высота H зависит от давления пара: для $p_k = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6$ и $0,7$ кгс/см² она принимается соответственно 3000; 4000; 5000; 6000; 7000 и 8000 мм.

2. Для типа III высота бачков $b = a + 50$ мм.

Таблица V. 12. Клапаны предохранительные неполноподъемные однорычажные 17ч36р и двухрычажные 17ч56р (ГОСТ 5335—59, лист V. 7, рис. 4)

Размеры, мм			Фланцы входные $p = 16 \text{ кгс/см}^2$			Фланцы выходные $p = 6 \text{ кгс/см}^2$			Масса без груза, кг
			Диаметры, мм			Диаметры, мм			
			фланца	болтовых отверстий	число болтов, шт.	фланца	болтовых отверстий	число болтов, шт.	
d_y	l	H							
Клапаны однорычажные									
25	560	250	115/85	14	4	100/75	12		7
50	770	360	160/125	18	4	140/110	14	4	16
80	1030	450	195/160	18	8	185/150	18		31
100	1180	480	215/180	18	8	205/170	18		49
Клапаны двухрычажные									
80	780	380	195/160	18		185/150		4	34
125	1050	490	245/210	18	8	235/200	18	8	64
150	1200	550	280/240	23		260/225		8	100

Примечания. 1. В числителе указаны наружные диаметры фланцев, а в знаменателе — диаметры окружности болтовых отверстий.

2. Ширина двухрычажного клапана B соответственно равна. 260, 320 и 380 мм.

Для 1 и 3-го слоев (слой железобетона толщиной $\delta = 0,03$ м)

$$R_{1,3} = \frac{0,03}{1,75} = 0,017.$$

Для определения термического сопротивления 2-го слоя панели предварительно по формуле (1.1) находим средний коэффициент теплопроводности. Конструкция этого слоя состоит из воздушной прослойки толщиной $\delta_1 = 0,09$ м и железобетона толщиной $\delta_2 = 0,03$ м. Для воздушной прослойки требуется найти эквивалентный коэффициент теплопроводности

$$\lambda_2 = \lambda_1 = \frac{\delta_1}{R_{в.п}} = \frac{0,09}{0,21} = 0,43 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C)}.$$

Тогда средний коэффициент теплопроводности панели

$$\lambda_{ср} = \frac{0,43 \cdot 0,09 + 1,75 \cdot 0,03}{0,09 + 0,03} = 0,72 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C)}.$$

Среднее термическое сопротивление для 2-го слоя

$$R_2 = \frac{0,09}{0,72} = 0,125.$$

Суммарное термическое сопротивление всех трех слоев панели

$$R_{\perp} = 0,017 \cdot 2 + 0,125 = 0,159.$$

Разница между $R_{\parallel}$ и $R_{\perp}$ составляет: $[(0,169 - 0,159) : 0,169] \cdot 100 = 6\% < 25\%$, что допускается нормами. Отсюда полное термическое сопротивление многослойной железобетонной панели

$$R_{жб.п} = \frac{0,169 + 2 \cdot 0,159}{3} = 0,162.$$

Общее сопротивление теплопередаче конструкции без теплоизоляции

$$R_o = 0,133 + 0,162 + 0,05 = 0,345 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C)/ккал}.$$

Зная величину требуемого сопротивления совмещенной кровли и полное термическое сопротивление панели, можно найти наименьшую толщину слоя теплоизоляции пенобетоном при $\lambda_{пб} = 0,12$ ккал/(м · ч · °C), $\gamma = 400$ кг/м³ и $b = 1,0$:

$$R_o^{TP} = R_v + R_{жб.п} + R_{пб} + R_n = 0,345 + \frac{\delta_{пб}}{\lambda_{пб}},$$

откуда

$$\delta_{пб} = \lambda_{пб} (R_o^{TP} - 0,345) = 0,12 (1,4 - 0,345) = 0,127 \text{ м} \approx 130 \text{ мм}.$$

Пример 1.5. Используя данные предыдущего примера, найти сопротивление теплопередаче типовой конструкции, более удачной для условий эксплуатации жилого дома, — вентилируемой совмещенной крыши из сборных железобетонных элементов с утеплением минеральной ватой с $\gamma = 200$ кг/м³ (лист 1.2, рис. 5).

Сопротивление теплопередаче находим только для части конструкции совмещенной крыши-перекрытия. Поскольку вентилируемое пространство над покрытием имеет высоту более 300 мм, расчетную конструкцию следует рассматривать как чердачное перекрытие.

Термические сопротивления R вычисляем для значений коэффициентов теплопроводности конструктивных слоев λ по графе Б табл. 1.1 ($b = 1,2$):

цементно-песчаная затирка — $R_1 = 0,05 : 0,8 = 0,062$;

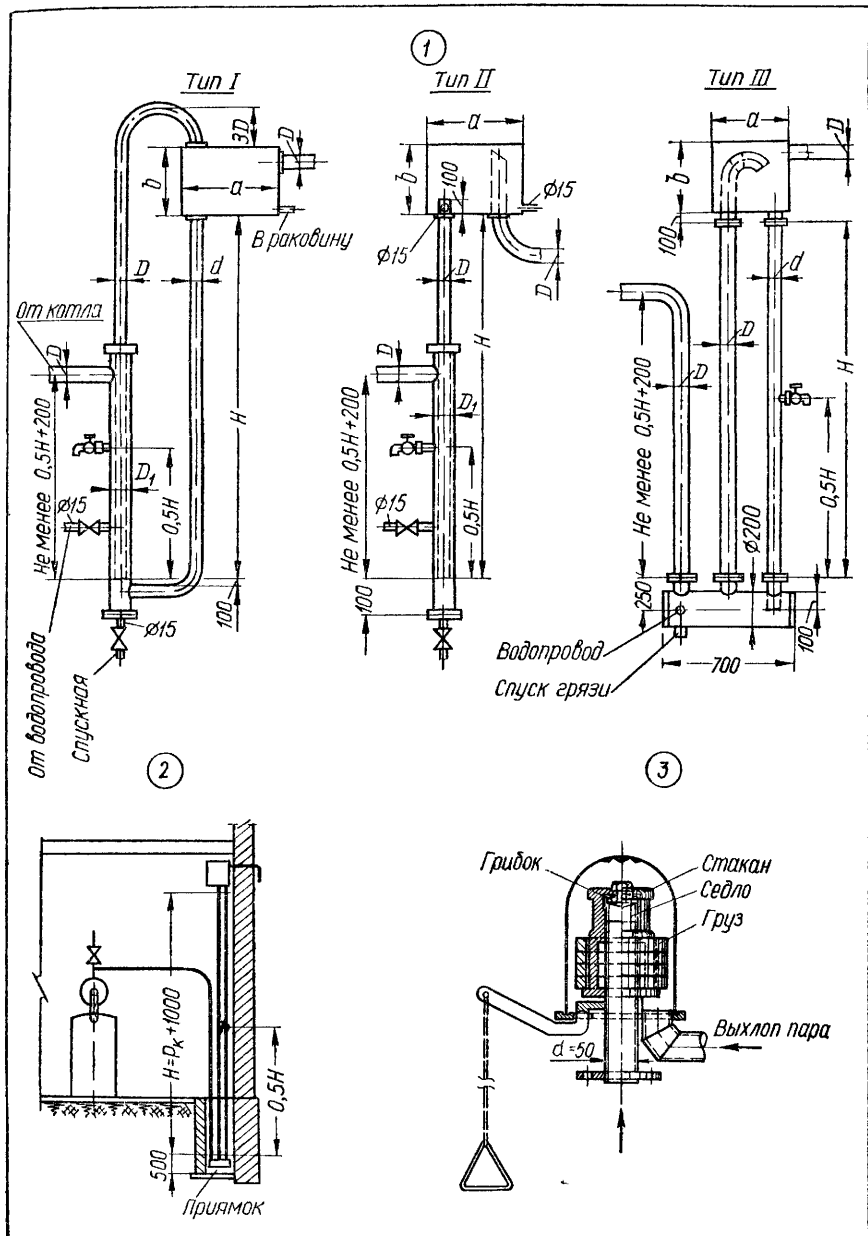
сборная железобетонная панель — $R_2 = 0,1 : 1,75 = 0,057$;

плиты из минеральной ваты — $R_3 = 0,06 : 0,052 \cdot 1,2 = 0,967$.

Сопротивление теплоотдаче $R_v + R_n = 0,133 + 0,1 = 0,233$.

Величина общего сопротивления теплопередаче $R_o = 1,319$.

На основании данных табл. 1.8 при разности расчетных температур 42°C и $\Delta t^n = 4^\circ\text{C}$ значение требуемого сопротивления теплопередаче чердачного перекрытия вентилируемой совмещенной кровли должно быть не менее $1,24 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C)/ккал}.$



Лист V.8. Паровыкидные устройства паровых котлов низкого давления:
 1 — гидравлические затворы; 2 — схема установки; 3 — предохранительный клапан КСШ Ч-0,7-750.

Таким образом, принятая конструкция перекрытия с величиной $R_0 = 1,319 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)/ккал}$ отвечает теплотехническим нормам.

Пример 1.6. Найти оптимальное сопротивление теплопередаче и толщину утеплителя для покрытия отопляемого склада малой массивности, если $t_b = 15^\circ\text{С}$, $t_{x,c} = -21^\circ\text{С}$, $t_{o,п} = -1,2^\circ\text{С}$, а продолжительность отопительного периода $n = 190$ суток. Покрытие имеет теплоизоляционные минераловатные плиты толщиной 30 мм при $\lambda_{из} = 0,052$ и $b = 1,2$. Стоимость изоляции $S_{из} = 10,4 \text{ руб/м}^3$, а стоимость отпуска тепла на отопление $S_T = 4 \cdot 10^{-6} \text{ руб/ккал}$. Нормативный срок окупаемости $T = 6$ лет.

На основании данных табл. 1.8 при $\Delta t = 15 + 21 = 36^\circ\text{С}$ с учетом поправки 0,82 на величину $\Delta^H = 5,5^\circ\text{С}$ требуемое сопротивление теплопередаче покрытия склада $R_0^{TP} = 1,06 \cdot 0,82 = 0,87 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)/ккал}$.

По формуле (1.16) оптимальное значение сопротивления теплопередаче покрытия при заданных условиях

$$R_0^{\text{опт}} = \sqrt{\frac{(15 + 1,2) \cdot 190 \cdot 24 \cdot 4 \cdot 10^{-6} \cdot 6}{0,052 \cdot 1,2 \cdot 10,4}} = 1,62 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)/ккал}.$$

Поскольку $R_0^{\text{опт}} > R_0^{TP}$ ($1,62 > 0,87$), то дополнительная толщина теплоизоляционного слоя по формуле (1.17) $\delta_{из}^{\text{доп}} = 1000 (1,62 - 0,87) 0,052 \cdot 1,2 = 45 \text{ мм}$. Таким образом, оказалось экономически оправданным увеличить толщину утеплителя до 75 мм.

Проверка наружных ограждений на конденсацию влаги

Если строительные конструкции наружных ограждений выбраны при $R_0 > R_0^{TP}$, проверка на конденсацию водяных паров не требуется. В помещениях с влажным и мокрым режимами такую проверку производят при соответствующей упругости водяных паров в воздухе. Конденсация влаги не будет происходить, если температура внутренней поверхности наружного ограждения $t_{в,п}$ на $1-2^\circ\text{С}$ превышает точку росы t_p — температуру, при которой относительная влажность воздуха ϕ при охлаждении достигает 100%.

Для обычных ограждений (стенка без теплопроводных включений) температуру внутренней поверхности можно найти по формуле

$$t_{в,п} = t_b - \frac{t_b - t_n}{R_0} R_b. \quad (1.18)$$

Некоторые конструкции наружных ограждений имеют местные включения, которые являются более теплопроводными по сравнению с данной стенкой и снижают величину сопротивления теплопередаче. Температура внутренней поверхности ограждения $t_{в,п}$ в местах более теплопроводных включений, имеющих прямоугольное сечение, должна быть не ниже точки росы внутреннего воздуха t_p .

При наличии диафрагм, толстых сквозных швов раствора, прокладных рядов, поперечных стенок из пустотелых камней, колонн, ригелей железобетонного каркаса и т. д. температуру внутренней поверхности ограждения в местах более теплопроводных включений проверяют по формуле

$$t_{в,п} = t_b - \frac{R'_0 + \eta (R_0 - R'_0)}{R_0 R'_0} \cdot R_b (t_b - t_n), \quad (1.19)$$

где t_b и t_n — расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха, $^\circ\text{С}$ (см. табл. 1.3 и 1.4);

R_0 — сопротивление теплопередаче ограждения при отсутствии в нем более теплопроводного включения, $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)/ккал}$, определяемое по формуле (1.8);

R'_0 — сопротивление теплопередаче ограждения в месте более теплопроводного включения, $(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)/ккал}$, определяемое по формуле (1.8);

R_b — сопротивление теплоотдаче, принимаемое по табл. 1.5;

Предохранительное выкидное приспособление (гидравлический затвор) должно быть рассчитано так, чтобы давление пара в котле не могло превысить рабочее давление более чем на $0,1 \text{ кгс/см}^2$. Между котлом и выкидным приспособлением и на выкидных трубах установка запорных устройств запрещается.

Конструкция предохранительных выкидных приспособлений и их основные размеры приведены на листе V.8 и в табл. V.11. Каждый гидравлический затвор имеет подводу водопровода для зарядки водой, патрубок для спуска грязи и выхлопную трубу для отвода пара в атмосферу.

Вместо гидравлических затворов могут устанавливаться самопритирающиеся безрычажные полноподъемные предохранительные клапаны типа КСНЧ-0,7-750 на давление пара до $0,7 \text{ кгс/см}^2$ при условии, если они имеют клеймо и паспорт завода-изготовителя* (лист V.8, рис. 3). Паровые котлы производительностью более 100 кг/ч должны иметь два клапана, один из них (контрольный) пломбируется (см. лист V.10, рис. 3). Масса каждого кольцевого груза уравнивает давление пара в $0,1 \text{ кгс/см}^2$.

Один запорный паровой вентиль или задвижку устанавливают на отростке паропровода от патрубка котла до общей паровой магистрали после присоединения предохранительного выкидного приспособления. На питательной линии котла запорный вентиль или задвижку устанавливают на трубопроводе между котлом и обратным клапаном. В случае питания котла конденсатом, который возвращается в котел самотеком, установка обратного клапана не требуется.

Примерное устройство коммуникаций отопительных котельных показано на листах V.9 и V.10.

ПОДБОР КОТЛОВ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Расчет поверхности нагрева и количества котлов

Суммарная поверхность нагрева котлов рассчитывается на основании графика максимальных тепловых нагрузок на отопление и вентиляцию, режима теплоснабжения систем горячего водоснабжения и технологических нужд по виду теплоносителя.

Суммарная поверхность нагрева котлов H_k в м^2 определяется в зависимости от типа котла, вида и способа сжигания топлива, принятой величины теплонапряжения 1 м^2 поверхности нагрева по формуле

$$H_k = (1,1 \div 1,2) \frac{Q_p}{\frac{Q}{H_k}}, \quad (\text{V.1})$$

где 1,1 и 1,2 — коэффициенты запаса на производственные потери тепла соответственно при нижней и верхней разводке трубопроводов;

Q_p — расчетное количество тепла, ккал/ч ;

$\frac{Q}{H_k}$ — тепловое напряжение поверхности нагрева, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$ (табл. V.13).

Выбор типоразмера чугунных секционных котлов производится по теплопроизводительности котла, в зависимости от вида применяемого топлива, в м^2 или в условных квадратных метрах.

Условным квадратным метром (укм) называется величина такой поверхности чугунного секционного котла, которая при работе с ручными топками на грохоченом антраците и тепловом напряжении зеркала горения $500 \text{ тыс. ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$ дает $10\,000 \text{ ккал/ч}$ тепла при к. п. д. не ниже 70%. Для определения поверхности нагрева чугунных секционных котлов в условных квадратных метрах найденное значение в квадратных метрах по формуле (V.1) или принятое по таблицам технических характеристик котлов умножается на соответствующий переводной коэффициент.

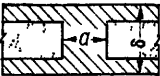
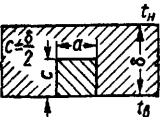
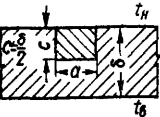
По найденной суммарной поверхности нагрева количество котлов к установке принимают с учетом следующих рекомендаций:

число котлов должно быть не менее двух и не более четырех в подвале здания; установка резервных котлов (для отопления и вентиляции) не разрешается; котлы с одинаковыми параметрами теплоносителя должны иметь одни и те же габариты и поверхность нагрева.

* Решение Госгортехнадзора РСФСР № 17 от 31/VIII 1962 г.

η — коэффициент, зависящий от отношения размера a поперечного сечения более теплопроводного включения, измеренного параллельно поверхности ограждения, к полной толщине ограждения δ (табл. I.10).

Таблица I.10. Значения коэффициента η

Схемы теплопроводных включений	При $\frac{a}{\delta}$, равном								
	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5
	0,12	0,24	0,38	0,55	0,74	0,83	0,87	0,9	0,95
	0,07	0,15	0,26	0,42	0,62	0,73	0,81	0,85	0,94
	0,25	0,5	0,96	1,26	1,27	1,21	1,16	1,1	1,0
	0,04	0,1	0,17	0,32	0,5	0,62	0,71	0,77	0,89

Примечания. 1. При $a/\delta > 1,5$ теплопроводное включение должно рассматриваться как самостоятельная часть ограждения и иметь сопротивление теплопередаче, при котором $R_0 > R_0^{TP}$.

2. Если площадь включений по поверхности ограждения превышает 15%, то их учитывают при определении термического сопротивления по формулам (I.8) и (I.9) как ограждение с неоднородным конструктивным решением слоев.

3. Для включений сложного профиля или выступающих за поверхность ограждения требуются специальные расчеты температурных полей.

При температуре ниже точки росы водяные пары, содержащиеся в воздухе помещения, конденсируются в капельно-жидкое состояние на внутренних поверхностях ограждающих конструкций здания, на поверхностях трубопроводов, оборудования и т. д.

Относительная влажность воздуха показывает степень насыщения его водяными парами и определяется по формуле

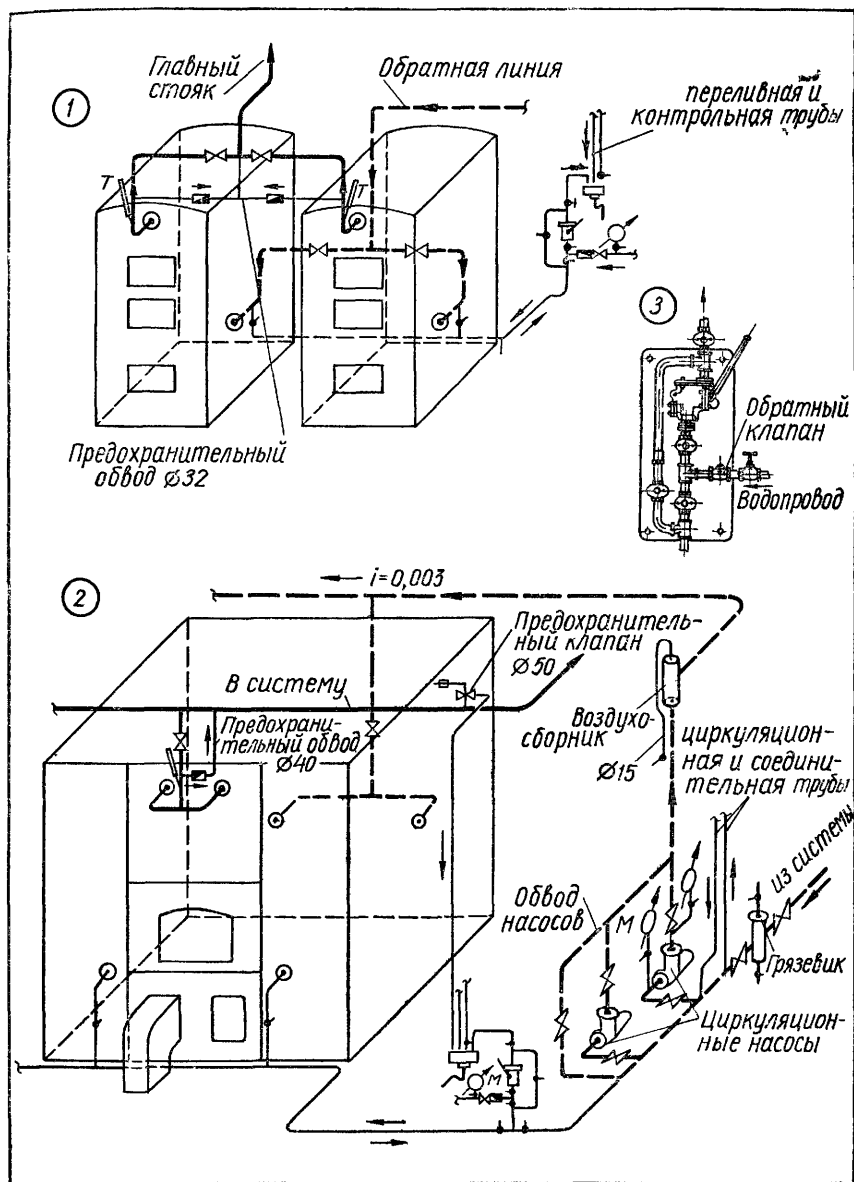
$$\varphi = \frac{e}{E} \cdot 100\%, \quad (I.20)$$

где e — действительная упругость водяного пара, мм рт. ст.;

E — максимальная упругость водяного пара при данной температуре воздуха, мм рт. ст., принимаемая по табл. I.11.

Зная нормируемую относительную влажность воздуха φ в данном помещении, точку росы находят следующим образом: сначала определяют максимальную упругость водяных паров E при заданной температуре воздуха в помещении t_a , затем по нормам относительной влажности, пользуясь формулой (I.20), вычисляют действительную упругость водяных паров e , а по ней находят соответствующую температуру воздуха при максимальной упругости водяных паров, которая и будет точкой росы τ_p . После этого по формуле (I.18) находят температуру на внутренней поверхности ограждения $t_{нп}$, которая должна на 1,5—2° С превышать τ_p .

Наиболее вероятно появление конденсации влаги у наружных углов стены, где температура t_y всегда ниже, чем на других участках внутренней поверхности



Лист V.9. Коммуникация водогрейных котлов:

1 — в системе отопления с естественной циркуляцией; 2 — то же, с насосной циркуляцией, 3 — установка ручного насоса типа БКФ.

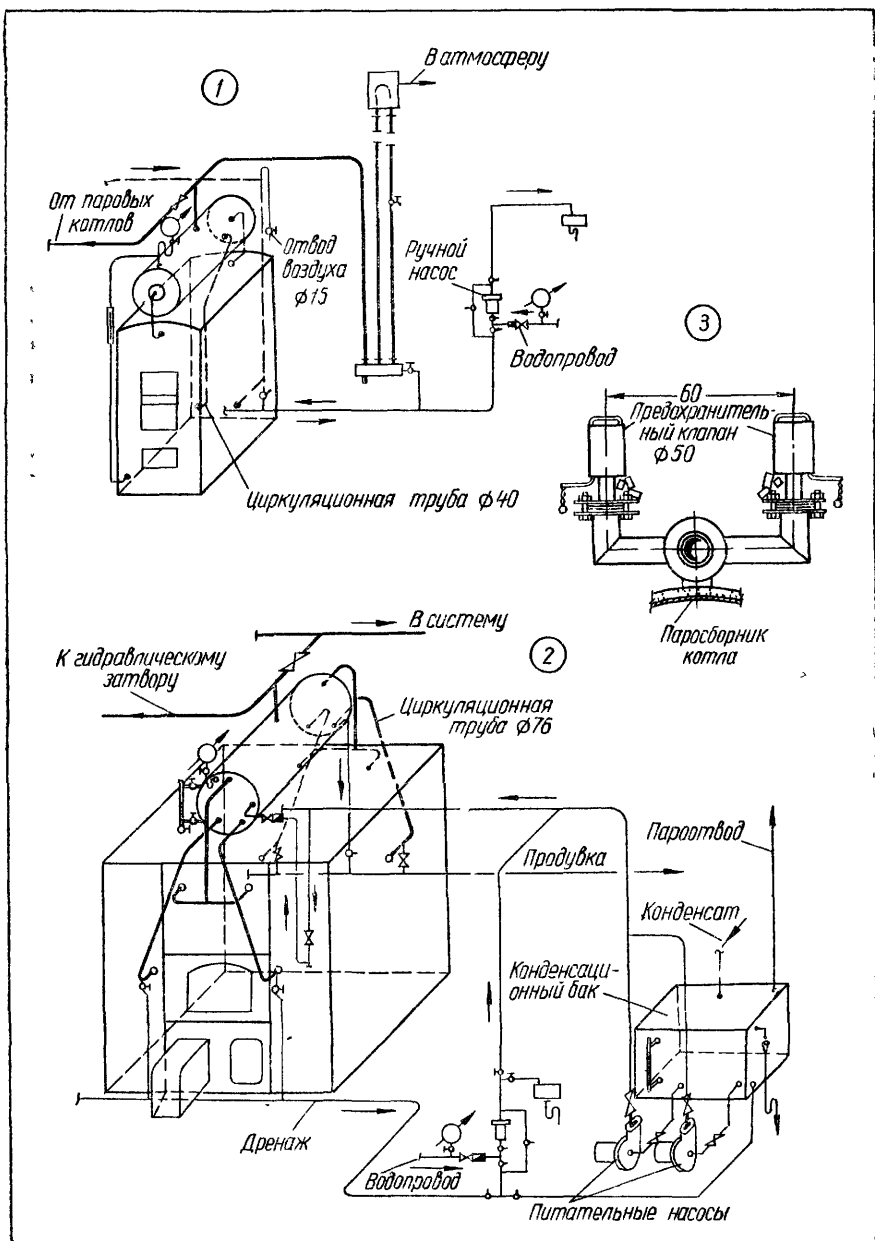
Таблица I.11. Значения максимальных упругостей

Для температур от 0 до —40° С (надо льдом)		Для температур от 0				
<i>t</i>	<i>E</i>	<i>t</i>	0	0,1	0,2	0,3
0	4,58	0	4,58	4,61	4,65	4,68
—1	4,22	1	4,93	4,96	5,0	5,08
—2	3,88	2	5,29	5,33	5,37	4,41
—3	3,57	3	5,69	5,73	5,77	5,81
—4	3,38	4	6,1	6,14	6,19	6,23
—5	3,01	5	6,54	6,59	6,64	6,68
—6	2,53	6	7,01	7,06	7,11	7,16
—7	2,41	7	7,51	7,57	7,62	7,67
—8	2,32	8	8,05	8,1	8,16	8,21
—9	2,13	9	8,61	8,67	8,73	8,79
—10	1,95	10	9,21	9,27	9,33	9,4
—11	1,78	11	9,84	9,91	9,98	10,04
—12	1,63	12	10,52	10,59	10,66	10,73
—13	1,49	13	11,23	11,31	11,38	11,45
—14	1,36	14	11,99	12,07	12,14	12,22
—15	1,24	15	12,79	12,87	12,95	13,04
—16	1,13	16	13,63	13,72	13,81	13,9
—17	1,03	17	14,53	14,62	14,72	14,81
—18	0,94	18	15,48	15,58	15,67	15,77
—19	0,85	19	16,48	16,58	16,69	16,79
—20	0,77	20	17,54	17,64	17,75	17,86
—21	0,7	21	18,65	18,77	18,88	19,0
—22	0,64	22	19,83	19,95	20,07	20,19
—23	0,58	23	21,07	21,2	21,32	21,45
—24	0,52	24	22,38	22,51	22,65	22,79
—25	0,47	25	23,76	23,9	24,04	24,18
—26	0,42	26	25,21	25,36	25,51	25,66
—27	0,38	27	26,74	26,9	27,06	27,21
—28	0,34	28	28,35	28,51	28,68	28,85
—29	0,31	29	30,04	30,22	30,39	30,57
—30	0,28	30	31,82	32,01	32,19	32,38
—31	0,25	31	33,7	33,89	34,08	34,28
—32	0,22	32	35,66	35,87	36,07	36,27
—33	0,2	33	37,73	37,94	38,16	38,37
—34	0,18	34	39,9	40,12	40,34	40,57
—35	0,16	35	42,18	42,41	42,64	42,88
—36	0,15	36	44,56	44,81	45,05	45,3
—37	0,12	37	47,07	47,32	47,58	47,84
—38	0,12	38	49,69	49,96	50,23	50,51
—39	0,1	39	52,44	52,73	53,01	53,29
—40	0,09	40	55,32	55,61	55,91	56,21

стены $\tau_{в.п.}$. На листе I.3, рис. 1 приведен график К. Ф. Фокина для определения разности этих температур *. Пользуясь графиком, по температуре внутренней поверхности стены $\tau_{в.п.}$ и величине общего термического сопротивления стены R , но без R_B и R_H , находят разность температур $(\tau_{в.п.} - \tau_y)'$. Поскольку кривая построена при разности температур $t_B - t_H = 40^\circ \text{C}$, для других значений этой разности производят пересчет по формуле

$$\tau_{в.п.} - \tau_y = (\tau_{в.п.} - \tau_y)' \frac{t_B - t_H}{40}. \quad (I.21)$$

* См. сноску на стр. 16.



Лист V.10. Коммуникация трубопроводов паровых котлов низкого давления:
 1 — в замкнутой системе пароснабжения, 2 — то же, в разомкнутой; 3 — установка предохранительных клапанов КСШ 4-0,7-750.

Таблица V.13. Тепловые напряжения поверхности нагрева водогрейных чугунных секционных котлов при сжигании топлива с дутьем

Тип котла	Значения Q/H_K , ккал/м ² ч, при сжигании					Коэффициент перевода м ² в укм
	антрацита сортиро- ванного	антрацита рядового	бурого угля ря- дового	природно- го газа	мазута марки 40-60	
ВНИИСТО-Мч:						
малая модель	9 500	—	—	10 000	—	1,11
большая модель	10 100	—	—	11 000	—	1,22
«Энергия-3»	10 000	8000	7000	10 000	—	1,33
«Энергия-6»	15 000	12 000	9000	12 000	11 000	—
«Искитим-1»	10 000	9000	7000	10 000	—	1,25
«Универсал-5»	13 000	10 000	7000	12 000	11 000	1,72
«Универсал-6м»	14 000	11 000	9000	12 000	11 000	1,82
«Тула-1»	10 000	8000	7000	10 000	—	1,32
AB-2	15 000	12 000	9000	12 000	10 000	1,62
«Отопитель-1»	13 000	12 000	—	13 000	12 000	1,91

Примечания. 1. Для котлов ВНИИСТО-Мч без обмуровки значения Q/H_K даны при сжигании сортированного антрацита без дутья.

2. Для паровых котлов, работающих с постоянной нагрузкой, значения Q/H_K следует принимать на 1000 ккал/м²·ч меньше, чем для соответствующих водогрейных котлов.

3. При работе котлов с постоянной технологической нагрузкой или котлов горячего водоснабжения в течение года указанные величины теплового напряжения уменьшаются на 15%.

4. Величину теплового напряжения поверхности нагрева котлов, отнесенную к укм (ккал/укм), находят путем деления табличных значений на переводной коэффициент

5. Значение переводного коэффициента для котлов ВНИИСТО-Мч изменяется пропорционально поверхности нагрева. Здесь принят полный котел из 12 секций.

Расчет и подбор циркуляционных насосов с электродвигателями

Для водяного отопления с искусственной циркуляцией в котельной устанавливаются два одинаковых попеременно работающих центробежных насоса — рабочий и резервный. Циркуляционные насосы имеют обводную линию, которая позволяет регулировать работу насосов и в случае их остановки (при авариях) поддерживать небольшую естественную циркуляцию.

Производительность циркуляционных насосов g определяется по формуле

$$g = \frac{Q_p}{t_r - t_0} \quad (\text{кг/ч}), \text{ или } g = \frac{Q_p}{(t_r - t_0) \gamma} \quad (\text{м}^3/\text{ч}), \quad (\text{V.2})$$

где Q_p — расход тепла на отопление с учетом потерь 10—20%, ккал/ч;

t_r — температура горячей воды, °С;

t_0 — температура охлажденной воды;

γ — плотность обратной воды, кг/м³ (см. табл. III.4).

В отопительной технике обычно используют водопроводные насосы. В системах холодного и горячего водоснабжения при расчете мощности насоса напор $H_n(\text{м})$ принимают равным сумме потерь напора в сети, высоты всасывания и подъема с запасом на свободный излив воды из водоразобной арматуры.

В системах водяного отопления требуется значительно меньшая мощность насосов, чем в водопроводных. Развиваемое давление насосов p_n (м вод. ст.) должно лишь преодолеть гидравлические сопротивления в замкнутом циркуляционном контуре и они обычно не могут поднять воду на всю высоту отапливаемого здания и обеспечить

водяного пара E , мм рт. ст., при $p = 755$ мм рт. ст.

до 40° С (над водой)

0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4,72	4,75	4,79	4,82	4,86	4,89
5,07	5,11	5,14	5,18	5,22	5,26
5,45	5,49	5,53	5,57	5,61	5,65
5,85	5,89	5,93	5,97	6,02	6,06
6,27	6,32	6,36	6,41	6,45	6,5
6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,97
7,21	7,26	7,31	7,36	7,41	7,46
7,72	7,78	7,83	7,88	7,94	7,99
8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
8,85	8,91	8,97	9,03	9,09	9,15
9,46	9,52	9,59	9,65	9,71	9,78
10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
10,8	10,87	10,94	11,01	11,09	11,16
11,53	11,6	11,68	11,76	11,83	11,91
12,3	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
13,12	13,21	13,29	13,38	13,46	13,55
13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
14,9	15,0	15,09	15,19	15,28	15,38
15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
16,89	17,0	17,11	17,21	17,32	17,43
17,97	18,09	18,2	18,31	18,42	18,54
19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
20,32	20,44	20,57	20,69	20,82	20,94
21,58	21,71	21,85	21,98	22,11	22,24
22,92	23,06	23,2	23,34	23,48	23,62
24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
25,81	25,96	26,12	26,27	26,46	26,58
27,37	27,54	27,7	27,86	28,02	28,19
29,02	29,18	29,35	29,53	29,7	29,87
30,75	30,92	31,1	31,28	31,46	31,64
32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,5
34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46
36,48	36,68	36,89	37,1	37,31	37,52
38,58	38,8	39,02	39,24	39,46	39,68
40,8	41,02	41,25	41,48	41,71	41,94
43,12	43,36	43,6	43,84	44,08	44,32
45,55	45,8	46,05	46,3	46,56	46,81
48,1	48,36	48,63	48,89	49,16	49,42
50,77	51,05	51,32	51,6	51,9	52,26
53,58	53,87	54,15	54,45	54,74	55,03
56,51	56,81	57,11	57,41	57,72	58,03

Наружные стены и перекрытия не должны накапливать влагу, конденсирующуюся на их поверхностях или выделяющуюся при производственных и бытовых процессах, а также при конденсации водяных паров внутри конструкций и впитывании грунтовой воды.

В наружных стенах запрещается устраивать вентиляционные каналы и дымоходы. Наружные углы легких стен следует предохранять от появления сырости, например, при увеличении на 20% сопротивления теплопередаче угловых участков стены на расстоянии, равном половине ее толщины (считая от внутреннего ребра угла). Для стен помещений с влажным и мокрым режимами нельзя применять силикатный кирпич, пустотелые камни, ячеистые бетоны и каменную кладку на легких растворах.

подпитку системы. Таким образом циркуляционные насосы рассчитывают только на перемещение воды по замкнутому кольцу трубопроводов местной системы отопления, коммуникации котельной и наружной тепловой сети (при групповой котельной).

Расчет установленной мощности двигателя N в *квт* циркуляционных насосов производится по формуле

$$N = \frac{g H_n K_1 K_2}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_n}, \quad (V.3)$$

где g — количество воды, перемещаемой циркуляционным насосом, *кг/ч*;

H_n — напор, развиваемый насосом, *м*;

η_n — к. п. д. насоса;

K_1 — коэффициент, учитывающий потери на трение, равный 1,05;

K_2 — коэффициент запаса мощности на пусковой момент, учитывающий перегрузку мотора: при мощности до 1 *квт* $K_2 = 2$; при мощности свыше 1 *квт* $K_2 = 1,3$.

При несовпадении требуемой по расчету характеристики насоса с данными завода-изготовителя выполняют пересчет производительности, напора и мощности по числу оборотов насоса.

Изменение производительности g , напора H_n и мощности насоса N зависит от числа оборотов n :

$$\frac{g_1}{g} = \frac{n_1}{n}, \text{ или } g_1 = g \frac{n_1}{n}; \quad (V.4)$$

$$\frac{H_{n1}}{H_n} = \left(\frac{n_1}{n} \right)^2, \text{ или } H_{n1} = H_n \left(\frac{n_1}{n} \right)^2; \quad (V.5)$$

$$\frac{N_1}{N} = \left(\frac{n_1}{n} \right)^3, \text{ или } N_1 = N \left(\frac{n_1}{n} \right)^3. \quad (V.6)$$

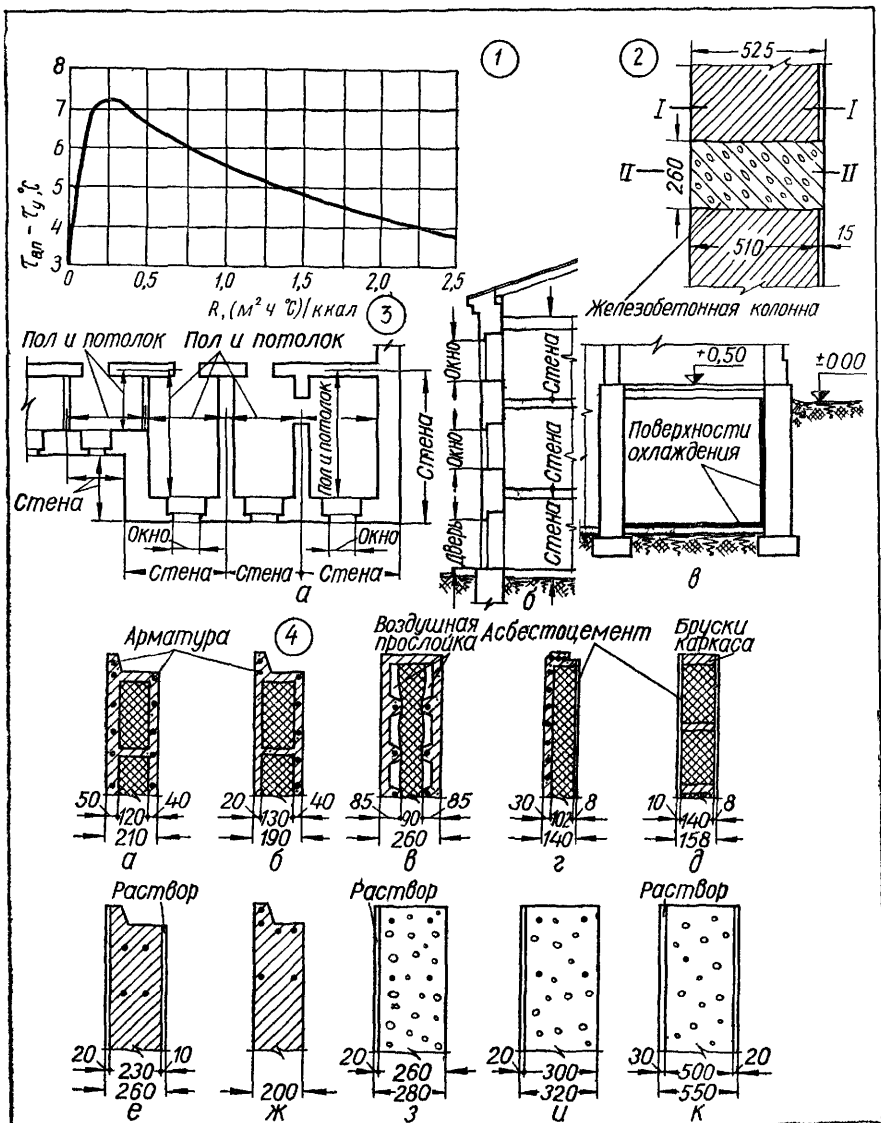
Для побуждения циркуляции воды в местных системах отопления применяются диагональные насосы типа ЦНИИПС, имеющие значительную производительность при малых напорах. Они монтируются без фундаментов непосредственно на обратном трубопроводе (лист V.11, рис. 1 и табл. V.14).

Таблица V.14. Диагональные насосы ЦНИИПС

Производительность, <i>м³/ч</i>	Полный напор H , <i>м</i>		К. п. д., проц.		Мощность на валу насоса, <i>квт</i>	
	ЦНИИПС-10	ЦНИИПС-20	ЦНИИПС-10	ЦНИИПС-20	ЦНИИПС-10	ЦНИИПС-20
2	2,5	2,4	13	9	0,11	0,12
4	2,4	2,45	23	19	0,12	0,14
6	2,2	2,4	30	26	0,13	0,15
8	1,8	2,35	37	35	0,14	0,15
10	1,6	2,25	37	40	0,14	0,16
12	1,3	2,1	34	45	0,14	
14	0,9	2	28	48	0,13	
16	0,5	1,8	18	49	0,12	
18	—	1,5	—	47	—	
20	—	1,35	—	43	—	
22	—	1,1	—	36	—	

Примечания. 1. Насосы ЦНИИПС поставляются вместе с электродвигателями типа АОЛВ-31-4 мощностью 0,27 *квт*, 1450 об/мин. Масса насоса с электродвигателем 35 *кг*.

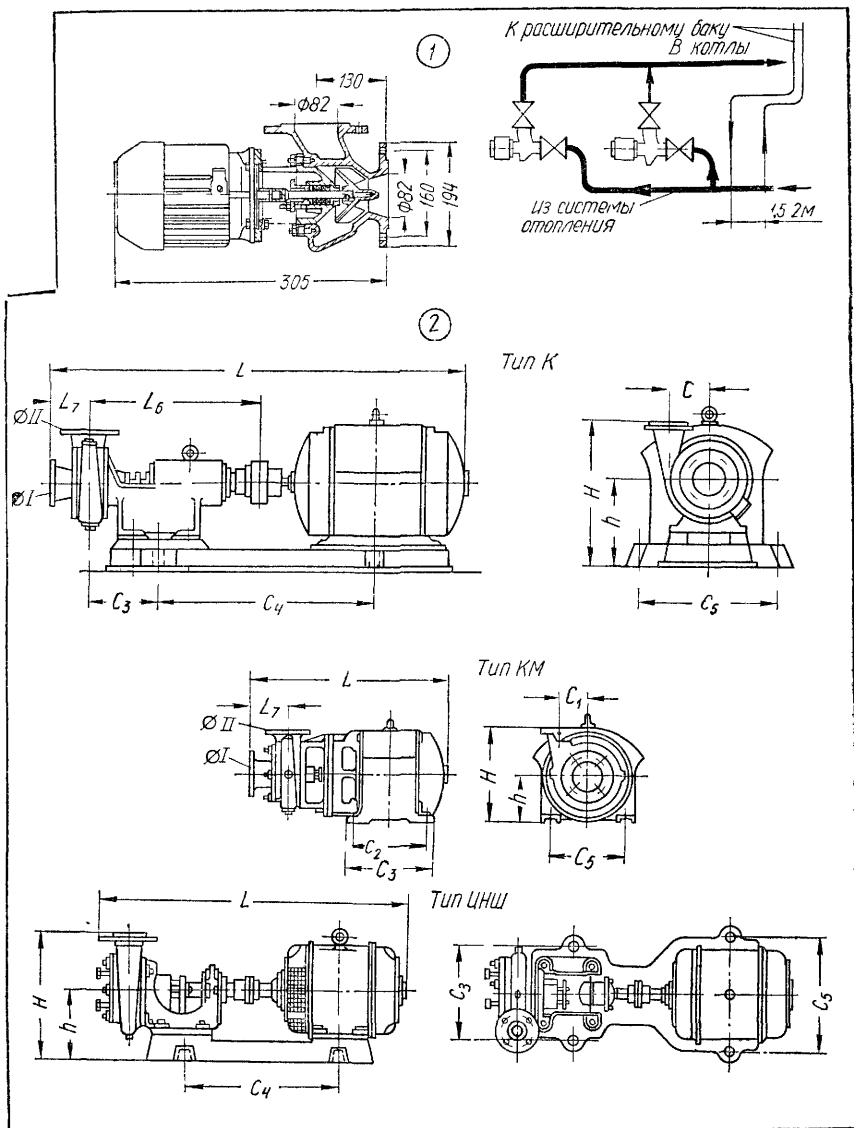
2. Насосы ЦНИИПС-10 изготавливаются по особому заказу.



Лист 1.3. К теплотехническим расчетам наружных ограждений:

1 — график для определения $\tau_{вп} - \tau_{г, \text{с}}$, 2 — к примеру 1, 7, 3 — правила обмера ограждений здания (а — план, б — разрез, в — подвал), 4 — к табл. 1, 12

В жилых и общественных зданиях с нормальным влажностным режимом при отсутствии чердаков рекомендуется устраивать совмещенную вентилируемую крышу. Невентилируемые покрытия допускается устраивать только в случаях, когда исключается недопустимое накопление влаги в конструкциях в холодный период года (при применении пароизоляции или в другом случае). Над мокрыми и влажными помещениями, например, в банях и прачечных, устройство неветилируемых бесчердачных покрытий запрещено (СНиП II-A.7—71).



Лист V.11. Насосы:

1 — конструкция и коммуникация диагонального насоса типа ЦНИИПС; 2 — центробежные.

Пример 1.7. Проверить наружную кирпичную стену с железобетонным каркасом (лист I.3, рис. 2) на отсутствие конденсации влаги на внутренней поверхности при $t_{\text{в}} = 18^\circ \text{С}$, $t_{\text{н}} = -35^\circ \text{С}$, $\varphi = 50\%$. Здание строится в местности с нормальной влажностью.

Для определения температуры на внутренней поверхности железобетонного каркаса $\tau_{\text{в.п}}$ по формуле (I.19) предварительно находим сопротивления теплопередаче по сечениям стены:

$$\text{в сечении I} - I R_0 = 0,133 + \frac{0,015}{0,8} + \frac{0,51}{0,7} + 0,05 = 0,929;$$

$$\text{в сечении II} - II R'_0 = 0,133 + \frac{0,525}{1,75} + 0,05 = 0,483.$$

При соотношении $\frac{a}{\delta} = \frac{26}{52,5} = 0,5$ по табл. I.10, интерполируя для первой схемы, находим коэффициент $\eta = 0,78$. Подставляя найденные величины в формулу I.19, получаем

$$\tau_{\text{в.п}} = 18 - \frac{0,483 + 0,78 (0,929 - 0,483) \cdot 0,133 (18 + 35)}{0,929 \cdot 0,483} = 18 - 5,8 = 12,2^\circ \text{С}.$$

Пользуясь табл. I.11, находим значения упругости водяного пара при $t_{\text{в}} = 18^\circ \text{С}$ и полном насыщении $E = 15,48 \text{ мм рт. ст.}$: при относительной влажности $\varphi = 50\%$ $e = 15,48 \cdot 0,5 = 7,74 \text{ мм рт. ст.}$, что при полном насыщении соответствует точке росы $\tau_{\text{р}} = 7,4^\circ \text{С}$.

Поскольку $\tau_{\text{в.п}} > \tau_{\text{р}}$, то конденсации влаги не будет, следовательно, конструкция стен удовлетворяет требованиям норм.

Пример 1.8. Найти точку росы при относительной влажности воздуха $\varphi = 65\%$ и температуре помещения $t_{\text{в}} = +20^\circ \text{С}$.

Согласно табл. I.11, при $t_{\text{в}} = +20^\circ \text{С}$ максимальная упругость водяного пара $E = 17,54 \text{ мм рт. ст.}$. Подставляя значение E в формулу (I.20), получим $65 = \frac{e}{17,54} \cdot 100$, откуда $e = 17,54 \cdot 0,65 = 11,4 \text{ мм рт. ст.}$, что соответствует максимальной упругости водяного пара E при температуре точки росы $\tau_{\text{р}} \approx 13,3^\circ \text{С}$.

Точку росы $\tau_{\text{р}}$ в зависимости от значений φ и $t_{\text{в}}$ также можно найти по I — d-диаграмме влажного воздуха (см. книгу 2-ю настоящего справочника, раздел «Вентиляция»).

Пример 1.9. Установить, при какой относительной влажности воздуха в помещении возможно образование конденсата на внутренней поверхности наружной стены, изображенной на листе I.2, рис. 2, если $t_{\text{в}} = +16^\circ \text{С}$, $t_{\text{н}} = -28^\circ \text{С}$ и $R_0 = 1,053 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)/ккал}$.

Находим температуру на внутренней поверхности стены по формуле (I.18):

$$\tau_{\text{в.п}} = 16 - \frac{16 + 28}{1,053} \cdot 0,133 = 16 - 5,5 = 10,5^\circ \text{С}.$$

Из табл. I.11 находим: при $t_{\text{в}} = 16^\circ \text{С}$ $E = 13,63 \text{ мм рт. ст.}$, при $\tau_{\text{в.п}} = 10,5^\circ \text{С}$ $e = 9,52 \text{ мм рт. ст.}$. Отсюда по формуле (I.20) относительная влажность воздуха $\varphi = \frac{9,52}{13,63} \cdot 100 = 70\%$.

Пример 1.10. Выяснить возможность конденсации влаги на внутренних поверхностях наружных углов стены из трехслойной железобетонной панели в здании больницы. Проверку выполнить для двух режимов при сопротивлении теплопередаче панели $R_0 = 1,03 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)/ккал}$ и $t_{\text{н}} = -28^\circ \text{С}$: для зала лечебной физкультуры — при $t_{\text{в}}^{\text{з}} = 18^\circ \text{С}$ и $\varphi = 40\%$; для ванной — при $t_{\text{в}}^{\text{в}} = 25^\circ \text{С}$ и $\varphi = 70\%$.

Пользуясь формулой (I.18), сначала определяем температуру на внутренней поверхности стены:

$$\tau_{\text{в.п}}^{\text{з}} = 18 - \frac{18 + 28}{1,03} \cdot 0,133 = 18 - 5,9 = 12,1^\circ \text{С};$$

$$\tau_{\text{в.п}}^{\text{в}} = 25 - \frac{25 + 28}{1,03} \cdot 0,133 = 25 - 6,9 = 18,1^\circ \text{С}.$$

Термическое сопротивление стены $R = R_0 - (R_n + R_{\text{н}}) = 1,03 - (0,133 + 0,05) = 0,847 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)/ккал}$. На основании графика на листе I.3, рис. 1 разность температур $\tau_{\text{в.п}} - \tau_{\text{у}} = 5,8^\circ\text{С}$. Поскольку график составлен для разности температур $t_{\text{в}} - t_{\text{н}} = 40^\circ\text{С}$, пересчет производят по формуле (I.21):

$$\tau_{\text{в.п}}^3 - \tau_{\text{у}} = 5,8 \frac{18 + 28}{40} = 6,7^\circ\text{С};$$

$$\tau_{\text{в.п}}^{\text{в}} - \tau_{\text{у}} = 5,8 \frac{25 + 28}{40} = 7,7^\circ\text{С}.$$

Тогда температура на внутренней поверхности углов

$$\tau_{\text{у}}^3 = 12,1 - 6,7 = 5,4^\circ\text{С} \text{ и } \tau_{\text{у}}^{\text{в}} = 18,1 - 7,7 = 10,4^\circ\text{С}.$$

По данным табл. I.11 и формуле (I.20) находим точку росы: при $t_{\text{в}}^3 = 18^\circ\text{С}$, $\varphi = 40\%$ и $E = 15,48 \text{ мм рт. ст.}$ $e = \frac{15,48 \cdot 40}{100} = 6,19$; $\tau_{\text{д}}^{\text{в}} = 4,2^\circ\text{С}$; при $t_{\text{в}}^{\text{в}} = 25^\circ\text{С}$, $\varphi = 70\%$ и $E = 23,76 \text{ мм рт. ст.}$ $e = \frac{23,76 \cdot 70}{100} = 16,63$; $\tau_{\text{д}}^{\text{в}} = 19,2^\circ\text{С}$.

Полученные результаты проверочного расчета показывают, что в зале лечебной физкультуры температура на внутренней поверхности углов оказалось выше точки росы и конденсации влаги не будет. В помещении ванной, наоборот, температура на внутренней поверхности углов оказалась ниже точки росы — конденсация влаги произойдет.

РАСЧЕТ ТЕПЛОПOTЕРЬ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

Общие принципы расчета

Для выяснения мощности отопительной установки и последующих расчетов всех элементов системы (поверхности и количества котлов, нагревательных приборов, а также расчетных расходов теплоносителя и потребных для него сечений трубопроводов) производят подробный расчет теплопотерь во всех помещениях зданий, порядок которого регламентируется нормами СНиП II-Г.7—62.

Теплопотери через наружные ограждения здания при заданном тепловом режиме определяются величиной теплового потока в ккал/ч и зависят от конструкции и теплофизических строительных материалов ограждений и от архитектурно-планировочного решения здания. Таким образом, правильный выбор теплозащитных качеств наружных ограждений и хорошо продуманная строительная часть здания позволяют получить экономичную расчетную тепловую нагрузку на отопительную установку. Большое влияние на величину теплопотерь оказывает воздействие ветра, поэтому здания, особенно многоэтажные, расположенные на открытой местности, потребляют тепла на отопление значительно больше, чем те, которые находятся в квартальной застройке города. Влияние ветра учитывают добавками к расчетным тепловым потерям.

Теплопотери отапливаемых помещений состоят из основных и добавочных.

Основные теплопотери складываются из теплопотерь Q в ккал/ч через отдельные ограждения помещения, определяемые по формуле

$$Q = F \frac{1}{R_0} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) n, \quad (\text{I.22})$$

где F — площадь ограждения, м^2 ;

R_0 — сопротивление теплопередаче ограждения ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)/ккал}$;

$t_{\text{в}}$ и $t_{\text{н}}$ — расчетные температуры внутреннего и наружного воздуха, $^\circ\text{С}$, принимаемые по табл. I.3 и I.4;

n — коэффициент уменьшения для подсчета теплопотерь через различные ограждения.

Незначительное сопротивление проходу воды через диагональные насосы позволяет монтировать их без устройства обводной линии для естественной циркуляции, а малое давление насоса делает возможным присоединять расширительный бак непосредственно к главному стояку по проточной схеме. Диагональные насосы работают почти без шума и значительно экономичнее центробежных по расходу электроэнергии.

Подбор центробежных насосов производят на основании графических зависимостей параметров насоса, производительности, напора и к. п. д., приведенных в каталогах заводов-изготовителей, как правило, для насосов, устанавливаемых на одной оси с электродвигателями. На листе V.11 и в табл. V.4—V.18 даны основные сведения для выбора насосных агрегатов, предназначенных для перекачки воды с температурой не более 80—85° С. Допустимая высота всасывания указана для воды с температурой 20° С и барометрическим давлением 735 мм рт. ст*. Выбор типа и мощности электродвигателей производят по табл. V.19.

Пример V.1. Подобрать циркуляционные насосы с электродвигателями на одной оси при следующих данных: расход тепла на отопление $Q_p = 675\,000$ ккал/ч, параметры теплоносителя $\Delta t = 95 - 70 = 25^\circ \text{С}$. Насосы должны развивать напор $H_n = 2,5$ м.

По формуле (V.2) производительность насоса равна

$$g = \frac{675\,000}{25 \cdot 977,81} = 27,7 \text{ м}^3/\text{ч}, \text{ или } 27\,700 \text{ л/ч},$$

где 977,81 кг/м³ — плотность воды в обратном трубопроводе при температуре 70° С (см. табл. III.4).

По табл. V.16 подбираем наиболее близкий к расчетной производительности и напору насосный агрегат, состоящий из центробежного насоса марки ЦНШ-65 ($g = 37 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 4$ м) с электродвигателем на одной оси типа АО2-32-4 ($N = 3$ кВт, $n = 1430$ об/мин).

Поскольку насосы должны работать с меньшей производительностью и развивать напор всего 2,5 м, требуется заменить электродвигатель.

Сообразуясь с формулами перерасчета (V.4) и (V.5) предварительно принимаем по табл. V.19 электродвигатель типа АОС2-21-4 ($N = 1,3$ кВт и $n = 1300$ об/мин). Затем проверяем фактические показатели работы насосов при уменьшенном числе оборотов — при $n_1 = 1300$ об/мин.

$$\text{Производительность } g_1 = 37 \cdot \frac{1300}{1430} = 33,67 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

$$\text{Напор } H_1 = 4 \left(\frac{1300}{1430} \right)^2 = 3,3 \text{ м}.$$

Необходимая мощность электродвигателя определится по формуле (V.3), к. п. д. насоса $\eta = 0,65$.

$$N = \frac{33,67 \cdot 977,81 \cdot 3,3 \cdot 1,05 \cdot 2,0}{3600 \cdot 102 \cdot 0,65} = 0,98 \text{ кВт}.$$

Таким образом, выбранный центробежный насос с электродвигателем подобран правильно и обеспечит работу системы отопления при заданных условиях.

Расчет и подбор питательных устройств

Для уменьшения накипеобразования на поверхностях нагрева котлов и экономии топлива паровые котлы питаются, как правило, конденсатом. Пополнение отопительных паровых котлов сырой водой из водопровода допускается временно, в случае аварии. Паровые котлы, расходующие пар на технологические нужды без возврата конденсата в котельную (например, в прачечных), должны обеспечиваться водоподготовкой.

Для сбора и хранения конденсата в котельной устанавливают конденсационные баки с полезной емкостью, рассчитанной в мелких котельных на 1—2-часовой запас, а в более крупных — на 0,5—1-часовой запас. В котельных, работающих круглогодично, предусматривают не менее двух конденсационных баков или один бак с перегородкой; в отопительных котельных можно устанавливать один бак (табл. V.20).

* Госстрой СССР, ГПИ «Сантехпроект». Методические материалы для проектирования. Насосы. Вып. 1. М., 1970.

Значения коэффициента n для различных ограждений

Полы на грунте и на лагах	1,0
Чердачные перекрытия при стальной, черепичной или асбестоцементной кровлях по разреженной обрешетке и бесчердачные покрытия с вентилируемыми продухами	0,9
То же, перекрытия по сплошному настилу	0,8
Чердачные перекрытия при кровлях из рулонных материалов	0,75
Ограждения, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, сообщающихся с наружным воздухом, за исключением неотапливаемых подвалов	0,7
Ограждения, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, не сообщающихся с наружным воздухом	0,4
Перекрытия над подпольями, расположенными ниже уровня земли, при непрерывной конструкции цоколя с $R_0 > 1 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \times \text{°С)/ккал}$	0,4
То же, с $R_0 \leq 1 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°С)/ккал}$ и перекрытия над холодными подпольями, расположенными выше уровня земли	0,75
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами, расположенными ниже уровня земли или имеющими наружные стены, выступающие над уровнем земли на высоту до 1 м, при наличии окон в этих стенах	0,6
То же, при отсутствии окон	0,4

Расчетную разность температур для перекрытий над неотапливаемыми подвалами, у которых часть наружных стен высотой 1 м и более расположена над поверхностью земли, определяют с учетом температуры воздуха в подвале. Последнюю подсчитывают по балансу тепла, поступающего в подвал из вышерасположенных и смежных отапливаемых помещений и теряемого через наружные ограждения. Расчетную разность температур для бесчердачного покрытия с вентилируемой воздушной прослойкой принимают как для чердачных перекрытий, при этом воздушную прослойку рассматривают как чердачное пространство, а находящуюся над ней конструкцию — как кровлю.

Температуру воздуха производственных и вспомогательных помещений в нерабочее время при необходимости поддержания в них положительной температуры следует принимать 5°C (дежурное отопление).

Теплообмен через ограждения между смежными отапливаемыми помещениями при расчете теплопотерь учитывается при разности температур внутреннего воздуха этих помещений более 5°C .

Значения величин сопротивления теплопередаче R_0 наружных стен и перекрытий в зданиях с нормальным температурно-влажностным режимом воздуха в помещениях принимают в зависимости от назначения здания, расчетных температур внутреннего и наружного воздуха с проверкой в необходимых случаях конструкций на воздухопроницание. Для зданий с влажным и мокрым режимами воздуха в помещениях строительные конструкции выбирают на основании теплотехнических расчетов по требуемым сопротивлениям теплопередаче и паропроницанию с учетом действительной относительной влажности воздуха. Для удобства выбора наружных ограждений с последующим расчетом теплопотерь по формуле (1.22) в табл. 1.12—1.16 приведены необходимые теплотехнические и конструктивные данные для наружных ограждений.

Теплопотери через неутепленные полы, расположенные на грунте, исчисляют по условным зонам — полосам шириной 2 м, параллельным наружным стенам. Сопротивление теплопередаче 1-й зоны $R_{н.п}^I = 2,5$; 2-й зоны $= R_{н.п}^{II} = 5$; 3-й зоны $= R_{н.п}^{III} = 10$ и остального пола $R_{н.п} = 16,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°С)/ккал}$.

Неутепленными считаются конструкции, которые независимо от толщины состоят из слоев материалов, имеющих коэффициент теплопроводности $\lambda \geq 1 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{°С)}$.

Таблица V.15. Центробежные насосы типов К и КМ

Марка	Производительность, м³/ч	Полный напор Н, м	Мощность, кат		К. п. д., проц.	Допустимая высота всасывания Н _{доп} , м	Диаметр рабочего колеса, мм
			на валу насоса	электродвигателя			
1,5К-6 и 1,5КМ-6	6	20,3	0,7	1,7	44	6,6	128
	11	17,4	0,9		55	6,7	
	14	14	1		53	6	
1,5К-6а и 1,5КМ-6	5	16	0,6	1,7	38	6,5	115
	9,5	14,2	0,7		51	6,9	
	13,5	11 2	0,9		50	6,1	
1,5К-6б и 1,5КМ-6б	4,5	12,8	0,5	1	35	6,4	105
	9	11,4	0,6		49	7	
	13	8,8	0,7		45	6,3	
2К-6 и 2КМ-6	10	28,5	1,4	4,5	54	8,7	162
	20	30,8	2,7		64	7,2	
	30	24	3,1		63	5,7	
2К-6а и 2КМ-6а	10	28,5	1,4	4,5	54	8,7	142
	20	25,2	2,1		65	7,2	
	30	20	2,6		64	5,7	
2К-6б и 2КМ-6б	10	22	1,2	2,8	55	8,7	132
	20	18,8	1,6		65	7,2	
	25	16,4	1,7		64	6,6	
2К-9	11	21	1,2	2,8	56	8	118
	20	18,5	1,5		68	6,8	
	22	17,5	1,6		66	6,4	
2К-9а	10	16,8	0,8	1,7	54	8,1	106
	17	15	1,1		65	7,3	
	21	13,2	1,2		63	6,6	
2К-9б	10	13	0,7	1,7	51	8,1	106
	15	12	0,8		60	7,6	
	20	10,3	0,9		62	6,8	
3К-6 и 3КМ-6	30,6	58	8,8	14	52	7	218
	45	54	10,5		63	6	
	61	45	12,5		57	4,5	

Таблица I.12. Значения R_0 и $1/R_0$ для наружных стен промышленных конструкций

Эскиз (лист I.3, рис. 4)	Конструкция стены-панели	Масса, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Массивность *	$R_0, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}{\text{°C} \cdot \text{ккал}}$	$1/R_0, \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}}$
<i>a</i>	Трехслойная с монолитной железобетонной оболочкой и полужесткими минераловатыми плитами	$\frac{270}{-}$	ММ	1,25	0,8
<i>б</i>	Двухслойная с монолитной железобетонной оболочкой и фибролитом	$\frac{170}{-}$	ММ	1,28	0,78
<i>в</i>	Трехслойная из двух часторебристых железобетонных скорлуп непрерывного вибропроката и минераловатных плит	$\frac{220}{-}$	ММ	1,13	0,88
<i>г</i>	Трехслойная с оболочкой из ребристой преднапряженной железобетонной скорлупы стенового проката и асбестоцементных листов с минераловатными плитами	$\frac{130}{-}$	ММ	1,19	0,84
<i>д</i>	Трехслойная с оболочкой из асбестоцементных листов с минераловатными плитами	$\frac{96}{-}$	ММ	1,57	0,63
<i>е</i>	Однослойная из керамзитобетона с двусторонней штукатуркой	$\frac{210}{700}$	С	1,28	0,78
<i>ж</i>	Однослойная из перлитобетона	$\frac{140}{700}$	С	1,29	0,78
<i>з</i>	Однослойная из автоклавного ячеистого бетона с односторонней штукатуркой	$\frac{235}{800}$	С	1,3	0,77
<i>и</i>	Однослойная из безавтоклавного золонобетона с односторонней штукатуркой	$\frac{290}{900}$	С	1,25	0,8
<i>к</i>	Однослойная крупноблочная из шлакобетона с двусторонней штукатуркой	$\frac{800}{1600}$	С	1,25	0,8

Примечание. В таблице даны наиболее характерные промышленные конструкции наружных стен. Подробные сведения о них см в работе А. М. Шимановича «Теплотехнический расчет ограждающих конструкций» (М., Промстройпроект Госстроя СССР, 1964).

Таблица I.13. Значения R_0 и $1/R_0$ для наружных ограждений промышленных конструкций

Конструкция стены-панели	Объемная масса, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Толщина, мм	$R_0, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}{\text{°C} \cdot \text{ккал}}$	$1/R_0, \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}}$	Массивность
Однослойная керамзитобетонная панель с фактурным слоем толщиной 25 мм и внутренней штукатуркой	700	250	0,99	1,01	ММ
	700	300	1,18	0,84	ММ
	800	250	0,94	1,06	ММ
	800	300	1,12	0,89	ММ
	900	250	0,9	1,11	ММ
	900	300	1,06	0,94	ММ
	1000	250	0,85	1,17	ММ

* В табл. I.12—I.15 приняты следующие обозначения массивности ограждений: М — массивные, С — средней массивности, ММ — малой массивности.

Марка	Производительность, м³/ч	Полный напор Н, м	Мощность, кВт		К. п. д., проц.	Допустимая высота всасывания Н _{доп} , м	Диаметр рабочего колеса, мм
			на валу насоса	электродвигателя			
3К-6а и 3КМ-6а	27,7	47	6,7	10	50	7	192
	40	41,5	7,4		56	6	
	56	33,5	9		59	4	
3К-9	30	34,8	4,6	7	62	7	168
	45	31	5,5		71	6	
	54	27	5,8		71	2,9	
3К-9а	25	24,2	2,7	4,5	62	7	143
	35	22,5	3,1		70	6,9	
	45	19,5	3,4		71	6	
4К-8а и 4КМ-8а	61	49	13,9	20	62	6	200
	90	43	16		67	5	
	104	36,8	16,5		64	4	
4К-12 и 4КМ-12	65	40	9,8	14	69	6,5	174
	90	34	10,8		77	5	
	112	27,5	12		67	3,5	
4К-12а и 4КМ-12а	61	32,5	8	14	70	6,5	163
	85	28,6	9,2		70	5	
	100	23	9,6		69	3,5	
4К-18	60	25,7	5,6	7	76	5,4	148
	80	22,8	6,3		79	5,3	
	100	18,9	6,7		77	4,2	
4К-18а	50	20,7	3,9	7	73	5,4	136
	70	18,2	4,5		78	5,3	
	90	14,3	4,7		75	5,2	

Примечание. Скорость вращения насосов — 2900 об/мин.

Таблица V.16. Центробежные насосы типа ЦНШ

Марка насоса	Производительность, м³/ч	Полный напор Н, м	Допустимая высота всасывания Н _{доп} , м	Диаметр рабочего колеса, мм	Электродвигатель		
					тип	мощность, кВт	скорость вращения, об/мин
ЦНШ-40	7-12	6-4	8	158	A02-12-4	0,8	1360
	11-23	26-18			A02-32-2	4	2880
ЦНШ-65	26-37	6-4	7	165	A02-32-4	3	1430
	30-70	30-20			A02-51-2	10	2900
ЦНШ-80	28-50	10-6	6	180	A02-32-4	3	1430
	45-101	38-24			A02-52-2	13	2900

Конструкция стены-панели	Объемная масса, кг/м^3	Толщина, мм	$R_0, (\text{м}^2 \times \text{ч} \times \text{°C})/\text{ккал}$	$1/R_0, \text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \times \text{°C})$	Мас-сив-ность
	1000	300	1,0	1,0	ММ
	1100	350	1,02	0,98	С
	1100	400	1,16	0,86	С
	1200	350	0,89	1,12	С
	1200	400	1,0	1,0	С
То же, из ячеистых бетонов	300	250	1,07	0,93	ММ
	300	300	1,28	0,78	ММ
	700	250	1,01	0,99	ММ
	700	300	1,2	0,83	ММ
	800	250	0,94	1,06	ММ
	800	300	1,12	0,89	ММ
	900	250	0,85	1,17	ММ
	900	300	1,0	1,0	ММ
	1000	350	1,02	0,98	С
	1000	400	1,15	0,87	С
То же, из газо- и пено-золобетона	800	250	1,03	0,97	ММ
	800	300	1,15	0,87	С
	900	350	1,34	0,75	С
	900	400	1,52	0,66	С
	1000	300	1,07	0,93	С
	1000	350	1,24	0,81	С
	1000	400	1,41	0,71	С
Трехслойная панель в виде железобетонной ребристой оболочки ($\delta_n = 50 \text{ мм}$ и $\delta_b = 100 \text{ мм}$), заполненная пенопластом	350	250/100	1,04	0,96	ММ
	350	300/150	1,43	0,68	ММ
То же, заполненная минераловатными плитами на битумной связке	400	250/100	0,9	1,11	ММ
	400	300/150	1,25	0,81	ММ
То же, заполненная легкобетонными вкладышами из пеностекла	300	250/100	0,95	1,05	ММ
	300	300/150	1,79	0,56	ММ
То же, заполненная вкладышами из ячеистого бетона	400	250/100	1,12	0,89	ММ
	400	300/150	1,54	0,65	ММ
	500	250/100	0,87	1,15	ММ
	500	300/150	1,55	0,65	ММ
	600	250/100	0,83	1,2	ММ
	600	300/150	0,94	1,06	ММ

Примечания. 1. Значения R_0 указаны с учетом более теплопроводных включений.

2. Для трехслойных панелей указана объемная масса утеплителя; в числителе дана толщина всей конструкции панели, в знаменателе — только утеплителя.

3. При пересчете величины сопротивления теплопередаче R_0 в многослойных панелях изменяется толщина утеплителя, в однослойных — всего массива конструкции панели.

Таблица V.17. Размеры центробежных насосов типа К и КМ (лист V.10, рис. 2)

Марка насоса	Размеры, мм										Электроприводатель			Масса агрегата, кг		
	L	L _б	L _г	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	H	h	Ø I	Ø II	тип		мощность, кВт	скорость вращения, об/мин
1,5К-6	727		120	75			285		285		40	32	A0Л2-21-2	1,5	2860	53,9
2К-6	786	278	130	98	163		316	250	315	165	50	40	A0Л2-32-2	4	2880	71,3
2К-9	765		130	80			299		290		50	40	A0Л2-22-2	2,2	2860	58,4
3К-9	984	328	148	105	187		401	280	365	215	80	50	A0Л-42-2	7,5	2910	115,4
4К-18	990	331	158	108	190		401	280	365	215	100	80	A02-42-2	7,5	2910	133,2
1,5КМ-6	459			75	120			170	220	100	40	32	A0-32-2	1,7	2850	40
2КМ-6	615			98	150			285	320	170	50	40	A0-51-2H	4,5	2900	106
3КМ-6	777	—		124	203		—				80	50	A2-61-2	17	2900	196
4КМ-8	815			135	241			279	390	180	100	80	A2-62-2	22	2910	204
4КМ-12	777			120	203						100	80	A2-61-4	17	2910	195

Таблица 1.14. Значения R_0 и $1/R_0$ для наружных стен с внутренней штукатуркой

Конструкция стены *	Толщина		Массивность	$R_0, \frac{m^2 \cdot ч}{\text{ккал}} \times \frac{1}{\text{°C}}$	$1/R_0, \frac{\text{ккал}}{m^2 \cdot ч} \times \frac{1}{\text{°C}}$
	в кирпичах или камнях	в мм			
Сплошная кладка из обыкновенного кирпича (ГОСТ 530—71) на тяжелом растворе ($\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$)	0,5	135	ММ	0,38	2,64
	1	265	ММ	0,57	1,76
	1,5	395	С	0,76	1,32
	2	525	С	0,94	1,06
	2,5	655	М	1,13	0,89
	3	785	М	1,32	0,76
То же, на легком растворе ($\gamma = 1700 \text{ кг/м}^3$)	3,5	915	М	1,5	0,67
	1,5	395	С	0,79	1,26
	2	325	С	0,99	1,01
	2,5	655	М	1,19	0,84
Сплошная кладка из обыкновенного кирпича с воздушной прослойкой ($\delta = 50 \text{ мм}$) вперевязку через каждые 6 рядов на тяжелом растворе ($\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$)	3	785	М	1,39	0,72
	1,5	435	С	0,9	1,11
	2	565	М	1,09	0,92
То же, на легком растворе ($\gamma = 1700 \text{ кг/м}^3$)	2,5	695	М	1,28	0,78
	1,5	435	С	0,93	1,07
	2	565	М	1,14	0,88
Сплошная кладка из силикатного кирпича (ГОСТ 379—69) на тяжелом растворе ($\gamma = 1900 \text{ кг/м}^3$)	2,5	695	М	1,34	0,75
	0,5	135	ММ	0,36	2,78
	1	265	ММ	0,54	1,86
	1,5	395	С	0,71	1,41
	2	525	С	0,88	1,14
	2,5	655	М	1,08	0,93
Сплошная кладка из дырчатого кирпича (ГОСТ 6316—74) на тяжелом растворе ($\gamma = 1360 \text{ кг/м}^3$)	3	785	М	1,23	0,81
	1,5	395	С	0,89	1,12
	2	525	С	1,12	0,89
Сплошная кладка из керамических камней (ГОСТ 6316—74)	2,5	655	С	1,4	0,71
	1,5	395	С	0,9	1,11
	2	525	С	1,15	0,87
То же, с облицовкой лицевым кирпичом в 1/2 кирпича	2,5	655	М	1,41	0,71
	1,5	395	С	0,9	1,11
	2	525	С	1,15	0,87
Сплошная кладка из легкобетонных трехпустотных камней (ГОСТ 6928—54) с перевязкой тычковыми рядами ($\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$)	2,5	655	М	1,41	0,71
	1	405	С	0,78	1,28
То же, с засыпкой пустот шлаком	1,5	605	М	1,1	0,91
	1	405	С	0,97	1,03
	1,5	605	М	1,34	0,75
Сплошная кладка из легкобетонных камней со щелевидными пустотами (ГОСТ 6133—52, $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$)	0,5	205	ММ	0,61	1,64
	0,75	305	С	0,8	1,25
	1	405	С	1,01	0,99
	1,25	505	М	1,22	0,82
Сплошная кладка из пеносиликатных камней ($\gamma = 800 \text{ кг/м}^3$) на тяжелом растворе	—	190	ММ	0,88	1,14
	—	240	ММ	1,03	0,97
	—	290	ММ	1,17	0,86
	—	340	С	1,35	0,74
	—	390	С	1,51	0,66
Стены из крупных шлакобетонных блоков	—	300	ММ	1,07	0,93

* По конструкциям стен из каменных материалов см. Указания Госстроя СССР (СН 344—65).

Таблица V.18. Размеры центробежных насосов типа ЦНШ

Марка насоса	Размеры, мм								Тип электродвигателя	Масса агрегата, кг
	L	c ₃	c ₄	c ₅	H	h	Ø I	Ø II		
ЦНШ-40	702	260	350	260	310	165	50	40	A02-12-4	62
	820		392	310	322	177			A02-32-2	64
ЦНШ-65	810	285	397	320	327	202	75	65	A02-32-4	96
	955		475	415	355	230			A02-51-2	169
ЦНШ-80	826	285	397	320	355	202	80		A02-32-4	97
	1002		490	415	383	230			A02-52-2	192

Таблица V.19 Электродвигатели единой серии типа А2 и А02

Мощность, кВт	Тип	Скорость вращения, об/мин	Мощность, кВт	Тип	Скорость вращения, об/мин
0,4	A0ЛC2-11-6	870	1,3	A0C2-21-4	1300
	A0C2-11-6	870		A0ЛC2-12-2	2670
	A0Л2-11-6	915		A0C2-12-2	2670
0,6	A0ЛC2-12-6	870	1,5	A0Л2-31-6	950
	A0C2-12-6	870		A02-31-6	950
	A0Л2-12-6	915		A02-22-4	1400
	A02-12-6	915		A0Л2-22-4	1400
	A0ЛC2-11-4	1300	1,8	A0Л2-21-2	2860
	A0C2-11-2	1300		A02-21-2	2860
	A0Л2-11-4	1360		A0ЛC2-21-2	2730
	A02-11-4	1370		A0C2-21-2	2730
0,8	A0Л2-21-6	930	2	A0ЛC2-31-6	870
	A02-21-6	930		A0C2-31-6	870
	A0Л2-12-4	1360		A0ЛC2-22-4	1300
	A02-12-4	1360		A0C2-22-4	1300
	A0Л2-11-2	2815	2,2	A02-41-8	630
	A02-11-2	2815		A0Л2-32-6	950
0,9	A0ЛC2-12-4	1300		A02-32-6	950
	A0C2-12-4	1300		A0Л2-31-4	1430
	A0ЛC2-11-2	2670		A02-31-4	1430
	A0C2-11-2	2670		A0Л2-22-2	2860
1	A0ЛC2-21-6	870	2,5	A02-22-2	2860
	A0C2-21-6	870		A0C2-22-2	2730
1,1	A0Л2-22-6	930	2,7	A0ЛC2-32-6	870
	A02-22-6	930		A0C2-32-6	870
	A0Л2-21-4	1400	3	A0C2-41-8	630
	A02-21-4	1400		A02-42-8	720
	A0Л2-21-2	2815		A02-41-6	960
	A02-12-2	2815		A0ЛC2-31-4	1350
1,3	A0ЛC2-22-6	870		A0C2-31-4	1350
	A0C2-22-6	870		A0Л2-32-4	1430
	A0ЛC2-21-4	1300		A02-32-4	1430
				A0Л2-31-2	2860

Конструкция стены	Толщина		Массивность	$R_0, \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{ч}}{\text{°C}}) / \text{ккал}$	$\frac{1}{R_0}, \frac{(\text{м}^2 \cdot \text{ч}}{\text{°C}}) \times \text{ккал}$
	в кирпичах или камнях	в мм			
с наружным фактурным слоем ($\delta = 20-30$ мм, $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$)	—	400 500 600	С С С	1,37 1,65 1,93	0,73 0,61 0,52
Стены из крупных шлакобетонных блоков с наружным фактурным слоем ($\delta = 20-30$ мм, $\gamma = 1400 \text{ кг/м}^3$)	—	300 400 500 600	ММ С С С	0,76 0,94 1,12 1,30	1,31 1,06 0,89 0,77
Стены из кирпичной кладки с термоизоляционной засыпкой шлаком и растворными армированными диафрагмами через каждые 5 рядов кирпича	1,5 1,5 2 2	395 435 525 565	С С С С	1,03 1,16 1,49 1,63	0,97 0,86 0,67 0,61
Сплошная кладка из буля на тяжелом растворе ($\gamma = 2400 \text{ кг/м}^3$)	—	600 700 800 900 1000	М М М М М	0,51 0,56 0,61 0,66 0,71	1,96 1,78 1,64 1,52 1,41
То же, с облицовкой изнутри в 1/2 кирпича	—	600 700 800 900 1000	М М М М М	0,63 0,68 0,73 0,78 0,83	1,59 1,47 1,37 1,28 1,21
Сплошная кладка из известняка-ракушечника со штукатуркой с обеих сторон на тяжелом растворе ($\gamma = 1400 \text{ кг/м}^3$)	1 1,5 2 2,5 3	245 410 540 600 800	ММ С С М М	0,63 0,93 1,17 1,28 1,64	1,59 1,07 0,86 0,88 0,61
Стены из тесаных камней (арктического туфа) на тяжелом растворе ($\gamma = 1200 \text{ кг/м}^3$)	1 1,5 2	265 365 465	С С М	0,71 0,91 1,11	1,41 1,1 0,9
Сплошная кладка из полнотелых грунтобетонных камней ($\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$)	1 1,5 2	315 475 625	С С М	0,45 0,68 0,89	2,23 1,47 1,12
То же, из пятистенных грунтобетонных камней	1 1,5 2	315 475 625	С С М	0,48 0,73 0,96	2,08 1,37 1,04
Колодцевая кладка из полнотелых грунтобетонных камней с засыпкой шлаком ($\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$, $b = 1,0$)	1,5 1,5	475 625	М М	1,2 1,95	0,84 0,52
Монолитные стены из грунтобетона ($\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$)	— — — —	315 415 515 615	С С С М	0,45 0,59 0,73 0,88	2,23 1,7 1,37 1,14
Стены из саманных блоков ($\gamma = 1400 \text{ кг/м}^3$)	1 1,5 2	410 540 700	С С М	0,86 1,08 1,35	1,16 0,93 0,74
Стены деревянные рубленые	—	200 220 240	С С С	1,33 1,45 1,56	0,75 0,68 0,64
Стены брусчатые	—	150 180 200	ММ С С	1,18 1,28 1,32	0,85 0,78 0,76

Мощность, кВт	Тип	Скорость вращения, об/мин	Мощность, кВт	Тип	Скорость вращения, об/мин
3	A02-31-2	2880	10	A2-61-6	965
3,5	A0C2-42-8	630	12,5	A02-61-6	970
	A0C2-31-2	2700		A0C2-62-8	660
	A0ЛC2-31-2	2760		A0C2-61-6	900
4	A02-51-8	725	13	A2-71-8	725
	A0C2-41-6	870		A02-71-8	725
	A02-42-6	960		A2-62-6	965
	A0C2-32-4	1350		A02-62-6	970
	A0ЛC2-32-4	1350		A2-61-4	1450
	A02-41-4	1450		A02-61-4	1450
	A0Л2-32-2	2880			
	A02-32-2	2880			
4,8	A0ЛC2-32-2	2760	14,5	A0C2-61-4	1350
	A0C2-32-2	2700	15	A0C2-71-8	700
5	A0C2-51-8	660	15,5	A0C2-62-6	900
5,2	A0C2-41-4	1350		A2-71-6	965
5,5	A02-52-8	725		A02-71-6	970
	A02-51-6	970		A2-62-4	1450
	A02-42-4	1450		A02-62-4	1450
	A02-41-2	2900		A2-61-2	2900
				A02-62-2	2900
6,4	A0C2-52-8	660		A2-61-4	2910
6,8	A0C2-41-2	2760			
7	A0C2-51-6	890	17	A02-81-10	580
7,5	A2-61-6	725		A2-72-8	725
	A02-61-6	725		A02-72-8	725
	A02-52-6	970	18	A0C2-72-8	700
	A0C2-42-4	1350	18,5	A0C2-62-4	1350
	A02-51-4	1450	19	A0C2-71-6	930
	A02-42-2	2910	19,8	A0C2-81-10	550
9	A0C2-52-6	890	22	A2-81-8	725
	A0C2-42-2	2760		A02-81-8	730
9,4	A0C2-51-4	1350		A2-72-6	965
10	A0C2-61-8	660		A02-72-6	970
	A02-62-8	725		A0C2-71-4	1400
	A2-62-8	725		A2-71-4	1450
	A02-52-4	1400		A02-71-4	1450
	A0C2-51-2	2760		A02-71-2	2900
	A02-51-2	2900			

Конструкция стены	Толщина		Массивность	$R_0, (m^2 \cdot q \cdot X / ^\circ C) / kкал$	$1/R_0, (m^2 \cdot q \cdot X / ^\circ C) / kкал$
	в кирпич или каменных	в мм			
Стены каркасно-засыпные с обшивкой досками ($\delta = 22$ мм) с двусторонней штукатуркой при засыпке шлаком* ($b = 1,2$) То же, с засыпкой трепелом* ($b = 1,0$)	—	100	ММ	0,93	1,07
	—	120	ММ	1,0	1,0
	—	150	ММ	1,13	0,89
	—	100	ММ	1,2	0,83
	—	120	ММ	1,32	0,76
	—	150	ММ	1,56	0,64

Примечание. Внутренняя штукатурка наружных стен принята известковая толщиной 5 мм с $R = 0,02$

Таблица 1.15. Значения R_0 и $1/R_0$ для перекрытий

Тип перекрытия	Конструктивные слои	Толщина утеплителя, мм	Массивность	$R_0, (m^2 \cdot q \cdot X / ^\circ C) / kкал$	$1/R_0, (m^2 \cdot q \cdot X / ^\circ C) / kкал$
Чердачные перекрытия					
Деревянное с накатом из пластин и утеплителем-шлаком	Утеплитель, смазка 20 мм, пластины 80 мм, штукатурка по драни 20 мм	40	ММ	0,92	1,09
		80	ММ	1,0	1,0
		100	ММ	1,16	0,86
		150	С	1,36	0,74
		200	С	1,46	0,69
		250	С	1,76	0,57
То же, с утеплителем-трепелом	То же	40	ММ	1,07	0,93
		60	ММ	1,22	0,82
		100	С	1,53	0,66
		150	С	1,91	0,52
		200	С	1,92	0,52
Деревянное с накатом из сборных камышитовых щитов и утеплителем-шлаком	Утеплитель, смазка 20 мм, камышитовый щит 100 мм, штукатурка по драни 20 мм	40	ММ	1,28	0,78
		60	ММ	1,36	0,74
		80	ММ	1,44	0,69
		100	ММ	1,52	0,66
		140	С	1,68	0,59
		200	С	1,92	0,52
То же, с утеплителем-трепелом	То же	40	ММ	1,39	0,72
		60	ММ	1,52	0,66
		70	ММ	1,65	0,61
		100	ММ	1,79	0,56
		150	С	1,91	0,52
Деревянное с накатом из сборных фибролитовых щитов и утеплителем-шлаком	Утеплитель, смазка 20 мм, щит 50 мм, штукатурка 20 мм	60	ММ	0,95	1,05
		100	ММ	1,11	0,9
		150	С	1,31	0,76
		200	С	1,51	0,66
		40	ММ	0,98	1,02
		60	ММ	1,11	0,9
То же, с утеплителем-трепелом	То же	100	С	1,38	0,72
		150	С	1,71	0,58

* В графе «Толщина в мм» дана толщина слоя утеплителя.

Таблица V.20. Прямоугольные конденсационные баки (по материалам ГПИ Сантехпроект, лист V.11, рис. 1)

Марка бака	Емкость, м	Размеры, мм						Масса бака воды, кг
		A	B	H	h	d ₁	d ₂	
1 E011	335	814	684	710	610	40	40	98,2
2 E011	440	1074						116
3 E011	572	1394						138
4 E011	642	1054						140,5
5 E011	855	1404	974	1000	910	50	65	185,4
6 E011	1065	1224						205,5
7 E011	1280	1474						231,5
8 E011	1605	1474						265
9 E011	2040	1472	1224	1250	1160	50	76	427
10 E011	3080	1972	1372					584

Примечание. Емкость бака измеряется объемом между переливным патрубком и дном. Конденсационные баки должны поставаться с указателем уровня воды, водомерным стеклом и лязом.

Конденсационные баки (лист V.12, рис. 1) сваривают из 3-мм листовой стали, снабжают крышкой с люком, водомерным стеклом и устанавливают на деревянных прокладках из брусев. Для присоединения реле сигнализации верхнего и нижнего уровней воды в крышке и днище бака предусмотрены муфты диаметром 15 мм. При отсутствии автоматики они заглушаются пробками.

Необходимая емкость конденсационного бака V_6 для паровых котлов низкого давления V_6 определяется по формуле

$$V_6 = \frac{Q_T n}{540 \gamma}, \quad (V.7)$$

где Q_T — расход тепла, ккал/ч;

n — продолжительность хранения запаса конденсата, ч;

540 — теплота испарения пара низкого давления, ккал/кг;

γ — плотность конденсата при данной температуре подаваемой воды, кг/м³ (см. табл. III.4).

Питание паровых котлов низкого давления обеспечивается насосами. Питание котлов общей производительностью до 150 кг/ч обеспечивается 1 ручным насосом с диаметром всасывающего патрубка 25 мм. Для котлов общей производительностью до 500 кг/ч необходимо принимать 1 ручной насос с диаметром всасывающего патрубка 32 мм и 1 центробежный насос. Для котлов общей паропроизводительностью более 500 кг/ч принимают 1 ручной насос с диаметром всасывающего патрубка не менее 38 мм и 2 центробежных насоса. Производительность центробежных насосов (каждого из них) рассчитывается на 110% паропроизводительности всех одновременно действующих котлов.

В небольших котельных водопровод может заменить один из насосов, если давление воды в сети водопровода непосредственно у котлов превышает рабочее давление пара не менее чем на 1 кгс/см².

Напор, создаваемый насосом H_n для перекачки конденсата в паровые котлы низкого давления, определяют по формуле

$$H_n = 10p_k + H + H_1 + 1 \text{ м}, \quad (V.8)$$

где p_k — рабочее давление пара в котле, кгс/см²;

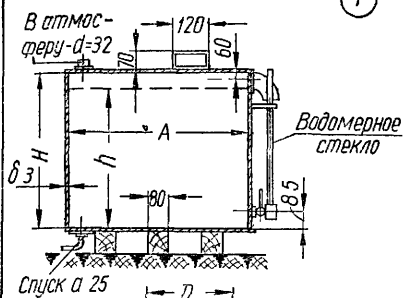
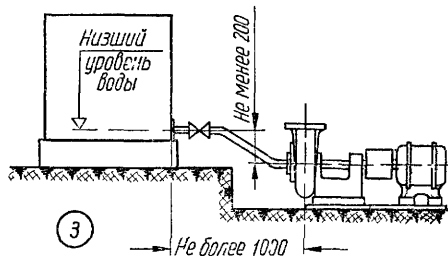
H — напор, соответствующий разности отметок нижнего уровня воды в конденсационном баке и уровня воды в котле или высшей точке питательного трубопровода, м;

H_1 — потери напора в питательной линии, м.

Тип перекрытия	Конструктивные слои	Толщина утеплителя, мм	Массивность	$R_0, \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{kcal} \times$	$\frac{1}{R_0}, \frac{kcal}{m^2 \cdot ^\circ C} \times$	
Деревянное с накатом из шлакобетонных или гипсовых плит и утеплителем-шлаком	Утеплитель, плита 90 мм, пароизоляция, затирка	100	ММ	0,88	1,13	
		150	ММ	1,08	0,92	
		200	ММ	1,28	0,78	
	То же, с утеплителем-трепелом	То же	60	ММ	0,88	1,13
			100	ММ	1,15	0,87
			150	ММ	1,48	0,67
200			ММ	1,81	0,55	
Железобетонное из сборных ребристых плит с утеплителем-шлаком	Утеплитель, плита 35 мм, затирка	100	ММ	0,69	1,45	
		150	ММ	0,89	1,12	
		200	ММ	1,09	0,92	
		250	ММ	1,29	0,77	
То же, с утеплителем-трепелом	То же	60	ММ	0,69	1,45	
		100	ММ	0,96	1,04	
		150	ММ	1,29	0,77	
		200	ММ	1,62	0,62	
Перекрытия над проездами и неотапливаемыми подвалами						
Дошчатый пол на латах по кирпичным столбикам на железобетонном перекрытии с утеплителем-шлаком	Пол из досок 37 мм, воздушная прослойка 30 мм, утеплитель, железобетонная плита 35 мм	40	М и С	0,94	1,06	
		60	М и С	1,02	0,98	
		80	М и С	1,1	0,91	
		100	М и С	1,18	0,85	
		150	М и С	1,38	0,72	
		200	М и С	1,58	0,64	
		250	М и С	1,78	0,56	
		300	М и С	1,98	0,51	
То же, с утеплителем-трепелом	То же	40	М и С	1,05	0,35	
		60	М и С	1,18	0,85	
		80	М и С	1,31	0,76	
		100	М и С	1,45	0,69	
		150	М и С	1,78	0,56	
		200	М и С	2,11	0,47	
		250	М и С	2,45	0,41	
То же, с утеплителем-торфом-сфагнумом в набивке [$\lambda = 0,06 \text{ ккал/(м} \times \text{ч} \cdot ^\circ \text{C)}$]	»	40	М и С	1,45	0,69	
		60	М и С	1,78	0,56	
		80	М и С	2,11	0,47	
		100	М и С	2,45	0,41	
		150	М и С	3,28	0,31	
		200	М и С	4,11	0,24	
		250	М и С	4,11	0,24	
Паркетный пол по железобетонному перекрытию с утеплителем-шлаком	Паркетная клепка 17 мм, асфальт на бетонной стяжке 65 мм, утеплитель, железобетонная плита 35 мм	100	М и С	0,97	1,03	
		150	М и С	1,09	0,92	
		200	М и С	1,29	0,77	
		250	М и С	1,49	0,67	
		300	М и С	1,69	0,59	
		350	М и С	1,89	0,53	
		400	М и С	2,09	0,48	
То же, с утеплителем-трепелом	То же	100	М и С	1,16	0,86	
		150	М и С	1,49	0,67	
		200	М и С	1,82	0,55	
		250	М и С	2,16	0,46	

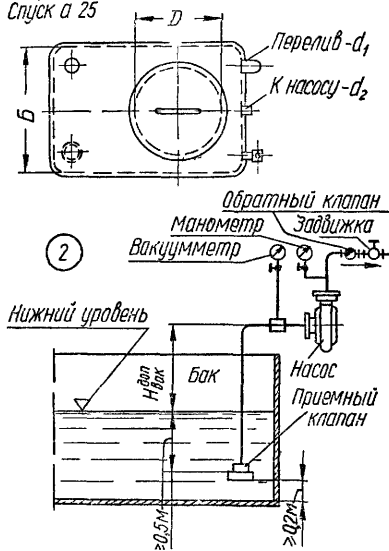
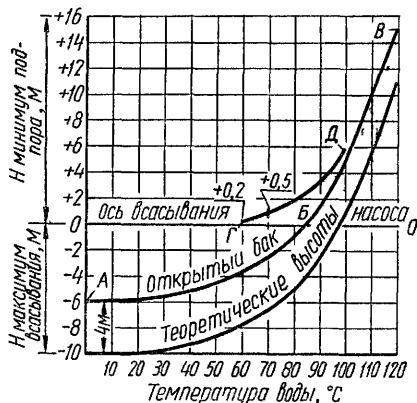
Примечание Для шлака коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,25$, для трепела, пеносилката и пенобетона — $0,15 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ \text{C)}$; $b = 1,0$ для всех этих материалов

1

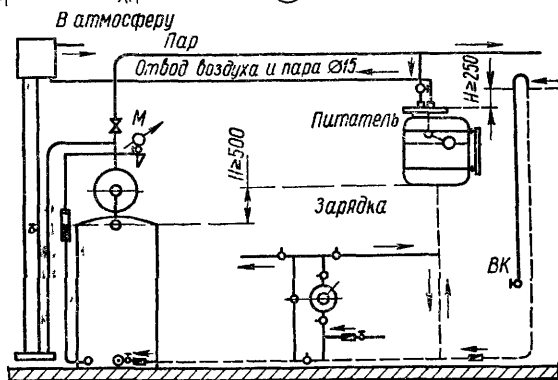


3

2



4



Лист V.12. Питательные приборы паровых котлов.

1 — конструкция и схема установки конденсационного бака; 2 — высота всасывания насоса; 3 — график допустимых высот всасывания и подпора насоса, 4 — установка питателя-автомата в замкнутой системе пароснабжения низкого давления.

Таблица 1.16. Значение R_0 и $1/R_0$ для заполнений оконных и дверных проемов в деревянных переплетах (по СНиП II-A. 7—71)

Заполнение проема	ГОСТ	Расстояние между стеклами, мм	$R_0, (м^2 \cdot ч \times \text{°C}) / \text{ккал}$	$1/R_0, (\text{ккал} / (м^2 \cdot ч \times \text{°C}))$
Одинарные переплеты (одинарное остекление)	12506—67, 16407—70	—	0,2	5,0
Двойные переплеты спаренные (двойное остекление)	11214—65 *	55	0,4	2,5
	16407—70	50	0,4	2,5
	12506—67	55	0,4	2,5
То же, со стеклопакетом	—	20	0,38	2,7
Двойные переплеты отдельные (двойное остекление)	11214—65 *	110	0,44	2,3
	16407—70	100	0,44	2,3
Тройные переплеты, одинарный + спаренный (тройное остекление)	16289—70	160	0,6	1,7
Вертикальное остекление из пустотелых стеклянных блоков	9272—66	—	0,5	2,0
Магазинная витрина	—	—	0,25	4,0
Наружные двери и ворота деревянные одинарные	—	—	0,25	4,0
То же, двойные	—	—	0,5	2,0
Внутренние двери одинарные	—	—	0,4	2,5

Примечание. Значения $1/R_0$ для окон, балконных дверей и фонарей в металлических переплетах и коробках следует увеличивать на 10%.

Сопrotивление теплопередаче утепленных полов $R_{y,п}$, расположенных непосредственно на грунте, вычисляют для каждой зоны по формуле

$$R_{y,п} = R_{н,п} + \frac{\delta_{y,с}}{\lambda_{y,с}}, \quad (1.23)$$

где $\delta_{y,с}$ и $\lambda_{y,с}$ — соответственно толщина, м, и коэффициент теплопроводности, $\text{ккал} / (\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{°C})$, утепляющего слоя.

Сопrotивление теплопередаче конструкции полов на лагах R_d определяют по формуле

$$R_d = \frac{1}{0,85} R_{y,п}. \quad (1.24)$$

При определении теплопотерь через полы подвалов продолжение подземной части наружных стен, начиная от уровня земли, рассматривается как полы (лист 1.3, рис. 3, в).

Для удобства расчета теплопотерь через неутепленные полы на грунте в табл. 1.17 и 1.18 приведены величины $\Sigma F \frac{1}{R_{н,п}}$, вычисленные в зависимости от размеров угловых и средних помещений.

Правила обмера ограждений здания при определении поверхности F в м^2 для расчета теплопотерь показаны на листе 1.3, рис. 3, а, б. Линейные размеры ограждений принимаются с точностью до 0,1 м, а результаты расчетов теплопотерь вычисляются с точностью до 5 $\text{ккал} / \text{ч}$.

Добавочные теплопотери через ограждающие конструкции помещений различного назначения исчисляются в процентах к основным, найденным по формуле (1.22), и принимаются в зависимости от вида ограждений по табл. 1.19.

При расчете теплопотерь через наружные ограждения общественных зданий их среднее значение не должно превышать величин, указанных в табл. 1.20.

Мощность питательных центробежных насосов рассчитывают по аналогии с циркуляционными насосами водяного отопления по формуле (V.3). Скорость движения воды при определении диаметров питательных трубопроводов принимается не более 2 м/с.

Центробежные насосы для перекачки конденсата устанавливают под заливом, ниже уровня дна конденсационного бака, с тем, чтобы конденсат поступал в насос самотеком с некоторым подпором (лист V.12, рис. 1). В каталогах насосов допустимую вакуумметрическую высоту всасывания указывают обычно при температуре воды 20°С (лист V.12, рис. 2).

Высота всасывания и подпора насоса, при которой не вскипает вода во всасывающем трубопроводе и не происходит явление кавитации, зависит от температуры перекачиваемой воды, величины добавочного давления при входе в насос p_k и гидравлических потерь во всасывающем трубопроводе p_c . На графике листа V.12, рис. 3, показаны кривые максимальной высоты всасывания и минимальной высоты подпора при перекачке насосом горячей воды из открытого бака, находящегося под атмосферным давлением. Линия действительных высот АБВ отличается от теоретических на величину $p_k + p_c = 4 \text{ м вод. ст.}$

Практически воду с температурой более 60°С можно перекачивать только при условии установки насоса под заливом — с подпором. Число оборотов насоса в минуту должно быть постоянным, чтобы его производительность и напор не изменялись. На графике линия ГД показывает определенные по опытным данным минимальные высоты подпора для устойчивой работы насосов, перекачивающих горячую воду с температурой 60—90°С.

Для питания паровых котлов низкого давления принимают центробежные насосы, характеристики которых приведены в табл. V.15—V.18.

Повышение надежности работы паровых котлов достигается автоматизацией включения и выключения питательных насосов, в зависимости от положения уровня воды в котле и конденсационном баке, с параллельным устройством звуковой сигнализации.

В замкнутых системах пароснабжения низкого давления, в некоторых случаях, целесообразно для питания паровых котлов использовать питатель-автомат (лист V.12, рис. 4), т. е. промежуточный сборный бак для конденсата. Процесс питания котла происходит периодически под воздействием напора Н-500 мм при равенстве давлений пара в котле и питателе. Поплавковый механизм питателя после завершения каждого цикла питания отделяет паровое пространство котла от конденсатопровода, и конденсат самотеком поступает в питатель из системы пароснабжения. Установка питателя позволяет повысить рабочее давление пара в котле до 0,7 кгс/см² и соответственно увеличить радиус действия системы пароснабжения.

В процессе эксплуатации паровых котлов приходится восполнять неизбежные потери пара и конденсата в системе пароснабжения сырой водой. В чисто отопительных котельных количество добавляемой сырой воды, компенсирующей естественную убыль в системе пароснабжения, колеблется в пределах 5—10%, а в отопительно-производственных котельных составляет 10—30% и более при расходах пара на технологические нужды без возврата конденсата в котельную.

Температура конденсата, возвращающегося в котельную, обычно не превышает 70°С.

При питании паровых котлов жесткой водой происходит интенсивное отложение накипи на поверхностях нагрева, снижающее коэффициент теплопередачи металлической стенки котла, что ведет к перерасходу топлива. Каждый миллиметр слоя накипи дает до 1,5—2% перерасхода топлива. В местах образования накипи стенки котла могут недопустимо перегреваться, механическая прочность металла падает, стенки деформируются, в чугунных котлах появляются трещины. Во избежание этого применяется докотловая обработка воды (умячение питательной или сырой добавочной воды) с периодической шламовой продувкой котла.

Для чугунных секционных котлов внутрикотловая обработка воды не допускается. Общая жесткость воды для этих котлов не должна превышать 0,3 мг-экв/л; для подогревных котлов нормируется карбонатная жесткость, которая должна составлять 0,7—1,5 мг-экв/л; содержание кислорода в воде не нормируется.

Пример 1.11. Рассчитать теплопотери жилой комнаты в кирпичном одноэтажном доме с черепичной кровлей, сооружаемом в г. Ессентуки (лист 1.4, рис. 1).

При расчете теплопотерь следует учесть надбавки: на ветер — 5%, на угловое помещение — 5% и на страны света — согласно ориентации, указанной на рисунке.

Для угловой жилой комнаты $t_{в} = 20^{\circ}\text{C}$. По табл. 1.3 расчетные наружные температуры для г. Ессентуки следующие: $t_{н} = -17^{\circ}\text{C}$, $t_{х.с} = -21^{\circ}\text{C}$. При разности

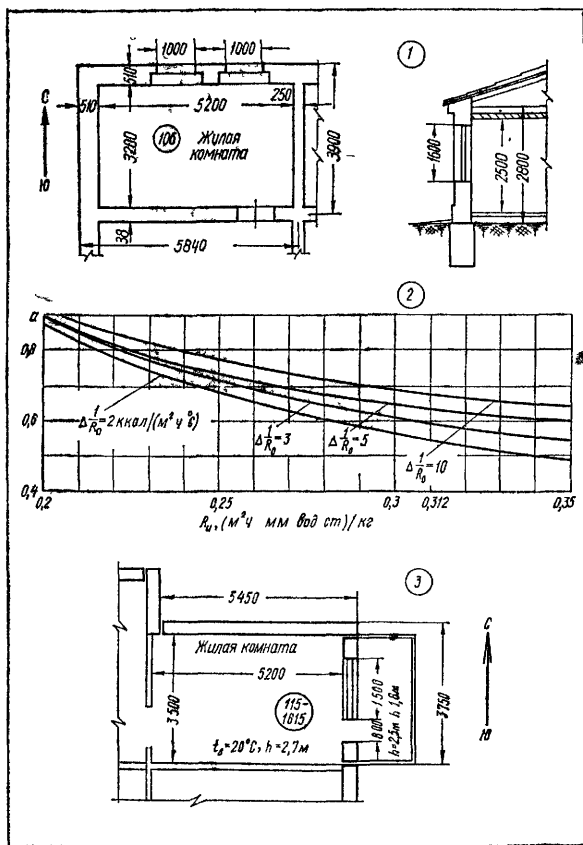
расчетных температур $t_{в} - t_{н} = 20 + 17 = 37^{\circ}\text{C}$ по табл. 1.8 находим величины требуемых сопротивлений теплопередаче $R_{0}^{\text{тр}}$: для кирпичной наружной стены — 0,82; для чердачного перекрытия — 1,09 ($\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{ккал}$).

Сообразуясь со значениями $R_{0}^{\text{тр}}$ и принятыми по проекту материалами стен и перекрытия, на основании данных табл. 1.14 и 1.15 выбираем строительные конструкции наружных ограждений здания. Кирпичные стены принимаем толщиной в два кирпича на тяжелом растворе с внутренней штукатуркой. Общая толщина стены с учетом швов — 525 мм, $R_0 = 0,94$, $1/R_0 = 1,06$. Массивность стены — средняя. Чердачное перекрытие принимаем из сборных железобетонных ребристых плит с утеплителем-шлаком объемной массой 1000 $\text{кг}/\text{м}^3$, толщиной 200 мм и $\lambda = 0,25$, $R_0 = 1,09$, $1/R_0 = 0,92$. Перекрытие малой массивности.

Проверяем принятые конструкции наружных ограждений при значениях $R_0^{\text{тр}}$ по табл. 1.8 для уточненной разности расчетных температур. Наружная стена средней массивности при $t_{н} = 20 + (17 + 21) : 2 = 39^{\circ}\text{C}$ имеет $R_0^{\text{тр}} = 0,86$. Поскольку $0,86 < 0,94$, конструкция стены отвечает нормам и может быть принята. Чердачное перекрытие при $t_{н} = 20 + 21 = 41^{\circ}\text{C}$ имеет $R_0^{\text{тр}} = 1,21$. Поскольку $1,21 > 1,09$, перекрытие надо утеплить. Заменяем шлак трепелом с объемной массой 600 $\text{кг}/\text{м}^3$ и $\lambda = 0,15$ толщиной слоя 150 мм при $R_0 = 1,29$ и $1/R_0 = 0,77$.

При черепичной кровле вводится поправочный коэффициент уменьшения расчетной разности температур $n = 0,9$; для окон с двойным остеклением и стеклопакетом по табл. 1.16 принимаем $1/R_0 = 2,7 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Для удобства проверки арифметических вычислений и выявления возможных ошибок рекомендуется такой порядок записи результатов расчета по отдельным помещениям. Сначала в плане здания все отапливаемые помещения нумеруются поэтажно, например, подвал — 1, 2, 3, 4, 5 и т. д., 1-й этаж — 101, 102, 103, 104, 105



Лист 1.4. К расчетам теплопотерь:

1 — к примеру 1.11; 2 — график для определения поправки α ; 3 — к примеру 1.12.

РАСЧЕТ ТЯГО-ДУТЬЕВЫХ УСТРОЙСТВ

Дымовые трубы и боровы

В малозэтажных домах для чугунных котлов квартирного водяного отопления размеры дымовых каналов принимают в зависимости от высоты трубы (от уровня колосниковой решетки котла до верха оголовка трубы) и теплопроизводительности котла (табл. V.21).

Таблица V.21. Размеры дымовых каналов от чугунных котлов ВНИИСТО-Мч

Площадь сечения канала, $см^2$	Размеры канала, кирпичей	Теплопроизводительность котла, тыс. $ккал/ч$, при высоте дымовой трубы, м				
		6	7	8	9	10
196	$1/2 \times 1/2$	7	8,5	10	14	18
378	$1/2 \times 1$	8,5	10	14	18	22
540	$3/4 \times 1$	—	—	26	30	34

Примечание Дымовую трубу ниже 5 м делать не разрешается. С целью устранения опасности задувания ветром верх оголовка трубы должен возвышаться над коньком крыши не менее чем на 1 м

Таблица V.22. Размеры кирпичных дымовых труб

Площадь сечения выходного отверстия $F_{тр}$, $см^2$	Размеры прямоугольных труб, кирпичей	Диаметр круглых труб, см	Теплопроизводительность котельной, тыс. $ккал/ч$, при высоте трубы, м			
			15	20	25	30
196	$1/2 \times 1/2$	15	22	24	28	30
378	$1/2 \times 1$	20	42	48	54	59
540	$3/4 \times 1$	25	65	74	82	90
729	1×1	28	80	90	103	114
1026	$1 \times 1\frac{1}{2}$	35	122	140	159	173
1377	1×2	40	165	190	213	234
1444	$1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2}$	43	187	216	240	264
1938	2×2	50	250	290	320	355
2601	$1\frac{1}{2} \times 2$	58	340	398	443	475
3204	$2 \times 2\frac{1}{2}$	65	420	490	554	595
4096	$2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2}$	72	530	610	—	—

Размеры кирпичных дымовых труб для небольших котельных теплопроизводительностью до 650 тыс. $ккал/ч$ принимаются по табл. V.22. Площадь сечения выходного отверстия дымовой трубы $F_{тр}$ определяют по формуле, $см^2$

$$F_{тр} = \frac{0,03 \cdot Q_T}{\sqrt{h}} \quad (V.9)$$

где Q_T — тепловая нагрузка котельной, $ккал/ч$;

h — высота трубы от уровня колосниковой решетки до верха оголовка трубы, м.

Площадь сечения борова F_6 для котельных теплопроизводительностью до 650 тыс. $ккал/ч$ определяют по формуле, $см^2$

$$F_6 = 0,0076 \cdot Q_T \quad (V.10)$$

где Q_T — теплопроизводительность котлов, обслуживаемых расчетным участком борова, $ккал/ч$.

Таблица 1.17. Значения $\Sigma F \frac{1}{R_{н.п}}$, ккал/(ч·°С), неутепленных

Ширина помещения, м	Глубина помещения (перпендику								
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
1	0,4	0,6	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,3
1,5	0,6	0,9	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0
2	0,8	1,2	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,5	2,6
2,5	1	1,5	2	2,3	2,6	2,8	3	3,1	3,3
3	1,2	1,8	2,4	2,7	3	3,3	3,6	3,8	3,9
3,5	1,4	2,1	2,8	3,2	3,5	3,9	4,2	4,4	4,6
4	1,6	2,4	3,2	3,6	4,0	4,4	4,8	5	5,2
4,5	1,8	2,7	3,6	4,1	4,5	5	5,4	5,6	5,9
5	2	3	4	4,5	5	5,5	6	6,3	6,5
5,5	2,2	3,3	4,4	5	5,5	6,1	6,6	6,9	7,2
6	2,4	3,6	4,8	5,4	6	6,6	7,2	7,5	7,8
6,5	2,6	3,9	5,2	5,9	6,5	7,2	7,8	8,1	8,8
7	2,8	4,2	5,6	6,3	7	7,7	8,4	8,8	9,1
7,5	3	4,5	6	6,8	7,5	8,3	9	9,4	9,8
8	3,2	4,8	6,4	7,2	8	8,8	9,6	10	10,4
8,5	3,4	5,1	6,8	7,7	8,5	9,4	10,2	10,6	11,1
9	3,6	5,4	7,2	8,1	9	9,9	10,8	11,3	11,7
9,5	3,8	5,7	7,6	8,6	9,5	10,5	11,4	11,9	12,4
10	4	6	8	9	10	11	12	12,5	13
10,5	4,2	6,3	8,4	9,5	10,5	11,6	12,6	13,1	13,7
11	4,4	6,6	8,8	9,9	11	12,1	13,2	13,8	14,3
11,5	4,6	6,9	9,2	10,4	11,5	12,7	13,8	14,4	15
12	4,8	7,2	9,6	10,8	12	13,2	14,4	15	15,6
12,5	5	7,5	10	11,3	12,5	13,8	15	15,6	16,3
13	5,2	7,8	10,4	11,7	13	14,3	15,6	16,3	16,9
13,5	5,4	8,1	10,8	12,2	13,5	14,9	16,2	16,9	17,6
14	5,6	8,4	11,2	12,6	14	15,4	16,8	17,5	18,2
14,5	5,8	8,7	11,6	13,1	14,5	16	17,4	18,1	18,9
15	6	9	12	13,5	15	16,5	18	18,8	19,5

Таблица V.23. Показатели основных видов твердого топлива СССР

Топливо	Средняя низшая теплота сгорания Q_H^p , ккал/кг	Средняя объемная масса γ , кг/м ³	Коэффициент перевода натурального топлива в условное	Теоретический объем при 0° С и 760 мм рт.ст., нм ³ /кг	
				воздуха, необходимого для сгорания 1 кг топлива v_0	продуктов сгорания 1 кг топлива v_{0r} при $\alpha = 1$
Дрова складочные всех пород с влажностью в среднем 33%	2910	450	0,415	3,43	4,23
Опилки и стружки	2000	250	0,286	2,52	3,43
Торф кусковой	2940	400	0,42	3,47	4,27
Торф фрезерный	2660	400	0,38	3,18	4,02
Торфяные брикеты	4000	250	0,57	4,54	5,21
Бурый уголь (Александрия, СССР)	1830	760	0,26	2,35	3,28
Подмосковный уголь	2900	750	0,415	3,43	4,23
Карагандинский уголь	5880	800	0,84	6,34	6,87
Кузнецкий уголь	6455	850	0,92	7,02	7,4
Донецкий антрацит по всем маркам	6540	1000	0,934	7,1	7,48
То же, АРШ	6455	850	0,92	7,02	7,4
» АШ	6065	800	0,866	6,62	7,05
» АСШ	6195	800	0,855	6,76	7,17
» АС	6500	990	0,93	7,06	7,44
Кокс	6500	400	0,93	7,06	7,44

Примечания 1 Средние показатели твердого топлива приведены для ориентировочных подсчетов. Подробную характеристику ископаемого топлива по отдельным месторождениям, маркам и сортам см. «Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод» М., «Энергия», 1973.

2 Теплота сгорания 1 м³ складочных дров составляет 1302 тыс. ккал, коэффициент перевода кубических метров дров в тонны условного топлива — 0,186 (для условного топлива $Q_H^p = 7000$ ккал/кг).

Для котельных с теплопроизводительностью более 650 тыс. ккал/ч размеры дымовых труб принимают на основании подробного аэродинамического расчета газового тракта. Площадь сечения и диаметр выходного отверстия дымовой трубы и рассматриваемого участка боров $F_{трб}$ и $d_{тр}$ находят по формулам

$$F_{трб} = \frac{v_r}{3600\omega} \text{ м}^2, \quad d_{тр} = 0,0188 \sqrt{\frac{v_r}{\omega}} \text{ м}, \quad (V.11)$$

где ω — скорость движения дымовых газов при естественной тяге и максимальной нагрузке котлов (с учетом расширения котельной), м/с;

v_r — объем дымовых газов м³ (при $t_r = 200 \div 300^\circ \text{С}$).

Для предварительных расчетов принимают скорость ω в выходном отверстии дымовой трубы не менее 6—10 м/с в сборном, борове — 3—4 и боровах от котлов к сборному борову — 2—4 м/с. Для котельных, работающих с неполной нагрузкой, скорость газов в выходном сечении дымовой трубы во избежание задувания ветром должна быть не менее 2,5—3 м/с.

Величина v_r определяется по формуле

$$v_r = B \left[v_{0r} + (\alpha - 1) v_0 \right] \frac{273 + t_r}{273}. \quad (V.12)$$

Здесь v_{0r} — объем дымовых газов, принимаемый по табл. V.23, нм³/кг;

B — часовой расход топлива при максимальной нагрузке котельной, кг/ч;

полов на грунте для средних помещений

ляная к наружной стене), м

5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6
2	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5
2,7	2,8	2,9	2,9	3	3	3,1	3,2	3,2	3,3
3,4	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,9	4	4	4,1
4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8	4,9
4,7	4,9	5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7
5,4	5,6	5,7	5,8	6	6,1	6,2	6,3	6,4	6,6
6,1	6,3	6,4	6,6	6,7	6,8	7	7,1	7,2	7,4
6,8	7	7,2	7,3	7,5	7,6	7,8	7,9	8,1	8,2
7,4	7,7	7,9	8	8,2	8,4	8,5	8,7	8,9	9
8,1	8,4	8,6	8,8	8,9	9,1	9,3	9,5	9,7	9,8
8,8	9,1	9,3	9,5	9,7	9,9	10,1	10,3	10,4	10,7
9,5	9,8	10	10,2	10,4	10,6	10,9	11,1	11,3	11,5
10,1	10,5	10,7	11	11,2	11,4	11,6	11,9	12,1	12,3
10,8	11,2	11,4	11,7	11,9	12,2	12,4	12,6	12,9	13,1
11,5	11,9	12,2	12,4	12,7	12,9	13,2	13,4	13,7	13,9
12,2	12,6	12,9	13,1	13,4	13,7	14	14,2	14,5	14,8
12,8	13,3	13,6	13,9	14,2	14,4	14,7	15	15,3	15,6
13,5	14	14,3	14,6	14,9	15,2	15,5	15,8	16,1	16,4
14,2	14,7	15	15,3	15,6	16	16,3	16,6	16,9	17,2
14,9	15,4	15,7	16,1	16,4	16,7	17,1	17,4	17,9	18
15,5	16,1	16,4	16,8	17,1	17,6	17,8	18,2	18,5	18,9
16,2	16,8	17,2	17,5	17,9	18,2	18,6	19	19,3	19,7
16,9	17,5	17,9	18,3	18,6	19	19,4	19,8	20,1	20,5
17,6	18,2	18,6	19	19,4	19,8	20,2	20,5	20,9	21,8
18,2	18,9	19,3	19,7	20,1	20,5	20,9	21,3	21,7	22,1
18,9	19,6	20	20,4	20,9	21,3	21,7	22,1	22,6	23
19,6	20,3	20,7	21,2	21,6	22	22,5	22,9	23,3	23,8
20,3	21	21,5	21,9	22,4	22,8	23,3	23,7	24,2	24,6

α — коэффициент избытка воздуха в рассматриваемом участке газохода;
 t_r — температура дымовых газов в основании дымовой трубы; для чугунных секционных котлов может быть приближенно принята равной 200°C ;

v_0 — теоретически необходимый для процесса горения 1 кг топлива объем воздуха, принимаемый по табл. V.23.

Коэффициент α принимается приближенно за котлом на 0,2, а перед дымовой трубой — на 0,4 больше избытка воздуха в топке α_T . Для ориентировочных расчетов коэффициент избытка воздуха α_T в топке с простой колосниковой решеткой можно принять: при сжигании антрацитов — 1,4—1,5; каменного угля — 1,5—1,7; бурых и подмосковных углей — 1,6—1,8; дров и торфа (в шахтных топках) — 1,25—1,35.

Часовой расход топлива B (в кг) подсчитывается в зависимости от к. п. д. котельной установки и низшей теплоты сгорания топлива с учетом потерь тепла 10—20%. Для водогрейных и паровых котлов низкого давления

$$B = \frac{(1,1 \div 1,2) Q_p}{Q_{н.к.у}^p}, \quad (\text{V.13})$$

где $\eta_{к.у}$ — к. п. д. котельной установки;

Q_p — расход тепла, ккал/ч.

Высота дымовой трубы $h_{тр}$ определяется по формуле (м)

$$h_{тр} = 2,15 \frac{H_{к.у}}{p_{бар} \left(\frac{1}{273 + t_n} - \frac{1}{273 + t_r} \right)}, \quad (\text{V.14})$$

где $p_{бар}$ — барометрическое давление, мм рт. ст.;

t_n — температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$;

t_r — средняя температура дымовых газов в трубе;

$H_{к.у}$ — газовое сопротивление котельной установки, кгс/м².

$H_{к.у}$ состоит из газовых сопротивлений котла $H_{кот}$, борова H_b , шиберов $H_{ш}$, дымовой трубы $H_{тр}$, разрежения в топке H_T и потерь напора на выходе дымовых газов из трубы $H_d = \frac{w^2}{2g}$ (w — расчетная скорость газа; γ — плотность дымовых газов).

Разрежение в топке принимается равным 3—4 кгс/м² для колосниковых решеток с ручным обслуживанием и 8—10 кгс/м² для шахтных топок.

Газовое сопротивление чугунных секционных котлов при крупнокусковом топливе и максимально допустимом тепловом напряжении поверхности нагрева составляет 2—4 кгс/м². Газовое сопротивление боровов и дымовой трубы определяется на основании аэродинамических расчетов; для боровов оно ориентировочно принимается равным 2 кгс/м² на каждые 25 м длины борова. Газовое сопротивление шиберов составляет 0,5—1,5 кгс/м².

В отопительных котельных тягу дымовой трубы проверяют при наружной температуре $t_n = 10^\circ \text{C}$. Если котельная работает летом, то проверку делают на летнюю расчетную температуру согласно табл. VII.3.

Дымовые трубы встроенных котельных должны быть не менее чем на 5 м выше конька кровель зданий, расположенных в радиусе 25 м от котельной, с толщиной стенок не менее 380 мм. Фундаменты прислоненной к стене или отдельно стоящей дымовой трубы не должны быть связаны со строительными конструкциями здания, для чего предусматривают осадочные швы.

Дымовые трубы выкладываются из обыкновенного красного кирпича, в групповых котельных они дополнительно еще футеруются огнеупорным кирпичом на треть высоты. Если дымовая труба проходит в пределах помещения, наружные поверхности ее стенок изолируются огнестойкими материалами и устройством воздушного прослойка. Для очистки дымовой трубы от золы в устье делают зольный приямок, а на подводящем борове — люк размерами не менее 380×380 мм.

Металлические дымовые трубы устанавливают на опорную плиту, прикрепляемую к кирпичному цоколю, расчаливают растяжками или закрепляются хомутами к наружной капитальной стене здания. Металлические трубы оборудуются молниезащитами с хорошим заземлением.

Таблица 1.18. Значения $\Sigma F \frac{1}{R_{н.п}}$, ккал/(ч·°С),

Длина помеще- ния, м	Ширина поме									
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	
1	0,8									
1,5	1,2	2,1								
2	1,6	2,4	3,2							
2,5	1,8	2,7	3,6	4,1						
3	2	3	4	4,5	5					
3,5	2,2	3,3	4,4	5	5,5	6,1				
4	2,4	3,6	4,8	5,4	6	6,6	7,2			
4,5	2,6	3,9	5,2	5,9	6,5	7,2	7,8	8,4		
5	2,8	4,2	5,6	6,3	7	7,7	8,4	9,1	9,7	
5,5	3	4,5	6	6,8	7,5	8,3	9	9,7	10,4	
6	3,2	4,8	6,4	7,2	8	8,8	9,6	10,3	11	
6,5	3,4	5,1	6,8	7,7	8,5	9,4	10,2	10,9	11,7	
7	3,6	5,4	7,2	8,1	9	9,9	10,8	11,6	12,3	
7,5	3,8	5,7	7,6	8,6	9,5	10,5	11,4	12,2	13	
8	4	6	8	9	10	11	12	12,8	13,6	
8,5	4,2	6,3	8,4	9,5	10,5	11,6	12,6	13,4	14,3	
9	4,4	6,6	8,8	9,9	11	12,1	13,2	14,1	14,9	
9,5	4,6	6,9	9,2	10,4	11,5	12,7	13,8	14,7	15,6	
10	4,8	7,2	9,6	10,8	12	13,2	14,4	15,3	16,2	
10,5	5	7,5	10	11,3	12,5	13,8	15	15,9	16,9	
11	5,2	7,8	10,4	11,7	13	14,3	15,6	16,6	17,5	
11,5	5,4	8,1	10,8	12,2	13,5	14,9	16,2	17,2	18,2	
12	5,6	8,4	11,2	12,6	14	15,4	16,8	17,8	18,8	
12,5	5,8	8,7	11,6	13,1	14,5	16	17,4	18,4	19,5	
13	6	9	12	13,5	15	16,5	18	19,1	20,1	
13,5	6,2	9,3	12,4	14	15,5	17,1	18,6	19,7	20,8	
14	6,4	9,6	12,8	14,4	16	17,6	19,2	20,3	21,4	
14,5	6,6	9,9	13,2	14,9	16,5	18,2	19,8	20,9	22,1	
15	6,8	10,2	13,6	15,3	17	18,7	20,4	21,6	22,7	

Борова выкладываются из красного кирпича в сухих грунтах обычно заглубленными, а во влажных — надпольными. При подземном расположении борова между сводом борова и полом делают засыпку песком толщиной 200 мм, если боров надземный, делают свод засыпку слоем 100 мм с укладкой по ней двух рядов кирпича плашмя.

Соотношение ширины к высоте борова принимают не менее 1 : 2, свод выполняют толщиной в один кирпич со стрелой подъема 0,15 пролета. Толщина стенок подземного борова — не менее 250—380 мм, надземного — не менее 380—510 мм (в зависимости от его размеров). Дно борова выстилается двумя рядами кирпича плашмя, а фундаментом служит бетонная плита толщиной не менее 150 мм.

Свод общего сборного борова выполняют с подъемом 0,02 к дымовой трубе. При проходе борова через стену или фундамент здания для пропуска борова устраивают с зазором и перекрывают его перемычкой. При расположении борова вдоль стен здания предусматривают между стенкой борова и стеной здания зазор не менее 70 мм с засыпкой его шлаком.

Вентиляторное дутье

При устройстве дутья в топку котлов предусматривается установка двух вентиляторов, рассчитанных каждый на полное расчетное давление и производительность. Один из дутьевых вентиляторов является рабочим, а второй — резервным. Объем воздуха для дутья L_b определяется по формуле, $\text{м}^3/\text{ч}$

$$L_b = 1,1 \cdot \alpha_T v_0 B \frac{273 + t_a}{273} \cdot \frac{760}{p_{\text{бар}}}, \quad (\text{V.15})$$

где α_T — коэффициент избытка воздуха в топке;

t_a — температура воздуха под потолком котельной, принимаемая 20° С.

Барометрическое давление $p_{\text{бар}}$ в среднем может быть принято 745 мм рт. ст.

Дутьевые центробежные вентиляторы должны развивать давление в 60—100 кгс/м² для преодоления всех сопротивлений движению воздуха в воздуховодах, колосниковой решетке, слое топлива и в топке котла.

Приняв модель центробежного вентилятора в зависимости от требуемой производительности L_b и давления H_b , по его характеристике определяют номер вентилятора, скорость вращения и потребную мощность электродвигателя, установленного на одной оси с вентилятором.

Воздух для дутья в топку котлов следует забирать из верхней зоны помещения котельного зала. Для регулировки количества подаваемого воздуха у топок котлов на дутьевых патрубках устанавливаются клапаны, а на выхлопных отверстиях вентиляторов — шиберы. Сечение подпольных дутьевых каналов принимается из расчета допустимой скорости движения воздуха 3—4 м/с.

ПОМЕЩЕНИЯ ВСТРОЕННЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Теплопроизводительность встроженных котельных, работающих на твердом топливе, принимается в зависимости от приведенных характеристик топлива — зольности A_p и сернистости S_p . При A_p до 2,5 и S_p до 0,5% нормируемая производительность котельных составляет 1,5 Гкал/ч; при A_p до 5 и S_p свыше 1,5% — 0,5 Гкал/ч. В этих котельных разрешается устанавливать паровые котлы низкого давления до 0,7 кгс/см² и водогрейные котлы с температурой нагрева воды до 115° С.

При высоком уровне грунтовых вод предусматривают надежные мероприятия против проникания воды в котельную. Пол помещения размещают выше уровня грунтовых вод, а основания боронов, каналов и т. п. располагают выше наивысшего уровня грунтовых вод, не менее чем на 300 мм.

Котлы неодинаковой длины или различных систем при установке располагают в один фронт, чтобы топки находились на одной линии и обеспечивались естественным освещением.

Наименьшие и рекомендуемые расстояния при установке в помещении котлов, работающих на твердом топливе, для удобства их обслуживания и ремонта приведены в табл. V.24 и на листе V.13.

неутепленных полов на грунте для угловых помещений

щения, м									
5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
11									
11,7	12,4								
12,4	13,1	13,7							
13,1	13,8	14,5	15,3						
13,7	14,5	15,2	16	16,7					
14,4	15,2	16	16,7	17,5	18,2				
15,1	15,9	16,7	17,5	18,2	19	19,8			
15,8	16,6	17,4	18,2	19	19,8	20,6	21,3		
16,4	17,3	18,1	18,9	19,7	20,5	21,3	22,1	22,9	
17,1	18	18,8	19,6	20,2	21,3	22,1	22,9	23,7	24,6
17,8	18,7	19,5	20,4	21,2	22	22,9	23,7	24,5	25,4
18,5	19,4	20,3	21,1	22	22,8	23,7	24,5	25,4	26,2
19,1	20,1	21	21,8	22,7	23,6	24,4	25,3	26,2	27
19,8	20,8	21,7	22,6	23,4	24,3	25,2	26,1	27	27,8
20,5	21,5	22,4	23,3	24,2	25,1	26	26,9	27,8	28,7
21,2	22,2	23,1	24	24,9	25,6	26,8	27,7	28,6	29,5
21,8	22,9	23,8	24,8	25,7	26,6	27,5	28,5	29,4	30,3
22,5	23,6	24,5	25,5	26,4	27,4	28,3	29,2	30,2	31,4
23,2	24,3	25,3	26,2	27,2	28,1	29,2	30	31	31,9
23,9	25	26	26,9	27,9	28,9	29,9	30,8	31,8	32,8

При установке котлов вблизи стен или колонн помещения котельной их обмуровка должна отстоять от стен или колонн не менее чем на 70 мм. Этот промежуток засыпается шлаком или закладывается сверху и по краям кирпичом. ОпираНИЕ фундаментов дымовых труб котлов и оборудования на обрезы фундаментов стен, колонн не допускается; в местах примыкания фундаментов к строительным конструкциям здания предусматривается устройство осадочных швов.

Таблица V.24. Габариты встроенных отопительных котельных, мм

Размер	Котлы	
	без обмуровки	в легкой обмуровке
Наименьший проход перед фронтом котлов	2000	3000
То же, нормальный	2500	4000
Боковой проход между котлами или котлом и стеной здания	1000	1000
То же, при обслуживании котла сбоку		1500
Проход между отдельными выступающими частями котла и конструкциями здания		800
Наименьший проход за котлами	1500	2000
Наименьшая ширина котельной	$3500 + l$	$5000 + l$
То же, нормальная	$4000 + l$	$6000 + l$
Наименьшая длина котельной	$1000 + 1000n + bn$	
Наименьшая высота котельной при установке водогрейных котлов	3200	3900
То же, паровых	3900	4200
Высота от поверхности обмуровки или площадки обслуживания котла до нижних частей несгораемого перекрытия		1900
Высота от паросборника котла до нижних конструктивных частей перекрытия		700
Ширина проезда в зольном помещении	Ширина вагонетки + 1300	
Высота зольного помещения от пола до потолка	2600	

Примечания 1. l — строительная длина котла, мм, n — число одиночных котлов или групп в общей обмуровке; b — строительная ширина одиночных котлов или групп в общей обмуровке, мм

2 Для малых котлов типа ВНИИСТО Мч боковой проход принимают обычно равным 700 мм.

3 При естественной циркуляции воды в системе отопления высота помещения рекомендуется не ниже 3500 мм

Дутьевые подпольные каналы перекрывают сборными железобетонными плитами, а каналы для труб — съемными бетонными плитами или рифленой листовой сталью. Внутренние поверхности дутьевых кирпичных каналов штукатурят цементным раствором.

Фундаменты для насосов, вентиляторов и двигателей выполняют со звукопоглощающим основанием. Площадки обслуживания и ступени металлических лестниц изготовляют из рифленой или полосовой стали (на ребро). Высота от пола площадок до центра полууказательных приборов паровых котлов должна быть не менее 1000 и не более 2000 мм.

Насосную, как правило, выделяют в отдельное помещение. Если насосы устанавливают в одном помещении с котлами, работающими на твердом топливе, их огораживают остекленной стенкой. В помещении насосной желательно размещать и дутьевые вентиляторы. Для удобства и безопасности обслуживания ширину всех проходов между оборудованием принимают не менее 700 мм.

Котельная со всеми вспомогательными помещениями должна иметь хорошую вентиляцию, отопление, противопожарно-хозяйственный водопровод, канализацию и удовлетворять всем требованиям пожарной безопасности, охраны труда и санитарных норм.

Таблица I.19. Величины добавочных теплопотерь (СНиП II-Г. 7—62)

Помещения и здания	Виды ограждений, через которые происходят добавочные теплопотери	Величины добавочных теплопотерь, проц. к основным
Помещения в зданиях любого назначения	Вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) наружные ограждения (стены, двери и светопроемы), обращенные на север, восток, северо-восток и северо-запад То же, на юго-восток и запад	10 5
То же, при двух и более наружных стенах (угловые)	Вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) наружные ограждения зданий в местностях со средней скоростью ветра до 5 м/с включительно: защищенные от ветра незащищенные от ветра (в зданиях, расположенных на возвышенностях, у рек, озер, на берегу моря или на открытой местности)	5 10
Здания любого назначения	Наружные стены и окна	5
Общественные здания, общежития и гостиницы	Наружные двери при открывании их на короткое время для учета проникновения холодного воздуха (п. 2 этажей): двойные без тамбура между ними двойные с тамбуром, снабженным дверью одинарные без тамбура	100п 80п 65п
	Наружные двери главных входов независимо от этажности при пропуске 500—600 человек в 1 ч	400—500

Примечания. 1. В общественных зданиях для помещений высотой более 4 м расчетное значение теплопотерь всех ограждений с включением добавок надлежит увеличивать на 2% на каждый метр высоты сверх 4 м, но не более 15%. Эта добавка не распространяется на производственные помещения и лестничные клетки.

2. Добавки на ветер следует принимать с коэффициентом 2 при расчетной зимней скорости ветра от 5 до 10 м/с и с коэффициентом 3 — при скорости ветра более 10 м/с.

3. Ограждение помещения считается защищенным от ветра, если расстояние между ним и ближайшим ограждением защищающего строения превышает разность между уровнем кровли защищающего его строения и уровнем перекрытия помещения не более чем в 5 раз.

4. Добавочные теплопотери на наружные входы принимаются при отсутствии у них воздушного тепловых завес.

5. При разработке типовых проектов добавочные теплопотери на страны света и ветер следует принимать в размере 16%.

Таблица I.20. Средние величины теплопотерь в общественных зданиях через наружные ограждения, ккал/(м²·ч) (СНиП II-Л. 2—72)

Назначение зданий	Виды ограждений		
	Стены	Покрытия	Перекрытия
Больницы	65	30	12
Поликлиники, детские сады-ясли	65	30	15
Санатории, дома отдыха	65	35	15
Школы, профессионально-технические училища	75	35	15
Научно-исследовательские институты, проектные организации, средние специальные и высшие учебные заведения, здания управления, зрелищные предприятия, учреждения искусств	80	35	15

Вентиляция котельного зала рассчитывается на удаление избытков тепла и может осуществляться дутьевыми вентиляторами из верхней зоны помещения, через оконные фрамуги верхнего света или фонарей, вытяжными шахтами или вентиляторами крышного типа. В котельных, размещаемых в подвалах зданий, необходимо устраивать механическую вентиляцию.

Для обслуживающего персонала в котельной предусматривают комнату отдыха, душевую кабину и уборную. В каждой котельной должен быть телефон или сигнализация для экстренного вызова администрации; на видном месте вывешивают инструкции по уходу за оборудованием.

Котельные, встроенные в жилые и общественные здания, не разрешается располагать в таких местах:

под помещениями общественного назначения (фойе и зрительные залы зрелищных предприятий, раздевалки и мыльные бани, торговые залы магазинов, классы, залы и аудитории школ и учебных заведений, детские и групповые комнаты детских учреждений);

под складами горючих материалов;

в помещениях, примыкающих к складам легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и материалов, за исключением складов топлива для самой котельной.

Не допускается устанавливать паровые котлы с давлением пара более $0,7 \text{ кгс/см}^2$ и водогрейные с температурой воды более 115°C в помещениях, примыкающих к жилым и общественным зданиям. Котельные нельзя размещать в подвалах, затопливаемых грунтовыми водами, без надежных мер по их отводу.

Не допускается располагать машинные отделения котельных непосредственно под жилыми помещениями. В ряде случаев насосы и дутьевые вентиляторы целесообразно выносить за пределы подвала здания и размещать их в пристройке (лист V.13). Для уменьшения шума присоединение трубопроводов и воздухопроводов к насосам и вентиляторам выполняют при помощи гибких вставок с установкой оборудования на виброизолирующем основании, не связанном с конструкциями здания.

Перекрытие над котельной делается непроницаемым для газов и паров и должно отвечать правилам противопожарной безопасности.

Вход в котельную выполняют обособленным с шириной наружных лестниц не менее 1000 мм и защищают от атмосферных осадков. Марши лестниц допускается располагать в габаритах общей лестничной клетки с выгораживанием их несгораемыми перегородками и перекрытием для устройства обособленного выхода наружу.

При выходе золы и шлака более 150 кг/ч следует предусматривать простейшую механизацию в подвале здания для выгрузки золы и шлака непосредственно в автомашину (лист V.13).

При отопительных котельных в населенных пунктах, работающих на твердом топливе, устраивают только расходуемые склады, рассчитанные на регулярное получение топлива с базисных складов. В зависимости от местных условий, расхода и сорта топлива склад размещается на поверхности земли под навесом вблизи здания котельной или устраивается подземным — в подвале или под двором. На генеральном плане склады топлива размещают с учетом правильной организации хранения, удобства загрузки топлива в склад и подачи его в котельную.

Открытые склады топлива и золоотвалы располагаются на отдельных площадках. Во избежание загрязнения твердого топлива при его хранении под навесом пол выполняют из глинобетона с отметкой на 0,5 м выше уровня грунтовых вод. Противопожарные разрывы выдерживают согласно СНиП II-М.1—71.

При подаче топлива в котельную по узкоколейному пути верх головок рельсов должен быть на одном уровне с полом помещения. Расстояние от оси узкоколейного пути до выступающих частей передней стены котельной принимается 1300 мм с обеспечением прохода 700 мм между стеной и вагонеткой.

Площадь склада S для твердого топлива на месячный запас определяется по формуле, м^2

$$S = 600 \cdot \frac{B}{\gamma h}, \quad (\text{V.16})$$

где B — часовой расход топлива, найденный по формуле (V.13), кг/ч ;

γ — объемная масса топлива, принимаемая по табл. V.23, кг/м^3 ;

h — высота штабеля в зависимости от рода и марки сжигаемого топлива, м .

Назначение зданий	Виды ограждений		
	Стены	Покрытия	Перекрытия
Торговые здания, предприятия общественного питания и бытового обслуживания, спортивные сооружения	90	35	15

и т.д., 5-й этаж — 501, 502, 503, 504, 505 и т.д., лестницы — А, Б, В, Г и т.д. Здесь порядковый номер указывает, на каком этаже расположено данное отапливаемое помещение.

Полученные результаты расчета теплопотерь удобно записывать в бланк по форме, приведенной в табл. 1.21. Точность расчета — до 5 ккал/ч.

Таблица 1.21. Расчет теплопотерь

Страны света	Ограждения					$t_v - t_n$, °C	Множитель надбавки	Q, ккал/ч
	Название	Размеры, мм	Количество	Площадь F_0 , м ²	$\frac{1}{R_0}$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
З	НС	3,90 × 2,8	1	10,92	1,06	37	1,15	490
С	НС	5,84 × 2,8	1	16,45	1,06	37	1,2	785
С	ДО	1,0 × 1,6	2	3,2	1,64	37	1,2	235
—	ПЛ	5,32 × 3,39	1	18,03	7,5	37	—	280
—	ПТ	5,32 × 3,39	1	18,03	0,77	37·0,9	—	460
Итого								2250

Примечание. В графе 2 приняты обозначения: НС — наружная стена; ДО — окно с двойным остеклением; ПЛ — пол; ПТ — потолок.

В графе 6 проставляется разность значений $1/R_0$ для стены и окна. Например, при значении его для окна 2,7 и для наружной стены 1,06 в расчетную таблицу заносят разность $2,7 - 1,06 = 1,64$, поскольку теплопотери ранее были учтены по всей площади стены без вычета площади окон.

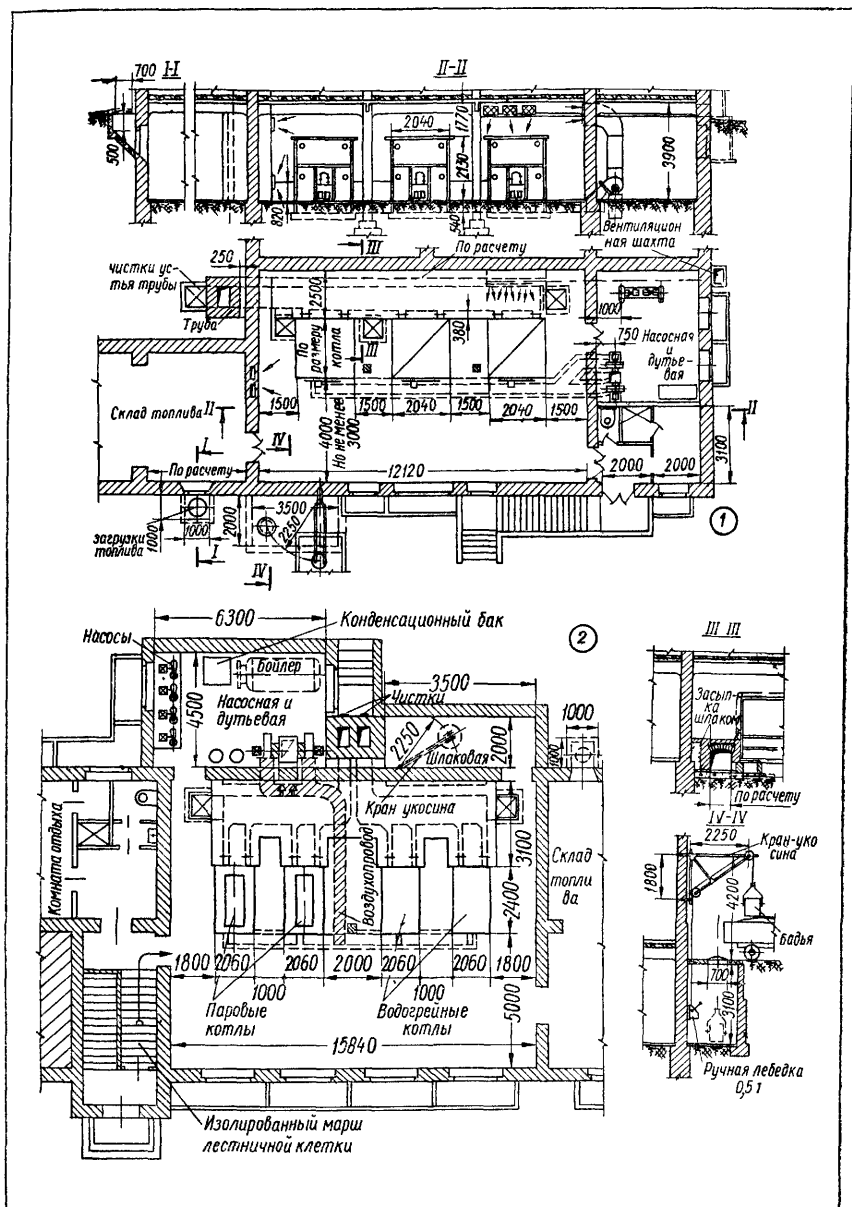
При расчете теплопотерь через сплошные полы на грунте удобно пользоваться вспомогательной табл. 1.18 для угловых помещений. При размерах комнаты $5,2 \times 3,2$ м $\Sigma F_0 \frac{1}{R_{пп}} = 7,5$, что и заносим в графу 6. Теплопотери потолка — это произведение величины 0,77 и разности температур с поправкой 0,9 (графа 7).

В графе 8 записывается общий суммарный множитель надбавки в процентах к основным теплопотерям на основании данных табл. 1.19. Например, добавка на север 10%, на ветер 5%, на угловое помещение 5%, всего 20%. Отсюда общий множитель надбавок — 1,2.

В графу 9 заносят результаты вычисления суммарных теплопотерь со всеми добавками, т.е. произведение величин в графах 5, 6, 7 и 8 для каждого ограждения, за исключением сплошных полов на грунте. Аналогично находят теплопотери во всех остальных помещениях и суммируют их, получая теплопотери для всего здания. Теплопотери в лестничных клетках определяют как для одного помещения независимо от этажности здания.

Расчет теплопотерь в зданиях повышенной этажности

Теплопотери в зданиях повышенной этажности рассчитывают обычным порядком по формуле (1.22), но с учетом дополнительных потерь тепла на подогрев инфильтрующегося воздуха, проникающего в отапливаемые помещения через наружные ограждения здания.



Лист V.13. Встроенная групповая котельная с чугунными котлами в подвале здания:

1 — на три водогрейных котла, 2 — на два паровых и два водогрейных котла с насосной душевой, вынесенными за пределы здания.

Таблица 1. 22. Добавки $\Delta \frac{1}{R_0}$ при расчете теплопотерь

$v, \text{ м/с}$	$t_{\text{н}}, ^\circ\text{C}$	Рассчитываемый						
		1	2	3	4	5	6	7
Окна с раздельными								
0	0	2,2	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7
	—10	3,2	3,1	2,9	2,7	2,6	2,4	2,1
	—20	4,0	3,9	3,7	3,5	3,3	3,0	2,8
	—30	4,9	4,6	4,4	4,2	3,9	3,6	3,3
	—40	5,3	5,1	4,9	4,6	4,3	4,1	3,7
5	0	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6	2,5
	—10	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	2,9
	—20	4,6	4,5	4,3	4,2	4,0	3,8	3,6
	—30	5,4	5,2	5,0	4,8	4,6	4,3	4,1
	—40	5,8	5,7	5,4	5,2	5,0	4,9	4,5
10	0	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3
	—10	4,9	4,9	4,8	4,8	4,7	4,7	4,7
	—20	5,5	5,4	5,3	5,3	5,2	5,1	5,1
	—30	6,1	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6	5,5
	—40	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9
15	0	5,8	5,9	5,9	6,0	6,1	6,2	6,2
	—10	6,4	6,4	6,4	6,5	6,5	6,6	6,6
	—20	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	7,0	7,0
	—30	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
	—40	7,9	7,9	7,9	7,8	7,8	7,8	7,8
Окна со спаренными								
0	0	2,9	2,8	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1
	—10	3,9	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,7
	—20	4,9	4,7	4,5	4,3	4,0	3,8	3,5
	—30	5,9	5,7	5,4	5,1	4,8	4,4	4,4
	—40	6,7	6,4	6,2	5,8	5,5	5,1	4,7
5	0	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4	3,3	3,2
	—10	4,5	4,4	4,3	4,0	3,9	3,8	3,7
	—20	5,6	5,4	5,2	5,0	4,9	4,6	4,4
	—30	6,6	6,4	6,1	5,8	5,6	5,3	5,1
	—40	7,1	6,8	6,6	6,3	6,1	6,0	5,6
10	0	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
	—10	6,0	6,0	5,9	5,9	5,9	5,9	5,8
	—20	6,7	6,6	6,6	6,5	6,5	6,4	6,3
	—30	7,6	7,5	7,3	7,2	7,0	6,9	6,8
	—40	8,1	8,0	7,9	7,7	7,5	7,4	7,2
15	0	7,3	7,4	7,4	7,5	7,5	7,7	7,7
	—10	7,9	8,0	8,0	8,0	8,1	8,1	8,3
	—20	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,8	8,8
	—30	9,4	9,4	9,4	9,4	9,3	9,3	9,3
	—40	10,0	9,9	9,9	9,8	9,8	9,7	9,7

Для дров и торфа $n = 4$, для антрацита со штыбом — 2,5, для каменного угля — 2, для бурого угля — 1,5. При ручной загрузке топлива в склад, находящийся на уровне земли, высоту штабеля принимают не более 2 м.

В тех случаях, когда характеристика топлива неизвестна, его потребность исчисляется в условном топливе, низшая теплота сгорания которого принята $Q_n^p = 7000$ ккал/кг.

Расход условного топлива по количеству натурального находят путем умножения этого количества на переводной коэффициент и наоборот, расход натурального топлива по количеству условного находят путем деления количества последнего на переводной коэффициент, приведенный в табл. V.23.

Расход твердого топлива за отопительный период в зависимости от продолжительности работы котельной и климатических условий в данной местности находят по формуле, m

$$B_{оп} = \frac{(1,10 \div 1,20) Q_T (t_{в\text{ ср}} - t_{ср\text{ оп}}) 24n}{1000 (t_{в\text{ ср}} - t_n) Q_n^p \eta_{к\text{ у}}}, \quad (V.17)$$

где $1,10 \div 1,20$ — коэффициент учитывающий непроизводительные потери тепла;

Q_T — теплопотери здания, ккал/ч;

$t_{в\text{ ср}}$ — средняя внутренняя температура отапливаемых помещений, принимаемая по табл. V.25, °C;

$t_{ср\text{ оп}}$ и t_n — расчетные температуры, °C (см. табл. I.3);

Q_n^p — низшая теплота сгорания топлива, ккал/кг (табл. V.23);

$\eta_{к\text{ у}}$ — к. п. д. котельной установки на твердом топливе, принимаемый в среднем для групповых котельных 0,65 и для индивидуальных 0,6;

n — число суток отопительного периода (см. табл. I.3).

Таблица V.25. Усредненная расчетная температура внутреннего воздуха в жилых и общественных зданиях

Здания	$t_{в\text{ ср}},$ °C	Здания	$t_{в\text{ ср}},$ °C
Жилые здания, гостиницы, общежития, административные здания	18	Театры, магазины, прачечные, пожарные депо	15
Учебные заведения, общеобразовательные школы, школы-интернаты, лаборатории, предприятия общественного питания, клубы и дома культуры	16	Кинотеатры	14
		Гаражи	10
		Детские ясли и сады, поликлиники, амбулатории, диспансеры и больницы	20
		Бани	25

Примечание. При отсутствии перечня общественных зданий расчетная температур. внутреннего воздуха для всех зданий принимается 18° C

через окна для 16-этажных зданий, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$

этаж									
8	9	10	11	12	13	14	15	16	
переплетами									
1,5	1,3	1,1	1,0	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	
1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,8	0,5	0,2	
2,5	2,2	2,0	1,8	1,5	1,3	1,0	0,7	0,4	
3,0	2,7	2,4	2,1	1,7	1,5	1,1	0,8	0,5	
3,4	3,0	2,7	2,3	1,9	1,6	1,3	1,0	0,5	
2,4	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,1	
2,8	2,7	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,1	2,2	
3,4	3,2	3,1	2,8	2,6	2,6	2,4	2,4	2,5	
3,9	3,6	3,4	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5	2,5	
4,2	4,0	3,8	3,4	3,1	2,9	2,7	2,6	2,7	
4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,7	
4,7	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,7	4,9	
5,0	5,0	4,9	4,8	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	
5,4	5,3	5,2	5,1	5,0	5,0	5,0	5,1	5,3	
5,7	5,6	5,5	5,4	5,2	5,2	5,2	5,2	5,4	
6,3	6,3	6,4	6,5	6,6	6,6	6,7	6,9	7,3	
6,7	6,7	6,8	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,7	
7,1	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	7,9	
7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,7	8,2	
7,8	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,9	8,4	
переплетами									
2,0	1,7	1,6	1,5	1,3	1,1	0,8	0,5	0,2	
2,5	2,3	2,1	1,8	1,5	1,3	1,0	0,7	0,4	
3,2	2,9	2,7	2,3	2,0	1,6	1,3	1,0	0,6	
3,7	3,3	3,0	2,7	2,4	2,0	1,5	1,1	0,6	
4,4	4,0	3,6	3,2	2,8	2,3	1,9	1,3	0,7	
3,1	3,0	3,0	2,9	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	
3,5	3,4	3,3	3,2	3,0	2,9	2,7	2,7	2,6	
4,1	3,9	3,7	3,4	3,3	3,2	3,0	3,0	3,0	
4,8	4,4	4,2	3,8	3,6	3,4	3,4	3,2	3,1	
5,2	4,9	4,7	4,1	3,8	3,7	3,3	3,3	3,3	
5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,5	5,5	5,6	5,9	
5,8	5,8	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8	6,1	
6,2	6,2	6,1	6,0	6,0	6,0	6,0	6,2	6,3	
6,8	6,6	6,5	6,4	6,3	6,3	6,2	6,3	6,6	
7,1	7,0	6,9	6,7	6,5	6,5	6,4	6,5	6,8	
7,8	7,9	8,0	8,1	8,3	8,4	8,5	8,6	9,1	
8,4	8,4	8,5	8,5	8,6	8,7	8,8	9,0	9,4	
8,8	8,8	8,9	8,9	9,0	9,1	9,1	9,3	9,8	
9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,4	9,5	9,7	10,2	
9,7	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,7	9,9	10,5	

Расходы тепла на инфильтрацию весьма значительны: чем выше здание, тем больше на дополнительные теплопотери за счет инфильтрации оказывают влияние перепад давлений между внутренним и наружным воздухом, а также воздействие ветра на наружные ограждения. При подаче нагретого приточного воздуха в лестничную клетку и лифтовую шахту эти теплопотери снижаются.

Рекомендации по учету добавочных теплопотерь за счет инфильтрации наружного воздуха предусматривают увеличение коэффициентов теплопередачи окон в зависимости от этажности здания, расчетной температуры наружного воздуха и скорости ветра в данной местности *. Расчетные коэффициенты теплопередачи окон в $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$ с учетом инфильтрации для рассматриваемого этажа находят по формуле

$$k_p = k_0 + \Delta k_0 \text{ или } \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_0} + \Delta \frac{1}{R_0} \quad (I.25)$$

Приведем методику расчета теплопотерь в зданиях повышенной этажности, предложенную ЦНИИЭП жилища.

Расход тепла на подогрев инфильтрующегося воздуха в $\text{ккал}/\text{ч}$ находят по формуле

$$Q_{\text{и}} = \Delta c J \Delta t = \Delta k_0 F_0 \Delta t = \Delta \frac{1}{R_0} F_0 \Delta t, \quad (I.26)$$

где $\Delta k_0 = \frac{\Sigma \Delta c J}{F_0}$ — увеличение коэффициента теплопередачи окон, учитывающее

суммарную инфильтрацию наружного воздуха в помещение через щели оконных и дверных проемов, стыковые соединения конструктивных соединений панелей и пр., $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$;

A — поправка на влияние встречного потока тепла;

$c = 0,24$ — массовая теплоемкость воздуха, $\text{ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

J — количество инфильтрующегося воздуха, $\text{кг}/\text{ч}$;

$\Delta t = t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$ — расчетная разность внутренней и наружной температуры воздуха, $^\circ\text{C}$;

F_0 — площадь окон, м^2 .

Для зданий, имеющих форму прямоугольного параллелепипеда, с обычной планировкой лестнично-лифтовых узлов и естественной вентиляцией при сопротивлении воздухопроницанию окон $R_{\text{и}} = 0,182 (\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм вод. ст.})/\text{кг}$ добавки на инфильтрацию $\Delta \frac{1}{R_0}$ принимают по табл. I.22—I.25. Эти добавки даны в зависимости от этажности здания (16, 12, 9 и 5 этажей), расчетной температуры наружного воздуха $t_{\text{н}}$ (от -10 до -40°C) и скоростей ветра v (0, 5, 10 и 15 $\text{м}/\text{с}$). Если скорость ветра отличается от табличных значений, величину добавок $\Delta \frac{1}{R_0}$ принимают по линейной интерполяции. Если этажность проектируемого здания отличается от приведенной в таблицах, добавки $\Delta \frac{1}{R_0}$ следует принимать для зданий большей этажности.

При сопротивлении воздухопроницанию окон, отличающемся от принятого в таблицах ($R_{\text{и}} = 0,182$), табличные значения добавок $\Delta \frac{1}{R_0}$ находят по формуле

$$\Delta \frac{1}{R_0} = a \Delta \frac{1}{R_0}, \quad (I.27)$$

где a — поправка, найденная по графику на листе I.4, рис. 2.

Табличные значения $\Delta \frac{1}{R_0}$ не учитывают бытовые тепловыделения, поскольку по СНиП II-Г.7—62 в помещениях предусматривается поддержание внутренней температуры воздуха $t_{\text{в}}$ только за счет системы отопления.

* Госстрой СССР, ЦНИИЭП жилища. Временные указания по определению расходов тепла на нагрев инфильтрующегося воздуха в зданиях повышенной этажности. М., 1969; МПСМ СССР. НИИ санитарной техники. Рекомендации по учету добавочных теплопотерь в жилых зданиях повышенной этажности. М., 1969.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ТЕПЛА

Водяные системы теплоснабжения применяются двух типов — закрытые и открытые. В закрытых системах вода, циркулирующая в тепловой сети, используется только как теплоноситель. В открытых системах циркулирующая вода частично или полностью разбирается у абонентов для горячего водоснабжения. Наибольшее распространение получили двухтрубные закрытые и открытые системы. Четырехтрубные и многотрубные системы применяются обычно на промышленных предприятиях и внутри жилых кварталов на ответвлениях от центральных тепловых пунктов к отдельным потребителям при закрытой системе теплоснабжения.

Схемы тепловых сетей в зависимости от взаимного размещения источников тепла и потребителей могут быть лучевыми (радиальными) с прокладкой от источника тепла отдельных магистралей в районы размещения потребителей тепла (лист VI 1, рис 6), кольцевыми с прокладкой от источника тепла к группе потребителей не менее двух магистралей, соединяющихся между собой в районе размещения потребителей, радиальные с перемычками, предназначенными в основном для проведения летних ремонтов с минимальным ограничением потребителей бытового горячего водоснабжения (лист VI 1, рис 7). Проверка схемы тепловых сетей на аварийное отключение какого-либо участка магистрали в зимнее время производится только для магистралей диаметром 800 мм и более.

В городах и жилых поселках основными потребителями тепла от систем централизованного теплоснабжения являются жилые, административные и общественные здания. От этих же систем централизованного теплоснабжения могут получать тепло и промышленные объекты — для санитарно-технических и технологических нужд. Основным видом тепловой нагрузки, как правило, является отопление.

Расчетные величины расхода тепла на отопление следует брать из проектов отопительных систем, а при отсутствии таковых определять по укрупненным показателям.

для предприятий — по ведомственным нормам расходов тепла, утвержденным в установленном порядке, или по проектам аналогичных предприятий, привязанным к району строительства,

для жилых районов городов и других населенных пунктов по формулам, ккал/ч

$$Q_{0 \text{ жил}} = qF, \quad Q_{0 \text{ общ}} = kQ_{0 \text{ жил}}, \quad (\text{VI } 1)$$

где q — укрупненный показатель расчетного часового расхода тепла на отопление жилых зданий, принимаемый в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления $t_{\text{н.о.}}$

$t_{\text{н.о.}}, ^\circ\text{C}$ 0 —10 —20 —30 —40

$q, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$ 80 110 130 150 —160

k — коэффициент, учитывающий расход тепла на отопление общественных зданий (при отсутствии данных принимается равным 0,25),

F — жилая площадь, м^2

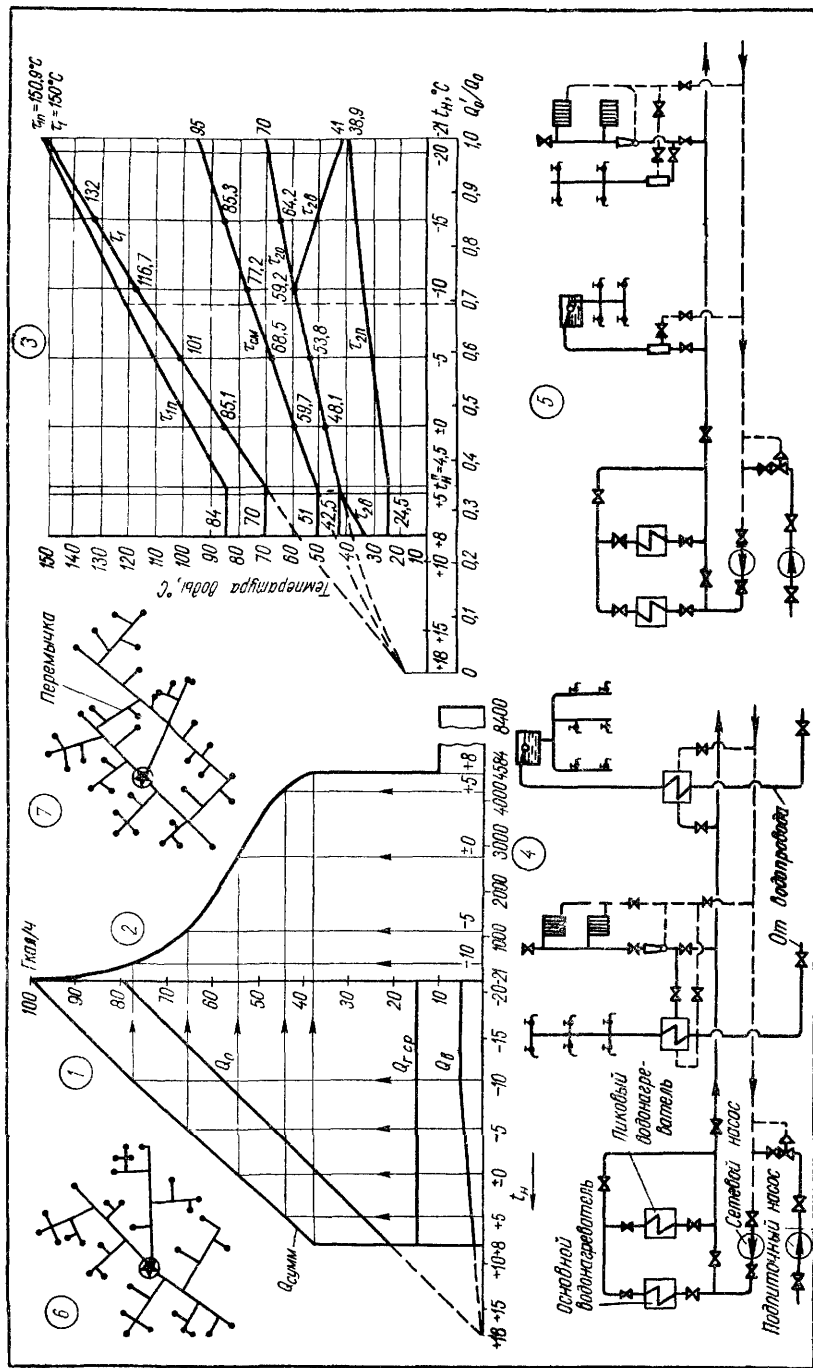
Суммарный расчетный часовой расход тепла на отопление жилых и общественных зданий жилого района равен, ккал/ч

$$Q_0 = (1 + k) qF \quad (\text{VI } 2)$$

Определение расчетных расходов тепла на отопление и вентиляцию по укрупненным показателям допустимо только для вычисления тепловой мощности источника тепла и расчета магистральных и основных разводящих участков тепловых сетей. Все внутриквартальные сети и ответвления от них к зданиям должны, как правило, проектироваться на основе более точных данных по расходу тепла

Таблица 1.23. Добавки $\Delta \frac{1}{R_0}$ при расчете теплопотерь через окна для 12-этажных зданий, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$

v, м/с	t _н , °C	Рассчитываемый этаж											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Окна с раздельными переплетами													
0	0	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2	1,0	0,9	0,7	0,5	0,3
	—10	2,8	2,6	2,4	2,3	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	0,9	0,7	0,4
	—20	3,6	3,4	3,1	2,0	2,6	2,3	2,1	1,7	1,5	1,2	0,9	0,4
	—30	4,3	4,0	3,8	3,5	3,2	2,8	2,5	2,1	1,8	1,4	1,1	0,6
	—40	4,7	4,4	4,1	3,8	3,5	3,1	2,7	2,3	2,0	1,6	1,2	0,7
5	0	2,7	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	2,0
	—10	3,5	3,4	3,2	3,1	3,0	2,8	2,7	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1
	—20	4,2	4,0	3,8	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9	2,7	2,5	2,3	2,3
	—30	4,8	4,6	4,2	4,1	3,9	3,6	3,3	3,1	2,9	2,9	2,5	2,4
	—40	5,2	5,0	4,7	4,5	4,2	3,9	3,6	3,3	3,0	2,8	2,6	2,4
10	0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	4,3
	—10	4,6	4,5	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	4,3	4,3	4,3	4,4	4,5
	—20	5,1	5,1	5,0	4,9	4,9	4,8	4,7	4,6	4,6	4,5	4,6	4,7
	—30	5,6	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,7	4,9
	—40	6,0	5,9	5,8	5,6	5,5	5,4	5,3	5,1	5,0	4,9	4,9	5,0
15	0	5,7	5,7	5,8	5,8	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,7
	—10	6,1	6,2	6,2	6,2	6,3	6,3	6,4	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8
	—20	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,8	6,8	6,8	6,9	7,0	7,2
	—30	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,2	7,5
	—40	7,5	7,5	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,3	7,3	7,3	7,4	7,7
Окна со спаренными переплетами													
0	0	2,5	2,3	2,2	2,0	1,8	1,7	1,5	1,3	1,0	0,8	0,6	0,3
	—10	3,4	3,2	3,0	2,7	2,5	2,3	2,0	1,7	1,4	1,2	0,8	0,5
	—20	4,3	4,1	3,8	3,5	3,2	2,8	2,5	2,1	1,8	1,4	1,0	0,5
	—30	5,2	4,9	4,6	4,2	3,8	3,4	3,0	2,6	2,2	1,8	1,3	0,8
	—40	5,7	5,4	5,0	4,6	4,2	3,8	3,3	2,9	2,4	2,0	1,5	0,9
5	0	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4
	—10	4,2	4,1	3,9	3,8	3,6	3,4	3,2	3,1	2,9	2,7	2,6	2,6
	—20	5,0	4,9	4,6	4,4	4,2	4,0	3,7	3,5	3,2	2,9	2,9	2,8
	—30	5,8	5,6	5,3	5,0	4,7	4,4	4,1	3,8	3,5	3,2	3,0	2,9
	—40	6,3	6,0	5,7	5,4	5,1	4,8	4,4	4,0	3,7	3,4	3,2	3,0
10	0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,1	5,1	5,3
	—10	5,6	5,6	5,5	5,5	5,4	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3	5,4	5,5
	—20	6,3	6,2	6,2	6,1	6,0	5,9	5,8	5,7	5,7	5,6	5,6	5,8
	—30	7,0	6,8	6,7	6,6	6,5	6,3	6,2	6,1	5,9	5,9	5,9	6,0
	—40	7,4	7,3	7,1	7,0	6,8	6,7	6,5	6,4	6,2	6,1	6,1	6,2
15	0	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,3
	—10	7,6	7,7	7,7	7,7	7,8	7,9	7,9	8,0	8,0	8,3	8,3	8,6
	—20	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,4	8,4	8,5	8,5	8,6	8,9
	—30	8,9	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,9	9,3
	—40	9,3	9,3	9,2	9,2	9,2	9,2	9,1	9,1	9,1	9,1	9,2	9,5



Лист VI.1. Графики расхода тепла, температур теплоносителя и принципиальные схемы теплоснабжения:

1 — часовые расходы тепла; 2 — годовой расход тепла; 3 — график температур сетевой воды; 4 — закрытая система теплоснабжения; 5 — то же, открытая; 6 — радиальная схема тепловых сетей; 7 — то же, с перемычками.

При отсутствии проектных данных теплотепература здания более точно могут быть определены по количеству тепла, передаваемому через внешние ограждения, по формуле (I.23).

Расход тепла на вентиляцию общественных зданий, учебных заведений, культурно-зрелищных учреждений, промышленных и коммунальных предприятий, а также характер суточного графика зависят от режима и условий их работы, режима технологического процесса и сменности работы отдельных цехов. Расход тепла на вентиляцию жилых зданий включен в отопительную характеристику и отдельно не учитывается.

Расчетный расход тепла на приточную вентиляцию общественных и производственных зданий принимается по соответствующим проектам либо утвержденным ведомственным нормам. При отсутствии проектов суммарный расчетный расход тепла на вентиляцию общественных зданий жилого района определяется по формулам:

$$Q_v = k_1 Q_{0 \text{ общ}} \text{ или } Q_v = k k_1 Q_{0 \text{ жил}}, \quad (\text{VI.3})$$

где k_1 — коэффициент, учитывающий расход тепла на вентиляцию общественных зданий (при отсутствии данных принимается равным 0,4).

Расход тепла на бытовое горячее водоснабжение жилых, общественных и промышленных зданий или группы однотипных зданий определяется по нормам расхода горячей воды с температурой 60° С.

Расходы тепла на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий в балансах ТЭЦ и крупных котельных учитываются по среднечасовым расходам тепла за отопительный период, а промышленных зданий — по среднечасовым расходам тепла за смену с наибольшим водопотреблением.

Среднечасовой расход тепла за отопительный период на горячее водоснабжение отдельных жилых и общественных зданий определяется по формуле

$$Q_{г.ср} = \frac{am(t_g - t_{х.з})}{T}, \quad (\text{VI.4})$$

где m — расчетное количество потребителей;

a — норма потребления горячей воды, л/сутки;

t_g — расчетная температура горячей воды, °С;

$t_{х.з}$ — температура холодной (водопроводной) воды в зимний период (при отсутствии данных принимают $t_{х.з} = +5^\circ \text{С}$);

T — число часов подачи тепла на горячее водоснабжение в сутки, принимаемое для жилых и общественных зданий равным 24 ч, а для промышленных и коммунальных предприятий — числу часов работы смены с наибольшим водопотреблением.

Максимальный часовой расход тепла на бытовое горячее водоснабжение городов и населенных мест определяется по формуле

$$Q_{г.макс} = (2 \div 2,4) Q_{г.ср}. \quad (\text{VI.5})$$

Для жилых районов городов и других населенных пунктов допускается определять среднечасовой расход тепла на горячее водоснабжение в зависимости от общего числа жителей в районе по формулам

$$Q_{г.ср} = \frac{m_1(a + b)(60 - t_{х.з})}{24} \quad (\text{VI.6})$$

или

$$Q_{г.ср} = q_{г.ср} m_1, \quad (\text{VI.7})$$

где a_1 — норма расхода горячей воды, л, при температуре 60° С для жилых зданий на 1 жителя в сутки (см. стр. 340);

b — то же, для общественных зданий района (при отсутствии данных принимается равной 20 л на 1 жителя в сутки);

m_1 — число жителей в районе;

$q_{г.ср}$ — укрупненный показатель среднечасового расхода тепла на горячее водоснабжение в ккал/ч на 1 человека с учетом общественных зданий

Таблица I. 24. Добавки $\Delta \frac{1}{R_0}$ при расчете теплопотерь через окна для 9-этажных зданий, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$

v, м/с	t _в , °C	Рассчитываемый этаж								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Окна с раздельными переплетами										
0	0	1,6	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,1
	—10	2,4	2,2	2,0	1,8	1,5	1,3	1,0	0,8	0,4
	—20	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6	1,3	0,9	0,4
	—30	3,6	3,3	3,0	2,7	2,3	1,9	1,6	1,2	0,7
	—40	4,0	3,7	3,4	3,0	2,6	2,2	1,7	1,3	0,8
5	0	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8
	—10	3,1	3,0	2,8	2,7	2,5	2,4	2,2	2,1	2,0
	—20	3,7	3,5	3,3	3,1	2,8	2,6	2,4	2,3	2,2
	—30	4,2	4,0	3,7	3,4	3,2	3,0	2,7	2,4	2,3
	—40	4,6	4,3	4,0	3,7	3,4	3,2	2,8	2,6	2,4
10	0	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0
	—10	4,3	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2
	—20	4,8	4,7	4,6	4,5	4,5	4,4	4,4	4,4	4,4
	—30	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,7	4,5	4,5
	—40	5,5	5,4	5,3	5,1	5,0	4,9	4,7	4,7	4,7
15	0	5,5	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,9	6,0	6,2
	—10	6,0	6,0	6,0	6,1	6,1	6,2	6,2	6,2	6,5
	—20	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,5	6,5	6,5	6,7
	—30	6,6	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	6,8	7,0
	—40	7,1	7,1	7,1	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,1
Окна со спаренными переплетами										
0	0	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	0,7	0,5	0,1
	—10	3,0	2,7	2,4	2,2	1,9	1,6	1,3	0,9	0,5
	—20	3,6	3,4	3,1	2,7	2,4	2,0	1,6	1,1	0,6
	—30	4,4	4,1	3,6	3,2	2,8	2,4	1,9	1,4	0,8
	—40	5,0	4,6	4,2	3,7	3,3	2,7	2,2	1,6	1,0
5	0	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2
	—10	3,8	3,6	3,4	3,3	3,1	2,9	2,7	2,6	2,5
	—20	4,5	4,2	4,0	3,7	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6
	—30	5,1	4,8	4,5	4,1	3,9	3,6	3,3	3,0	2,8
	—40	5,6	5,3	4,9	4,6	4,2	3,9	3,5	3,1	2,9
10	0	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	5,0
	—10	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,2	5,2	5,2	5,2
	—20	5,9	5,8	5,7	5,6	5,5	5,5	5,4	5,4	5,4
	—30	6,4	6,3	6,2	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6	5,6
	—40	7,0	6,8	6,5	6,4	6,2	6,0	5,9	5,9	5,9
15	0	6,8	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,7
	—10	7,4	7,4	7,5	7,5	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9
	—20	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	8,0	8,0	8,1	8,3
	—30	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,7
	—40	9,1	9,0	9,0	8,9	8,9	8,9	8,9	9,0	9,1

Таблица I. 25. Добавки $\Delta \frac{1}{R_0}$ при расчете теплопотерь через окна 5-этажных зданий, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$

$v, \text{м/с}$	$t_{\text{н}}, ^\circ\text{C}$	Окна с раздельными переплетами					Окна со спаренными переплетами				
		Рассчитываемый этаж									
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
0	0	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	1,46	1,25	1,03	0,76	0,49
	—10	1,6	1,4	1,1	0,8	0,5	2,00	1,70	1,70	1,70	0,58
	—20	2,0	1,7	1,4	1,1	0,7	2,43	2,05	1,64	1,15	0,66
	—30	2,5	2,2	1,8	1,3	0,8	3,11	2,66	2,17	1,61	0,84
	—40	2,9	2,5	2,0	1,5	0,9	3,47	2,95	2,42	1,81	1,04
5	0	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	2,38	2,27	2,17	2,07	1,97
	—10	2,5	2,3	2,1	2,0	1,9	3,01	2,81	2,62	2,42	2,26
	—20	2,9	2,7	2,5	2,2	2,0	3,49	3,20	2,94	2,67	2,41
	—30	3,3	3,0	2,7	2,5	2,1	3,95	3,60	3,27	2,93	2,61
	—40	3,7	3,4	3,0	2,6	2,2	4,26	3,89	3,49	3,10	2,74
10	0	3,4	3,4	3,4	3,5	3,6	4,24	4,24	4,27	4,33	4,44
	—10	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	4,70	4,65	4,63	4,60	4,65
	—20	4,2	4,1	4,1	4,0	4,0	5,19	5,10	5,00	4,95	4,95
	—30	4,5	4,4	4,3	4,2	4,2	5,6	5,4	5,3	5,2	5,2
	—40	5,0	4,8	4,6	4,4	4,4	6,1	5,8	5,6	5,5	5,4
15	0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	6,46	6,57	6,65	6,78	6,98
	—10	5,6	5,6	5,7	5,8	5,9	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3
	—20	5,9	5,9	6,0	6,0	6,1	7,35	7,38	7,43	7,43	7,61
	—30	6,3	6,3	6,3	6,3	6,4	7,8	7,8	7,8	7,8	9,0
	—40	6,5	6,6	6,6	6,6	6,7	8,2	8,1	8,1	8,1	8,2

При расчете теплопотерь надбавки на ветер согласно табл. I.19 на окна не учитываются.

Пример I.12. Рассчитать теплопотери угловой жилой комнаты секции 16-этажного дома в г. Ереване на 1, 8, 12 и 16-м этажах (см. лист 1.4, рис. 3). Наружные ограждения здания малой массивности: стены и перекрытия из сборных железобетонных панелей. Здание имеет чердак с асбестоцементной кровлей и неотапливаемый подвал без окон.

По табл. I.3 расчетные температуры наружного воздуха для г. Еревана $t_n = -19^\circ\text{C}$ и $t_{\text{х.с}} = -20^\circ\text{C}$; средняя скорость ветра за январь $v = 2,5 \text{ м/с}$; для угловой комнаты $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$.

Руководствуясь готовыми значениями величин R_0^{TP} (см. табл. I.8) для наружных ограждений, при разности расчетных температур $t_{\text{в}} - t_{\text{х.с}} = 20 + 20 = 40^\circ\text{C}$ требуемое сопротивление теплопередаче по табл. I.8 определим следующим образом: для наружных стен из слоистых панелей с учетом надбавки 20% при $\Delta t^{\text{H}} = 6^\circ\text{C}$ $R_0^{\text{TP}} = 0,88 \cdot 1,2 = 1,05 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C)/ккал}$; для чердачного перекрытия при $\Delta t^{\text{H}} = 4^\circ\text{C}$ $R_0^{\text{TP}} = 1,18 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C)/ккал}$; для перекрытия над неотапливаемым подвалом при $\Delta t^{\text{H}} = 2^\circ\text{C}$ $R_0^{\text{TP}} = 1,06 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C)/ккал}$.

На основании табл. I.13 и I.15 принимаем такие конструкции:

наружные стены из трехслойных панелей в виде железобетонной оболочки, заполненной ячеистым бетоном ($\gamma = 400 \text{ кг/м}^3$, $\delta = 100 \text{ мм}$); общая толщина панели $\delta = 250 \text{ мм}$; $R_0 = 1,12$, $1/R_0 = 0,89$;

чердачное перекрытие из многослойных железобетонных плит, утепленных трепелом ($\delta = 150 \text{ мм}$); $R_0 = 1,29$, $1/R_0 = 0,77$;

района, принимаемый в зависимости от нормы a_1 расхода воды на горячее водоснабжение:

a_1 , л/сут. чел	...	80	90	100	110	120	130
$q_{г\text{ ср}}$ ккал/ч.чел	...	250	275	300	325	350	375

Годовые расходы тепла жилыми и общественными зданиями на отопление $Q_{o\text{ год}}$, вентиляцию $Q_{в\text{ год}}$ и горячее водоснабжение $Q_{г\text{ год}}$ определяются по формулам, ккал:

$$Q_{o\text{ год}} = Q_{o\text{ ср}} n_0 = Q_o \frac{t_{вн} - t_{н\text{ ср } o}}{t_{вн} - t_{н\text{ о}}} n_0 = Q_o n'_0; \quad (\text{VI.8})$$

$$Q_{в\text{ год}} = Q_{в\text{ зв}} \frac{n_v^0}{24} + Q_v \frac{t_{вн} - t_{н\text{ ср } в}}{t_{вн} - t_{н\text{ в}}} z_v \frac{n_0 - n_v^0}{24}; \quad (\text{VI.9})$$

$$Q_{г\text{ год}} = Q_{г\text{ ср}} n_0 + 0,8 Q_{г\text{ ср}} \frac{60 - t_{х\text{ л}}}{60 - t_{х\text{ з}}} (8400 - n_0), \quad (\text{VI.10})$$

где $Q_{o\text{ ср}}$ — среднечасовой расход тепла на отопление за отопительный период, ккал/ч;

n_0 — продолжительность отопительного периода, ч;

n_0 — число часов использования максимума нагрузки, определяемое по формуле

$$n'_0 = \frac{t_{вн} - t_{н\text{ ср } o}}{t_{вн} - t_{н\text{ о}}} n_0; \quad (\text{VI.11})$$

n_v^0 — число часов в отопительном периоде с температурами наружного воздуха ниже расчетной для проектирования вентиляции;

$t_{н\text{ ср } o}$ — средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С;

$t_{н\text{ ср } в}$ — средняя температура наружного воздуха в диапазоне от начала отопительного периода до $t_{н\text{ в}}$;

z_v — число часов работы системы вентиляции в течение суток;

$t_{х\text{ з}}$, $t_{х\text{ л}}$ — температуры холодной (водопроводной) воды соответственно в зимний и летний периоды;

$t_{вн}$ — расчетная усредненная температура воздуха внутри отапливаемого здания, °С;

8400 — число часов работы системы горячего водоснабжения в году.

Средняя температура наружного воздуха за рассматриваемый промежуток времени определяется по формуле, °С

$$t_{н\text{ ср}} = \frac{n_1 t_{н1\text{ ср}} + n_2 t_{н2\text{ ср}} + \dots + n_m t_{нm\text{ ср}}}{n_1 + n_2 + \dots + n_m}, \quad (\text{VI.12})$$

где $n_1, n_2, \dots, n_m$ — продолжительность стояния наружных температур в диапазонах 1, 2-го, ..., m -го температурных интервалов (обычно рассматривается последовательность интервалов с шагом в 5° С),

$t_{н1\text{ ср}}, t_{н2\text{ ср}}, \dots, t_{нm\text{ ср}}$ — средние температуры наружного воздуха для соответствующих интервалов, °С.

Значения $n_1, n_2, \dots, n_m, t_{н1\text{ ср}}, t_{н2\text{ ср}}, \dots, t_{нm\text{ ср}}$ принимаются по данным климатологических справочников

Пример IV.1. Определить расчетные часовые и годовые расходы тепла на отопление вентиляцию и горячее водоснабжение жилого района. Число жителей в районе $m_1=10000$ чел, $t_{н\text{ о}} = -21^\circ\text{С}$; $t_{н\text{ в}} = -10^\circ\text{С}$; $n_0 = 4584$ ч; $t_{н\text{ ср } o} = -1,2^\circ\text{С}$. Продолжительность стояния температур наружного воздуха за отопительный период дана в табл. VI.1.

перекрытие над подвалом — паркетный пол по асфальтовой мастике, утепленный трепелом ($\delta = 100$ мм) по железобетонным сборным плитам; $R_0 = 1,16$, $1/R_0 = 0,86$;

окна и балконные двери с двойными спаренными переплетами по табл. 1.16 имеют $1/R_0 = 2,7$.

Далее по табл. 1.22 находим значение добавок для окон и балконных дверей при спаренных переплетах ($t_n = -20^\circ \text{C}$, $v = 5$ м/с), которые соответственно равны: для 1-го этажа — 4,6; для 8-го — 3,4; для 12-го — 2,6 и для 16-го этажа — 2,5. При расчете теплопотерь приняты надбавки по табл. 1.19: на ветер — 5%, на угловое помещение — 5% и на страны света — согласно ориентации здания, указанной на листе 1.4, рис. 3. Для окон надбавки на ветер не учитываются. Результаты расчета теплопотерь для жилых комнат при $t_v = 20^\circ \text{C}$ приведены в табл. 1.26.

Т а б л и ц а 1.26. Расчет теплопотерь в здании повышенной этажности

Номер помещения	Ограждения								Множитель надбавки	Q, ккал/ч
	Страны света	Название	Размеры, м	Площадь F, м²	$\frac{1}{R_0}$	$\Delta \frac{1}{R_0}$	$\frac{1}{R_p}$	$t_v - t_n$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
115	С	НС	5,45×2,7	14,7	0,89	—	—	39	1,2	610
	В	НС	3,75×2,7	12,5	0,89	—	—	39	1,2	520
	В	ДО	1,5×1,8	2,7	1,81	4,6	6,41	39	1,15	775
	—	ПЛ	5,2×3,5	18,2	0,86	—	—	39	0,4	245
									Σ	2150
815	С	НС	5,45×2,7	14,7	0,89	—	—	39	1,2	610
	В	НС	3,75×2,7	12,5	0,89	—	—	39	1,2	520
	В	ДО	1,5×1,8	2,7	1,81	3,4	5,21	39	1,15	630
	В	БД	0,8×2,5	2,0	1,81	3,4	5,21	39	1,15	470
									Σ	2230
1215	С	НС	5,45×2,7	14,7	0,89	—	—	39	1,2	610
	В	НС	3,75×2,7	12,5	0,89	—	—	39	1,2	520
	В	ДО	1,5×1,8	2,7	1,81	2,6	4,41	39	1,15	535
	В	БД	0,8×2,5	2,0	1,81	2,6	4,41	39	1,15	395
									Σ	2070
1615	С	НС	5,45×2,7	14,7	0,89	—	—	39	1,2	610
	В	НС	3,75×2,7	12,5	0,89	—	—	39	1,2	520
	В	ДО	1,5×1,8	2,7	1,81	2,5	4,31	39	1,15	520
	В	БД	0,8×2,5	2,0	1,81	2,5	4,31	39	1,15	385
	—	ПТ	5,2×3,5	18,2	0,77	—	—	39·0,9	—	490
									Σ	2525

Примечания 1 БД — балконная дверь. Все остальные обозначения расшифрованы в примечании к табл. 1.21.

2. В графе 6 дана разность расчетных величин $1/R_0$ окон, балконных дверей и наружных стен

Принимая норму жилой площади на 1 чел. равной 12 кв. м/чел, находим суммарную жилую площадь района

$$F = 12 \times 10\,000 = 120\,000 \text{ м}^2.$$

Расчетный (максимальный) часовой расход тепла на отопление по формуле (VI.2)

$$Q_0 = (1 + 0,25) \times 112 \times 120\,000 = 16\,800\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Расчетный часовой расход тепла на вентиляцию по формуле (VI.3)

$$Q_v = 0,25 \times 0,4 \times 16\,800\,000 = 1\,680\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Расход тепла на горячее водоснабжение среднечасовой за отопительный период по формуле (VI.7)

$$Q_{г\text{ ср}} = 350 \times 10\,000 = 3\,500\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Максимальный часовой расход тепла на горячее водоснабжение по формуле (VI.5)

$$Q_{г\text{ макс}} = 2 \times 3\,500\,000 = 7\,000\,000 \text{ ккал/ч.}$$

Годовой расход тепла на отопление по формуле (VI.8)

$$Q_{0,\text{год}} = 16\,800\,000 \times \frac{20 + 1,2}{20 + 21} \times 4584 \times 10^{-6} = 39820 \text{ Гкал/год}$$

Число часов использования максимума нагрузки по формуле (VI.11)

$$n_0 = \frac{20 + 1,2}{20 + 21} \cdot 4584 = 2370 \text{ ч.}$$

Годовой расход тепла на вентиляцию определяем по формуле (VI.9), принимая число часов работы систем вентиляции $z_v = 16 \text{ ч/сутки}$. Предварительно находим $t_{н\text{ ср.в}}$ по формуле (VI.12)

$$t_{н\text{ ср.в}} = \frac{(-7,5 \cdot 686,4) + (-2,5 \cdot 1676,6) + (4 \cdot 1752)}{686,4 + 1676,6 + 1752} = -0,56 \sim -0,6^\circ \text{ C;}$$

$$Q_{v\text{ год}} = \left(1\,680\,000 \times 16 \times \frac{469}{24} + 1\,680\,000 \times \frac{18 + 0,6}{22 + 19} \times 16 \times \right. \\ \left. \times \frac{4584 - 469}{24} \right) \times 10^{-6} = 3140 \text{ Гкал/год.}$$

Годовой расход тепла на горячее водоснабжение находим по формуле (VI.10)

$$Q_{г\text{ год}} = \left[3\,500\,000 \times 4584 + 0,8 \times 3\,500\,000 \times \frac{60 - 15}{60 - 5} \times (8400 - 4584) \right] \times \\ \times 10^{-6} = 24\,800 \text{ Гкал/год.}$$

Наиболее характерными графиками расходов тепла являются графики часовых расходов в зависимости от наружной температуры (лист VI.1, рис. 1). Если пренебречь влиянием естественной вентиляции и внутренних тепловыделений, то согласно формуле $Q = qV(t_{вн} - t_n)$ расход тепла на отопление и приточную вентиляцию прямо пропорционален разности температур $(t_{вн} - t_n)$. В этом случае графики часовых расходов тепла будут представлять собой прямые наклонные линии (в диапазоне от $t_{вн} = +8$ до t_n расчетного). В диапазоне от $t_{н\text{ в}}$ до $t_{н\text{ о}}$ график

Таблица VI.1. Продолжительность стояния температур наружного воздуха за отопительный период

Температура $t_n, ^\circ\text{C}$	Время стояния температур, ч	
	n	Σn
$-30 \div -25$	2,9	2,9
$-25 \div -20$	22,1	25
$-20 \div -15$	120	145
$-15 \div -10$	324	469
$-10 \div -5$	686,4	1155,4
$-5 \div 0$	1676,6	2832
$0 \div +8$	1752	4584

вентиляционной нагрузки изобразится прямой, параллельной оси абсцисс. Нагрузка бытового горячего водоснабжения принимается равномерной для зимнего и летнего времени.

Часовой расход тепла на горячее водоснабжение в летнее время принимается равным

$$Q_{г.л} = 0,8 \frac{60 - 15}{60 - 5} Q_{г} \approx 0,65 Q_{г} \text{ ккал/ч.} \quad (\text{VI.13})$$

Годовой график расхода тепла (лист VI. 2, рис. 2) обычно строится в зависимости от продолжительности стояния наружных температур. В левой части графика приводится суммарный график часовых расходов тепла, а в правой — кривая годового графика; максимальная ордината его соответствует максимальному расходу тепла, любая другая ордината соответствует расходу тепла при данной наружной температуре. Площадь, ограниченная кривой и осями координат, дает суммарный расход тепла за отопительный период, а прямоугольник в правой части графика — расход тепла на горячее водоснабжение в летнее время.

РЕЖИМЫ ОТПУСКА ТЕПЛА

Отопление

Тепловая нагрузка абонентов неоднородна и непостоянна. Она меняется в зависимости от температуры наружного воздуха, режима расхода воды на горячее водоснабжение, режима работы вентиляционных установок, технологического оборудования и других факторов. Поэтому при централизованном теплоснабжении городов или населенных пунктов не может быть применен единый для всех потребителей режим центрального регулирования отпуска тепла.

В тепловых сетях, как правило, применяется центральное качественное регулирование по основной тепловой нагрузке, которой обычно является нагрузка отопления жилых и общественных зданий.

При построении графика качественного регулирования отопительной нагрузки (лист VI. 1, рис. 3) исходят из заданных температур теплоносителя (τ_1 и τ_{20}) при расчетной температуре наружного воздуха t_n . Для двухтрубных систем отопления с чугунными нагревательными приборами температура воды в подающем и обратном трубопроводах τ_1 и τ_{20} при наружной температуре t'_n определяется по формулам, °С;

$$\tau'_1 = t_{вн} + (\tau_{пр} - t_{вн}) \left(\frac{t_{вн} - t'_n}{t_{вн} - t_{н.о}} \right)^{0,76} + (\tau_1 - \tau_{пр}) \frac{t_{вн} - t'_n}{t_{вн} - t_{н.о}}; \quad (\text{VI.14})$$

$$\tau'_{20} = \tau'_1 - \Delta\tau \frac{t_{вн} - t'_n}{t_{вн} - t_{н.о}}; \quad (\text{VI.15})$$

$$\tau'_{см} = \tau'_1 - (\tau_1 - \tau_{см}) \frac{t_{вн} - t'_n}{t_{вн} - t_{н.о}}, \quad (\text{VI.16})$$

где τ_1 и τ'_1 — расчетная температура воды в подающем трубопроводе тепловых сетей соответственно при $t_{н.о}$ и t_n , °С;

τ_{20} и τ'_{20} — температура воды в обратном трубопроводе местных систем отопления при $t_{н.о}$ и t'_n ;

t'_n — произвольно взятая температура наружного воздуха, для которой определяются температуры воды;

$\tau_{пр}$ — средняя температура нагревательных приборов двухтрубных систем отопления при $t_{н.о}$, равная

$$\tau_{пр} = 0,5 (\tau_{см} + \tau_{20}); \quad (\text{VI.17})$$

II. ПЕЧНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ПЕЧЕЙ

Классификация печей

В районах, где отсутствуют сети централизованного теплоснабжения, печное отопление допускается устраивать в одно- и двухэтажных жилых зданиях (СНиП II-Л.1—71), одноэтажных клубах со зрительными залами на 200 мест и менее (СНиП II-Л.16—71), одноэтажных банях вместимостью 50 мест и менее (СНиП II-Л.13—62) и в других одноэтажных зданиях, если это разрешается соответствующими главами СНиП. Не допускается устройство печного отопления в спальнях корпусах для детей (СНиП II-Л.12—68), а также в зданиях и помещениях, отнесенных по пожарной опасности к категории А, Б и В.

Применяемые печи классифицируют следующим образом.

По назначению:

отопительные;

отопительно-варочные;

кухонные плиты квартирного типа с отопительными щитками;

русские печи.

По теплостойкости:

теплостойкие — с активным объемом $0,2 \text{ м}^3$ и более и толщиной внешних стенок не менее 6 см в области топливника и 4 см в прочих местах; могут быть толстостенные с толщиной стенок топливника 12 см и более (табл. II.1, разд. I, II, III, V, VI) и тонкостенные с толщиной стенок топливника до 12, — а остальных наружных стенок до 7 см (табл. II.1, разд. IV, VII—XII). Активный объем печи (без вычета пустот) определяется как произведение площади горизонтального сечения кладки и активной высоты печи (от площади колосниковой решетки или дна дымооборота до верхней плоскости перекрыши при толщине ее не более 14 см или до нижней плоскости перекрыши при толщине более 14 см);

нетеплостойкие — с активным объемом менее $0,2 \text{ м}^3$ в основном переносные металлические, иногда снабженные футеровкой толщиной до 4 см (табл. II.3).

По температуре нагрева стенок:

умеренного прогрева — с максимальной температурой в отдельных точках наружной поверхности до $80\text{--}90^\circ\text{C}$ (табл. II.1, разд. I—VI);

повышенного прогрева — с максимальной температурой в отдельных точках наружной поверхности стенок до 120°C при средней температуре всей поверхности до 90°C (табл. II.1, разд. VII—XII);

высокого прогрева — с более высокими температурами поверхности (нетеплостойкие печи, табл. II.3).

По длительности горения топлива:

с кратковременной периодической топкой продолжительностью от 1 до 3 ч 1—2 раза в сутки (табл. II.1, разд. I—X);

длительного (непрерывного) горения с загрузкой топлива 1—2 раза в сутки (табл. II.1, разд. XI—XII);

затяжного горения за счет уменьшения подачи воздуха (табл. II.3, печи № 4, 5).

По схеме движения дымовых газов:

с каналами, соединенными последовательно (однооборотные — лист II.1, рис. 1, а и двухоборотные — лист II.1, рис. 1, б), например, печи ОПТ-1, ОПТ-2, № 2, ОКПП-1, МВМС-61 и МВМС-62 в табл. II.1;

с каналами, соединенными параллельно (однооборотные — лист II.1, рис. 1, в и двухоборотные — лист II.1, рис. 1, д), например, печи ОКПП-2, ОКПП-3, ОКПП-4, МВМС-65, МВМС-303, МВМС-306, МВМС-307, МВМС-403, МВМС-406, МВМС-407, ББУ-2, ББУ-3 и ББУ-4 в табл. II.1;

многооборотные (лист II.1, рис. 1, е) в перечень рекомендованных не включены, так как обладают рядом недостатков;

$\Delta\tau$ — расчетный перепад температур в тепловой сети, равный

$$\Delta\tau = \tau_1 - \tau_{20};$$

$\tau_{см}$ и $\tau'_{см}$ — температура воды в подающем трубопроводе местной системы отопления после смешения соответственно при $t_{н.о}$ и $t'_{н.}$

$$\tau'_{см} = \frac{\tau'_1 + u\tau'_{20}}{1 + u}; \quad (VI.18)$$

где u — коэффициент смешения элеватора или насоса, равный

$$u = \frac{\tau_1 - \tau_{см}}{\tau_{см} - \tau_{20}}. \quad (VI.19)$$

Для обеспечения нагрева воды на нужды бытового горячего водоснабжения до 60°C температура воды в подающем трубопроводе тепловых сетей не должна опускаться ниже 70°C при закрытой и ниже 60°C при открытой системе теплоснабжения. Такое регулирование принято называть комбинированным (лист VI.1, рис. 3).

Дополнительное регулирование подачи тепла на отопление в диапазоне постоянных температур сетевой воды предусматривается либо центральное — количественное, либо местное (у потребителя) — пропусками. Продолжительность работы системы отопления в сутки при регулировании пропусками определяется из выражения

$$n = 24 \cdot \frac{t_{вн} - t'_{н.}}{t_{вн} - t''_{н.}}, \quad (VI.20)$$

где n — продолжительность подачи тепла при наружной температуре $t'_{н.}$, ч;

$t''_{н.}$ — низшая наружная температура, при которой начинается регулирование пропусками (точка излома графика), $^\circ\text{C}$;

$t_{вн}$ — расчетная температура воздуха в помещении.

Пример VI.2. Рассчитать и построить график температур воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети и местной системы отопления и определить число часов работы системы отопления при регулировании пропусками при $t'_{н.} = +8$, $\tau_1 = 150$, $\tau_{20} = 70$, $\tau_{см} = 95$, $t_{н.о} = -21$, $t_{вн} = +18^\circ\text{C}$.

Предварительно определяем среднюю температуру нагревательных приборов систем отопления при $t_{н.о}$ по формуле (VI.17)

$$\tau_{пр} = 0,5 (95 + 70) = 82,5^\circ\text{C}.$$

По формулам (VI.14—VI.16) определяем температуры воды в подающем трубопроводе тепловой сети τ'_1 , в подающем и обратном трубопроводах системы отопления $\tau'_{см}$ и τ'_{20} при $t'_{н.} = -15^\circ\text{C}$;

$$\tau'_1 = 18 + (82,5 - 18) \left(\frac{18 + 15}{18 + 21} \right)^{0,76} + (150 - 82,5) \frac{18 + 15}{18 + 21} = 132^\circ\text{C};$$

$$\tau'_{20} = 132 - 80 \frac{18 + 15}{18 + 21} = 64,3^\circ\text{C};$$

$$\tau'_{см} = 132 - (150 - 95) \frac{18 + 15}{18 + 21} = 85,5^\circ\text{C}.$$

Аналогично находим температуры τ'_1 , τ'_{20} и $\tau'_{см}$ при других значениях $t'_{н.}$. Результаты расчетов представлены в табл. VI.2.

По данным расчета строим отопительный график температур сетевой воды (лист VI.1, рис. 3).

Приняв минимальную температуру воды в подающем трубопроводе тепловой сети равной 70°C , получим температуру наружного воздуха в точке излома графика $t''_{н.} = +4,5^\circ\text{C}$ и соответственно температуру воды после отопительных систем $\tau'_{20} = 42,5^\circ\text{C}$.

Таблица VI.2. Температура воды в трубопроводах, °C

Определяемая температура	Температура наружного воздуха t_n , °C						
	-21	-15	-10	-5	0	+5	+10
τ_1	150	132	116,7	101	85,1	68,4	51,2
τ_{20}	70	64,2	59,2	53,8	48,1	41,8	34,8
$\tau_{см}$	95	85,3	77,2	68,5	59,7	50,1	40

Продолжительность работы систем отопления в сушки при регулировании пусками при $t_n' = +8^\circ\text{C}$ по формуле (VI. 20) будет

$$n = 24 \frac{18 - 8}{18 - 4,5} 17,8 \text{ ч.}$$

Отопительный график температур сетевой воды, построенный для определенной расчетной наружной температуры, может быть использован и для других расчетных отопительных температур наружного воздуха. Для этого на линии абсцисс дана

вторая шкала с относительными расходами тепла на отопление $\frac{Q_o'}{Q_o}$. Пересечение ординаты, возведенной из точки, соответствующей заданному относительному расходу тепла на отопление, с кривой температур даст искомую температуру теплоносителя.

Например, график температур построен для района с $t_{нo} = -21^\circ\text{C}$ ($Q_o'/Q_o = 1$); требуется определить температуру теплоносителя при $t_{нв} = -15^\circ\text{C}$ для района $t_{но} = -30^\circ\text{C}$. Относительный расход тепла при $t_{нв} = -15^\circ\text{C}$ будет

$$\frac{Q_o'}{Q_o} = \frac{1(18 + 15)}{(18 + 30)} = 0,69.$$

Пересечение ординаты этой точки с кривыми температур даст искомые температуры $\tau_{1пв} = 120$; $\tau_{1в} = 113$; $\tau_{2в} = 57,5^\circ\text{C}$.

Более прогрессивным следует считать количественно-качественное регулирование тепловых сетей*. Сущность этого способа заключается в том, что расход воды в тепловых сетях с повышением наружных температур снижается, а температура воды в подающей магистрали соответственно повышается.

Преимуществом количественно-качественного регулирования является значительное (в два-три раза) снижение расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя. Однако при этом способе может быть нарушена регулировка местных систем при пониженных расходах теплоносителя. Поэтому в зависимости от качества начальной регулировки местных систем отопления расход воды в тепловых сетях может быть снижен до 70—60% при высоких наружных температурах воздуха.

Переменный расход воды в тепловых сетях осуществляется не плавным, а ступенчато (три и более ступеней) Переменный расход воды проще всего осуществить применением нескольких насосов с различными по напорам и расходам воды характеристиками.

Температуры воды в подающей и обратной магистралях тепловой сети в отдельных диапазонах регулирования определяются по формулам, °C:

$$\tau_1' = t_{вн} + (\tau_{пр} - t_{вн}) \left(\frac{t_{вн} - t_n'}{t_{вн} - t_{но}} \right)^{0,76} + (\tau_1 - \tau_{пр}) \frac{t_{вн} - t_n'}{t_{вн} - t_{но}} \cdot \frac{1}{P}; \quad (\text{VI.21})$$

$$\tau_{20}' = t_{вн} + (\tau_{пр} - t_{вн}) \left(\frac{t_{вн} - t_n'}{t_{вн} - t_{но}} \right)^{0,76} - \frac{\theta}{2} \frac{t_{вн} - t_n'}{t_{вн} - t_{но}} \cdot \frac{1}{P}, \quad (\text{VI.22})$$

где θ — расчетный перепад температур в местной системе отопления, °C;
 P — отношение сниженного расхода воды к расчетному.

* В. К. Д ю с к и н. Количественно-качественное регулирование тепловых сетей. М., Госэнергоиздат, 1959.

Вентиляция

В двухтрубных водяных тепловых сетях с подачей тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение применяется центральное качественное и местное количественное регулирование отпуска тепла на вентиляцию.

В диапазоне наружных температур от $t_{нв}$ до $t''_н$ (соответствующей точке излома графика температур сетевой воды), т. е. при переменном расходе тепла на вентиляцию и переменной температуре сетевой воды в подающем трубопроводе, применяется центральное качественное регулирование. В диапазоне с постоянной температурой сетевой воды и переменным расходом тепла на вентиляцию, а также в диапазоне с постоянным расходом тепла на вентиляцию и переменной температурой сетевой воды в подающем трубопроводе применяется местное количественное регулирование.

Температура воды в обратном трубопроводе систем вентиляции $\tau'_{2в}$ при температуре наружного воздуха $t'_н$ определяется из следующих уравнений:

в диапазоне наружных температур от $t_{нв}$ до $t''_н$

$$\tau'_{2в} = \tau'_1 - (\tau_{1в} - \tau_{2в}) \frac{t_{вн} - t'_н}{t_{вн} - t_{нв}}; \quad (VI.23)$$

в диапазоне с постоянной температурой воды в подающем трубопроводе (расход наружного воздуха постоянный, $\tau'_1 = \tau_1$)

$$\frac{\tau'_1 + \tau'_{2в} - t_{вн} - t'_н}{\tau'_1 + \tau'_{2в} - t_{вн} - t''_н} \left(\frac{\tau_1 - \tau'_{2в}}{\tau_1 - \tau_{2в}} \right)^n = \left(\frac{t_{вн} - t'_н}{t_{вн} - t''_н} \right)^{1-n}; \quad (VI.24)$$

в диапазоне с постоянным расходом тепла на вентиляцию при постоянном расходе воздуха через калориферы (за счет изменения рециркуляции)

$$\frac{\tau'_1 + \tau'_{2в} - t'_н - t_{вн}}{\tau_{1в} + \tau_{2в} - t_{нв} - t_{вн}} \cdot \left(\frac{\tau_{1в} - \tau_{2в}}{\tau'_1 - \tau'_{2в}} \right)^n = 1. \quad (VI.25)$$

Здесь $\tau_{1в}$ и τ'_1 — температура воды в подающем трубопроводе при $t_{нв}$ и $t'_н$, °C;

$\tau_{2в}$ и $\tau'_{2в}$ — то же, в обратном трубопроводе от системы вентиляции при $t_{нв}$ и $t'_н$;

n — показатель степени, зависящий от типа калориферов; принимается равным 0,15÷0,22.

Значения $\tau_{1в}$ и $\tau_{2в}$ берутся из отопительного графика температур воды при $t_{нв}$. Уравнения (VI.24) и (VI.25) можно решить методом подбора, задаваясь значениями искомой величины $\tau_{2в}$.

Пример VI.3. Определить температуру воды, выходящей из систем вентиляции. Исходные данные: $t_{нв} = -10$, $\tau'_1 = 70$ °C; остальные данные те же, что в примере VI. 2.

Из расчета отопительного графика температур воды получим: $\tau_{1в} = 116,7$; $\tau_{2в} = 59,2$ °C.

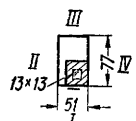
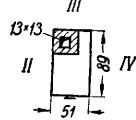
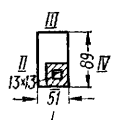
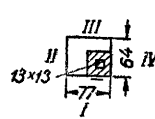
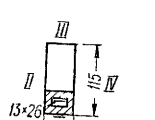
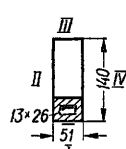
Находим температуру сетевой воды, выходящей из системы вентиляции: при $t'_н = t''_н = +4,5$ °C по формуле (VI.23)

$$\tau'_{2в} = \tau''_{2в} = 70 - (116,7 - 59,2) \frac{18 - 4,5}{18 + 10} = 42,5 \text{ °C};$$

при $t'_н = +8$ °C по формуле (VI.24), предварительно задаваясь значением $\tau'_{2в} = 32$ °C (показатель степени n принимаем равным 0,22),

$$\frac{70 + 32 - 18 - 8}{70 + 42,5 - 18 - 4,5} \cdot \left(\frac{70 - 42,5}{70 - 32} \right)^{0,22} = \left(\frac{18 - 8}{18 - 4,5} \right)^{0,78} = 0,786 \approx 0,79;$$

Таблица II.1. Тепломки отопительные печи

Марка и план печи	Стенка печи (см. эскиз)	Среднечасовая теплоотдача *, ккал/ч	
		Q ₁	Q ₂
I. Печи кирпичные, прямоугольные, толстостенные, оштукатуренные, с насадной трубой			
ОПТ-1 	I	205	340
	II	325	540
	III	205	340
	IV	325	540
	Всего	1060	1760
ОПТ-2 	I	200	335
	II	380	635
	III	200	335
	IV	380	635
	Всего	1160	1940
№ 2 	I	265	400
	II	460	700
	III	265	400
	IV	460	700
	Всего	1450	2200
№ 4 	I	410	670
	II	320	520
	III	410	690
	IV	310	520
	Всего	1450	2400
ОПТ-3 	I	170	285
	II	530	880
	III	170	285
	IV	530	880
	Всего	1400	2330
ОПТ-4 	I	170	280
	II	550	920
	III	170	280
	IV	550	920
	Всего	1440	2400

* Среднечасовая теплоотдача приведена при одной (Q_1) и двух (Q_2) топках в сутки

при $t'_H = t_{H.0} = 21^\circ\text{C}$ по формуле (VI.25), предварительно задавая значением $\tau'_{2в} = 41^\circ\text{C}$,

$$\frac{150 + 41 - 18 + 21}{116,7 + 59,2 - 18 + 10} \left(\frac{116,7 - 59,2}{150 - 41} \right)^{0,22} = 1,003 \approx 1.$$

Следовательно, при выбранных значениях $\tau'_{2в} = 32$ и 41°C соблюдено равенство в уравнениях, поэтому дальнейшего пересчета не требуется.

Горячее водоснабжение

При проектировании тепловых сетей и источников теплоснабжения тепловая нагрузка горячего водоснабжения принимается равномерной. Фактически же нагрузка колеблется в течение суток от нуля до максимума.

В двухтрубных водяных тепловых сетях при заданном графике температур сетевой воды регулирование отпуска тепла на горячее водоснабжение осуществляется непосредственно у потребителя путем автоматического изменения количества сетевой (греющей) воды, поступающей в водонагреватели.

При параллельной и смешанной схемах включения бойлеров горячего водоснабжения тепловой режим работы системы отопления не зависит от режима работы горячего водоснабжения.

Расход сетевой воды для магистральных и распределительных тепловых сетей определяется по среднечасовой, а для внутриквартальных сетей и абонентских ответвлений — по максимальной нагрузке горячего водоснабжения.

При двухступенчатом последовательном включении бойлеров горячего водоснабжения и отопительном графике температур воды тепловые режимы местных систем отопления и горячего водоснабжения тесно связаны между собой. Расход сетевой воды определяется по среднечасовой нагрузке горячего водоснабжения как для магистральных тепловых сетей, так и для абонентских присоединений. Местная система отопления является своего рода аккумулятором тепла. При повышенном графике температур воды и двухступенчатой последовательной схеме включения нагревателей тепловые режимы местных систем отопления и горячего водоснабжения также тесно взаимосвязаны.

При открытой системе теплоснабжения вода на горячее водоснабжение отбирается непосредственно либо из подающего, либо из подающего и обратного, либо только из обратного трубопроводов тепловой сети. Расход воды на горячее водоснабжение нагружает только подающий трубопровод.

Доля расхода воды из подающего и обратного трубопроводов определяется по формулам:

$$\beta_1 = \frac{t_r - \tau'_2}{\tau'_1 - \tau'_2}; \quad (\text{VI.26})$$

$$\beta_2 = 1 - \beta_1; \quad (\text{VI.27})$$

где τ'_1 и τ'_2 — температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети при t'_H $^\circ\text{C}$;

t_r — температура горячей воды, поступающей в систему горячего водоснабжения.

Регулирование отпуска тепла при повышенных графиках температур сетевой воды

При наличии местных систем горячего водоснабжения не менее чем у 75—80% жилых и общественных зданий рекомендуется применять центральное регулирование суммарной нагрузки, отопления и горячего водоснабжения по повышенному графику температур теплоносителя.

При закрытой системе теплоснабжения такое регулирование применяется в основном при двухступенчатой последовательной схеме включения нагревателей

Марка и план печи	Стенка печи (см. эскиз)	Среднечасовая теплоотдача, ккал/ч	
		Q_1	Q_2
№ 6 	Всего На 1 м периметра	1800 593	2700 882
ОПТ-5 	I II III IV Всего	270 575 310 575 1730	415 900 475 900 2690
ОПТ-6 	I II III IV Всего	310 575 270 575 1730	475 900 415 900 2690
ОПТ-7 	Всего На 1 м периметра	1860 520	2870 810
ОПТ-8 	I II III IV Всего	405 595 405 595 2000	610 900 610 900 3020
ОПТ-9 	I II III IV Всего	530 600 530 600 2260	800 910 800 910 3420
ОПТ-10 	I II III IV Всего	660 625 625 625 2535	1000 950 950 950 3850

горячего водоснабжения абонентов, ориентируясь на типичное для данного района соотношение расчетных величин регулируемых нагрузок $Q_{г.ср}/Q_0$.

Расчет температурного графика производится при «балансовом» расходе тепла на горячее водоснабжение $Q_{г.б}$, несколько превышающем среднюю нагрузку, так как при расчете температурного графика по $Q_{г.ср}$ в отопительной системе не обеспечивается суточный баланс тепла.

$$Q_{г.б} = k_6 Q_{г.ср}. \quad (VI.28)$$

При отсутствии у абонентов аккумуляторов горячей воды можно принимать для жилых зданий $k_6 = 1,2$.

При расчете температурного графика при данном режиме регулирования следует определить $Q_{г.б}$ для различных наружных температур, перепады температур сетевой воды в нагревателе первой ступени δ_2 и второй ступени δ_1 и затем по известным значениям температур воды в сети при чисто отопительной нагрузке найти температуры воды в подающей и обратной линиях тепловой сети при повышенном графике.

Расчет значений δ_1 и δ_2 производится следующим образом. Задаются величиной недогрева $\Delta t''_n$ в первой ступени при $Q_{г.б}$ и наружной температуре t''_n , соответствующей точке излома графика. Величина недогрева $\Delta t''_n$ принимается обычно равной $5-10^\circ \text{C}$.

Определяют перепад температур сетевой воды в первой ступени при t''_n по формуле

$$\delta_2'' = \frac{Q_{г.б}}{Q_0} \cdot \frac{t''_n - t_{x.3}}{t_g - t_{x.3}} (\tau_{10} - \tau_{20}), \quad (VI.29)$$

где t''_n — температура водопроводной воды после первой ступени нагревателя при нагрузке $Q_{г.б}$ и наружной температуре t''_n ;

$$t''_n = \tau_{20}'' - \Delta t''_n. \quad (VI.30)$$

Определяют значение δ_2 при $Q_{г.б}$ и любой наружной температуре t'_n по формуле

$$\delta_2' = \delta_2'' \frac{\tau_{20}'' - t_{x.3}}{\tau_{20}' - t_{x.3}}. \quad (VI.31)$$

Суммарный перепад температур δ , равный $\delta_1 + \delta_2$, находят по формуле

$$\delta = \frac{Q_{г.б}}{Q_0} (\tau_{10} - \tau_{20}). \quad (VI.32)$$

Перепад температур сетевой воды δ'_1 при любой наружной температуре может быть найден по формуле

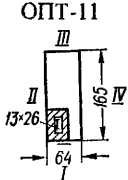
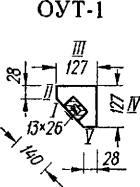
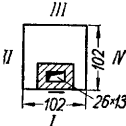
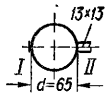
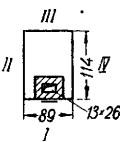
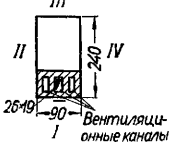
$$\delta'_1 = \delta - \delta'_2. \quad (VI.33)$$

По найденным значениям δ'_2 и δ'_1 и известным значениям температур воды в тепловой сети при чисто отопительной нагрузке τ'_1 и τ'_{20} находят температуру воды при повышенном графике и балансовой нагрузке горячего водоснабжения

$$\tau'_{1п} = \tau'_{10} + \delta'_1; \quad (VI.34)$$

$$\tau'_{2п} = \tau'_{20} - \delta'_2. \quad (VI.35)$$

Пример VI.4. Определить температуры воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети $\tau_{1п}$ и $\tau_{2п}$ при t'_n и $t_{н.о}$ (при повышенном графике температур сетевой воды). Исходные данные: $\frac{Q_{г.ср}}{Q_0} = 0,335$; $k_6 = 1,2$; $\frac{Q_{г.б}}{Q_0} = 0,4$; $\tau_{10} = 150$; $\tau_{20} = 70$; $\tau''_1 = 70$; $\tau''_{20} = 42,5$; $t_{x.3} = 5$; $t_g = 60^\circ \text{C}$.

Марка и план печи	Стенка печи (см. эскиз)	Среднечасовая теплоотдача, ккал/ч	
		Q_1	Q_2
ОПТ-11 	I	330	490
	II	1060	1430
	III	350	520
	IV	1060	1570
	Всего	2800	4150
II. Печь кирпичная, угловая, толстостенная, оштукатуренная, с насадной трубой			
ОУТ-1 	I	1200	1800
	II	200	300
	III	1020	1550
	IV	1020	1550
	V	200	300
	Всего	3640	5500
III. Печь толстостенная, изразцовая, квадратная			
ОПТИ-1 	Всего	2700	4150
	На 1 м периметра	660	1015
IV. Печи кирпичные в металлическом футляре			
ОЦФ-1 	I	480	800
	II	420	700
	Всего	900	1500
ОПФ-1 	Всего	2350	3920
	На 1 м периметра	575	960
ОПФ-2 	Всего	3330	5550
	На 1 м периметра	500	835

Принимаем $\Delta t''_{\text{п}} = 6,5^\circ \text{С}$ и находим температуру водопроводной воды после первой ступени нагревателя при $t''_{\text{н}}$ по формуле (VI.30)

$$t''_{\text{п}} = 42,5 - 6,5 = 36^\circ \text{С}.$$

Перепад температур сетевой воды в первой ступени при $t'_{\text{н}} = t''_{\text{н}}$ по формуле (IV.29)

$$\delta''_2 = 0,4 \cdot \frac{36 - 5}{60 - 5} (150 - 70) = 18^\circ \text{С};$$

тот же перепад при $t'_{\text{н}} = t_{\text{н.о}}$ по формуле (IV.31)

$$\delta'_2 = 18 \cdot \frac{70 - 5}{42,5 - 5} = 31,1^\circ \text{С}.$$

Определяем температуру воды в обратном трубопроводе при $t''_{\text{н}}$ и $t_{\text{н.о}}$ по формуле (VI.35):

$$\tau''_{2\text{п}} = 42,5 - 18 = 24,5^\circ; \quad \tau_{2\text{п}} = 70 - 31,1 = 38,9^\circ \text{С}.$$

Находим суммарный перепад температур по формуле (VI.32)

$$\delta = 0,4 (150 - 70) = 32^\circ \text{С};$$

перепад температур в верхней ступени подогревателя при $t''_{\text{н}}$ и $t_{\text{н.о}}$ — по формуле (VI.33):

$$\delta''_1 = 32 - 18 = 14^\circ \text{С}; \quad \delta_1 = 32 - 31,1 = 0,9^\circ \text{С}.$$

Температуру сетевой воды в подающем трубопроводе при $t''_{\text{н}}$ и $t_{\text{н.о}}$ находим по формуле (VI.34):

$$\tau''_{1\text{п}} = 70 + 14 = 84^\circ \text{С}; \quad \tau_{1\text{п}} = 150 + 0,9 = 150,9^\circ \text{С}.$$

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И РЕЖИМ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Общие принципы расчета

Целью гидравлического расчета является определение диаметров трубопроводов, потерь давления, пропускной способности, давлений в различных точках сети, увязка всех точек системы при статическом и динамическом режимах, подбор насосов и другого оборудования сетей, предназначенных для транспортирования теплоносителя.

Потеря давления на участке трубопровода определяется по формуле

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м}}, \quad (\text{VI.36})$$

где $\Delta p_{\text{тр}}$ и $\Delta p_{\text{м}}$ — потери давления на трение и в местных сопротивлениях, кгс/м^2 .

Потеря давления на трение пропорциональна длине трубопровода и определяется по формуле

$$\Delta p_{\text{тр}} = Rl, \quad (\text{VI.37})$$

где R — удельная потеря давления на трение, $\text{кгс/м}^2 \cdot \text{м}$;

l — длина трубопровода, м .

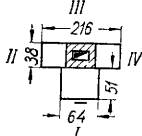
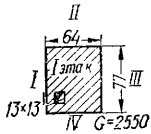
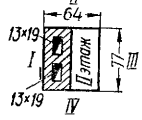
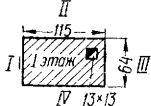
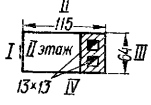
Удельная потеря давления на трение определяется по формуле

$$R = \lambda \frac{w^2 \gamma}{2gd} = 0,00638 \frac{G^2}{d^5 \gamma}, \quad (\text{VI.38})$$

где λ — коэффициент гидравлического трения;

w — скорость движения теплоносителя, м/с ;

ρ — плотность теплоносителя, кг/м^3 ;

Марка и план печи	Стенка печи (см. эскиз)	Среднечасовая теплоотдача, ккал/ч	
		Q_1	Q_2
V. Печь кирпичная, толстостенная с выносным топливником, оштукатуренная, с насадной трубой			
	I	740	1240
	II	140	230
	III	1080	1800
	IV	140	230
	Всего	2100	3500
VI. Печи двухъярусные, кирпичные, прямоугольные, толстостенные, оштукатуренные			
	I	410	670
	II	320	520
	III	410	690
	IV	310	520
	Всего	1450	2400
	I	335	560
	II	240	400
	III	350	580
	IV	275	460
	Всего	1200	2000
	I	370	560
	II	680	1040
	III	370	560
	IV	680	1040
	Всего	2100	3200
	I	305	480
	II	510	800
	III	95	150
	IV	580	910
	Всего	1490	2340
	I	720	1100
	II	860	1300
	III	660	1000
	IV	860	1300
	Всего	3100	4700

g — ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с;

d — внутренний диаметр трубы, м;

G — расход теплоносителя, т/ч.

Для транспортирования теплоносителя применяются, как правило, стальные (шероховатые) трубы. Движение теплоносителя турбулентное. В этих условиях коэффициент гидравлического трения для переходной области ($2300 < Re < Re_{пр}$) зависит как от относительной эквивалентной шероховатости k_3/r (r — радиус трубы, м), так и от значения критерия Рейнольдса Re ; при $Re > Re_{пр}$ коэффициент гидравлического трения зависит только от k_3/r .

Т а б л и ц а VI.3. Предельная скорость теплоносителя $w_{пр}$, м/с

Теплоноситель	Температура теплоносителя t , °С	Эквивалентная шероховатость, мм				Теплоноситель	Температура теплоносителя t , °С	Эквивалентная шероховатость, мм			
		0,2	0,5	1	2			0,2	0,5	1	2
Вода	0	5,1	1,98	1	0,5	Пар $p =$ $= 5 \text{ кгс/см}^2$ Пар $p =$ $= 10 \text{ кгс/см}^2$	160	15,6	6	3,4	1,6
	50	1,6	0,58	0,29	0,15		200	19,8	8,1	3,9	2
	75	1,15	0,46	0,24	0,11		180	7,8	3,4	1,7	0,86
	100	0,86	0,34	0,18	0,086		200	9,9	3,9	2	0,99
	150	0,59	0,23	0,12	0,059		300	14,1	5,8	2,9	1,45

П р и м е ч а н и е. Значение эквивалентной шероховатости труб для гидравлического расчета тепловых сетей принимается равным, мм: 0,2 — для паропроводов; 0,5 — для водяных сетей; 1 — для конденсатопроводов

Предельные значения критерия $Re_{пр}$ и скорости теплоносителя $w_{пр}$ (табл. VI.3), характеризующие границу переходной области и области квадратичного закона, определяют по формулам:

$$Re_{пр} = 568 \frac{d}{k_3}; \quad (VI.39)$$

$$w_{пр} = 568 \frac{v}{k_3}, \quad (VI.40)$$

где k_3 — эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубы, м;

d — внутренний диаметр трубы, м;

v — кинематическая вязкость жидкости, м²/с.

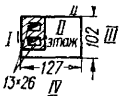
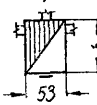
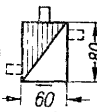
При $Re < 568 \frac{d}{k_3}$ или $w < 568 \frac{v}{k_3}$ — коэффициент гидравлического трения определяется по формуле

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_3}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (VI.41)$$

при $Re \geq 568 \frac{d}{k_3}$ или $w \geq 568 \frac{v}{k_3}$, т. е. в области квадратичного закона — по более простой формуле

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_3}{d} \right)^{0,25}. \quad (VI.42)$$

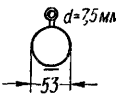
Поскольку в тепловых сетях скорость воды обычно больше 1 м/сек, а скорость пара больше 20—30 м/сек, то тепловые сети, как правило, работают в области квадратичного закона.

Марка и план печи	Стенка печи (см. эскиз)	Среднечасовая теплоотдача, ккал/ч	
		Q_1	Q_2
ОПТД-3, 2-й ярус 	I	490	770
	II	580	900
	III	640	1000
	IV	770	1200
	Всего	2480	3870
VII. Печи повышенного прогрева каркасные			
	ОКПП-1	550	1000
	МВМС-61		
	МВМС-62	700	1300
	ОКПП-2, МВМС-63	900	1500
	ОКПП-3, МВМС-64	1200	2000
	МВМС-65	1500	2500
	ОКПП-4, МВМС-66	1800	3000
	Всего		
VIII. Печи повышенного прогрева из изразцовых блоков			
	МВМС-303	1080	1800
	МВМС-306	1800	3000
	МВМС-307	2400	4000
IX. Печи повышенного прогрева из изразца «Монолит»			
	МВМС-403	1080	1800
	МВМС-406	1800	3000
	МВМС-407	2400	4000
X. Печи повышенного прогрева — сборные из бетонных блоков (конструкции ЦНИЛ-3)			
	ББУ-2	1200	2000
	ББУ-3	1800	3000
	ББУ-4	2400	4000
XI. Печи длительного горения для твердого топлива			
	АКХ-9	200*	—
	Всего		
	ИБД-1	1650*	—
	ИБД-2	2000*	—

* Максимальная теплоотдача при длительном горении.

Т а б л и ц а VI.4. Эквивалентная длина местных сопротивлений l_3 при $k_3 = 0,5$ мм для труб $D_y = 25 \div 400$ мм

Местное сопротивление	Наружный диаметр труб D_H , мм										
	57	76	89	108	133	159	219	273	325	377	426
Задвижка	0,65	1	1,28	1,65	2,2	2,24	3,36	3,33	4,17	4,3	4,5
Вентиль с вертикальным шпинделем	8,4	9,6	10,2	13,5	18,5	24,6	39,5	—	—	—	—
Обратный клапан поворотный («захлопка»)	1,7	2,8	3,6	4,95	7	9,52	16	2,22	29,2	33,9	46
То же, подъемный	9,16	14	17,9	23	30,8	39,2	58,8	—	—	—	—
Сальниковый компенсатор односторонний	—	—	—	0,66	0,88	1,68	2,52	3,33	4,17	5	10
То же, двухсторонний	—	—	—	1,98	2,64	3,36	5,04	6,66	8,34	10,1	12
Отвод сварной одношовный с углом, град:											
30	—	—	—	—	—	1,12	1,68	2,22	2,78	3,36	4
45	—	—	—	—	—	1,68	2,52	3,33	4,17	5	6
60	—	—	—	—	—	3,92	5,9	7,8	9,7	11,8	14
90	—	—	—	—	—	7,28	10,9	14,4	18,1	21,8	26
Отвод сварной под углом 90°:											
двухшовный, $R = 1D$	—	—	—	—	—	3,92	5,9	7,8	9,7	11,8	14
трехшовный, $R = 1,5D$ и четырехшовный, $R = 1D$	—	—	—	—	—	3,36	5,04	6,7	8,34	10,1	12

Марка и план печи	Стенка печи (см эскиз)	Среднечасовая теплоотдача, ккал/ч	
		Q_1	Q_2
XII. Газовые печи длительного горения			
	AKX-14	3000*	—
	AKX-CM1	1700*	—
Всего			

Примечания 1 Рабочие чертежи печей помещены в следующих литературных источниках: Альбом отопительных и бытовых печей, ч I Печи отопительные, М., Госстройиздат, 1961 (печи марок ОПТ, ОУТ, ОЛГИ, ОУФ, ОЛФ, ОВТТ, ОП1Д, ОКПП, ББУ, АКХ, ИБД) Л. А. Семенов. Печное отопление, М., Госстройиздат, 1968 (печи марок МВМС, № 2, 4, 6, АКХ-14, АКХ-СМ1), Ю. П. Соснин Газовые отопительные и отопительно-варочные печи М., Стройиздат, 1965 (печь марки АКХ-СМ1)

2 Чертежи каркасных печей повышенного прогрева (индекс ОКПП) имеются также и для варианта печи в футляре из кровельной стали

3 Печи ОПТ-5, ОПТ-6, ОЦФ-1, АКХ-9 следует применять только для тощих углей, антрацита и кокса. Все остальные печи, кроме газовых, пригодны для сжигания длиннопламенного топлива (дров, торфа, торфяных брикетов)

4 Большинство приведенных в таблице печей вошло в Перечень рекомендованных печей для жилых и общественных зданий Центрального института информации по строительству Госстроя СССР (М., Госстройиздат, 1952)

5. Высота толстостенных печей и печей в металлическом футляре (разделы I—VI) может меняться в зависимости от высоты помещения

6. Ширина печей b указана в табл. II 2.

бесканальные колпаковые (лист II.1, рис. 1, *е, ж*), например, печи ОПТ-5, ОПТ-6 и ОЦФ-1 в табл. II.1;

смешанные комбинированные нижнего прогрева (лист II.1, рис. 1, *з, и, к, л, м*), например, печи ОПТ-3, ОПТ-7, ОПТ-8, ОПТ-9, ОПТ-10, ОПТ-11, ОУТ-1, ОПТ-14-1, ОЦФ-1, ОЦФ-2, ОПТД-1, ОПТД-2, ОПТД-3, № 4 и 6 в табл. II.1;

с воздухоподогревательными камерами (лист II.1, рис. 1, *н*), например, печь ОПТД-2 в табл. II.1.

Классификация печей по форме в плане, этажности, характеру отвода дыма, материалу и отделке внешней поверхности указана в табл. II 1

Печи оборудуются топливниками, приспособленными для сжигания с наименьшими потерями заданного вида топлива. В современных печах топливник для сжигания всех видов твердого топлива имеет колосниковую решетку и поддувало для равномерного подвода воздуха в толщу топлива, сгорающего на колосниковой решетке. Количество поступающего воздуха регулируется поддувальной дверцей и задвижкой на дымоотводящем канале печи. Топливники с глухим подом применять не следует. Перекрытие топочной камеры целесообразно устраивать глухим, а отверстие для выхода продуктов сгорания (хайло) располагать в стенке. При такой схеме перекрытия, накаляясь, способствует дожиганию летучих продуктов сгорания, а при повороте в хайло они лучше перемешиваются с воздухом, что увеличивает полноту сгорания.

Размеры основных элементов топливника зависят от свойств и количества сжигаемого топлива и определяются тепловым расчетом печи с обязательным последующим лабораторным испытанием

Топливники большинства рекомендованных конструкций отопительных печей в достаточной мере универсальны и допускают сжигание нескольких видов топлива.

* Максимальная теплотдача при длительном горении.

Отвод крутоизогнутый, $R = 1,5 \div 2D$	0,65	1	1,28	1,65	2,2	2,8	4,2	5,55	6,95	8,4	10
Отвод гнутый гладкий, $R = 3D$	0,52	0,8	1,02	1,32	1,76	2,24	3,36	4,4	5,56	6,7	8
То же, $R \geq 4D$	0,4	0,6	0,76	0,98	1,32	1,68	2,52	3,3	4,17	5	6
Компенсатор П-образный со сварными трехшовными отводами, $R = 1,5D$			—			17,6	24,8	33	40	47	55
То же, с крутоизогнутыми отводами, $R = 1,5D, R = 2D$	5,2	6,8	7,9	9,8	12,5	15,4	23,4	28	34	40	47
То же, с гнутыми гладкими отводами:											
$R = 3D$	3,5	4,9	5,4	6,5	8,4	10	14,4	18	22	26	31
$R = 4D$	2,4	3,2	3,5	3,8	5,6	6,5	9,3	11,2	11,5	16	20
Тройник при разделении потока:											
проход	1,3	2	2,55	3,3	4,4	5,6	8,4	11,1	13,9	16,8	20
ответвление	1,96	3	3,82	4,95	6,6	8,4	12,6	16,7	20,8	25,2	30
Тройник при слиянии потока:											
проход	1,96	3	3,82	4,9	6,6	8,4	12,6	16,7	20,8	25,2	30
ответвление	2,62	4	5,1	6,6	8,8	11,2	16,8	22,2	27,8	33,6	40
Тройник при расходящемся потоке	2,62	4	5,1	6,6	8,8	11,2	16,8	22,2	27,8	33,6	40
Тройник при встречном потоке	3,93	6	7,65	9,8	13,2	16,8	25,2	33,3	41,7	50,4	60

Примечание. Значения L_3 задвижек с суженным проходом и направляющей трубой принимают с коэффициентом 2. Значения L_3 тройников при разделении потока учитывают на участке с суммарным расходом воды.

Потери давления в местных сопротивлениях определяются по формуле, кгс/м^2

$$\Delta p_m = R l_3, \quad (\text{VI.43})$$

где l_3 — эквивалентная длина местных сопротивлений, м, равная (табл. VI.4)

$$l_3 = \frac{\sum \xi d}{\lambda}. \quad (\text{VI.44})$$

Здесь $\sum \xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке.

При разработке проектного задания, когда еще нет данных о характере и количестве местных сопротивлений, эквивалентная длина последних принимается приближенно в долях от линейной длины $l_3 = \alpha l$. В этом случае потери давления Δp_m определяются по формуле

$$\Delta p_m = R \alpha l. \quad (\text{VI.45})$$

Суммарное падение давления на участке трубопровода составит, кгс/м^2

$$\Delta p = \Delta p'_{\text{тр}} + \Delta p_m = R l (1 + \alpha). \quad (\text{VI.46})$$

Примерные значения коэффициентов α для разветвленных тепловых сетей приведены в табл. VI. 5.

Таблица VI.5. Коэффициент α для определения суммарных эквивалентных длин местных сопротивлений

Тип компенсатора	D_y , мм	Коэффициент α	
		для паропроводов	для водопроводов и конденсатопроводов
Сальниковый	До 400	0,4	0,3
	450—1000	0,5	0,4
П-образный гладкий	До 150	0,5	0,3
	175—200	0,6	0,4
	250—300	0,8	0,6
П-образный сварной	175—250	0,8	0,6
	300—350	1	0,8
	400—500	1	0,9

Расчетные расходы теплоносителя

Расчетные часовые расходы сетевой воды на отопление и вентиляцию определяются по формулам, т/ч :

$$G_0 = \frac{Q_0 \cdot 10^3}{c (\tau_1 - \tau_{20})}; \quad (\text{VI.47})$$

$$G_B = \frac{Q_B \cdot 10^3}{c (\tau_{1B} - \tau_{2B})}, \quad (\text{VI.48})$$

где Q_0 и Q_B — расход тепла, Гкал/ч ;

τ_1 и τ_{1B} — температура сетевой воды по отопительному графику в подающем трубопроводе соответственно при $t_{н.о}$ и $t_{н.в}$, °С;

τ_{20} — температура воды от системы отопления при $t_{н.о}$;

τ_{2B} — то же, от системы вентиляции при $t_{н.в}$;

c — теплоемкость воды, принимаемая равной $1 \text{ ккал/кг, } ^\circ\text{С}$.

При повышенном или скорректированном графиках температур в тепловых сетях значение τ_{1B} берется по повышенному или скорректированному графикам.

Таблица II.2. Показатели тепловых отопительных печей

Марка печи	G , кг	M_1	M_2	Марка печи	b , см	H , см	h , см	G , кг	M_1	M_2
ОПТ-1	1380	0,94	0,42	ОКПП-1	40	146	68	320	2,0	0,95
ОПТ-2	1686	0,75	0,29	МВМС-61	40	146	68	320	2,0	0,95
№ 2	1500	0,8	0,3	МВМС-62	52	146	68	378	1,8	0,85
№ 4	1600	0,7	0,25	ОКПП-2	53	163	80	610	1,3	0,6
ОПТ-3	2670	0,8	0,32	МВМС-63						
ОПТ-4	2150	0,7	0,27	ОКПП-3	66	163	80	730	1,1	0,5
№ 6	1500	—	~ 0,2	МВМС-64						
ОПТ-5	2550	0,55	0,2	МВМС-65	79	163	80	800	1,0	0,44
ОПТ-6	2550	0,55	0,2	ОКПП-4	79	200	80	1020	0,9	0,4
ОПТ-7	2800	0,5	0,2	МВМС-66	55	174	100	610	—	0,45
ОПТ-8	3000	0,6	0,23	МВМС-303	77	196	100	1050	—	0,32
ОПТ-9	3670	0,55	0,19	МВМС-306	99	210	90	1450	—	0,28
ОПТ-10	3670	—	0,17	МВМС-307	55	174	100	590	—	0,5
ОПТ-11	3720	0,5	0,18	МВМС-403	77	204	114	950	—	0,4
ОУТ-1	4600	—	0,14	МВМС-406	99	218	90	1400	—	0,38
ОПТИ-1	3550	0,47	0,15	МВМС-407						
ОЦФ-1	1090	0,75	0,29	ББУ-2	—	160	85	930	—	0,5
ОПФ-1	2750	0,76	0,3	ББУ-3	—	205	120	1200	—	0,4
ОПФ-2	6150	0,45	0,13	ББУ-4	—	250	150	1450	—	0,38
ОВГТ-1	3540	—	0,12	АКХ-9	—	105	—	320	—	—
ОПД-1	2550	0,7	0,27	ИБД-1	—	132	—	380	—	—
	1640	0,7	0,27	ИБД-2	—	159	—	460	—	—
ОПД-2	3660	0,6	0,22	АКХ-14	—	203	—	1200	—	—
	2600	0,6	0,22	АКХ-СМ1	—	102	—	108	—	—
ОПД-3	5700	—	0,14							
	4600	—	0,15							

Примечание. Принятые буквенные обозначения: G — масса печи, M_1 и M_2 — коэффициенты неравномерности теплоотдачи печи при одной и двух топках в сутки (при топке антрацитом M уменьшается на 25%), H — высота печи, h — высота от пола до низа дымохода, b — ширина печи по эскизам табл. II.1.

При присоединении местных систем отопления и вентиляции по независимой схеме через водонагреватель температура воды в обратном трубопроводе сети после водонагревателя принимается на 10°C выше температуры воды в обратном трубопроводе от систем отопления и вентиляции при непосредственном присоединении.

Расчетный часовой расход сетевой воды на горячее водоснабжение отдельными потребителями зависит от принятой системы теплоснабжения, схемы включения местных водонагревателей, а также от того, установлены ли у потребителей баки-аккумуляторы. При установке у потребителей баков-аккумуляторов расход сетевой воды определяется во всех случаях и для всех звеньев теплоснабжения по среднечасовому расходу тепла $Q_{г.ср}$.

При закрытой системе теплоснабжения зимний расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение $G_{г.расч}$ для магистральных и распределительных тепловых сетей, обслуживающих жилые районы с числом жителей более 6 000 чел., равен среднечасовому расходу $G_{г.ср}$ и определяется по формулам, $\text{м}^3/\text{ч}$:

при параллельной схеме

$$G_{г.расч} = G_{г.ср} = \frac{Q_{г.ср} \cdot 10^3}{c(\tau_1'' - \tau_3'')} ; \quad (\text{VI.49})$$

при предвключенной схеме

$$G_{г.расч} = G_{г.ср} = \frac{Q_{г.ср} \cdot 10^3}{c(\tau_1'' - \tau_{20}'')} ; \quad (\text{VI.50})$$

при двухступенчатой смешанной и двухступенчатой последовательной схемам и отопительном графике температур воды

$$G_{г.расч} = G_{г.ср} = \frac{Q_{г.ср} \cdot 10^3}{c(\tau_1'' - \tau_{20}'')} \frac{t_r - t_{п}}{t_r - t_{х.з}} . \quad (\text{VI.51})$$

При повышенном графике температур воды в зависимости от отношения среднечасового расхода тепла на горячее водоснабжение потребителей к их максимальному часовому расходу тепла на отопление при $\frac{Q_{г.ср}}{Q_0} \leq \left(\frac{Q_{г.ср}}{Q_4} \right)_T$

$$G_{г.расч} = 0 ; \quad (\text{VI.52})$$

$$\text{при } \frac{Q_{г.ср}}{Q_0} > \left(\frac{Q_{г.ср}}{Q_0} \right)_T$$

$$G_{г.р} = \frac{Q_0 \cdot 10^3}{c(\tau_{1п}'' - \tau_{20}'')} \times \frac{t_r - t_{п}}{t_r - t_{х.з}} \left[\frac{Q_{г.ср}}{Q_0} - \left(\frac{Q_{г.ср}}{Q_0} \right)_T \right] . \quad (\text{VI.53})$$

Здесь τ_1'' — температура сетевой воды в подающем трубопроводе тепловой сети при $t_{п}'$, $^\circ\text{C}$;

τ_{20}'' — температура воды в обратном трубопроводе систем отопления при $t_{п}''$;

τ_3'' — температура сетевой воды после нагревателя горячего водоснабжения при $t_{п}''$; принимается обычно равной 30°C ;

$t_{п}$ — температура местной воды после первой ступени нагревателя горячего водоснабжения, принимается на $5 \div 10^\circ\text{C}$ ниже температуры τ_{20}'' ;

t_r — температура горячей воды после нагревателя горячего водоснабжения; принимается равной 60°C ;

$t_{х.з}$ — температура воды в сети холодного водопровода, принимается равной 5°C ;

$\tau_{1п}''$ — температура сетевой воды в подающем трубопроводе по повышенному графику при $t_{п}''$;

$\left(\frac{Q_{г.ср}}{Q_0}\right)_T$ — отношение среднечасового расхода тепла на горячее водоснабжение к максимальному часовому расходу тепла на отопление, принятое за основу при построении повышенного графика температур (для типового потребителя данного района).

Зимний максимальный часовой расход сетевой воды на горячее водоснабжение $G_{г.макс}$ при параллельной и двухступенчатой смешанной схемах включения водонагревателей определяется по формулам (VI.49) и (VI.51), но вместо среднечасового в этих формулах принимается максимальный часовой расход тепла на горячее водоснабжение.

При открытой системе теплоснабжения среднечасовой расход сетевой воды на горячее водоснабжение определяется по формуле, $m^3/ч$:

$$G_{г.ср} = \frac{Q_{г.ср} \cdot 10^3}{c(t_g - t_{х.з})} \quad (VI.54)$$

Расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение для гидравлического расчета магистральных и распределительных сетей двухтрубных открытых систем теплоснабжения с одновременной подачей тепла на отопление и вентиляцию составляет

$$G_{г.расч} = 0,6G_{г.ср}, \quad (VI.55)$$

где $G_{г.ср}$ определяется по формуле (VI.54).

При расчете ответвлений к отдельным зданиям, а также распределительных сетей обслуживающих жилые районы с числом жителей до 6000 чел., расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение при установке баков-аккумуляторов у потребителей тепла определяется по формулам (VI.48) — (VI.51) и (VI.54), при отсутствии аккумуляторов — по тем же формулам с заменой $Q_{г.ср}$ на $Q_{г.макс}$.

В соответствии с требованиями СНиП II-36-73 для тепловых сетей открытых систем теплоснабжения следует дополнительно определять потери давления для следующих режимов:

при максимальном водоразборе из подающих трубопроводов, которому соответствуют расходы сетевой воды, определяемые по формулам:

$$G_{под} = G_0 + C_v + (2 \div 2,4) G_{г.ср}; \quad G_{обр} = G_0 + G_v; \quad (VI.56)$$

при максимальном водоразборе из обратных трубопроводов, которому соответствуют расходы сетевой воды, определяемые по формулам:

$$G_{под} = G_0 + G_v; \quad G_{обр} = G_0 + G_v - (2 \div 2,4) G_{г.ср}. \quad (VI.57)$$

Здесь $G_{под}$ и $G_{обр}$ — расходы сетевой воды соответственно в подающих и обратных трубопроводах.

Летний расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение составит, $m^3/ч$: при закрытой системе теплоснабжения

$$G_{г.л} = (1,3 \div 1,5) \frac{Q_{г.ср} \cdot 10^3}{c(\tau_{1л} - \tau_{3л})}; \quad (VI.58)$$

при открытой системе теплоснабжения в подающих трубопроводах

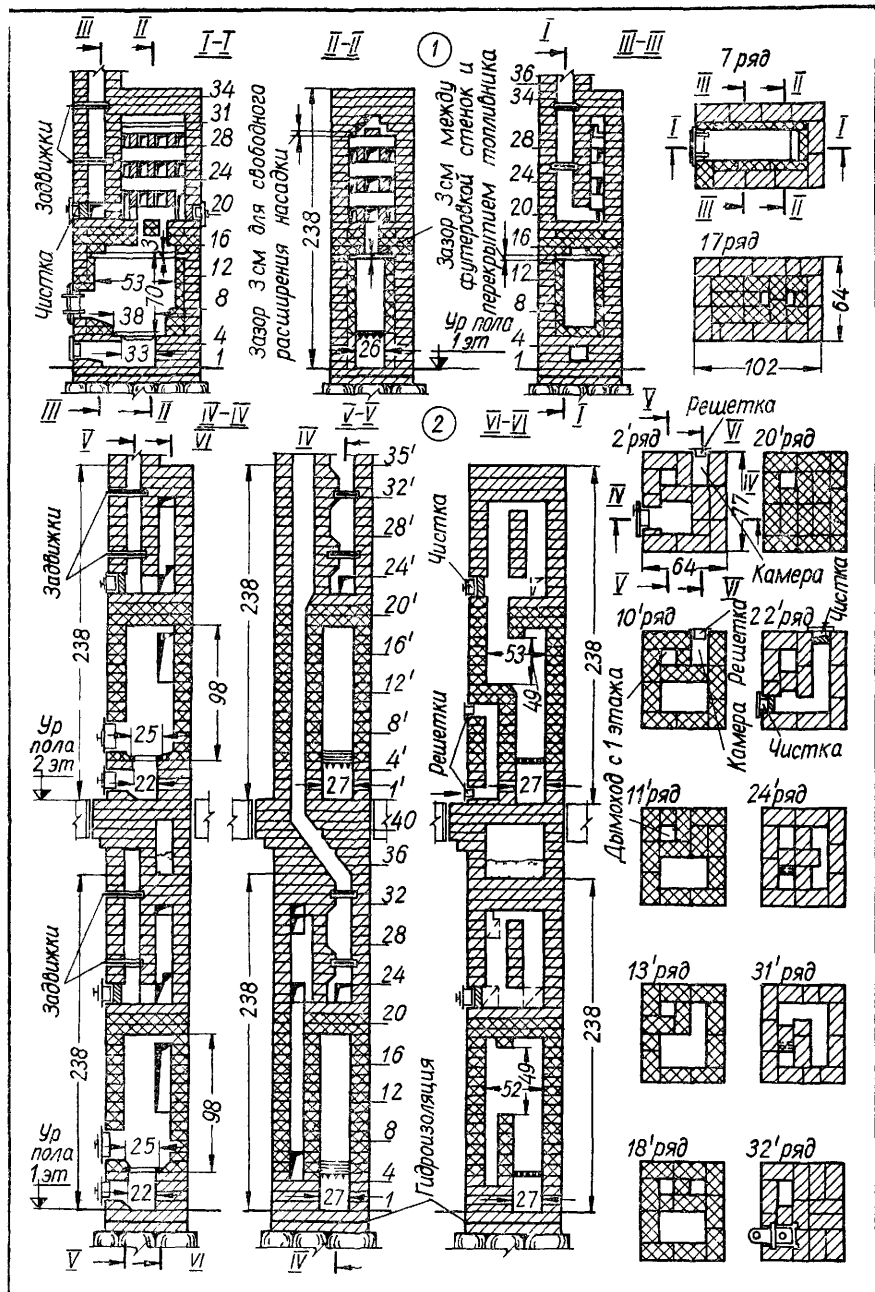
$$G_{г.л} = (1,3 \div 1,5) \frac{Q_{г.ср} \cdot 10^3}{c(t_g - t_{х.л})}, \quad (VI.59)$$

где $\tau_{1л}$ — температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети в летний период, $^{\circ}C$;

$\tau_{3л}$ — температура сетевой воды после местного водоподогревателя в летний период;

$t_{х.л.}$ — температура водопроводной воды в летний период.

Летний расчетный часовой расход сетевой воды на горячее водоснабжение в обратном трубопроводе открытых систем теплоснабжения принимается в размере 20% соответствующего расчетного расхода сетевой воды в подающем трубопроводе.



Лист II 2. Печи умеренного прогрева:
1 — ОПТ 5, 2 — двухъярусная ОПТД 1

Гидравлический расчет трубопроводов

Гидравлические расчеты трубопроводов для выбора диаметров труб производятся на расчетные суммарные зимние расходы теплоносителя.

Удельные потери давления для участков магистральных водяных тепловых сетей до наиболее удаленного потребителя рекомендуется принимать не выше $8 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м}$. Для ответвлений от расчетной магистрали (распределительные и квартальные сети) удельные потери давления принимаются по располагаемому перепаду давления, но не более $30 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м}$.

Гидравлический расчет трубопроводов производят по таблицам или номограммам. Табл. VI.6 разработана Теплоэлектропроектом для следующих условий: температура воды $t = 100^\circ \text{C}$, плотность $\rho = 958,4 \text{ кг/м}^3$, эквивалентная шероховатость труб $k_3 = 0,5 \text{ мм}$, кинематическая вязкость воды $\nu = 0,295 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек}$. При других значениях внутренних диаметров труб и эквивалентных шероховатостей значения удельных потерь давления могут быть пересчитаны по формулам, $\text{кгс/см}^2 \cdot \text{м}$:

$$R' = R \left(\frac{D_B}{D'_B} \right)^{5,25}; \quad R' = R \sqrt[4]{\frac{k'_3}{k_3}}. \quad (\text{VI.60})$$

Пример VI.5. Определить расход теплоносителя, диаметры труб и потери давления двухтрубной закрытой и открытой тепловой сети. Расчетные температуры наружного воздуха и теплоносителя: $t_{н.о} = -22$, $t_{н.в} = -10$, $\tau_1 = 150$, $\tau_{20} = 70$, $\tau_{1н} = 114,5$, $\tau_{2в} = 58,5^\circ \text{C}$. В точке излома температурного графика для закрытой системы $\tau''_1 = 70$, $\tau''_{20} = 42,5^\circ \text{C}$, для открытой системы $\tau''_{20} = 60^\circ \text{C}$. Расчетные расходы тепла отдельными группами потребителей и длины участков от котельной K до потребителей №№ 1 ÷ 5 приведены в табл. VI.7. Бойлеры горячего водоснабжения присоединены по двухступенчатой смешанной схеме (закрытая система). Удельные потери давления приняты до $8 \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м}$, а недогрев воды в нижней ступени нагревателя — $\Delta t''_н = 10^\circ \text{C}$. Коэффициент α для определения длины, эквивалентной местным сопротивлениям равен 0,3.

Расчетные расходы теплоносителя потребителем № 1 на отопление и вентиляцию определяем по формулам (VI.47) и (VI.48):

$$G_o = \frac{5 \cdot 10^3}{(150 - 70) \cdot 1} = 62,5 \text{ т/ч};$$

$$G_v = \frac{0,2 \cdot 10^3}{(114,5 - 58,5)} = 3,6 \text{ т/ч}.$$

Расчетный расход сетевой воды на горячее водоснабжение потребителем № 1 при закрытой системе определяем по формуле (VI.51)

$$G_{г.расч} = \frac{1,3 [60 - (42,5 - 10)] \cdot 10^3}{(70 - 42,5) (60 - 5) \cdot 1} = 28,4 \text{ т/ч};$$

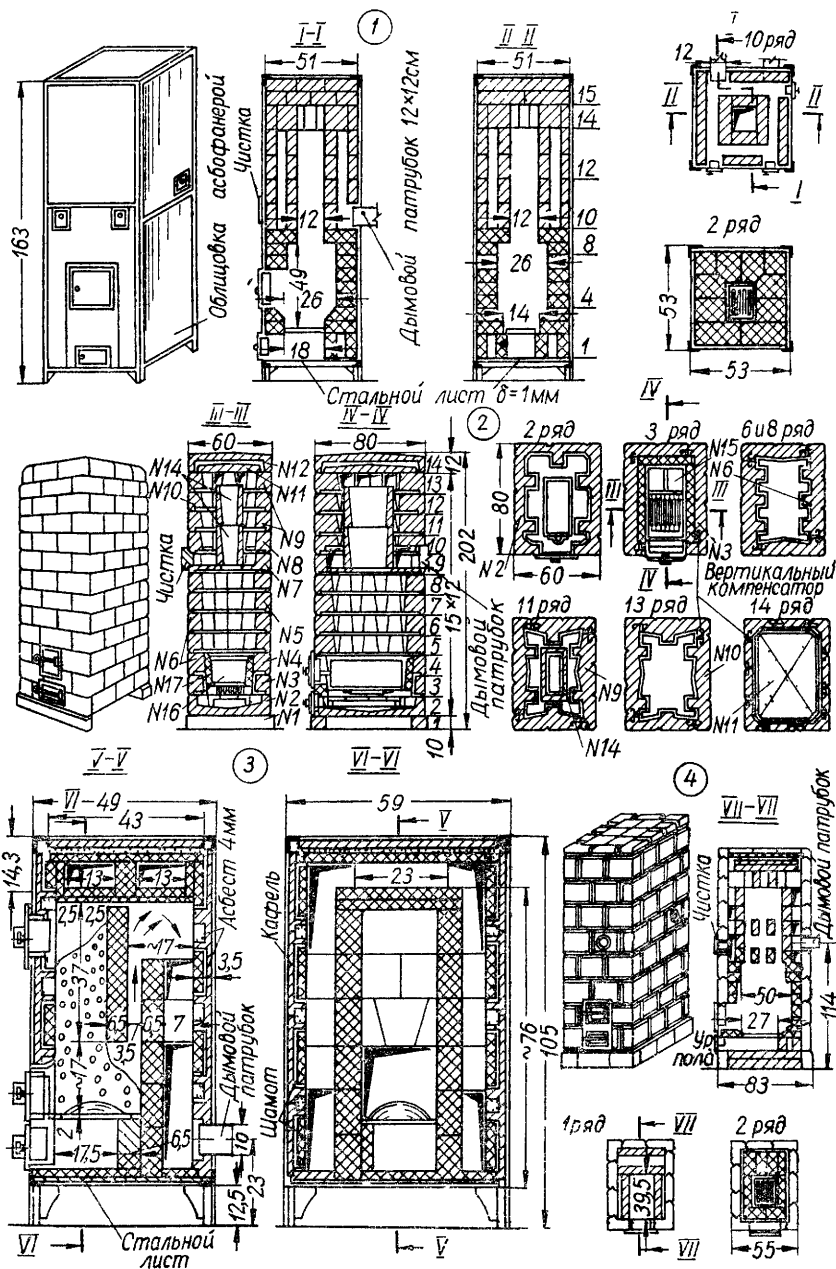
при открытой системе теплоснабжения для среднечасового расхода тепла на горячее водоснабжение по формуле (VI.55)

$$G_{г.расч} = 0,6 \frac{1,3 \cdot 10^3}{(10 - 5) \cdot 1} = 14,2 \text{ т/ч};$$

для максимального часового расхода тепла на горячее водоснабжение

$$G_{г.макс} = 2 \cdot \frac{1,3 \cdot 10^3}{(60 - 5) \cdot 1} = 47,3 \text{ т/ч}.$$

Аналогично определяются расходы теплоносителя остальными потребителями (табл. VI.7).



Лист II.3. Печи повышенного прогрева:

1 — каркасная ОКПП 2 2 — бетоноблочная с компенсаторами против растрескивания 3 — непрерывного (длительного) горения АГХ 9, 4 — из изразцов «Монолит» МВМС 40

Таблица VI.6. Удельные потери давления в трубопроводах водяных тепловых сетей ($k_3 = 0,5$ мм, $\rho = 958,4$ кгс/м³)

G, т/ч	$D_n \times s, \text{мм}$											
	45 × 2,5		57 × 3,5		70 × 3,5		89 × 3,5		108 × 4		133 × 4	
	$w, \text{м/с}$	$R, \text{кгс/м}^2 \cdot \text{м}$	$w, \text{м/с}$	$R, \text{кгс/м}^2 \cdot \text{м}$	$w, \text{м/с}$	$R, \text{кгс/м}^2 \cdot \text{м}$	$w, \text{м/с}$	$R, \text{кгс/м}^2 \cdot \text{м}$	$w, \text{м/с}$	$R, \text{кгс/м}^2 \cdot \text{м}$	$w, \text{м/с}$	$R, \text{кгс/м}^2 \cdot \text{м}$
3,5	0,81	32,6	0,52	9,88	0,27	1,82	0,19	0,71	0,13	0,27		
3,6	0,83	34,4	0,53	10,4	0,28	1,92	0,2	0,75	0,13	0,28		
3,7	0,85	36,4	0,55	11	0,29	2,02	0,2	0,79	0,14	0,29		
3,8	0,88	38,4	0,56	11,6	0,29	2,13	0,21	0,83	0,14	0,31		
3,9	0,9	40,4	0,58	12,3	0,3	2,22	0,21	0,88	0,14	0,33		
4	0,92	42,5	0,59	12,6	0,31	2,33	0,22	0,92	0,15	0,34		
4,2	0,97	46,9	0,62	14,2	0,33	2,48	0,23	1,01	0,16	0,38		
4,4	1,02	51,4	0,65	15,6	0,34	2,81	0,24	1,11	0,16	0,41	0,1	0,13
4,6	1,06	56,2	0,68	17,1	0,36	3,07	0,25	1,21	0,17	0,45	0,11	0,14
4,8	1,11	61,2	0,71	18,6	0,37	3,34	0,26	1,32	0,18	0,49	0,11	0,15
5	1,15	66,4	0,74	20,2	0,39	3,62	0,27	1,43	0,18	0,53	0,12	0,17
5,2	1,2	71,9	0,77	21,8	0,4	3,92	0,29	1,54	0,19	0,57	0,12	0,18
5,4	1,25	77,5	0,8	23,5	0,42	4,23	0,3	1,66	0,2	0,61	0,13	0,19
5,6	1,29	83,3	0,83	25,7	0,43	4,54	0,31	1,78	0,21	0,65	0,13	0,2
5,8	1,34	89,4	0,86	27,1	0,45	4,87	0,32	1,91	0,21	0,7	0,14	0,22
6	1,39	95,7	0,89	29	0,47	5,22	0,33	2,04	0,22	0,75	0,14	0,23
6,2	1,43	102,1	0,92	31	0,48	5,57	0,34	2,22	0,23	0,8	0,15	0,25
6,4			0,95	33	0,5	5,94	0,35	2,37	0,24	0,85	0,15	0,26
6,6			0,98	35,1	0,51	6,31	0,36	2,52	0,24	0,9	0,16	0,28
6,8			1	37,3	0,53	6,7	0,37	2,68	0,25	0,95	0,16	0,31
7			1,03	39,5	0,54	7,1	0,38	2,84	0,26	1,01	0,17	0,32
7,5			1,11	45,4	0,58	8,15	0,41	3,26	0,28	1,15	0,18	0,37
8			1,18	51,6	0,62	9,27	0,44	3,7	0,3	1,3	0,19	0,42
8,5			1,26	58,3	0,66	10,5	0,47	4,18	0,31	1,46	0,2	0,47
9			1,33	65,3	0,7	11,7	0,49	4,69	0,33	1,64	0,21	0,52
9,5			1,4	72,8	0,74	13,1	0,52	5,22	0,35	1,82	0,22	0,58
10			1,48	80,6	0,78	14,5	0,55	5,79	0,37	2,02	0,24	0,64
10,5			1,55	88,9	0,81	16	0,58	6,38	0,39	2,22	0,25	0,7
11			1,63	97,6	0,85	17,5	0,6	7	0,41	2,44	0,26	0,77
11,5			1,7	106,6	0,89	19,2	0,63	7,65	0,42	2,67	0,27	0,84
12					0,93	20,9	0,66	8,33	0,44	2,91	0,28	0,9
12,5					0,97	22,6	0,69	9,04	0,46	3,15	0,3	0,98
13					1,01	24,5	0,71	9,78	0,48	3,41	0,31	1,06
13,5					1,05	26,4	0,74	10,5	0,5	3,68	0,32	1,13
14					1,09	28,4	0,77	11,3	0,52	3,96	0,33	1,21
14,5					1,12	30,5	0,8	12,2	0,54	4,24	0,34	1,3
15					1,16	32,6	0,82	13	0,55	4,54	0,35	1,39
16					1,24	37,1	0,88	14,8	0,59	5,17	0,38	1,58
17					1,32	41,9	0,93	16,7	0,63	5,83	0,4	1,79
18					1,4	46,9	0,99	18,8	0,66	6,54	0,43	2,01
19					1,47	52,3	1,04	20,9	0,7	7,29	0,45	2,23
20					1,55	58	1,1	23,2	0,74	8,08	0,47	2,48
21					1,63	63,9	1,15	25,5	0,78	8,9	0,5	2,73
22					1,71	70,1	1,21	28	0,81	9,77	0,52	3
23					1,78	76,7	1,26	30,6	0,85	10,7	0,54	3,27
24					1,86	83,5	1,32	33,3	0,89	11,6	0,57	3,57
25					1,94	90,6	1,37	36,2	0,92	12,6	0,59	3,87

Однако для таких видов топлива, как бурый уголь, торф повышенной влажности мелкие отходы и газовое топливо требуются топливники со специальными приспособлениями, иногда с частичным изменением конструкции печи. Отличительные особенности топливников печей периодического действия для разных видов твердого топлива приведены на листе II.1, рис. 2—6.

Отопительные печи

Из большого числа тепломеханических отопительных печей допускается применять только печи, прошедшие лабораторные испытания и проверенные на практике (табл. II.1 и II.2, лист II.1, рис. 7, 8 и листы II.2 и II.3).

Основные размеры и теплоотдача испытанных и проверенных конструкций и тепломеханических отопительных печей и присоединенных к ним труб указана в табл. II.3 и II.4. Пример установки нетепломеханической печи высокого прогрева во временном помещении приведен на листе II.5, рис. 6.

Таблица II.3. Показатели нетепломеханических печей (по данным Л. А. Семенова)

Тип печи и размеры, мм	Расход дров, кг/ч	Коэффициент полезного действия η	Теплоотдача, ккал/ч	Поверхность нагрева, м ²	Особенности конструкции
Цилиндрическая из кровельной стали: модель № 1 ($d = 445$; $h = 700$)	4,8	0,5	8000	1,0	Без футеровки
	3,0	0,45	4500	1,0	С футеровкой в 1/4 кирпича
модель № 2 ($d = 330$; $h = 700$)	3,6	0,5	6000	0,7	Без футеровки
модель № 3 ($d = 330$; $h = 420$)	3,0	0,45	4500	0,4	То же
«Циклон»: модель № 1 ($d_{\text{топл}} = 405$; $d_{\text{циклона}} = 450$; $h = 950$)	3,5	0,7	8000	2,3	Без футеровки
	3,1	0,69	7000	2,3	С футеровкой в 4 см
модель № 2 ($d_{\text{топл}} = 270$; $d_{\text{циклона}} = 310$; $h = 900$)	2,5	0,75	6000	1,48	Без футеровки
Цилиндрическая чугунная ($d \approx 350$, $h \approx 600$)	2,7	0,14	4000	0,45	То же
Цилиндрическая с шамотными вкладышами ($d = 370$; $h = 930$)	—	—	2000—3000	—	С футеровкой
Печь-временка затяжного горения ($d = 465$; $h = 790$) для опилок влажностью 34 %	—	—	1370	—	Без футеровки

Цилиндрическая печь из кровельной стали наиболее простой конструкции отопляется дровами. К печи можно присоединить до 8 м труб, увеличивающих теплоотдачу. В зависимости от основных размеров печь может быть трех моделей.

Печь «Циклон» из кровельной стали — разборной конструкции (удобна для транспортирования) и предназначена для топки дровами. Благодаря наличию циклона-экономайзера она имеет повышенный коэффициент полезного действия и не дает искр. Циклон-экономайзер соединен с топливником патрубком.

G, т/ч	$D_H \times s, мм$											
	89 × 3,5		108 × 4		133 × 4		159 × 4,5		194 × 5		219 × 6	
	$w, м/с$	$R, кгс/м^2 \cdot м$	$w, м/с$	$R, кгс/м^2 \cdot м$	$w, м/с$	$R, кгс/м^2 \cdot м$	$w, м/с$	$R, кгс/м^2 \cdot м$	$w, м/с$	$R, кгс/м^2 \cdot м$	$w, м/с$	$R, кгс/м^2 \cdot м$
26	1,43	39,1	0,96	13,6	0,62	4,19	0,43	1,6	0,28	0,55		
27	1,48	42,4	1	14,7	0,64	4,51	0,44	1,72	0,29	0,59		
28	1,54	45,4	1,03	15,8	0,66	4,85	0,46	1,85	0,31	0,64		
29	1,59	48,7	1,07	17	0,69	5,21	0,48	1,99	0,32	0,68		
30	1,65	52,1	1,11	18,2	0,71	5,57	0,49	2,12	0,33	0,73		
31	1,7	55,6	1,15	19,4	0,73	5,95	0,51	2,27	0,34	0,77		
32	1,76	59,3	1,18	20,7	0,76	6,34	0,53	2,42	0,35	0,82		
33	1,81	63	1,22	22	0,78	6,74	0,54	2,57	0,36	0,87		
34	1,87	66,9	1,26	23,3	0,8	7,16	0,56	2,73	0,37	0,93		
35	1,92	70,9	1,29	24,7	0,83	7,58	0,57	2,89	0,38	0,98		
36	1,98	75	1,33	26,2	0,85	8,02	0,59	3,06	0,39	1,04		
37	2,03	79,2	1,37	27,6	0,87	8,48	0,61	3,23	0,4	1,1		
38	2,09	83,6	1,4	29,2	0,9	8,94	0,62	3,41	0,41	1,16		
39			1,44	30,7	0,92	9,42	0,64	3,59	0,43	1,22	0,34	0,66
40			1,48	32,3	0,95	9,91	0,66	3,78	0,44	1,28	0,35	0,69
41			1,51	33,9	0,97	10,4	0,67	3,97	0,45	1,35	0,35	0,72
42			1,55	35,6	0,99	10,9	0,69	4,16	0,46	1,42	0,36	0,76
43			1,59	37,3	1,02	11,4	0,71	4,36	0,47	1,48	0,37	0,8
44			1,63	39,1	1,04	12	0,72	4,57	0,48	1,55	0,38	0,83
45			1,66	40,9	1,06	12,5	0,74	4,78	0,49	1,62	0,39	0,87
46			1,7	42,7	1,09	13,1	0,76	4,99	0,5	1,7	0,4	0,91
47			1,74	44,6	1,11	13,7	0,77	5,21	0,51	1,77	0,41	0,95
48			1,77	46,5	1,13	14,3	0,79	5,44	0,52	1,85	0,41	0,99
49			1,81	48,5	1,16	14,9	0,8	5,67	0,53	1,93	0,42	1,04
50			1,85	50,5	1,18	15,5	0,82	5,90	0,55	2,01	0,43	1,08
52			1,92	54,6	1,23	16,7	0,85	6,38	0,57	2,17	0,45	1,17
54			1,99	58,9	1,28	18,1	0,89	6,88	0,59	2,34	0,47	1,26
56			2,07	63,3	1,32	19,4	0,92	7,4	0,61	2,52	0,48	1,35
58			2,14	67,9	1,37	20,8	0,95	7,94	0,63	2,7	0,5	1,45
60			2,22	72,7	1,42	22,3	0,98	8,5	0,65	2,89	0,52	1,55
62			2,29	77,6	1,47	23,8	1,02	9,07	0,68	3,08	0,53	1,66
64			2,36	82,7	1,51	25,4	1,05	9,67	0,7	3,29	0,55	1,77
66			2,44	87,9	1,56	27	1,08	10,3	0,72	3,5	0,57	1,88
68			2,51	93,4	1,61	28,6	1,12	10,9	0,74	3,71	0,59	1,99
70			2,59	98,9	1,65	30,3	1,15	11,6	0,76	3,93	0,6	2,11
72			2,66	104,7	1,7	32,1	1,18	12,2	0,79	4,16	0,62	2,23
74					1,75	33,9	1,21	12,9	0,81	4,39	0,64	2,36
76					1,8	35,8	1,25	13,6	0,83	4,63	0,66	2,49
78					1,84	37,7	1,28	14,4	0,85	4,88	0,67	2,62
80					1,89	39,6	1,31	15,1	0,87	5,14	0,69	2,76
85					2,01	44,7	1,4	17,1	0,93	5,8	0,73	3,11
90					2,13	51	1,48	19,1	0,98	6,5	0,78	3,49
95					2,25	55,9	1,56	21,3	1,04	7,24	0,82	3,89
100					2,36	61,9	1,64	23,6	1,09	8,02	0,86	4,31
105					2,48	68,3	1,72	26	1,15	8,55	0,91	4,75
110					2,6	74,9	1,81	28,6	1,2	9,71	0,95	5,22
115					2,72	81,9	1,89	31,2	1,25	10,6	0,99	5,7
120					2,84	89,1	1,97	34	1,31	11,6	1,03	6,21
125					2,95	96,7	2,05	36,9	1,36	12,5	1,08	6,74
130					3,07	104,6	2,13	39,9	1,42	13,6	1,12	7,29

Таблица II.4. Средняя теплоотдача стальных труб, присоединяемых к нетеплоемким печам, приведенным в табл. II.3

Диаметр трубы, мм	Средняя теплоотдача 1 м трубы, ккал/ч	Диаметр трубы, мм	Средняя теплоотдача 1 м трубы, ккал/ч
80	250	120	380
90	280	130	410
100	310	140	440
110	350		

Цилиндрическая чугунная печь отапливается каменным углем и антрацитом.

Цилиндрическая печь затыжного горения с футеровкой шамотными вкладышами пригодна для сжигания антрацита, кокса, брикетов, бурого и каменного угля. Продолжительность горения одной загрузки бурого угля массой 8—10 кг составляет 10—12 ч.

Печь-временка затыжного горения предназначена для сжигания мелких отходов и применяется для отопления временных помещений и сушки зданий.

Отопительно-варочные печи

Отопительно-варочная печь представляет собой сочетание в одном массиве отопительной печи с кухонным очагом. В конструкциях этих печей обычно предусматривается возможность (путем переключения соответствующих задвижек) в летнее время пользоваться только очагами, а в зимнее время одновременно обогревать весь массив печи. Пары и газы, выделяющиеся в процессе приготовления пищи, конструкцией печи предусмотрено удалять в дымовой канал, но лучше во избежание ухудшения тяги устраивать отдельный канал (рядом с дымовым). Достоинство таких печей заключается в компактности и экономии топлива.

Отопительно-варочные печи бывают толстостенными (лист II 4, рис. 1) и тонкостенными в металлическом каркасе (лист II.4, рис. 2).

Основные сведения по проверенным и испытанным отопительно-варочным печам приведены в табл. II 5.

Кухонные плиты квартирного типа и отопительные щитки

Широко распространены кухонные плиты квартирного типа, коэффициент полезного действия которых не превышает 0,5—0,6. Наиболее рациональные плиты заводского изготовления, что соответствует современным требованиям к оборудованию кухонь индивидуальных квартир. Применяются плиты тонкостенные в стальном каркасе и толстостенные кирпичные и сборно-блочные из жароупорных блоков.

Комбинируя плиты с отопительными щитками, можно использовать до 35% тепла, уходящего из плиты с дымовыми газами, что составляет 200—300 ккал/ч. В случае необходимости увеличения теплоотдачи можно применять щиток с самостоятельной топкой.

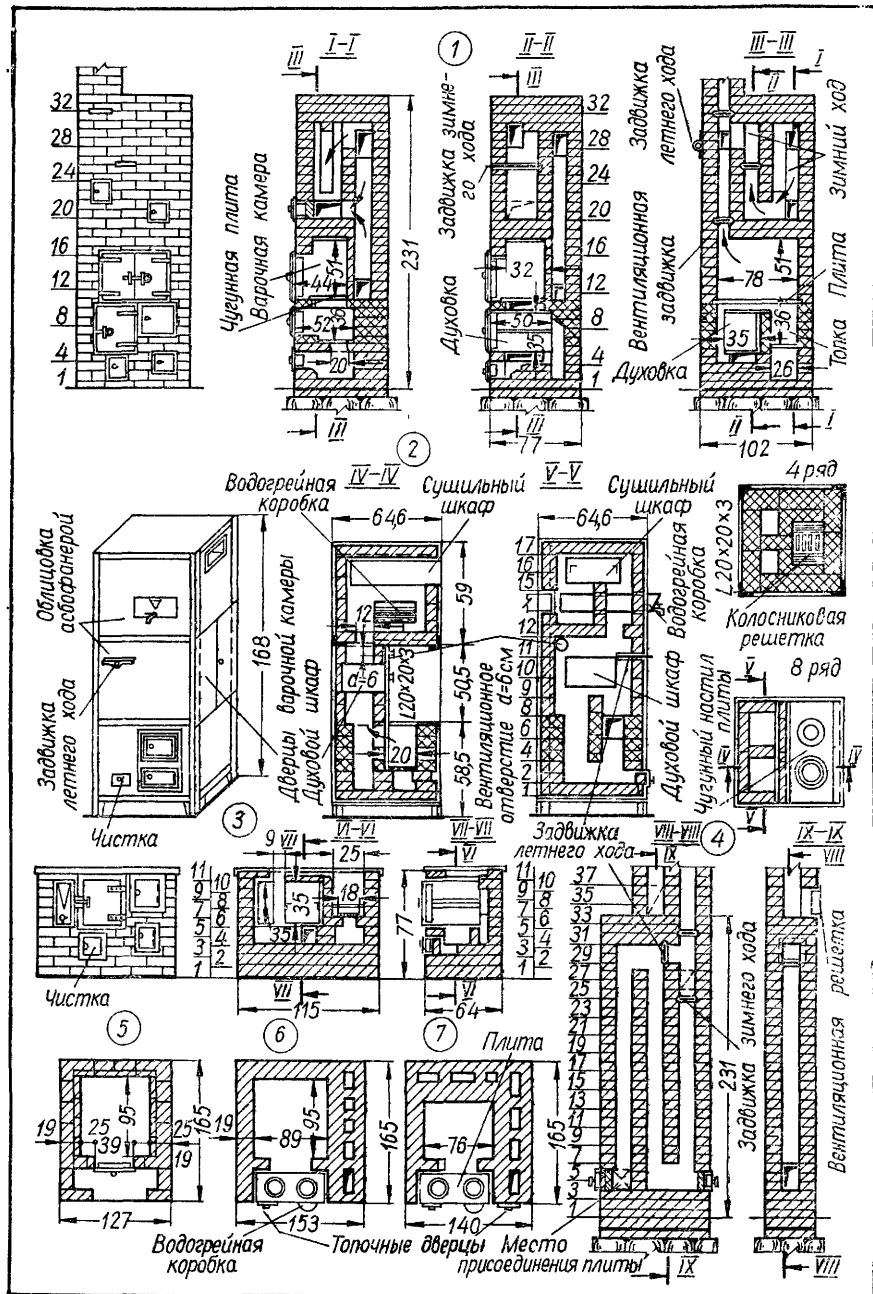
Основные показатели плит и отопительных щитков к ним приведены в табл. II 6. Конструкция плиты КП-4 дана на листе II.4, рис. 3.

Комбинированные плиты, состоящие из плиты для приготовления пищи и котла-водонагревателя, получили значительное распространение. Более подробные сведения и конструкции комбинированных плит приведены в разделе IV «Горячее водоснабжение».

Русские печи

Русская печь является универсальным тепловым прибором для отопления и различных хозяйственных целей. Она обеспечивает хорошую вентиляцию помещения, а по затрате тепла на приготовление пищи весьма экономична.

G, т/ч	$D_H \times s, \text{ мм}$											
	194 × 5		219 × 6		273 × 7		325 × 8		377 × 9		426 × 7	
	$\omega, \text{ м/с}$	$R, \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{ м}$	$\omega, \text{ м/с}$	$R, \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{ м}$	$\omega, \text{ м/с}$	$R, \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{ м}$	$\omega, \text{ м/с}$	$R, \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{ м}$	$\omega, \text{ м/с}$	$R, \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{ м}$	$\omega, \text{ м/с}$	$R, \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{ м}$
135							0,52	0,95	0,39	0,43	0,29	0,22
140							0,54	1,03	0,4	0,47	0,3	0,23
145							0,56	1,1	0,42	0,5	0,32	0,25
150							0,58	1,18	0,43	0,53	0,33	0,27
155							0,6	1,26	0,44	0,57	0,34	0,28
160							0,62	1,34	0,46	0,61	0,35	0,3
165							0,64	1,42	0,47	0,65	0,36	0,31
170							0,66	1,51	0,49	0,69	0,37	0,33
175							0,68	1,6	0,5	0,73	0,38	0,35
180							0,7	1,69	0,52	0,77	0,39	0,37
190							0,74	1,89	0,54	0,86	0,41	0,42
200							0,77	2,09	0,57	0,95	0,44	0,46
210	2,29	35,4	1,81	19	1,16	5,84	0,81	2,31	0,6	1,05	0,46	0,51
220	2,4	38,8	1,9	20,9	1,21	6,41	0,85	2,53	0,63	1,15	0,48	0,56
230	2,51	42,4	1,98	22,8	1,27	7	0,89	2,77	0,66	1,26	0,5	0,61
240	2,62	46,2	2,07	24,8	1,32	7,63	0,93	3,01	0,69	1,37	0,52	0,66
250	2,73	50,2	2,16	26,9	1,38	8,27	0,97	3,27	0,72	1,49	0,54	0,72
260	2,84	54,2	2,24	29,1	1,43	8,95	1,01	3,54	0,75	1,61	0,57	0,78
270	2,95	58,5	2,33	31,4	1,49	9,65	1,04	3,81	0,77	1,73	0,59	0,84
280	3,05	62,9	2,41	33,8	1,54	10,4	1,08	4,1	0,8	1,86	0,61	0,9
290	3,16	67,5	2,5	36,3	1,6	11,1	1,12	4,4	0,83	2	0,63	0,97
300	3,27	72,2	2,59	38,8	1,65	11,9	1,16	4,71	0,86	2,14	0,65	1,04
320			2,76	44,1	1,76	13,6	1,24	5,36	0,92	2,43	0,7	1,18
340			2,93	49,8	1,87	15,3	1,32	6,05	0,97	2,75	0,74	1,33
360			3,10	55,9	1,98	17,2	1,39	6,78	1,03	3,08	0,78	1,5
380			3,28	62,3	2,09	19,1	1,47	7,55	1,09	3,43	0,83	1,67
400			3,45	69,0	2,2	21,2	1,55	8,37	1,15	3,8	0,87	1,85
420			3,62	76,0	2,31	23,4	1,62	9,23	1,2	4,19	0,91	2,04
440			3,79	83,5	2,42	25,6	1,7	10,1	1,26	4,6	0,96	2,23
460			3,97	91,2	2,53	28	1,78	11,1	1,32	5,03	1	2,44
480			4,14	99,3	2,64	30,5	1,86	12	1,38	5,48	1,04	2,66
500					2,75	34	1,93	13,1	1,43	5,94	1,09	2,88
520					2,86	36,8	2,01	14,1	1,49	6,43	1,13	3,12
540					2,97	39,6	2,09	15,3	1,55	6,93	1,18	3,36
560					3,08	42,6	2,17	16,4	1,6	7,46	1,22	3,62
580					3,19	45,6	2,24	17,6	1,66	8	1,26	3,88
600					3,3	48,8	2,32	18,8	1,72	8,56	1,31	4,15
620					3,41	50,9	2,4	20,1	1,78	9,14	1,35	4,43
640					3,52	54,2	2,48	21,4	1,83	9,74	1,39	4,73
660					3,63	57,7	2,55	22,8	1,89	10,4	1,44	5,03
680					3,74	61,2	2,63	24,2	1,95	11	1,48	5,33
700					3,85	64,9	2,71	25,6	2,01	11,7	1,52	5,65
720					3,96	68,6	2,79	27,1	2,06	12,3	1,57	5,98
740					4,07	72,5	2,86	28,6	2,12	13	1,61	7,32
760					4,18	76,5	2,94	30,2	2,18	13,7	1,65	6,66
780					4,29	80,5	3,02	31,8	2,24	14,5	1,7	7,02
800					4,41	84,7	3,09	33,5	2,29	15,2	1,74	7,38



Лист II.4. Бытовые печи:

1 — печь отопительно-варочная толстостенная Л. А. Коробанова и Н. И. Самарина; 2 — то же, тонкостенная в каркасе МВМС-204; 3 — кухонная плита толстостенная КП-4; 4 — отопительный щиток толстостенный ОЩ-1; 5 — русская печь обыкновенная (план); 6 — русская печь с плитой в шестке и обогревательным щитком; 7 — то же, с подтопкой в щитке.

Таблица VI.7. Расчетные расходы тепла и сетевой воды по отдельным группам потребителей

Номер потре- бителя	Расход тепла, Гкал/ч				Расход сетевой воды, т/ч							
	Q_0	Q_B	Q_T ср	ΣQ	G_0	G_B	G_T ср	$0,6G_T$ ср	$2G_T$ ср	$\Sigma G_{закр}$	$\Sigma G_{откр}$	$\Sigma G_{макс}$
1	5	0,2	1,3	6,5	62,5	3,6	28,4	14,2	47,3	94,5	80,3	113,4
2	10	0,5	2,6	13,1	125	9	56,8	28,4	94,6	190,8	162,4	228,6
3	4	0,2	1,1	5,3	50	3,6	24	12	40	77,6	65,6	93,6
4	7	0,4	1,8	9,2	87,5	7,2	39,3	19,6	65,5	134	114,3	160,2
5	10	0,5	2,6	13,1	125	9	56,8	28,4	94,6	191	162,4	228,6
Ито- го	36	1,8	9,4	47,2	450	32,4	205,3	102,6	342	687,9	585	824,4

Часовой расход сетевой воды на участке 4—5 находится суммированием соответствующих расходов на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение:

расчетный расход при закрытой системе

$$G_{4-5} = 125 + 9 + 56,8 = 191 \text{ т/ч};$$

расчетный расход при открытой системе

$$G_{4-5} = 125 + 9 + 28,4 = 162,4 \text{ т/ч};$$

расход при открытой системе и максимальном водоразборе из подающего трубопровода по формулам (VI.56)

$$G_{под} = 125 + 9 + 94,6 = 229 \text{ т/ч}; \quad G_{обр} = 125 + 9 = 134 \text{ т/ч},$$

расход при открытой системе и максимальном водоразборе из обратного трубопровода по формулам (VI.57)

$$G_{под} = 125 + 9 = 134 \text{ т/ч}; \quad G_{обр} = 125 + 9 - 94,6 = 40 \text{ т/ч}.$$

Аналогично определяем расходы по остальным участкам. Гидравлический расчет трубопроводов приведен в табл. VI.8.

Пьезометрический график

При проектировании и эксплуатации разветвленных тепловых сетей для учета взаимного влияния профиля района, высоты абонентских систем, потери давления в тепловой сети пользуются пьезометрическим графиком. По пьезометрическому графику можно легко определить давление и располагаемый перепад давлений в любой точке сети и абонентской системе.

Построение пьезометрического графика (лист VI.2, рис. 1) производится следующим образом. За начало координат рекомендуется принимать оси сетевых насосов. Приняв эту точку за условный нуль, строят профиль местности по трассе основной магистрали и по характерным ответвлениям, отметки которых отличаются от отметок основной магистрали. На профиле вычерчивают в масштабе высоты присоединяемых зданий. Предварительно напор на всасывающей стороне сетевых насосов $H_{вс}$ принимают равным 10—15 м и наносят горизонталь A_2B_4 . От точки A_2 откладывают по оси абсцисс длины расчетных участков теплопроводов (с нарастающим итогом), а по оси ординат из конечных точек — потери напора $\Sigma \Delta H$. Соединив верхние точки этих отрезков, получают линию A_2B_2 , которая и будет пьезометрической линией обратной магистрали. Каждый вертикальный отрезок от условного уровня A_2B_4 до пьезометрической линии A_2B_2 дает потери напора в обратной магистрали от насосной до соответствующей точки. От точки B_2 откладывают вверх необходимый располагаемый напор в конце магистрали $\Delta H_{аб}$, который принимается равным 15—25 м и более. Полученный отрезок B_2B_1 характеризует напор в конце подающей

Таблица II.5. Характеристика некоторых конструкций отопительно-варочных печей

№ п.п.	Название печи и ее размеры, см	$\frac{Q_2}{M_2}$	Оборудование
Печи толстостенные оштукатуренные с насадной трубой			
1	Ш-1, Л. А. Коробанова и Н. И. Самарина (102×77×231)	$\frac{3200}{0,23}$	Чугунная плита 80×41 см; духовой шкаф 35×50×35 см
2	Ш-2, Т. Ф. Волкова (102×89××224)	$\frac{3400}{0,22}$	Плита 50×50 см; духовой шкаф 30×50×26 см; водогрейная коробка
3	И. И. Белякова (113×63×182)	$\frac{2700}{—}$	Плита; два духовых шкафа
4	Ш-6 двухъярусная: верхний ярус (102×64××224)	$\frac{2300}{0,25}$	Плита 50×40 см; духовой шкаф 35×50×26 см (возможен вариант и без духового шкафа)
	нижний ярус (102×64××224)	$\frac{2800}{0,25}$	То же
5	Ш-5 одноярусная (102×64××224)	$\frac{2800}{0,25}$	»
Печи тонкостенные с отводом дыма в стенной канал или коренную трубу			
6	Укргипросельстроя (50×75××201)	$\frac{1850}{—}$	Плита в открытой с двух сторон вентилируемой камере; духовка; водогрейная коробка
7	МВМС-103 (52×52×155)	$\frac{1500}{0,6}$	Духовой шкаф-термос 25×40××25 см
8	МВМС-204 (64×64×168)	$\frac{2500}{0,55}$	Чугунная плита 50×36 см; духовой шкаф 32×32×20 см; водогрейная коробка на 18 л; тепловой сушильный шкаф
9	МВМС-208 (70×60×158)	$\frac{2000}{0,65}$	Чугунная плита 55×60 см — на нижнем массиве печи, духовой шкаф 35×30×32 см — на верхнем массиве; водогрейная коробка на 9 л

Примечания. 1. Чертежи печей 1, 2, 4 и 5 приведены в Альбоме отопительных и бытовых печей. ч. II (М., Госстройиздат, 1962); чертежи печей 7, 8 и 9 — в книге Л. А. Семенова. «Печное отопление» (М., Госстройиздат, 1968), чертежи печей 3 и 6 — в книге В. П. Протопопова «Печные работы» (К., Госстройиздат УССР, 1961).

2. Печь Укргипросельстроя оштукатуренная, не индустриальная. Печи типа МВМС в металлическом каркасе, облицованные асбофанерой. Плиты печей 1—4 и 8 расположены в камере с дверцами и вытяжным отверстием.

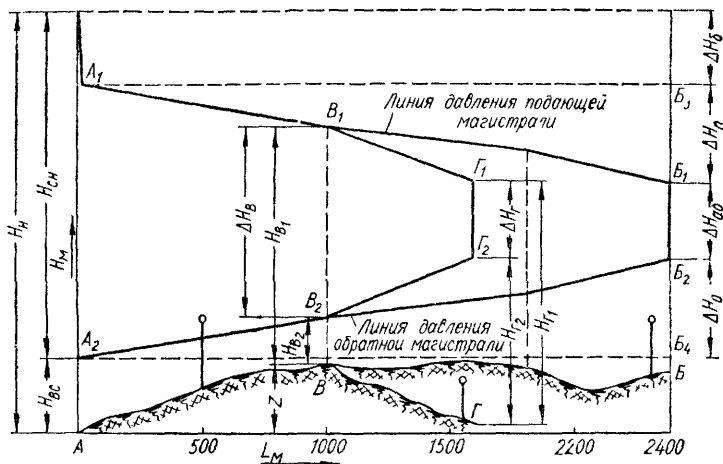
3. Печи 7—9 выполняются с отводом дыма сзади или сбоку.

4. Для печи 3 возможны четыре режима топки.

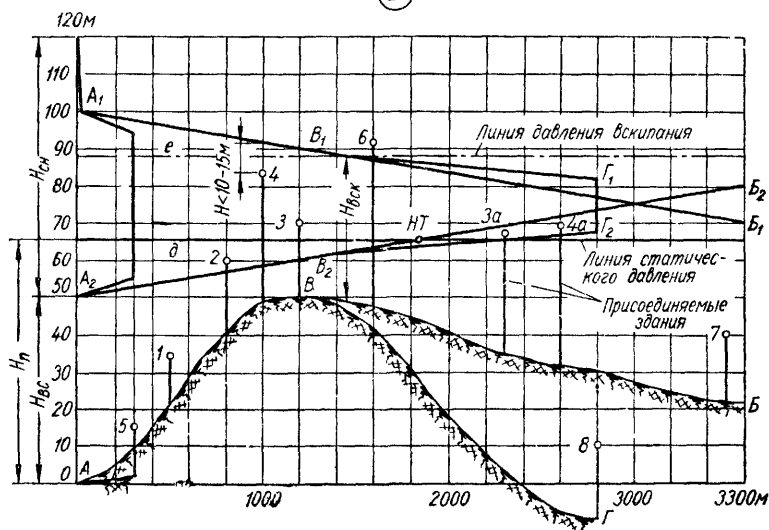
Русские печи бывают различных конструктивных решений; некоторые из них представлены на листе II.4, рис. 5, 6, 7. Существенным недостатком таких печей является отсутствие прогрева нижнего пояса, что не обеспечивает прогрев нижней зоны помещения. Этот недостаток устранен в печах № 3, 4, 5 и 6 (табл. II.7).

Основной частью всех конструкций русских печей является варочная камера, используемая для приготовления пищи, выпечки хлеба, сушки овощей и т. п., а также применяемая как термос для длительного сохранения пищи в нагретом состоянии. В варочной камере можно сжигать дрова, кусковой торф, хворост, солому, камыш. Некоторые конструкции печей снабжаются дополнительной

1



2



Лист VI.2. Пьезометрический график:

1 — построение графика; 2 — пьезометрический график двухтрубной водяной сети.

топкой с колосниковой решеткой для сжигания любого топлива, в том числе и каменного угля. Ряд конструкций комбинируется с плитой, имеющей отдельную топку, со щитком или нижним обогревателем.

Таблица II. 6. Характеристика конструкций плит и отопительных щитков на твердом топливе

Характеристика и марка	Размеры, см	Теплоотдача Q_2 , ккал/ч	Дополнительные устройства	Способ изгото- вления
Кухонные плиты				
Конструкции НИИСТ и Кировского чугуноли- тейного завода (ПБ-3)	66×60×85	850	Духовой шкаф	Заводской
Модель Ужгородского завода «Газоаппарат» МКТ	97×60×85	—		
КП-2	107×69×74	800		
В каркасе	79×54×78	—		Полузавод- ской
Толстостенная, кирпич- ная КП-3	102×64×77	900		
То же, КП-4 (лист II.4, рис 3)	115×64×77	1000	Духовой шкаф и водогрейная коробка	Выполняет- ся на месте
То же, КПОЩ со щит- ком с подтопком	140×102×77 (высота щитка — 217)	3100	Духовой шкаф, водогрейная коробка и вен- тиляционный канал	
Отопительные щитки				
В каркасе ОЩК-1	73×34×193	500—1200 *	Вентиляцион- ный канал	Полузавод- ской
Толстостенный, кирпич- ный ОЩ-1 (лист II.4, рис. 4)	89×38×224	200—300		Выполняет- ся на мес- те
То же, двухъярусный ОЩ-3	115×38×224 (каждого яруса)	200—300 (каждого яруса)		

Примечание Чертежи всех плит и щитков кроме плиты в каркасе, приведены в Альбоме отопительных и бытовых печей, ч. II (М, Госстройиздат, 1962), а плиты в каркасе — в книге Л. А. Семенова «Печное отопление» (М, Госстройиздат, 1968)

* Теплоотдача зависит от продолжительности топки.

Таблица VI.8. Гидравлический расчет трубопроводов (к примеру VI.5)

Номер участ- ка	Длина, м				$D_n \times s, \text{ мм}$	$\omega, \text{ м/с}$	Потери давления		Потери наго- ра $\Sigma \Delta H$ м вод. ст
	$G, \text{ т/ч}$	l	l_s	$l + l_s$			$R, \text{ кгс/м}^2 \cdot \text{м}$	$\Delta p, \text{ кгс/м}^2$	
Закрытая система									
K-1	688	500	150	650	426×6	1,49	5,4	3510	3,51
1-2	593	300	90	390	426×6	1,29	4	1560	5,07
2-3	403	400	120	520	377×9	1,15	3,8	1975	7,05
3-4	325	500	150	650	325×8	1,25	5,4	3510	10,56
4-5	191	400	120	520	273×7	1,05	4,8	2490	13,05
Открытая система; $G_{\text{гр.расч}}$ по формуле (VI.55)									
K-1	585	500	150	650	377×9	1,66	8	5200	5,2
1-2	505	300	90	390	377×9	1,43	5,95	2320	7,52
2-3	342	400	120	520	525×8	1,32	6	3120	10,64
3-4	276	500	150	650	325×8	1,04	3,9	2530	13,17
4-5	176	400	120	520	273×7	0,88	3,35	1740	14,91
Открытая система; $G_{\text{под}}$ по формуле (VI.56)									
K-1	825	500	150	650	377×9	2,42	16,2	10 530	10,53
1-2	711	300	90	390	377×9	2,06	12,3	4800	15,33
2-3	483	400	120	520	325×8	1,86	12	6200	21,53
3-4	389	500	150	650	325×8	1,5	7,9	5160	26,69
4-5	229	400	120	520	273×7	1,27	7	3640	30,33
Открытая система; $G_{\text{обр}}$ по формуле (VI.56)									
K-1	482	500	150	650	377×9	1,38	5,5	3570	3,57
1-2	416	300	90	390	377×9	1,18	4,1	1600	5,17
2-3	282	400	120	520	325×8	1,08	4,1	2130	7,3
3-4	229	500	150	650	325×8	0,89	2,77	1800	9,1
Открытая система; $G_{\text{обр}}$ по формуле (VI.57)									
K-1	140	500	150	650	377×9	0,4	0,47	310	0,31
1-2	122	300	90	390	377×9	0,34	0,33	130	0,44
2-3	82	400	120	520	325×8	0,31	0,35	180	0,62
3-4	69	500	150	650	325×8	0,26	0,2	130	0,75
4-5	40	400	120	520	273×7	0,22	0,23	120	0,87

Таблица II.7. Характеристика конструкций русских печей

№ п.п.	Тип печи	Размеры в плане, см	Высота, см		Теплоотдача, ккал/ч		Дополнительные устройства
			основной части	фасадной части	Q ₁	Q ₂	
1	Обыкновенная (лист II.4, рис. 5)	127×165	154	238	2100	3000	—
2	Улучшенная (лист II.4, рис. 6 и 7)	153×165 и 140×165	154	238	3600	5100	
3	Конструкции В. П. Протопопова	120×150	147	175	—	—	
4	Конструкции И. С. Подгородни- кова: «Теплушка-2»	129×168	154	224	2800	4000	Дополнительная топка, нижний обогреватель, во- догрейная корб- ка То же, и плита с топкой Дополнительная топка, обогрева- тель, плита с топ- кой
	«Теплушка-4»	128×128	154	224	3000	—	
5	Конструкции И. И. Ковалевско- го	128×145	189	231	4500	—	

Примечания 1 Коэффициент неравномерности теплоотдачи печей при одной топке в сут-
ки $M_1 = 0,35$, при двух топках $M_2 = 0,1$

2 Чертежи печей 1 и 2 приведены в книге Л. А. Семенова «Печное отопление» (М, Гос-
стройиздат, 1968), печей 4 и 5 — в работе И. С. Подгородникова «Русские печи» (М, изд.
МКХ РСФСР, 1957), печей 5 и 6 — в Альбоме отопительных и бытовых печей, ч II (М, Гос-
стройиздат, 1962), печи 3 — в работе В. П. Протопопова «Печные работы» (Киев, Госстрой-
издат УССР, 1961)

ОСНОВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РАСЧЕТУ

Отвод дыма и установка печей

Наиболее целесообразен отвод дымовых газов от печей в стенные каналы. Если такие каналы нельзя устроить в стенах, применяют печи с насадными трубами и коренные трубы. В сейсмических районах насадные трубы не допускаются. Если конструкция печи разработана с насадной трубой, то дым можно отводить в стенной канал или канал в коренной трубе (лист II.5, рис. 5). Двухъярусные печи с пропуском дыма от печи первого яруса через канал, проходящий в массиве печи второго яруса, удобны и рациональны в двухэтажных зданиях без капитальных стен, но не допускаются в сейсмических районах.

Каждая печь и кухонная плита должны иметь отдельный дымовой канал с разделным выводом выше крыши. В исключительных случаях разрешается присоединять к одному каналу два очага при выполнении требований, указанных на листе II.5, рис. 4.

магистральной. От точки B_1 откладывают вверх потерю напора в подающем трубопроводе ΔH_n и проводят горизонтальную линию A_1B_3 . От линии A_1B_3 откладывают (вниз) потери напора по подающей линии от источника тепла до конца отдельных расчетных участков и строят аналогично предыдущему пьезометрическую линию A_1B_1 подающей магистрали. При закрытых системах и равных диаметрах труб подающей и обратной линий пьезометрическая линия A_1B_1 является зеркальным отображением линии A_2B_2 . От точки A_1 откладывается вверх потеря напора в бойлерной ТЭЦ или котельной ΔH_6 ($10 \div 20$ м).

Построенный таким образом пьезометрический график позволяет легко установить давление в любой точке подающего и обратного трубопроводов. Оно определяется величиной отрезка между данной точкой и линией давления (в подающем или обратном трубопроводе).

При непосредственном присоединении местных систем обратный трубопровод теплосети гидравлически соединен с местной системой. Поэтому давление в обратном трубопроводе целиком передается местной системе и наоборот.

При первоначальном построении пьезометрического графика напор на всасывающей стороне сетевых насосов $H_{вс}$ был принят произвольным. Перемещение пьезометрического графика параллельно вверх или вниз позволяет принять любые давления на всасывающей стороне сетевых насосов и соответственно в местных системах. Выбор положения пьезометрического графика производится исходя из следующих условий:

давление в любой точке обратной магистрали не должно быть выше допускаемого рабочего давления в местных системах. Для новых систем отопления рабочее давление 6, для старых, оборудованных радиаторами «Гамма», «Польза» и др. — 5 кгс/см^2 ;

давление в обратном трубопроводе должно обеспечить залив верхних приборов местных систем отопления;

напор в обратной магистрали во избежание образования вакуума не должно быть ниже $5 \div 10 \text{ м вод. ст.}$;

напор на всасывающей стороне сетевого насоса не должен быть ниже 5 м вод. ст. ;

давление в любой точке подающего трубопровода должно быть выше давления вскипания при максимальной (расчетной) температуре теплоносителя;

располагаемый напор в конечной точке сети должен быть равен или больше расчетной потери напора на абонентском вводе при расчетном пропуске теплоносителя.

В большинстве случаев как при закрытой, так и при открытой системе теплоснабжения перемещением пьезометра вверх или вниз не представляется возможным установить такой гидравлический режим в протяженных тепловых сетях, при котором все подключаемые местные системы отопления могли бы быть присоединены по самой простой зависимой схеме. В этом случае следует ориентироваться на установку на вводах у потребителей в первую очередь регуляторов подпора, насосов на перемычке, на обратной или подающей линиях ввода или выбрать присоединение по независимой схеме с установкой у потребителей отопительных водоводяных подогревателей (бойлеров).

На пьезометрическом графике необходимо нанести положение линии статического давления в тепловых сетях. При остановке сетевых насосов давление в подающем и обратном трубопроводах выравнивается. График давлений в сети при этом режиме (статическое состояние) изображается прямой горизонтальной линией.

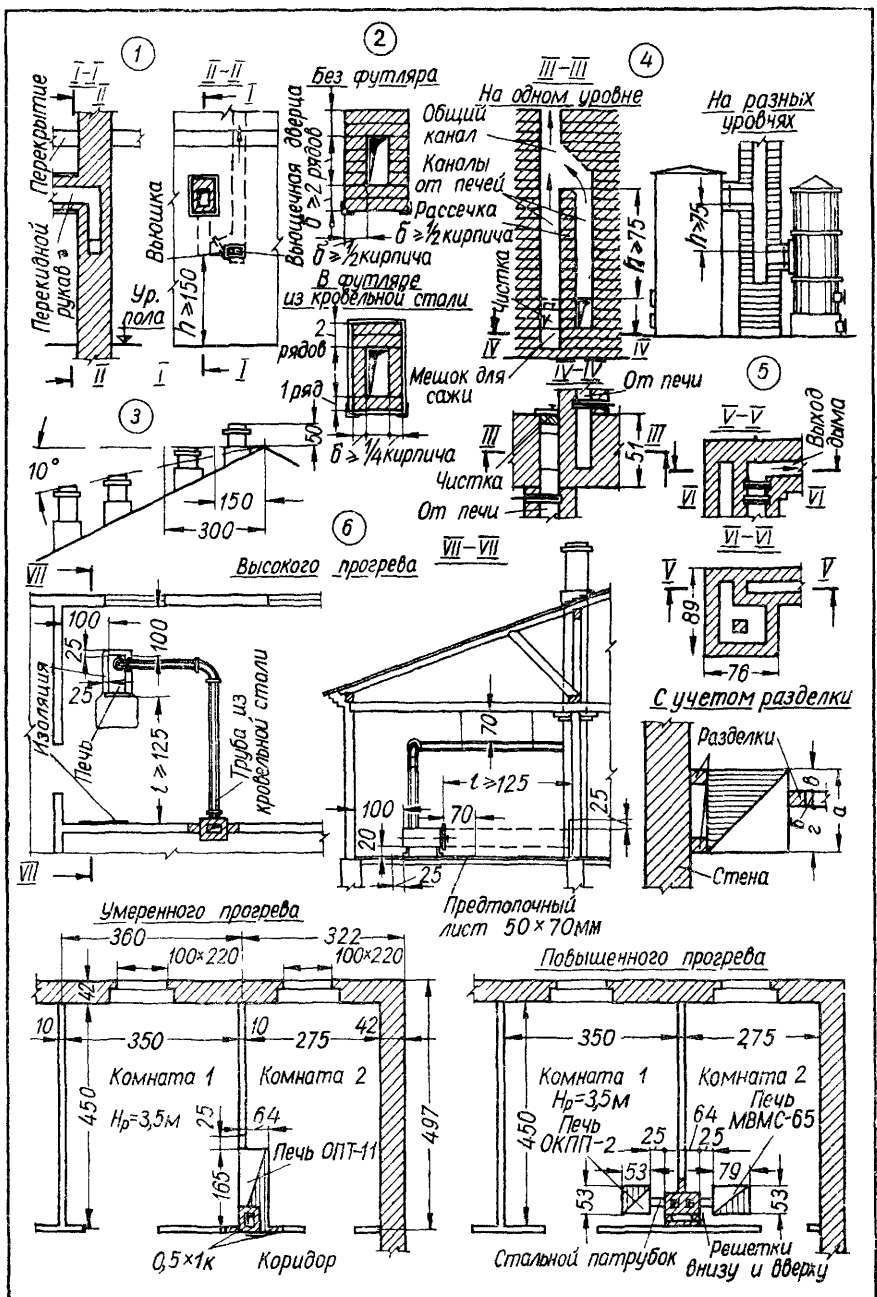
Статическое давление в системе может быть установлено либо по высшей точке трубопровода местной системы отопления, присоединенной к тепловым сетям по зависимой схеме, либо по давлению паров перегретой воды в высшей точке трубопровода с перегретой водой. Большее из этих давлений и определяет уровень статического давления.

Аварийная остановка системы при температуре в подающем трубопроводе тепловой сети выше 100°C не учитывается.

Пьезометрический график при открытой системе теплоснабжения для отопительного периода разрабатывается для трех режимов: при расчетном расходе воды и при режимах максимального водоразбора из подающего и обратного трубопроводов.

Гидравлический режим

При проектировании и эксплуатации тепловых сетей необходимо учитывать, что расход теплоносителя в сетях никогда не бывает постоянным, даже при так называемом качественном регулировании отпуска тепла. Присоединение новых



Лист 11.5. Установка печей:

1 — включение перекидного рукава в дымовой канал, 2 — сечения перекидных рукавов;
 3 — расположение дымовых труб над крышей, 4 — присоединение печей к одному каналу;
 5 — приспособление печи для отвода дыма в канал (при конструкции с насадной трубой);
 6 — расположение печей в помещениях.

потребителей обычно происходит в течение всего отопительного периода. В осеннее и весеннее время присоединение и отключение потребителей занимают от 2 до 3 недель в зависимости от мощности системы. Возникает резко переменный расход тепла на горячее водоснабжение и бытовую вентиляцию. Вследствие этого должен быть разработан режим работы сети, начиная от максимального расчетного расхода тепла до минимального и до статического состояния.

Кроме того, в сети всегда имеются утечки теплоносителя через фланцевые соединения, сальники, в абонентских системах, а также имеет место непосредственный водоразбор при открытых системах теплоснабжения. Для обеспечения надежной работы тепловых сетей и местных систем необходимо ограничить возможные изменения давлений в тепловой сети допустимыми пределами. Для поддержания требуемого уровня давления в тепловой сети и местных системах в одной точке тепловой сети (а при сложных условиях рельефа — в нескольких точках) искусственно сохраняют постоянное давление при всех режимах работы сети и при статическом состоянии.

Точки, в которых давление поддерживается постоянным, называются нейтральными точками системы. Как правило, закрепление давления осуществляется на обратной линии; нейтральная точка располагается в месте пересечения обратного пьезометра с линией статического давления.

Поддержание постоянного давления в нейтральной точке, а также компенсация утечки теплоносителя в большинстве случаев осуществляется путем подпитки тепловой сети на ТЭЦ или в котельной. На линии подпитки устанавливаются автоматы подпитки, работающие по принципу регуляторов «после себя». При наличии дополнительных нейтральных точек на трассе постоянное давление в них поддерживается путем дросселирования, причем регуляторы работают по принципу «до себя».

Напор сетевых насосов принимается равным сумме гидравлических потерь давления при максимальном (расчетном) расходе воды: в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, в системе абонента (включая узел ввода в здание), в бойлерной установке ТЭЦ или в котельной. Напор подпиточных насосов определяется принятым в проекте статическим давлением.

Должно быть установлено не менее двух сетевых и двух подпиточных насосов; один насос из каждой пары должен быть резервным.

В закрытых системах водяных тепловых сетей расчетный часовой расход подпиточной умягченной деаэрированной воды принимается равным 0,5% от объема воды в трубопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним по зависимой (непосредственной) схеме местных систем потребителей. При этом обеспечивается возможность временной (аварийной) подпитки технической водой в количестве до 2% от объема воды в системе.

В открытых системах теплоснабжения расчетный часовой расход подпиточной воды на ТЭЦ в котельных принимается равным сумме среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение за неделю и расхода воды на компенсацию утечки в размере 0,5% от объема воды в трубопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним местных систем. Производительность рабочих подпиточных насосов и всех устройств, связанных с подачей подпиточной воды из баков-аккумуляторов в тепловую сеть, принимается равной сумме максимального часового расхода воды на бытовое горячее водоснабжение и расхода воды на компенсацию утечки.

Объем воды в трубопроводах тепловых сетей и местных системах отопления и вентиляции определяется по удельным объемам, приведенным в табл. VI.9 и VI.10.

Удельный объем воды в местных системах горячего водоснабжения принимают равным 6 м³ на 1 Гкал/ч среднечасовой нагрузки горячего водоснабжения.

Таблица VI.9. Удельная емкость трубопроводов V , м³/км, в зависимости от диаметра условного прохода D_y , мм

D_y	v	D_y	v	D_y	v	D_y	v	D_y	v
25	0,57	70	3,74	150	17,7	300	75	500	210
32	0,86	80	5,28	175	26,6	350	101	600	298
40	1,26	100	7,85	200	33,7	400	135	700	392
50	1,96	125	12,3	250	52,7	450	171	800	508

В проектах необходимо разрабатывать рабочие чертежи разверток стен с расположением каналов, уводов (под углом до 30° к вертикали и относом не более 1 м) и горизонтальных участков (не более 0,5) для вышек и задвижек с прочистками. На чертежах следует указывать также перекидные рукава (допускаемая длина — не более 2 м) и их примыкание к вертикальным каналам (лист II.5, рис. 1, 2).

Нагрузку от печей и коренных труб необходимо передавать на отдельные фундаменты, не связанные с фундаментами стен здания. Печи, трубы и фундаменты под них должны быть указаны на строительных чертежах с необходимыми привязочными размерами. Печи второго этажа могут опираться непосредственно на перекрытие, рассчитанное на прочность, при этом должны соблюдаться противопожарные требования. Соответствующие типовые решения приведены в альбомах печей.

Не разрешается располагать каналы (включая вентиляционные) в наружных стенах. При необходимости отступления от этого правила следует предусматривать утепление их с наружной стороны стены. Вентиляционные каналы кухонь и санузлов располагают рядом с дымовыми каналами.

Высоту от колосниковой решетки до устья трубы принимают не менее 5 м, а высоту труб над поверхностью крыши — в зависимости от их расстояния от конька (лист II.5, рис. 3). Располагать их следует возможно ближе к коньку крыши.

Сечение дымовых каналов следует принимать: $1/2 \times 1/2$ кирпича — для печей с теплоотдачей 3000—4000 ккал/ч и $1/2 \times 1$ — с теплоотдачей 4500—6000 ккал/ч.

Коренные дымовые трубы применяют при отсутствии капитальных стен для размещения в них дымовых каналов или при невозможности устройства насадных труб (в печах повышенного прогрева и при строительстве в сейсмических районах). Коренные трубы дороже насадных и занимают полезную площадь в здании, поэтому помещения планируют так, чтобы к одной коренной трубе можно было присоединить две-три печи. При сборном домостроении с применением индустриальных печей повышенного прогрева кирпичные коренные трубы целесообразно заменять сборно-блочными.

Противопожарные мероприятия

Проекты печного отопления требуется разрабатывать с учетом противопожарных мероприятий. Типовые конструкции узлов и деталей, приведенные в различных альбомах отопительных печей, привязываются к местным условиям и включаются в состав проекта.

Необходимые размеры горизонтальных и вертикальных противопожарных разделок, отступок, способы термоизоляции стен и перегородок, выходящих в отступки, а также допускаемые расстояния от верха перекрытия печи до сгораемого потолка приведены в табл. II.8 и II.9.

Противопожарные разделки необходимо устраивать также и у вентиляционных каналов, проходящих рядом с дымовыми. В стенках, заделывающих закрытые отступки, сверху и внизу устанавливают решетки с площадью живого сечения не менее 150 см^2 каждая.

Металлические и железобетонные балки должны отстоять от внутренней поверхности дымоходов не менее чем на 13 см. Не допускается располагать деревянные балки в кирпичной кладке между печами нижнего и верхнего этажей.

Расстояние от топочной дверки до противоположной стены или перегородки должно быть не менее 1,25 м. К сгораемому полу и плинтусу у топочной дверки прибивают металлический лист для защиты от возгорания. Сгораемую стену, примыкающую под углом к фронту печи, необходимо также защищать от возгорания.

Устройство боровов на чердаке не допускается.

Все остальные требования пожарной профилактики необходимо соблюдать при производстве работ по устройству печного отопления.

Расстояние от верхней плоскости перекрытия теплоемкой печи до потолка, защищенного от возгорания, допускается принимать не менее 35 см, защищенного — не менее 25 см, а от верхней плоскости перекрытия нетеплоемкой печи до потолка, не защищенного от возгорания, — не менее 100 см, защищенного — не менее 70 см. Толщина верхнего перекрытия (перекрыши) печи должна составлять не менее трех рядов кладки. При меньшей толщине перекрытия расстояние между верхом печи и потолком соответственно увеличивается. Потолок может быть защищен от возгорания асбестовым картоном толщиной 8 мм или штукатуркой толщиной 25 мм.

Таблица VI.10. Удельная емкость местных систем V, м³/км²*

Характеристика теплового оборудования системы	Перепад температур, °С				
	95—70	110—70	130—70	140—70	150—70
Система отопления, оборудованная радиаторами высотой 500 мм	19,5	17,6	15,1	14,6	13,3
То же, оборудованная ребристыми трубами	14	12,8	11,6	10,4	9,2
То же, с конвекторами плинтусными и панельными	9,2	6	4	3,5	3
То же, оборудованная регистрами из гладких труб	37	32	27	26	24
Отопительно-вентиляционная система, оборудованная калориферами	8,5	7,5	6,5	6	5,5

При отсутствии точных данных о типе нагревательных приборов допускается ориентировочно принимать удельный объем воды в местных системах отопления зданий по всему объекту на 1 Гкал/ч суммарного расчетного часового расхода тепла для жилых районов 30 м³, для промышленных предприятий — 15 м³.

Суммарный объем воды в системе теплоснабжения допускается ориентировочно принимать на 1 Гкал/ч суммарного расчетного расхода тепла для жилых районов 45—50 м³, для промышленных предприятий 25—35 м³.

Требования, предъявляемые к воде для подпитки тепловых сетей при максимальной температуре теплоносителя 101÷200°C (СНиП II-36-73)**

Растворенный кислород, мг/кг	0,05
Взвешенные вещества, мг/кг	5
Карбонатная жесткость, мг-экв/кг	0,7
Значение pH	7 ÷ 9
Остаточная общая жесткость при использовании воды для продувки котлов (допускается только в закрытых системах), мг-экв/кг	0,05
Свободная углекислота	0
Условная сульфатнокальциевая жесткость	В пределах, исключающих выпадение из растворов CaSO ₄

ПРИСОЕДИНЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЯ ТЕПЛА К ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Выбор схем присоединения потребителей к тепловым сетям зависит в основном от пьезометрических напоров в отдельных точках тепловой сети при динамическом и статическом ее состоянии.

Для разработки проекта присоединения необходимо получить технические условия от теплоснабжающей или ведущей проектной организации, которая выполняет проект магистральных и распределительных тепловых сетей. В технических условиях должны быть указаны место присоединения абонентского ответвления, давление в подающей и обратной магистралях тепловой сети, статическое давление, а также возможные пределы колебания этих давлений, расчетный график температур в сети, принципиальная схема присоединения горячего водоснабжения, тепловые нагрузки, которые должны быть учтены в проекте абонентского ответвления.

Местные системы отопления могут быть присоединены к тепловым сетям по независимой и зависимой схемам.

Наиболее простым и удобным в эксплуатации является присоединение по зависимой схеме. Для применения такой схемы необходимо, чтобы давление в

* Инструкции по эксплуатации тепловых сетей. М., «Энергия», 1972.

** При открытой системе теплоснабжения подпиточная вода, кроме того, должна удовлетворять требованиям ГОСТ 2874—73 «Вода питьевая».

Таблица II.8. Разделки у дымовых каналов

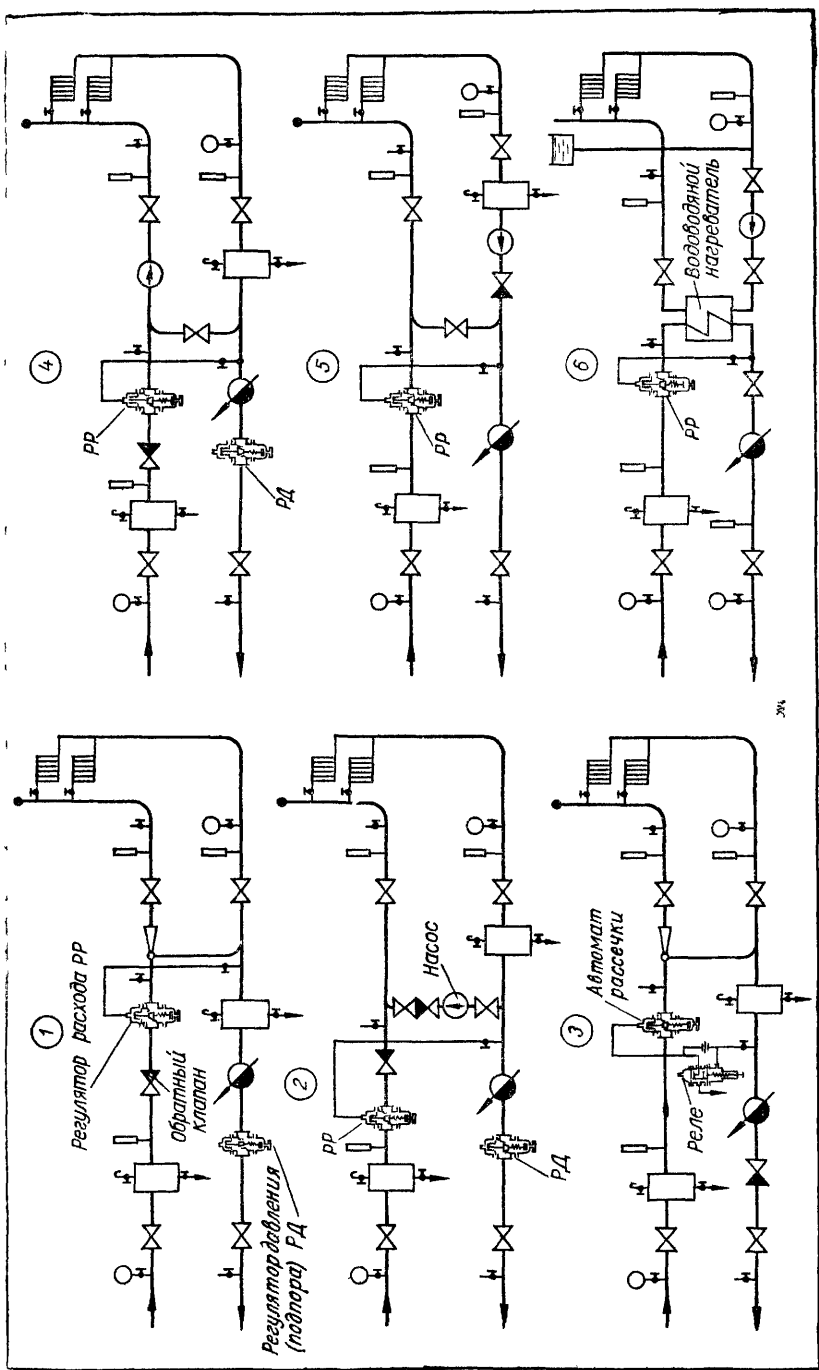
Печные устройства	Расстояния, см, от внутренней поверхности дымового канала до сгораемой конструкции	
	не защищенной от возгорания	защищенной от возгорания
Отопительные печи периодического действия с продолжительностью топки до 3 ч	38	25
То же, более 3 ч	51	38
Печи, отапливаемые газом, с расходом его более 2 м³/ч	38	25
Отопительные печи длительного горения	38	25
Квартирные кухонные плиты, работающие на твердом топливе	38	25
Газовые водонагреватели квартирного типа	25	25
Кухонные плиты в предприятиях общественного питания и общежитиях	51	38
Комбинированные кухонные плиты со встроенными котелками и отдельные котелки квартирного отопления	38	25

Примечания. 1. Металлические дымовые трубы через сгораемые перекрытия прокладывать не допускается.

2. В детских и лечебных учреждениях разделка до сгораемой конструкции, не защищенной от возгорания, принимается равной 51 см, до конструкции, защищенной от возгорания, — 38 см

Таблица II.9. Отступки и способы защиты сгораемых конструкций

Печи	Вид отступки	Расстояние между печью и сгораемой стеной или перегородкой, см	Способы защиты сгораемых конструкций
Печи квартирного типа со стенками толщиной в 1/2 кирпича при продолжительности топки до 3 ч	Открытая или закрытая с одной стороны	13	Известковая или известково-цементная штукатурка толщиной 25 мм, асбестовермикулитовые плиты толщиной не менее 25 мм, асбестовый картон и др.
	Закрытая с двух сторон		Кирпичная облицовка в 1/4 кирпича на глиняном растворе или асбестовермикулитовые плиты толщиной 40 мм и др.
Печи квартирного типа со стенками толщиной в 1/4 кирпича	Открытая с двух сторон	32	Известково-гипсовая штукатурка толщиной 25 мм, асбестовермикулитовые плиты толщиной 40 мм и др.
Бетонные печи с толщиной стенок 4—6 см			
Отопительные печи длительного горения		26	



Лист VI.3. Схемы присоединения потребителей.

1 — непосредственное с элементом и защитой от опорожнения, 2 — то же, с насосом на перемычке, 3 — непосредственная с элементом и защитой от повышенного давления при станционном состоянии системы, 4 — то же, с насосом на подающей линии ввода, 5 — непосредственная с насосом на обратной линии ввода, 6 — независимая.

Печи	Вид отступки	Расстояние между печью и сгораемой стеной или перегородкой, см	Способы защиты сгораемых конструкций
Печи и кухонные плиты со стенками толщиной в $\frac{1}{2}$ кирпича при продолжительности топки более 3 ч	Открытая	26	То же, или облицовка в $\frac{1}{4}$ кирпича на глиняном растворе
	Закрытая		Кирпичная облицовка в $\frac{1}{2}$ кирпича на глиняном растворе
Металлические печи без футеровки	Открытая	100	Штукатурка толщиной 25 мм
То же, с футеровкой		70	

Примечания 1 Воздушные промежутки (отступки) у печей со стенками толщиной 7 см и менее нужно оставлять открытыми. Высота и ширина изоляции у печей и труб должны быть больше их габаритов на 15 см, а высота над кухонными плитами — на 50 см.

2 В общественных столовых, лечебных учреждениях, общежитиях между кухонной плитой и сгораемыми стеной и перегородками делается закрытая отступка в 26 см, облицовка конструкций — в $\frac{1}{2}$ кирпича. В лечебных учреждениях открытые воздушные промежутки у печей оставлять не разрешается.

Размещение печей

В зависимости от назначения помещений выбираются следующие типы печей: в лечебных учреждениях — умеренного прогрева (теплоемкие толстостенные); в жилых, школьных и других помещениях постоянного назначения — умеренного и повышенного прогрева, а также длительного горения (теплоемкие толстостенные и тонкостенные);

в помещениях временного характера и с периодическим кратковременным пребыванием людей — высокого прогрева (нетеплоемкие любого типа).

Размещение печей намечается одновременно с планировкой помещений. В зависимости от конкретных условий принимают покомнатную установку небольших печей или устанавливают одну большую печь на 2—3 комнаты. Покомнатные небольшие печи удобны в следующих случаях: при заселении комнат отдельными жильцами, эксплуатирующими печи самостоятельно; в местностях с переменным климатом и неустойчивым отопительным сезоном; при индустриальном изготовлении их и возможности отвода дыма от нескольких печей в стенные каналы или коренную трубу индустриального изготовления. Эти печи не требуют устройства фундаментов (при массе до 750 кг).

Одна общая большая печь на 2—3 комнаты с насадной трубой или с отводом дыма в стенной канал занимает меньшую площадь, чем отдельные печи с коренными трубами; поэтому такую установку применяют при отсутствии печей индустриального изготовления, но только при заселении квартиры одной семьей.

Печи в помещениях размещаются с учетом планировки, назначения и конструкции здания.

В классах, лабораториях, операционных, перевязочных, зрительных залах, лестничных клетках, киноаппаратных, перемоточных, а также в помещениях, где могут находиться легковоспламеняющиеся материалы, не допускается располагать печи с топкой из этих помещений.

При коридорной планировке прогон, на который опираются поперечные балки перекрытий, обычно проходит вдоль перегородки, отделяющей комнаты от коридора. В этом случае приходится применять печи с насадными трубами на тыльной стенке

Таблица VI.11. Область применения различных схем присоединения отопительных систем

Схема присоединения (лист VI.3)	Напор, м вод. ст.				статический $H_{ст}$	располагаемый на вводе H_p
	пьезометрический		в обратном трубопроводе $H_{обр}$			
	в подающем трубопроводе $H_{под}$					
Рис. 1		$H_{под} > H_r$	$H_{обр.} < H_r, H_{обр.} < H_{от}$	$H_{ст} < H_r, H_{ст} < H_{от}$	$H_p \geq H_1$	
То же, без регулятора подпора			$H_{обр.} < H_{от}, H_{обр.} < H_r$	$H_{от} \geq H_{ст} \geq H_r$		
То же, без обратного клапана и регулятора подпора			$H_{от} > H_{обр.} \geq H_r$	$H_{от} \geq H_{ст} \geq H_r$		
Рис. 2 и 6			$H_{обр.} < H_r, H_{обр.} < H_{от}$	$H_{ст} < H_r, H_{ст} < H_{от}$	$H_p < H_1$	
Рис. 3			$H_{от} > H_{обр.} \geq H_r$	$H_{ст} > H_{от}$	$H_p \geq H_1$	
Рис. 4 и 6	$H_{под} < H_r$		$H_{обр.} < H_{от}$	$H_{ст} < H_{от}$	Не ограничивается	
Рис. 5	$H_{под} < H_{обр}$		$H_{обр.} < H_{от}$	$H_{ст} < H_{от}$		
Рис. 6	Не ограничивается		$H_{обр.} < H_v$	$H_{ст} \leq H_v$	$H_p \leq H_r$	

Примечание. $H_{от}$ и H_v — допускаемый напор соответственно в системе отопления и в трубах водоводяного нагревателя; H_1 — требуемый располагаемый напор перед элеватором; H_r — потеря напора в трубах водоводяного нагревателя; H_r — геометрическая высота системы отопления, м.

или отодвигать их от плоскости перегородки коридора, устраивая в ней нишу на всю высоту помещения. Первое решение менее удобно, так как доступ к дымовым задвижкам со стороны комнаты создает затруднения при обслуживании печей, и в ряде случаев не может быть допущено.

В помещениях для хранения ценных или легковоспламеняющихся материалов и оборудования топки печей располагают в специальных тамбурах с наружными входами, а печи устраивают в стальных футлярах.

Вьюшки и задвижки располагают в тех же помещениях, из которых топят печи, и обеспечивают к ним удобный доступ.

При комнатных печах помещения целесообразно планировать так, чтобы около одной коренной трубы можно было сгруппировать несколько печей. Печи располагают в глубине комнаты, вблизи двери, но так, чтобы открывание ее не мешало топке печи.

Печи повышенного прогрева устанавливают с открытой отступкой; а умеренного прогрева можно устанавливать с закрытой отступкой, но с обязательным устройством вверх и вниз решеток с площадью живого сечения не менее 150 см^2 , соединяющих отступку с помещением.

Общие печи на 2—3 комнаты устанавливают так, чтобы теплоотдача каждой печи распределялась пропорционально теплотерям каждой комнаты. При этом на плане указывают размеры, определяющие расположение печи по отношению к перегородкам (лист II.5, рис. 6).

В небольших индивидуальных квартирах не всегда возможно отопление уборных, передних и кладовых обогревательными поверхностями печей. В таких случаях эти помещения рассматривают как одно целое с кухней или жилой комнатой; при этом уборные не должны иметь наружных стен. Отопление жилой комнаты, смежной с кухней, в южных районах можно обеспечить от плиты отопительным щитком. При кратковременном понижении наружной температуры необходимое увеличение теплоотдачи отопительного щитка достигается непрерывной топкой плиты.

Применяется следующая отделка наружных поверхностей печей:

облицовка изразцами — в печах повышенного прогрева заводского изготовления, а в печах умеренного прогрева — только при повышенных санитарных требованиях к отделке помещений;

штукатурка или затирка поверхностей печей умеренного прогрева — в жилых и общественных помещениях;

стальные футляры из кровельной стали — в сейсмических районах и помещениях с повышенной пожарной опасностью;

облицовка асбофанерой и керамическими плитками — для печей в каркасе (повышенного прогрева).

Расчет печного отопления и подбор печей

Среднечасовая теплоотдача печей должна быть равна теплотерям помещения при расчетной наружной температуре для центрального отопления (по табл. I.3 — средней температуре наиболее холодной пятидневки); допускаемое отклонением $\pm 15\%$. Расчетная величина теплоотдачи печей с периодической топкой принимается, исходя из отопления их два раза в сутки, а печей длительного горения — с коэффициентом, учитывающим перерывы в работе печи на время чистки и загрузки топливника.

Колебания температуры внутреннего воздуха в отапливаемых печами помещениях жилых домов и общественных зданий (больницах, поликлиниках и школах) не должны превышать $\pm 3^\circ \text{C}$ в течение суток. Величина амплитуды колебания температуры воздуха зависит от коэффициента неравномерности теплоотдачи печи и теплотехнических показателей ограждающих конструкций помещения. Теплотехнические показатели ограждающих конструкций при печном отоплении должны соответствовать требованиям СНиП II-A.7—71.

Коэффициент неравномерности теплоотдачи печи определяется при лабораторных испытаниях печей по формуле

$$M = \frac{Q_{\text{макс}} - Q_{\text{мин}}}{2Q_{\text{ср}}},$$

обратном трубопроводе тепловой сети не превышало допустимого рабочего давления для отопительной системы.

Независимая схема присоединения позволяет обеспечить работу местной системы под гидростатическим давлением собственного расширительного бака. Такая схема присоединения изолирует местную систему от неизбежных колебаний давления в наружных сетях и полностью защищает местную систему от повышенных аварийных давлений. Независимые схемы присоединения в обязательном порядке применяются в тех зданиях, где даже случайные и небольшие повреждения (связанные с колебаниями давления в тепловых сетях) могут привести к катастрофическим последствиям (музеи, архивы, склады и пр.). По независимой схеме присоединяются системы отопления зданий в 12 и больше этажей и при обосновании — системы отопления других потребителей тепла.

Присоединение калориферов вентиляционных систем и воздушного отопления осуществляется по схеме с непосредственной подачей перегретой воды в калориферы. Так же присоединяются к теплосети системы отопления промышленных зданий.

Системы горячего водоснабжения при закрытой системе теплоснабжения присоединяются через водоводяные скоростные подогреватели.

В зависимости от соотношения тепловых нагрузок горячего водоснабжения и отопления применяются такие схемы:

двухступенчатая последовательная при $\frac{Q_{г\text{ макс}}}{Q_0} \leq 0,6$;

двухступенчатая смешанная при $0,6 < Q_{г\text{ макс}}/Q_0 < 1,2$;

одноступенчатая параллельная при $Q_{г\text{ макс}}/Q_0 \geq 1,2$.

При открытой системе теплоснабжения местная разводка горячего водоснабжения присоединяется через автомат-смеситель к подающему и обратному трубопроводу тепловой сети.

При закрытых и открытых системах теплоснабжения системы горячего водоснабжения жилых домов, как правило, присоединяются без баков-аккумуляторов горячей воды. В банях, прачечных, больницах устанавливаются баки.

Наиболее часто встречающиеся схемы присоединения абонентских систем отопления и горячего водоснабжения и рекомендации по их выбору приведены на листе VI.3 и в табл. VI.11.

На листе VI.4, рис. 1, 2 даны схемы с параллельным и двухступенчатым последовательным и смешанным включением нагревателей горячего водоснабжения. Для поддержания постоянной температуры расходомерной воды установлен регулятор. У крупных потребителей горячего водоснабжения (бани, прачечные, гостиницы, больницы) на чердаке или внизу (на первом этаже или в подвале) устанавливаются баки-аккумуляторы горячей воды. Схема с расположением бака внизу показана на листе VI.4, рис. 3. При непосредственном водоразборе в качестве смесителя устанавливаются автоматическое устройство ТРЖ-3 ОРГРЭС и обратный клапан на обратной линии (лист VI.4, рис. 4).

ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ВВОДОВ

Элеваторы

Элеваторы применяются при непосредственном присоединении водяных систем отопления жилых и общественных зданий к тепловым сетям с перегретой водой; они понижают температуру воды, поступающей в местную систему, и обеспечивают ее циркуляцию.

Элеватор состоит из цилиндрической камеры смешения, диффузора, сопла и предкамеры, соединяющей камеру смешения с входными патрубками и соплом (лист VI.5, рис. 2, табл. VI.12). Работа элеватора заключается в подмешивании к перегретой воде обратной воды местной системы и повышении давления смешанной воды до величины большей, чем давление в обратном трубопроводе.

Для нормальной работы элеватора необходимо, чтобы разность давлений в подающей и обратной трубах тепловой сети на вводе была достаточна для преодоления гидравлических сопротивлений элеватора и местной системы отопления. Наиболее совершенен по конструкции элеватор типа ВТИ (Всесоюзного теплотехнического института) теплосети Мосэнерго.

где $Q_{\text{макс}}$, $Q_{\text{мин}}$ и $Q_{\text{ср}}$ — соответственно максимальная, минимальная и средняя теплоотдачи печи за период активной теплоотдачи, ккал/ч .

Величина коэффициента неравномерности теплоотдачи печи зависит от ее активного объема, толщины стенок и количества топок в сутки.

При повышении наружной температуры против расчетной, когда переходят к топке печи один раз в сутки, амплитуда колебания температуры воздуха в помещении оказывается несколько большей, чем при топке два раза в сутки. В связи с этим для подбора печей при двухразовой топке в сутки (при расчетной наружной температуре для центрального отопления) в расчете следует принимать несколько меньшую величину амплитуды колебания температуры ($\pm 2,5^\circ \text{C}$).

Амплитуда колебания температуры воздуха определяется по формуле

$$A_t = \frac{0,7M_2Q}{\Sigma BF_0}, \quad (\text{II.2})$$

где M_2 — коэффициент неравномерности теплоотдачи печи при двух топках в сутки;

Q — теплотери помещения, ккал/ч ;

B — коэффициент теплопоглощения внутренней поверхности ограждения при двух топках в сутки, $\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$ *;

F_0 — площадь внутренней поверхности ограждения (наружного и внутреннего), м^2 .

Расчет печного отопления (при печах с периодической топкой) производится в соответствии с общими положениями.

Для каждого помещения при расчетной наружной температуре для центрального отопления определяются теплотери в ккал/ч . Далее определяется допускаемое максимальное значение коэффициента неравномерности теплоотдачи печи при двух топках в сутки M_2^{TP} и допускаемой амплитуде колебания температуры воздуха в помещении по формуле

$$M_2^{\text{TP}} = 3,57 \frac{\Sigma BF_0}{Q}, \quad (\text{II.3})$$

где Q — теплотери помещения, ккал/ч , при расчетной наружной температуре для центрального отопления;

ΣBF_0 — теплопоглощение внутренними поверхностями ограждений помещения при периоде 12 ч, $\text{ккал}/(\text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$.

Печи подбирают с коэффициентом неравномерности теплоотдачи $M_2 \leq M_2^{\text{TP}}$ и со среднечасовой теплоотдачей Q с точностью $\pm 15\%$ по табл. II.1 и II.2.

По исследованиям Л. А. Семенова, для печей с коэффициентом неравномерности теплоотдачи при двух топках в сутки $M_2 = 0,4 \div 0,2$ теплоустойчивость необходимо проверять только для угловых помещений. Если $M_2 < 0,2$, проверять теплоустойчивость не нужно и для угловых помещений.

В некоторых случаях по условиям теплоустойчивости приходится применять печи со средней теплоотдачей, превышающей теплотери. Вместо этого иногда рационально изменить конструкцию ограждений, повысив коэффициенты теплоусвоения внутренних поверхностей ограждений или увеличив сопротивление теплопередаче R_0 наружных ограждений.

К величине теплоотдачи боковых поверхностей печей, обращенных в отступки, вводятся поправочные коэффициенты, указанные в табл. II.10. При этом ширина отступок менее 7 см не допускается. Отступки печей со стенками толщиной в 1/4 кирпича должны быть открытыми.

Если зеркало печи закрывает вертикальная разделка, теплоотдачу зеркалом рекомендуется уменьшить, умножая на величину $1 - b/a$ при $b/a > 1/6$ (лист II.5, рис. 6, где b — толщина разделки, a — ширина зеркала).

Уменьшение теплоотдачи зеркала вертикальными разделками не учитывается, если разделки закрывают поверхность зеркала у самых углов ($\varphi = 0$ или $\varphi = 0$) или занимают некоторое среднее положение, но ширина их меньше или равна 1/6

* Вычисляется по методике, изложенной в книге Л. А. Семенова «Печное отопление» (М., Стройиздат, 1968).

Таблица II.10. Поправочные коэффициенты к теплоотдаче поверхностей печей

Поверхности печей	Размеры и конструкции отступок, камер и перекрыш	Поправочный коэффициент
Поверхности, обращенные в отступки и воздушные камеры	Шириной 13 см и более, открытые с обеих сторон	1,0
	Шириной 7—13 см, открытые с обеих сторон	0,75
	Закрытые с боков и со дна, с нижней решеткой и открытые сверху	0,75
	Закрытые, с нижней и верхней решетками	0,5
	Закрытые с боков, но открытые сверху и внизу	1,0
Перекрыша при высоте печи 2,1 м и менее	Толщина 14 см и менее	0,75
	Толщина свыше 14 до 21 см включительно	0,5

полной ширины зеркала ($\delta/a \leq 1/6$). При обслуживании одной печью смежных помещений размеры δ и g назначаются такими, чтобы теплоотдача печью распределялась пропорционально теплотерям этих помещений.

Теплоотдающими считаются следующие поверхности печи:

поверхность стенок, находящихся в пределах активной высоты и омываемая с одной стороны воздухом, а с другой прогреваемая газами или соприкасающаяся с горящим топливом;

перекрыша при полной высоте печи не более 2,1 м;

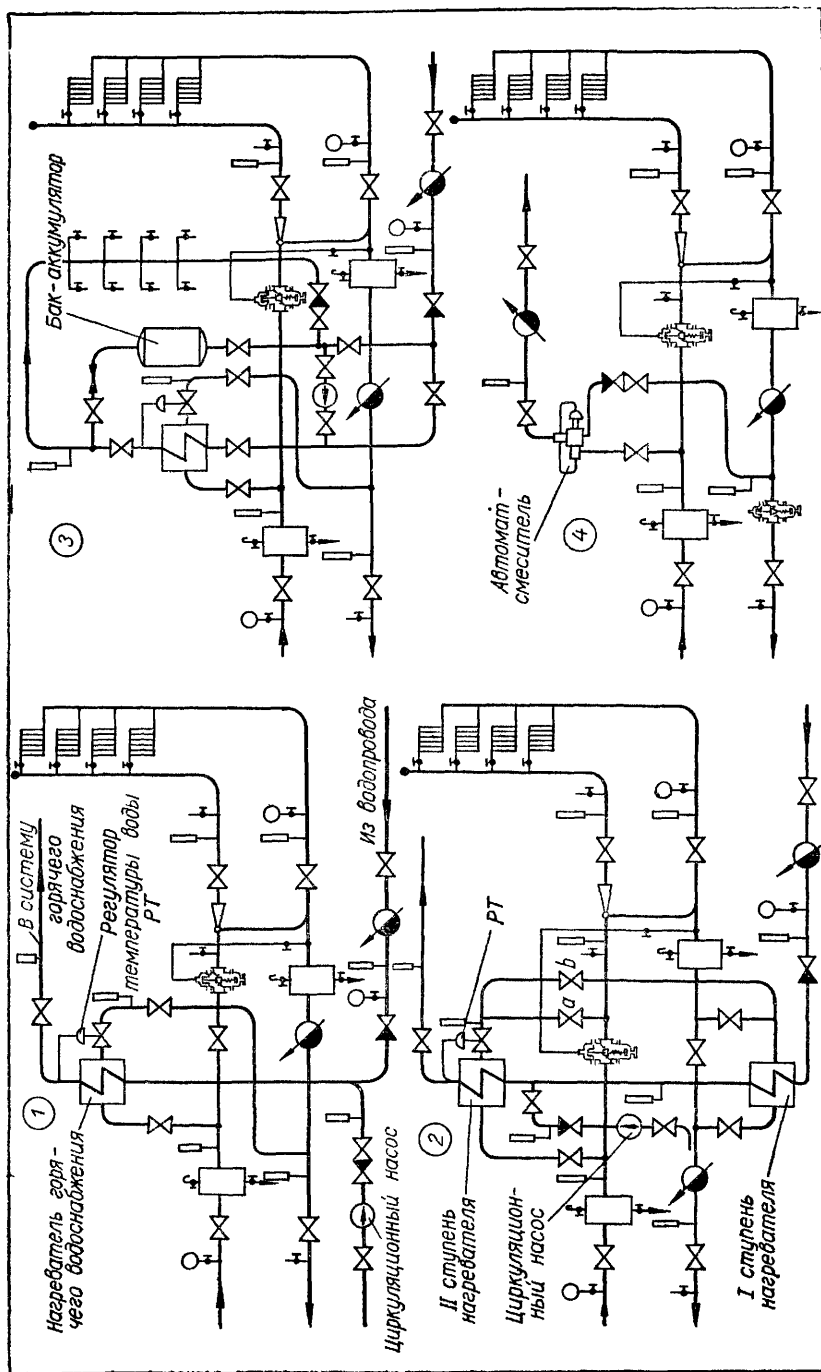
поверхность стенок воздухонагревательных камер;

дно печи на ножках, если оно с одной стороны омывается воздухом, а с другой — горящими газами.

Пример II.1. Подобрать печь умеренного прогрева с топкой из коридора для отопления двух жилых помещений в одноэтажном жилом доме при расчетной наружной температуре для центрального отопления $t_n = -25^\circ \text{C}$. Ограждения поме-

Таблица II.11. Теплотехнические показатели ограждений

Конструкция ограждений	Сопротивление теплопередаче $R_0, (m^2 \cdot \text{ч} \times ^\circ\text{C})/\text{ккал}$	Коэффициент теплопоглощения при топке два раза в сутки $B, \text{ккал}/(m^2 \times \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$
Наружная стена (средней массивности) из кирпичной кладки с термоизоляционной засыпкой шлаком ($\lambda = 0,25 \text{ ккал}/(m \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$), оштукатуренная изнутри (толщина 435 мм)	1,16	4,47
Чердачное перекрытие деревянное с накатом из камышитовых щитов ($\delta = 100 \text{ мм}$), утепленное шлаком ($\delta = 80 \text{ мм}$), со штукатуркой по дроби ($\delta = 20 \text{ мм}$)	1,44	3,71
Окна двойные	0,44	2,3
Пол на лагах	—	2,57
Внутренние перегородки, деревянные со штукатуркой	—	3,62
Двери внутренние	—	2,5



Лист VI.4. Схемы присоединения систем горячего водоснабжения.

1 — параллельное включение нагревателя, 2 — двухступенчатое последовательное (завинжка а — открыта, б — закрыта) и смешанное (завинжка а — открыта, б — закрыта) включение нагревателя с аккумулятором, расположенным выше, 3 — параллельное включение нагревателя с аккумулятором, расположенным ниже, 4 — в последовательный разбор воды на горячее водоснабжение (открытая схема).

Таблица II.12. Расчетные величины для подбора печей

Определяемые величины	Комната	
	1	2
Теплопотери Q при $t_v = 18^\circ \text{C}$, ккал/ч	1400	2030
Теплопоглощение $\Sigma BF_{0,2}$, ккал/(ч·°C)	272	246
Допустимое максимальное значение коэффициента неравномерности теплоотдачи печи M_2^{TP} по формуле (II.3)	0,7	0,43

щений характеризуются показателями, приведенными в табл. II.11. Размеры помещений приведены на листе II.5, рис. 6.

Результаты расчетов, соответствующих исходным данным, приведены в табл. II.12.

По табл. II.1 и II.2 выбрана печь ОПТ-11 умеренного прогрева с коэффициентом неравномерности теплоотдачи при двух топках в сутки $M_2 = 0,18$, который значительно меньше допускаемого $M_2^{\text{TP}} = 0,43$ (для комнаты 2). Следовательно, печь удовлетворяет требованиям ограничения амплитуды колебания температуры воздуха в помещении.

Теплоотдача стенки II, выходящей в комнату 1, при двух топках в сутки равна 1430 ккал/ч и превышает теплопотери на $\frac{1430 - 1400}{1400} \cdot 100 = 2,1\%$. Теплоотдача стенок III и IV, выходящих в комнату 2, равна $520 + 1570 = 2090$ ккал/ч и превышает теплопотери на $\frac{2090 - 2030}{2030} \cdot 100 = 3\%$.

Следовательно, выбранная печь и ее размещение в плане удовлетворяют условиям возмещения теплопотерь и теплоустойчивости помещений. Проверку теплоустойчивости можно было не производить, так как коэффициент неравномерности теплоотдачи печи при двух топках в сутки $M_2 = 0,18$, что меньше 0,2.

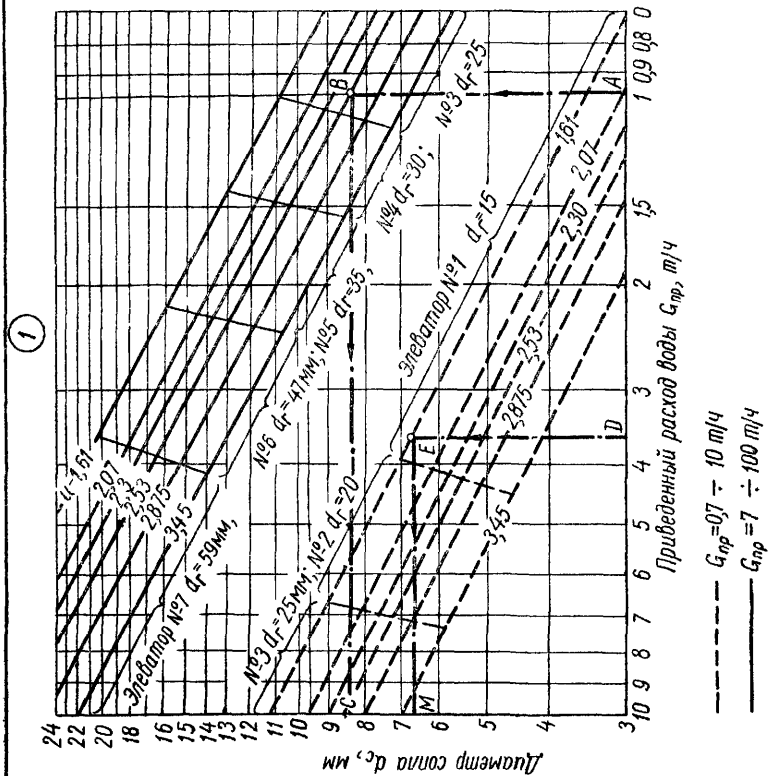
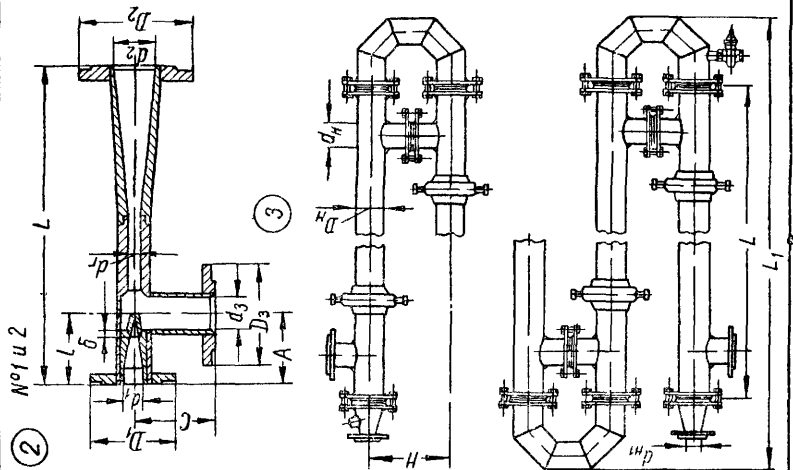
Пример II.2. Подобрать печи повышенного прогрева для двух помещений по данным примера II.1 (лист II.5, рис. 6).

Руководствуясь найденными в примере II.1 теплопотерями помещений и максимальнодопустимыми коэффициентами неравномерности теплоотдачи, на основании показателей табл. II.1 и II.2 следует принять:

для комнаты 1 — печь ОКПП-2 (МВМС-63) с теплоотдачей при двух топках в сутки $Q_2 = 1500$ ккал/ч и $M_2 = 0,6 < 0,7$. Запас в теплоотдаче составляет $\frac{1500 - 1400}{1400} \cdot 100 = 7\%$;

для комнаты 2 — печь МВМС-65 с теплоотдачей при двух топках в сутки $Q_2 = 2500$ ккал/ч и $M_2 = 0,44 > 0,43$, что находится в пределах точности расчета. Запас в теплоотдаче составляет $\frac{2500 - 2030}{2030} \cdot 100 = 23\%$.

По теплоотдаче можно было бы принять печь ОКПП-3, но для этой печи $M_2 = 0,5 > 0,43$, следовательно, она не удовлетворяет требованиям теплоустойчивости.



Лист VI-5. Элеваторы и водонагреватели

1 — номограмма для подбора элеватора, 2 — стальные элеваторы ВТИ теплосети Мосэнергo, 3 — водоводяные нагреватели.

Таблица VI.12. Основные размеры стальных элеваторов конструкции

Номер элеватора	L	A	C	d _Г	Фланцы	
					входной D ₁	выходной D ₂ , и подсоса D ₃
1	425	90	110	15	145	160
2				20		
3				25		
4	625	135	155	30	160	195
5				35		
6	720	180	175	47	195	215
7				59		

Примечание. Элеваторы рассчитаны на $P_{\text{раб}} = 10 \text{ кгс/см}^2$, $P_{\text{исп}} = 15 \text{ кгс/см}^2$

Основной расчетной характеристикой для элеватора является коэффициент смешения (инжекции)

$$u' = \frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{Г}}} = \frac{\tau_1 - \tau_{\text{см}}}{\tau_{\text{см}} - \tau_{20}}, \quad (\text{VI.61})$$

где $G_{\text{п}}$ — количество подмешиваемой обратной воды, т/ч ;

$G_{\text{Г}}$ — количество горячей сетевой воды;

$\tau_{\text{см}}$ — температура смешанной воды, поступающей в местную систему, $^{\circ}\text{C}$;

τ_{20} — температура обратной воды местной системы;

τ_1 — температура горячей сетевой воды.

Расчетный коэффициент подмешивания принимается равным

$$u = 1,15 \cdot u'. \quad (\text{VI.62})$$

Расход воды, поступающей из тепловой сети, определяется по формуле, т/ч

$$G_{\text{Г}} = \frac{Q}{(\tau_1 - \tau_{20}) \cdot 1000}, \quad (\text{VI.63})$$

где Q — расход тепла на отопление, ккал/ч

Приведенный расход смешанной воды равен

$$G_{\text{пр}} = \frac{G_{\text{см}}}{\sqrt{h_2}} = \frac{Q}{(\tau_{\text{см}} - \tau_{20}) \sqrt{h_2} \cdot 1000}, \quad (\text{VI.64})$$

где h_2 — гидравлическое сопротивление местной системы, м вод. ст. ;

$G_{\text{см}}$ — количество смешанной воды, поступающей в местную систему отопления, определяемое по формуле

$$G_{\text{см}} = \frac{Q}{(\tau_{\text{см}} - \tau_{20}) \cdot 1000}. \quad (\text{VI.65})$$

Диаметр горловины (камера смешения) элеватора, см

$$d_{\text{Г}} = 0,874 \sqrt{G_{\text{пр}}}. \quad (\text{VI.66})$$

Диаметр сопла элеватора, мм

$$d_{\text{с}} = \frac{10d_{\text{Г}}}{\sqrt{\frac{0,78}{G_{\text{пр}}^2} (1+u)^2 d_{\text{Г}}^4 + 0,60 (1+u)^2 - 0,4u^2}}. \quad (\text{VI.67})$$

III. ЦЕНТРАЛЬНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

ВЫБОР СИСТЕМ И ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Область применения

В жилищно-гражданском строительстве широко применяются центральные системы водяного, парового и воздушного отопления, а также системы панельного и лучистого отопления с различными теплоносителями. Кроме того, применяются системы газо- и электровоздушного отопления, отопления инфракрасными высокотемпературными излучателями.

Наибольшее распространение получила водяная система отопления, как наиболее гигиеничная, совершенная в эксплуатации и регулируемая в широких пределах в зависимости от температуры наружного воздуха. Паровая система не гигиенична из-за пригорания пыли на поверхности приборов, почти не поддается регулировке, поэтому применяется как исключение, в коммунальных и промышленных предприятиях. На воздушные системы отопления расходуется меньше металла, чем на водяные и паровые; применяются они главным образом для отопления помещений большого объема. Температура воздуха в отдельных помещениях жилых зданий, обслуживаемых центральной системой воздушного отопления, плохо поддается регулировке, что ограничивает ее применение. Панельное и лучистое отопление особенно удобно в крупноблочных зданиях, где нагревательные приборы и трубопроводы скрыты в толще конструктивных элементов строительной части здания.

При устройстве систем центрального отопления руководствуются СНиП II-Г.7—62 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Нормы проектирования», а для отдельных зданий — соответствующими нормами и правилами (см. табл. I.4).

Систему отопления и параметры теплоносителя выбирают на основании технико-экономического обоснования в соответствии с требованиями санитарных и противопожарных норм и в зависимости от назначения здания и режима его эксплуатации (СН 245—71 и СНиП II-A.5—70). При этом предельные значения допускаемых температур на поверхности нагревательных приборов любых типов и конструкций $t_{\text{п}}$ принимают по нормам, указанным в табл. III.1.

Расчетную разность температур горячей и охлажденной воды (температурный перепад $\Delta t = t_g - t_o$) обычно принимают равной 25°C , а при панельных системах отопления с целью сокращения типоразмеров нагревательных приборов ее допускается уменьшать до 15°C . В зданиях, присоединяемых к ТЭЦ, такое снижение расчетной разности температур приводит к перерасходу сетевой воды. В современных одноконтурных системах водяного отопления с П-образными стояками она может быть увеличена до 35°C . В двухконтурных системах водяного отопления, наоборот, увеличение расчетной разности температур воды более чем на 25°C способствует недопустимой вертикальной разрегулировке системы отопления, вызванной влиянием естественного давления.

Двухконтурные системы по сравнению с одноконтурными обладают меньшими возможностями индустриализации монтажных работ, поэтому их применение весьма ограничено. В связи с этим водяное отопление многоэтажных зданий с применением местных нагревательных приборов, как правило, устраивают по одноконтурной схеме. С увеличением температурного перепада Δt уменьшается расход теплоносителя и снижаются диаметры и масса труб. Однако в одноконтурных системах водяного отопления увеличение Δt ведет к некоторому перерасходу нагревательных приборов.

По санитарно-гигиеническим нормам в жилых зданиях обычно применяют теплоноситель с температурой горячей воды $95-105^\circ\text{C}$, в лечебных и детских учреждениях — не более 85°C .

Согласно СН 419—70*, для снижения металлоемкости систем водяного отопления в жилых и общественных зданиях разрешается использовать высокотемператур-

* Госстрой СССР. Указания по проектированию и расчету радиаторных одноконтурных систем водяного отопления с нижней разводкой магистралей (СН 419—70).

Внутренние диаметры присоединительных патрубков			Длина сопла		Масса элеватора, кг
			полная l	сменная часть	
входного d_1	выходного d_2	подсоса d_3			
37	51		110 100	55 45	10
49	82	70	145 135 125	50 40 30	15
80	100		175 155	60 40	23

Для расчета элеватора, т. е. для определения диаметров горловины и сопла по заданным величинам $G_{пр}$ и u , удобно пользоваться номограммой, приведенной на листе VI.5, рис. 1.

По расходу воды, поступающей из тепловой сети G_T и диаметру сопла d_c , определяется требуемый напор перед элеватором, m вод. ст

$$H_1 = 0,64 \frac{G_T^2}{d_c^4} . \quad (VI.68)$$

Если известен располагаемый напор перед элеватором H_p , диаметр сопла можно найти по формуле

$$d' = \sqrt[4]{\frac{0,64G^2}{H_p}} \text{ см.} \quad (VI.69)$$

Если элеватор работает с коэффициентом подмешивания u_1 , то для получения в этой же системе коэффициента подмешивания u_2 необходимо установить новое сопло с диаметром

$$d'' = d' \frac{1 + n_1}{1 + u_2} . \quad (VI.70)$$

Пример VI.6. 1. Дано: $G_{см} = 10 \text{ м/ч}$; $h_2 = 1 \text{ м вод. ст}$; $\tau_1 = 150$, $\tau_{см} = 70$, $\tau_{см} = 95^\circ \text{С}$. Определить номер элеватора (диаметр камеры смешения) и диаметр сопла.

Находим расчетный коэффициент подмешивания по формуле (VI.62)

$$u = \frac{150 - 95}{95 - 70} \cdot 1,15 = 2,53.$$

Приведенный расход смешанной воды находим по формуле (VI.64)

$$G_{пр} = \frac{10}{\sqrt{1}} = 10 \text{ м/ч.}$$

По номограмме на листе VI.5, рис. 1 для $u = 2,53$ и $G_{пр} = 10 \text{ м/ч}$ принимаем элеватор № 3 с $d_r = 25 \text{ мм}$ и $d_c = 8,5 \text{ мм}$ (ход решения показан линией ABC со стрелками).

2. Дано: $G_{см} = 4,47 \text{ м/ч}$; $h_2 = 1,5 \text{ м вод. ст}$; $\tau_1 = 130$; $\tau_2 = 70$; $\tau_3 = 95^\circ \text{С}$.

Найти номер элеватора и диаметр сопла:

$$u = \frac{130 - 95}{95 - 70} \cdot 1,15 = 1,61;$$

$$G_{пр} = \frac{4,47}{\sqrt{1,50}} = 3,65.$$

Т а б л и ц а III.1. Выбор систем отопления жилых и общественных зданий и сооружений

№ п.п.	Здания и сооружения	Система отопления		№ п.п.
		рекомендуемая	допускаемая	
1	Жилые дома, общежития, гостиницы, дома отдыха, санатории, учебные заведения, административные здания, научные и проектные учреждения, конструкторские бюро, поликлиники, амбулатории, здравпункты, пионерские лагеря	Водяная с радиаторами и конвекторами (в школах — конвекторы только для вспомогательных помещений) Панельная с замоноличенными столбами и нагревательными элементами	Квартирная воздушная, совмещенная с вентиляцией, при централизованном теплоснабжении в жилых домах из блок-квартир и блок-комнат, а также в жилых домах до 2 этажей Воздушная, совмещенная с вентиляцией, в зданиях с числом этажей 5 и более и в помещениях большого объема Квартирная водяная и воздушная (с генератором тепла) для жилых домов до 2 этажей без централизованного теплоснабжения и при топливе, не требующем непрерывного надзора за горением. Печное отопление в зданиях до 2 этажей	95
2	Детские ясли-сады	Водяная с радиаторами Панельная с замоноличенными столбами и нагревательными элементами	Печное в одноэтажных зданиях не более чем на 50 мест в сельской местности Лучистое отопление (теплоноситель — воздух)	85
3	Больницы, родильные дома и другие лечебные учреждения	Панельная с замоноличенными столбами и нагревательными элементами Водяная с радиаторами и стальными панелями	Печное в одноэтажных зданиях в сельской местности Воздушная, совмещенная с вентиляцией	85
4	Гимнастические залы, бассейны, крытые стадионы и другие отапливаемые спортивные сооружения	Воздушная, совмещенная с вентиляцией	Паровая низкого давления при основном теплоносителе — паре	До 150

№ п. п.	Здания и сооружения	Система отопления		До 150
		рекомендуемая	допускаемая	
4	Гимнастические залы, бассейны, крытые стадионы и другие отапливаемые спортивные сооружения	Панельная с замонотированными стояками и нагревательными элементами Водяная с радиаторами и конвекторами	Печное в небольших зданиях в сельской местности	До 150
5	Бани, прачечные, душевые павильоны; раздевалки и мыльные помещения бань на 200 и более мест, душевые павильоны не более чем на 25 мест	Водяная со стальными панелями и гладкими трубами Паровая низкого давления с радиаторами Воздушная, совмещенная с вентиляцией, в раздевальных и мыльных бань и цехах прачечных	Печное в зданиях сельской местности (бани не более чем на 50 мест)	До 150
6	Рестораны, столовые, кафе, буфеты, магазины	Водяная с радиаторами и конвекторами Панельная с замонотированными стояками и нагревательными элементами Воздушная, совмещенная с вентиляцией, в помещениях большого объема (обеденные и торговые залы)	Паровая низкого давления в зданиях объемом до 500 м ³ Печное отопление в зданиях высотой до 2 этажей и числе посадочных мест до 200, а также в одноэтажных зданиях магазинов площадью до 50 м ² в сельской местности	До 150
7	Железнодорожные вокзалы, аэропорты	Воздушная, совмещенная с вентиляцией Водяная с радиаторами, конвекторами и стальными панелями	Панели с обогреваемой поверхностью пола (в вестибюлях и проходах) Печное в одноэтажных зданиях вокзалов вместимостью до 50 пассажиров Паровая низкого давления	До 150

По номограмме на листе VI.5, рис. 1 принимаем для $u = 1,61$ и $G_{\text{пр}} = 3,65$ элеватор № 1 с $d_r = 15$ мм и соплом $d = 6,7$ мм (ход решения указан линией ДЕМ со стрелками).

Для поглощения избыточных напоров на абонентских вводах устанавливают дроссельные шайбы.

Расчет диаметра шайб производится по приближенной формуле *, мм

$$d_{\text{ш}} = 11,3 \sqrt{\frac{G}{\sqrt{H}}}, \quad (\text{VI.71})$$

где G — расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$;

H — избыточный напор на вводе, м вод. ст.

Шайбы изготовляют из 2—3-миллиметровой стали и устанавливают между фланцами двух задвижек, чтобы можно было сменить шайбу, не спуская воды из системы.

Скоростные водонагреватели

По первичному теплоносителю водонагреватели разделяются на водоводяные и пароводяные. В системах горячего водоснабжения и отопления обычно применяются поверхностные скоростные секционные нагреватели. На листе VI.5, рис. 3 даны водоводяные нагреватели; основные размеры их приведены в табл. VI.13 и VI.14.

Поверхность нагрева водонагревателей определяется по формуле, м^2

$$F = \frac{Q}{k \Delta t_{\text{ср}}}, \quad (\text{VI.72})$$

где Q — теплопроизводительность $\text{ккал}/\text{ч}$;

$\Delta t_{\text{ср}}$ — средняя разность температур греющей и нагреваемой среды, определяемая по формуле

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,3 \lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}}. \quad (\text{VI.73})$$

Здесь Δt_6 — большая разность температур греющей и нагреваемой среды;

Δt_m — то же, меньшая, принимаемая для водоводяных нагревателей

5—10, а для пароводяных — не менее 5°C ;

k — коэффициент теплопередачи, $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ \text{C}$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{нак}}}{\lambda_{\text{нак}}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (\text{VI.74})$$

где $\delta_{\text{ст}}$ и $\delta_{\text{нак}}$ — толщина стенки трубы и слоя накипи, мм ;

$\lambda_{\text{ст}}$ и $\lambda_{\text{нак}}$ — коэффициенты теплопроводности стенки трубы и слоя накипи, $\text{ккал}/\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ \text{C}$;

α_1 и α_2 — коэффициенты теплоотдачи между первичным и вторичным теплоносителями и стенкой, $\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C}$.

Коэффициент теплоотдачи от теплоносителя к стенке определяется по формулам: при турбулентном движении воды вдоль трубок (снаружи или внутри)

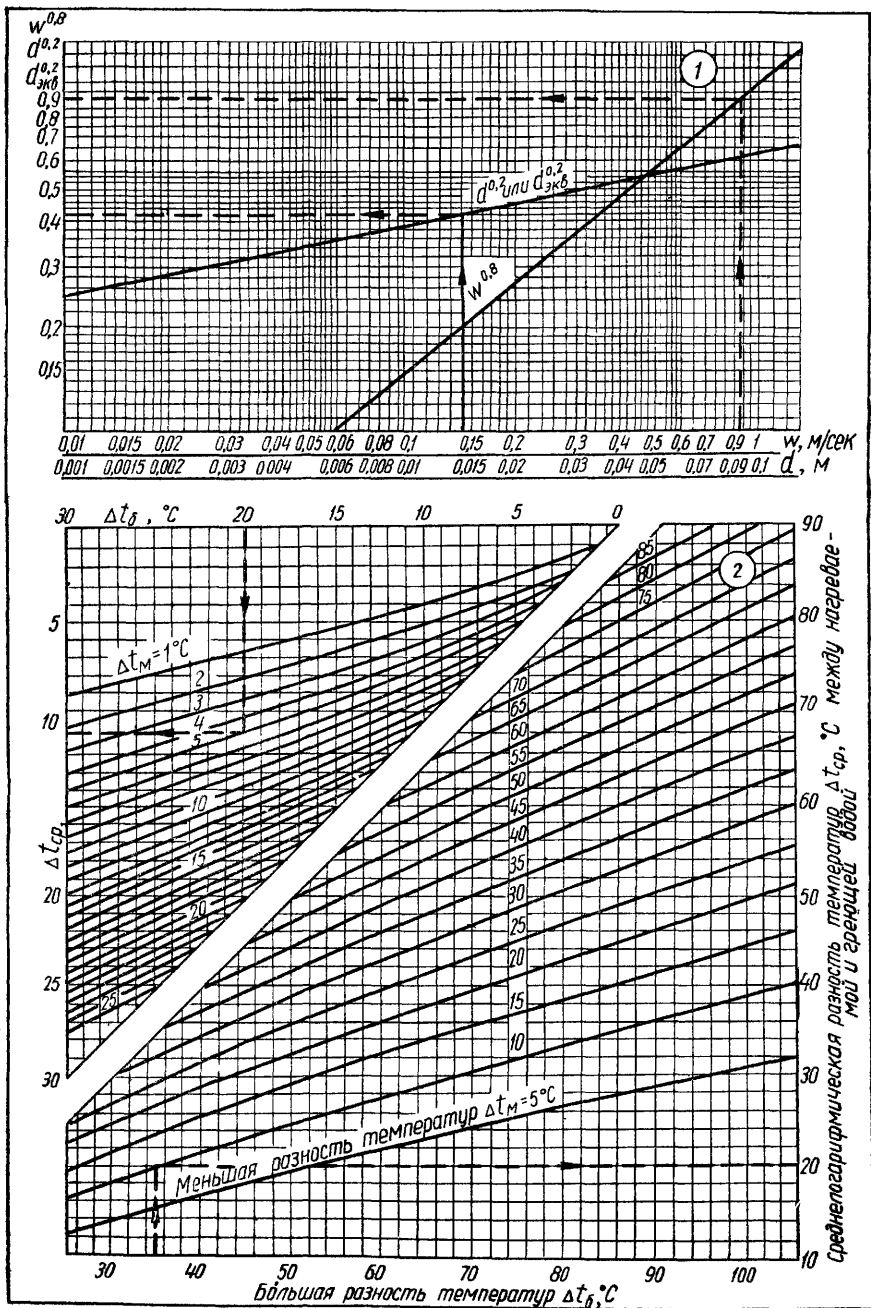
$$\alpha = (1400 + 18t - 0,035t^2) \frac{w^{0,8}}{d^{0,2}}; \quad (\text{VI.75})$$

при турбулентном движении воды поперек пучка трубок

$$\alpha = (1000 + 15t - 0,04t^2) \frac{w^{0,64}}{d^{0,36}}; \quad (\text{VI.76})$$

* Уточненные формулы для расчета шайб см. И. Е. Идельчик «Справочник по гидравлическим сопротивлениям» (М.—Л., Госэнергоиздат, 1960).

8	Зрелищные предприятия, клубы и кинотеатры с количеством мест в зрительных и других залах: до 200 200 и более Театры вместимостью 800—1500 мест То же, менее 800	Водяная с радиаторами, конвекторами, стальными панелями и гладкими трубами То же То же и воздушная, совмещенная с приточной вентиляцией То же	Печное отопление в одноэтажных зданиях, возводимых в сельской местности, со зрительным залом до 200 мест Водяная и паровая низкого давления с радиаторами и конвекторами при числе мест до 500 и как дежурная при большей вместимости залов Воздушная, совмещенная с вентиляцией Паровая низкого давления	До 150
9	Музеи, картинные галереи, книгохранилища, читальные залы, архивы, библиотеки, выставки	Воздушная, совмещенная с вентиляцией, и кондиционирование воздуха Водяная с радиаторами и стальными панелями Панельная с замоноличенными стоками и нагревательными элементами	Печное отопление в библиотечных одноэтажных зданиях с читальным залом до 100 мест в сельской местности Воздушное отопление	95
10	Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий: административно-конторские помещения, конструкторские бюро, пункты питания, здравпункты, помещения общественных организаций и др.	При теплоносителе — воде для промышленности — водяная с конвекторами и радиаторами, а при теплоносителе — паре — паровая низкого давления с такими же нагревательными приборами при суммарном объеме помещений 1500 м³ и менее Панельная с замоноличенными стоками и нагревательными элементами, а также с приставными панелями для зданий объемом более 1500 м³	Печное в зданиях высотой не более 2 этажей	95



Лист VI.6. Номограммы:

1 — для определения $w^{0,8}$ и $d^{0,2}$; 2 — для определения $\Delta t_{ср}$.

№ п.п.	Здания и сооружения	Система отопления		До 150
		рекомендуемая	допускаемая	
10	бытовые помещения, независимо от их объема	Водяная и паровая высокого и низкого давления с радиаторами и конвекторами	—	До 150

П р и м е ч а н и я 1 В системах панельного отопления в качестве теплоносителя можно применять и высокотемпературную воду. Отопительные панели следует предусматривать встроенными в наружные стены, перегородки, полы и потолки. В помещениях зданий, указанных в п. 2, должны предусматриваться панели с обогреваемой поверхностью полов. В помещениях плавательных бассейнов (п. 4) предусматриваются панели с обогреваемой поверхностью пола, а в помещениях зданий, указанных в п. 3, — панели с обогреваемой поверхностью потолков в операционных, родовых и наркозных

По нормам СНиП II-1.7—52 температуру на поверхности панели $t_{\text{п.п}}$ принимают с учетом места установки панелей и направления теплового потока излучения, °C (не более):

Для греющего потолка при высоте помещения, м.

2,5—2,8	28
2,9—3	30
3,1—3,4	33

Для греющего пола в помещениях:

детских яслей и садов	24
плавательных бассейнов при температуре воздуха 25—26° C	34
То же, в других помещениях	30

Для греющих стен и перегородок на высоте от уровня пола, м:

до 1	95
более 1	45

2. В системах отопления может применяться теплоноситель с избыточным давлением, достаточным для обеспечения циркуляции, который используется для технологических нужд, если это допустимо по санитарно-гигиеническим правилам и по прочности нагревательных приборов.

3. В целях унификации оборудования, приборов и материалов в системах отопления следует принимать единый теплоноситель.

4. В системах воздушного отопления для подогрева воздуха можно применять горячую воду, пар и газ.

5. Системы отопления с инфракрасными и высокотемпературными излучателями, а также системы газового отопления в настоящей таблице не указаны.

6. Предельные температуры $t_{\text{п.п}}$ указаны для нагревательных приборов, расположенных на высоте до 1 м от уровня пола.

7. Выбор систем отопления принят по Справочнику проектировщика. Часть I Отопление, водопровод, канализация (М., Стройиздат, 1976).

Таблица VI.13. Подогреватели водоводяные секционные без линзовых и сварные

№ п.п	Обозначение при p_y , кгс/см ²		Основные размеры, мм		Количество тру- бок, з, шт	Поверхность нагрева одной секции F , м ² , при p_y , кгс/см ²	
	10	16	D_H	L		10	16
1	01	26	57	2000	4	0,37	0,36
2	02	27		4000		0,75	0,74
3	03	28		2000	7	0,65	0,64
4	04	29	76	4000		1,31	1,3
5	05	30		2000		1,11	1,1
6	06	31		4000	12	2,24	2,22
7	07	32	114	2000		1,76	1,74
8	08	33		4000		3,54	3,52
9	09	34		2000	37	3,4	3,39
10	10	35	168	4000		6,9	6,88
11	11	36		2000		5,89	5,85
12	12	37		4000	64	12	11,9
13	13	38	273	2000		10	9,9
14	14	39		4000		20,3	20,2
15	15	40	325	2000	151	13,8	13,7
16	16	41		4000		28	27,9
17	17	42		2000	216	19,8	19,6
18	18	43	377	4000		40,1	39,9
19	19	44		2000		25,8	25,5
20	20	45	426	4000	283	52,5	52,2
21	21	46		2000		41	40,3
22	22	47		4000		83,4	82,7

Примечания. 1. Нагревательные трубки латунные Л-68 (ГОСТ 494—52) диаметром 16 ×

2. Условное обозначение водоводяного секционного разъемного подогревателя на $p_y = 10$ 10-57 × 2000-4-01 ОСТ 34-588—68, то же, сварной конструкции на $p_y = 16$ кгс/см² подогреватель

при ламинарном движении

$$\alpha = (80 + 0,6t - 0,0015t^2) \frac{w^{0,2}}{\alpha^{0,5}} \Delta t^{0,1}, \quad (\text{VI.77})$$

при свободной конвекции (емкостные нагреватели)

$$\alpha = 90 + 10t^{0,75} \sqrt[3]{\Delta t}; \quad (\text{VI.78})$$

при пленочной конденсации пара на вертикальной стенке и малой скорости пара ($w_{\Pi} = 1 \div 2$ м/сек)

$$\alpha = \frac{5500 + 65t_k - 0,2t_k^2}{(H\Delta t)^{0,25}}; \quad (\text{VI.79})$$

при пленочной конденсации пара снаружи горизонтального пучка трубок

$$\alpha = \frac{4230 + 50t_k - 0,154t_k^2}{(md\Delta t)^{0,25}}. \quad (\text{VI.80})$$

Здесь t — средняя температура воды, °С;

t_k — температура пленки конденсата — средняя между температурой насыщенного пара и стенки;

Δt — разность температур стенки и воды, насыщенного пара и стенки;

ную воду (105°C). В отдельных же зданиях перегрев воды доводят до 150°C (табл. III.2). При необходимости уменьшения температуры теплоносителя местные системы водяного отопления зданий присоединяют к наружным тепловым сетям через смешивающее устройство (элеватор) по зависимой схеме или теплообменник — по независимой схеме (см. раздел VI «Тепловые сети»).

Таблица III.2. Температурные перепады теплоносителя систем водяного отопления

Отапливаемые здания	Температура воды, $^{\circ}\text{C}$		Температурный перепад Δt , $^{\circ}\text{C}$
	горячей (t_r)	охлажденной (t_o)	
Жилые здания различного назначения	105	70	35
	95	70	25
Лечебные и детские учреждения	85	65	20
Музеи, картинные галереи, библиотеки, книгохранилища, архивы	95	70	25
Спортивные сооружения, бани-прачечные, предприятия общественного питания, вокзалы, аэропорты, кинотеатры, театры, клубы, бытовые помещения промышленных предприятий	До 150	70	80

В зависимости от радиуса действия рекомендуются следующие величины давления пара в разомкнутых системах парового отопления низкого давления*:

Радиус действия, м . . . 50 100 200 300 500
 Давление пара, кгс/см^2 . . 0,05 0,05—0,1 0,1—0,2 0,2—0,3 0,5—0,7

В замкнутых системах пароснабжения давление пара назначают по специальному расчету (см. стр. 243).

В системах отопления и пароснабжения высокого давления допускается давление пара до 5 кгс/см^2 в зависимости от прочности и предельной температуры поверхности нагревательных приборов. В необходимых случаях давление пара на вводе в здание снижают дросселированием.

В открытых системах воздушного отопления температуру приточного воздуха, подаваемого непосредственно в отапливаемые помещения, нормируют в зависимости от места расположения приточных отверстий. Для закрытых систем температуру воздуха, циркулирующего по каналам, определяют расчетом в зависимости от допускаемой температуры нагревательных элементов. В системах воздушного отопления наибольшая допустимая температура воздуха, подаваемого в нижнюю зону помещения, на высоте до 3,5 м от уровня пола и расстоянии 2 м от рабочих мест составляет 45°C , свыше 3,5 м — не более 70°C . В необходимых случаях метеорологические условия в помещении согласно СН 245—71 проверяют расчетом.

В табл. III.3—III.5 приведены необходимые физические параметры воды и пара при различных условиях.

Таблица III.3. Параметры воды при температуре $100\text{—}150^{\circ}\text{C}$

Температура t , $^{\circ}\text{C}$	Давление p , кгс/см^2	Плотность γ , кг/м^3	Температура t , $^{\circ}\text{C}$	Давление p , кгс/см^2	Плотность γ , кг/м^3
100	1,03	958,3	120	2,02	943,1
105	1,26	955,1	130	2,75	934,8
110	1,46	951	140	3,68	926,1
115	1,73	947,4	150	4,85	916,9

* По терминологии, принятой в отопительной технике, пар низкого давления — до $0,7 \text{ кгс/см}^2$, высокого — свыше $0,7 \text{ кгс/см}^2$. Здесь и далее в справочнике величины кгс/см^2 и кг/м^3 выражают избыточное давление рассматриваемой среды.

**компенсаторов для горячего водоснабжения разъемные (ОСТ 34-588—68)
(ОСТ 34-602—68)**

Живое сечение, м ²		Размеры, мм (лист VI.5, рис 3)				
F_{MT}	F_{TP}	$d_{MT.ЭКВ}$	d_H	d_{H_1}	H	L_1
0,00116	0,00062	13	45		150	2220
0,00233	0,00108	16,4	57		200	4220
0,00287	0,00185	13,3	76		240	2300
0,005	0,00293	15,5	89		300	4300
						2340
						4340
						2424
						4424
						2620
0,0122	0,0057	20,7	133	108	400	4620
0,02079	0,00985	21,5	168	159	500	2832
						4832
0,03077	0,01679	19,6	219		600	3032
						5032
0,04464	0,02325	20,9	273	219	700	3232
						5232
0,05781	0,003325	19	325	273	800	3430
						5430
0,07191	0,04356	18,6	377	325	900	3624
						5624
0,11544	0,06927	19	426	377	900	3552
						5552

1 мм.
кгс/см², диаметром 57 мм, длиной $L = 2000$ мм с числом секций $Z = 4$ следующее: подогреватель
16-57 × 2000-4-01 ОСТ 34-602 — 68.

w — скорость воды, м/с;

d — диаметр трубки, или эквивалентный гидравлический диаметр, м;

H — высота трубки, м;

m — среднее число трубок в вертикальном ряду горизонтального пучка, шт.

При тепловом расчете двухступенчатой смешанной схемы присоединения водонагревателей предварительно определяется теплопроизводительность первой и второй ступени по формулам, ккал/ч:

$$Q_1 = \frac{Q_{г.макс} (t_{п} - t_{х})}{t_{г} - t_{х}}; \quad (VI.81)$$

$$Q_2 = \frac{Q_{г.макс} (t_{г} - t_{п})}{t_{г} - t_{х}}.$$

Расходы сетевой воды для каждой ступени определяются по формулам, т/ч:

$$G_1 = \frac{Q_{г.макс}}{(t_{г}'' - t_{г20}'') \cdot 10^3}; \quad G_2 = G_1 + G_0. \quad (VI.82)$$

Температура сетевой воды за водонагревателем первой ступени равна, °С

$$t_{г2}'' = t_{г20}'' - \frac{Q_1}{(G_{г} + G_1) \cdot 10^3}. \quad (VI.83)$$

Т а б л и ц а III.4. Плотность (объемная масса) воды γ , кг/м³, при температуре 40—100° С (через каждые 0,1° С) и давлении 760 мм рт. ст

t	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
40	992,24	992,2	992,17	992,13	992,09	992,05	992,01	991,97	991,94	991,9
41	991,86	991,82	991,78	991,74	991,7	991,66	991,62	991,58	991,55	991,51
42	991,47	991,43	991,39	991,35	991,31	991,27	991,23	991,19	991,15	991,11
43	991,07	991,03	990,99	990,94	990,9	990,86	990,82	990,78	990,74	990,7
44	990,66	990,62	990,58	990,54	990,5	990,46	990,42	990,38	990,33	990,29
45	990,25	990,21	990,16	990,12	990,07	990,03	989,99	989,95	989,9	989,86
46	989,82	989,78	989,74	989,69	989,65	989,61	989,57	989,53	989,48	989,44
47	989,4	989,36	989,31	989,27	989,22	989,18	989,13	989,09	989,05	989
48	988,98	988,92	988,87	988,83	988,78	988,71	988,7	988,65	988,61	988,56
49	988,52	988,47	988,43	988,38	988,34	988,29	988,25	988,2	988,16	988,11
50	988,07	988,02	987,97	987,92	987,89	987,84	987,8	987,75	987,71	987,66
51	987,62	987,57	987,52	987,48	987,43	987,38	987,33	987,29	987,23	987,19
52	987,15	987,1	987,06	987,01	986,97	986,92	986,87	986,83	986,79	986,74
53	986,69	986,64	986,59	986,55	986,5	986,45	986,4	986,35	986,31	986,26
54	986,21	986,16	986,11	986,07	986,02	985,97	985,92	985,87	985,83	985,78
55	985,73	985,68	985,63	985,59	985,54	985,49	985,44	985,39	985,35	985,3
56	985,25	985,2	985,15	985,1	985,05	985	984,95	984,9	984,85	984,8
57	984,75	984,7	984,65	984,6	984,55	984,5	984,45	984,4	984,35	984,3
58	984,25	984,2	984,15	984,1	984,05	984	983,95	983,9	983,85	983,8
59	983,75	983,7	983,65	983,6	983,55	983,5	983,45	983,4	983,34	983,29
60	983,24	983,19	983,14	983,08	983,03	982,98	982,93	982,88	982,83	982,77
61	982,72	982,67	982,62	982,57	982,51	982,46	982,41	982,36	982,31	982,26
62	982,2	982,15	982,1	982,05	981,99	981,94	981,89	981,83	981,78	981,72
63	981,67	981,62	981,57	981,51	981,46	981,4	981,35	981,29	981,24	981,18
64	981,13	981,07	981,02	980,97	980,91	980,86	980,81	980,76	980,71	980,65
65	980,59	980,53	980,48	980,42	980,37	980,32	980,26	980,21	980,16	980,1
66	980,05	979,99	979,93	979,87	979,82	979,77	979,72	979,67	979,61	979,56
67	979,5	979,44	979,39	979,33	979,28	979,22	979,16	979,11	979,06	979
68	978,94	978,88	978,82	978,77	978,71	978,66	978,61	978,55	978,44	978,44
69	978,38	978,32	978,27	978,21	978,16	978,1	978,04	977,98	977,93	977,87
70	977,81	977,75	977,7	977,64	977,58	977,52	977,46	977,4	977,35	977,29

где t_n — температура водопроводной воды за водонагревателем первой ступени;
 τ_{20} — температура сетевой воды после системы отопления в точке излома температурного графика.

Последующий тепловой расчет каждой ступени производится аналогично расчету водонагревательной установки, присоединенной по параллельной схеме.

Сопротивление водонагревателя определяется по формуле, кгс/см²

$$H = \left(0,025 + \sum \xi \frac{d}{l_z} \right) \frac{w^2 \rho l_z}{19,62d} \quad (VI.84)$$

где ρ — плотность теплоносителя, кгс/м³;

$\sum \xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений теплообменного аппарата.

Таблица VI.14. Подогреватели водоводяные секционные с линзовыми компенсаторами на $p_y = 10$ кгс/см² для отопления (ОСТ 34-603—68)

№ п.п	Обозначение в зависимости от материала трубок		Секция подогревателя со стальными трубками	
	латунных	стальных	Поверхность нагрева F , м ²	Живое сечение $F_{тр}$, м ²
1	01	31	0,36	0,00055
2	02	32	0,73	
3	03	33	0,63	0,00096
4	04	34	1,27	
5	05	35	1,08	0,00164
6	06	36	2,18	
7	07	37	1,7	0,0025
8	08	38	3,45	
9	09	39	3,31	0,00506
10	10	40	6,71	
11	11	41	5,73	0,00876
12	12	42	11,6	
13	13	43	9,74	0,01492
14	14	44	19,7	
15	15	45	13,6	0,02066
16	16	46	27,3	
17	17	47	19,3	0,02956
18	18	48	39,1	
19	19	49	25,2	0,03873
20	20	50	51,1	
21	21	51	39,9	0,06158
22	22	52	81,2	

Примечания. 1. Значения F и $F_{тр}$ при латунных нагревательных трубках, а также значения D_H , L , $F_{мт}$, $d_{экв.мт.}$, d_H , H , L и z независимо от материала трубок см. соответственно табл. VI.13 и примечание 1.

2. Условное обозначение подогревателя разъемной конструкции с линзовым компенсатором и латунными трубками диаметром $D_H = 57$ мм, длиной 2000 мм с числом секций $z = 4$ следующее: подогреватель 57 × 2000-4-01 ОСТ 34-589—68; то же, сварной конструкции со стальными трубками — подогреватель 57 × 2000-4-31 ОСТ 34-603—68.

71	977,23	977,17	977,12	977,08	977,01	976,95	976,9	976,84	976,78	976,72
72	976,66	976,6	976,54	976,48	976,42	976,36	976,3	976,25	976,19	976,13
73	976,07	976,01	975,95	975,89	975,83	975,77	975,71	975,66	975,6	975,54
74	975,48	975,42	975,36	975,3	975,24	975,18	975,13	975,07	975,01	974,95
75	974,89	974,83	974,77	974,71	974,65	974,59	974,53	974,47	974,41	974,35
76	974,29	974,23	974,16	974,1	974,04	973,98	973,92	973,86	973,8	973,73
77	973,68	973,62	973,55	973,49	973,43	973,37	973,31	973,25	973,19	973,13
78	973,07	973,01	972,95	972,88	972,82	972,76	972,7	972,63	972,57	972,51
79	972,45	972,39	972,33	972,26	972,2	972,14	972,08	972,02	971,96	971,89
80	971,83	971,77	971,71	971,65	971,58	971,52	971,46	971,4	971,33	971,27
81	971,21	971,14	971,08	971,02	970,96	970,89	970,83	970,77	970,7	970,63
82	970,57	970,5	970,44	970,38	970,32	970,25	970,19	970,13	970,06	970
83	969,94	969,87	969,81	969,75	969,68	969,62	969,56	969,5	969,48	969,37
84	969,3	969,24	969,18	969,11	969,06	968,98	968,91	968,84	968,77	968,71
85	968,65	968,58	968,52	968,46	968,39	968,33	968,27	968,2	968,14	968,07
86	968	967,93	967,86	967,8	967,74	967,67	967,61	967,54	967,48	967,41
87	967,34	967,28	967,21	967,14	967,08	967,01	966,95	966,88	966,81	966,75
88	966,68	966,62	966,55	966,48	966,41	966,35	966,28	966,21	966,14	966,08
89	966,01	965,95	965,88	965,82	965,75	965,68	965,61	965,54	965,48	965,41
90	965,34	965,28	965,21	965,15	965,08	965,01	964,94	964,88	964,81	964,74
91	964,67	964,61	964,54	964,47	964,4	964,33	964,26	964,19	964,13	964,06
92	963,99	963,92	963,85	963,78	963,71	963,65	963,58	963,51	963,44	963,37
93	963,3	963,23	963,16	963,1	963,03	962,96	962,89	962,82	962,75	962,68
94	962,61	962,54	962,47	962,4	962,34	962,27	962,2	962,13	962,06	961,99
95	961,92	961,85	961,78	961,71	961,62	961,57	961,5	961,43	961,36	961,29
96	961,22	961,15	961,08	961,01	960,94	960,87	960,8	960,73	960,66	960,59
97	960,51	960,44	960,37	960,3	960,23	960,16	960,09	960,02	959,95	959,88
98	959,81	959,74	959,67	959,6	959,53	959,46	959,39	959,32	959,24	959,17
99	959,09	959,02	958,95	958,88	958,81	958,74	958,67	958,6	958,52	958,45
100	958,38	—	—	—	—	—	—	—	—	—

**Коэффициенты местных сопротивлений ζ
для скоростных нагревателей в зависимости от
вида местного сопротивления**

Входная и выходная камеры	1,5
Поворот на 180° при переходе из одной секции в другую через промежуточную камеру	2,5
То же, через колено	2
Вход в межтрубное пространство	1,5
Поворот на 180° (U-образные трубки)	0,5
Переход одной секции в другую для межтрубного потока	2,5
Поворот на 180° в межтрубном пространстве	1,5
Огиб перегородок, поддерживающих трубки	0,5
Выход из межтрубного пространства под углом 90°	1

Потери напора, m , в скоростных нагревателях могут быть определены по упрощенным формулам ВТИ:

$$H_T = 0,53\omega_T^2 z; H_{MT} = 1,10\omega_{MT}^2 z, \quad (VI.85)$$

где ω_T и ω_{MT} — скорость воды в трубах и в межтрубном пространстве, m/c ; z — количество секций подогревателя.

Необходимые для вычисления коэффициентов теплоотдачи вспомогательные величины $\omega^{0,8}$ и $d^{0,2}$, а также $\Delta t_{ср}$ можно определить по номограммам (см. лист VI.6), выражение $(1400 + 18t - 0,035t^2) = A$ — по табл. VI.15.

**Таблица VI.15. Значение величины $A = (1400 + 18t - 0,035t^2)$
в зависимости от t**

t	A	t	A	t	A	t	A	t	A	t	A	t	A
15	1666	35	1987	55	2284	75	2553	95	2794	115	3007	135	3192
20	1746	40	2066	60	2354	80	2616	100	2850	120	3056	140	3274
25	1828	45	2139	65	2422	85	2687	105	2902	125	3103		
30	1908	50	2212	70	2488	90	2736	110	2956	130	3148		

Пример VI.7. Произвести тепловой и гидравлический расчеты бойлерной установки горячего водоснабжения при одноступенчатой параллельной схеме включения бойлера.

Исходные данные: максимальный расход тепла на горячее водоснабжение $Q_{г макс} = 350\,000$, на отопление $Q_0 = 500\,000$ ккал/ч; расчетные температуры сетевой воды $\tau_1 = 150^\circ C$, $\tau_2 = 70^\circ C$; температура сетевой воды в точке излома графика при $t'_н = 4,5^\circ C$, $\tau'_1 = 70^\circ C$, $\tau_{20} = 42,5^\circ C$; температура холодной водопроводной воды $t_{х.с} = 5^\circ C$, горячей $t_r = 60^\circ C$.

Принимаем температуру сетевой воды после подогревателя $\tau_3 = 30^\circ C$ (при $t'_н$) и находим расход сетевой воды на горячее водоснабжение

$$G_{г макс} = \frac{350 \cdot 10^3}{1 \cdot (70 - 30) \cdot 10^3} = 8,75 \text{ м/ч.}$$

Аналогично определяем расход водопроводной воды на горячее водоснабжение

$$G_{г.вод} = \frac{350 \cdot 10^3}{1 \cdot (60 - 5) \cdot 10^3} = 6,36 \text{ м/ч.}$$

Задаемся скоростью воды в нагревателе порядка 0,5—1 m/c и по площади сечения трубок и межтрубного пространства (табл. IV.13) подбираем бойлер (диаметр

Т а б л и ц а III.5. Параметры насыщенного пара

Абсолютное давление p , кгс/см ²	Температура насыщения $t_{\text{нас}}$, °C	Удельный объем пара V , м ³ /кг	Плотность пара γ , кг/м ³	Теплосодержание i , ккал/кг	Температура насыщения $t_{\text{нас}}$, °C	Абсолютное давление p , кгс/см ²	Температура насыщения $t_{\text{нас}}$, °C	Удельный объем пара V , м ³ /кг	Плотность пара γ , кг/м ³	Теплосодержание i , ккал/кг	Температура насыщения $t_{\text{нас}}$, °C
0,1	45,45	14,95	0,0668	617	571,6	2	119,62	0,9018	1,109	646,3	526,4
0,2	59,67	7,789	0,1284	623,1	563,4	2,5	126,79	0,7318	1,367	648,7	521,5
0,3	68,68	5,324	0,1878	626,8	558,1	3	132,88	0,6169	1,621	650,7	517,3
0,4	75,42	4,066	0,2459	629,5	554,1	3,5	138,19	0,5338	1,873	652,4	513,5
0,5	80,86	3,299	0,3031	631,6	550,7	4	142,92	0,4709	2,124	653,9	510,2
0,6	85,45	2,782	0,3595	633,5	548	4,5	147,2	0,4215	2,373	655,2	507,1
0,7	89,45	2,408	0,4153	635,1	545,6	5	151,11	0,3817	2,62	656,3	504,2
0,8	92,99	2,125	0,4706	636,4	543,3	6	158,06	0,3214	3,111	658,3	498,9
0,9	96,18	1,903	0,5255	637,6	541,3	7	164,17	0,2778	3,6	659,9	494,2
1	99,09	1,725	0,5797	638,8	539,6	8	169,61	0,2448	4,085	661,2	489,8
1,1	101,76	1,578	0,6337	639,8	537,9	9	174,53	0,2189	4,568	662,3	485,8
1,2	104,25	1,455	0,6873	640,7	536,3	10	179,04	0,198	5,051	663,3	482,1
1,3	106,56	1,35	0,7407	641,6	534,9	11	183,2	0,1808	5,531	664,1	478,4
1,4	108,74	1,259	0,7943	642,3	533,4	12	187,08	0,1663	6,013	664,9	475,1
1,5	110,79	1,191	0,8467	643,1	532,1	13	190,71	0,154	6,494	665,6	472
1,6	112,73	1,111	0,9001	643,8	530,8	14	194,13	0,1434	6,974	666,2	468,9
1,7	114,57	1,05	0,9524	644,5	529,7	15	197,36	0,1342	7,452	666,7	469,9

корпуса 89 мм). Затем находим действительные скорости воды, учитывая, что сетевая вода проходит по межтрубному пространству, а водопроводная — по трубкам:

$$w_{\text{мт}} = \frac{8,75}{3600 \cdot 0,00287} = 0,85 \text{ м/сек};$$

$$w_{\text{тр}} = \frac{6,36}{3600 \cdot 0,00185} = 0,95 \text{ м/сек.}$$

Средние температуры греющей и нагреваемой воды равны:

$$t_{\text{ср}} = 0,5 (70 + 30) = 50^\circ \text{C}, \quad t_{\text{ср}} = 0,5 (5 + 60) = 32,5^\circ \text{C}.$$

Эквивалентный диаметр межтрубного пространства $d_{\text{экв}} = 0,013 \text{ м}$.

Коэффициент теплоотдачи от греющего теплоносителя к стенкам труб, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$ по формуле (VI.75)

$$\alpha_1 = (1400 + 18 \cdot 50 - 0,035 \cdot 50^2) \frac{0,85^{0,8}}{0,013^{0,2}} = 4620;$$

коэффициент теплоотдачи от стенки ко вторичному теплоносителю

$$\alpha_2 = (1400 + 18 \cdot 32,5 - 0,035 \cdot 32,5^2) \frac{0,95^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 4400 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C};$$

коэффициент теплопередачи по формуле (VI.74)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{4620} + \frac{1}{4400} + \frac{0,001}{90} + \frac{0,0002}{2}} = 1760 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}.$$

Среднегарифмическая разность температур по формуле (VI.73)

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{(30 - 5) - (70 - 60)}{2,3 \lg \frac{30 - 5}{70 - 60}} = 16,4^\circ \text{C}.$$

Поверхность нагрева подогревателя по формуле (VI.72)

$$F = \frac{350 \cdot 10^3}{1760 \cdot 16,4} = 12,13 \text{ м}^2.$$

Число секций подогревателя при длине секции 4 м $z = 12,13 : 2,24 = 5,42$; принимаем 6 секций.

Потери напора по сетевой $\Delta H_{\text{мт}}$ и по водопроводной $\Delta H_{\text{тр}}$ воде определяем по формуле (VI.85):

$$\Delta H_{\text{мт}} = 1,1 \cdot 0,85^2 \cdot 6 = 4,8 \text{ м}; \quad \Delta H_{\text{тр}} = 0,51 \cdot 0,95^2 \cdot 6 = 2,8 \text{ м}.$$

Пример VI.8. Определить поверхность нагрева нагревателя для условий, указанных в примере VI.7, при двухступенчатой смешанной схеме включения нагревателя.

Принимаем разность между температурой греющей сетевой воды t_{20}'' и нагреваемой водопроводной воды после первой ступени нагревателя $t_{\text{п}}$ при $t_{\text{н}}''$ равной $5,5^\circ \text{C}$. Отсюда

$$t_{\text{п}} = 42,5 - 5,5 = 37^\circ \text{C}.$$

Производительность первой и второй ступеней нагревателя определяем по формулам (VI.81):

$$Q_1 = \frac{350 \cdot 10^3 \cdot (37 - 5)}{60 - 5} = 204 \cdot 10^3 \text{ ккал/ч};$$

$$Q_2 = \frac{350 \cdot 10^3 (60 - 37)}{60 - 5} = 146 \cdot 10^3 \text{ ккал/ч}.$$

Расход сетевой и водопроводной воды на горячее водоснабжение определяем по формуле (VI.82):

$$G_1 = \frac{146 \cdot 10^3}{(70 - 42,5) \cdot 10^3} = 5,3 \text{ м/ч}; \quad G_{\text{г. вод}} = \frac{350 \cdot 10^3}{(60 - 5) \cdot 10^3} = 6,36 \text{ м/ч}.$$

Расход сетевой воды на отопление по формуле (VI.47)

$$G_0 = \frac{500 \cdot 10^3}{(150 - 70) \cdot 10^3} = 6,25 \text{ м/ч}.$$

Суммарный расход сетевой воды

$$G_{\text{сум}} = 6,25 + 5,3 = 11,55 \text{ м/ч}.$$

Температура сетевой воды на выходе из первой ступени нагревателя определяется по формуле (VI.83)

$$t_3'' = 42,5 - \frac{204 \cdot 10^3}{11,55} = 24,8^\circ \text{С}.$$

Тепловой и гидравлический расчет нагревателя первой и второй ступеней производится аналогично примеру VI.7.

ТРУБЫ, АРМАТУРА И ОПОРЫ

Трубы и запорная арматура

В соответствии с указаниями СНиП II-36—73 выбор материалов для трубопроводов и арматуры тепловых сетей должен производиться в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» Госгортехнадзора СССР в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха и условий работы тепловых сетей (табл. VI.16 и VI.17).

Таблица VI.16. Марки стали для труб при $t = 115^\circ \text{С}$ (для воды) и $\rho_{\text{изб}} \leq 0,7 \text{ кгс/см}^2$ (для пара)

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, $^\circ \text{С}$	Марка стали для труб
Не ниже -30	ВСтЗспЗ; ВСтЗГпс4; ВСтЗпс4; ВСтЗкпЗ
Не ниже -40	ВСтЗсп4; ВСтЗГпс5; ВСтЗпс5
Ниже -40	ВСтЗсп5 или низколегированные

Примечание. Для стали марки ВСтЗкпЗ нормы ударной вязкости при $+20^\circ \text{С}$ должны приниматься в соответствии с нормами для спокойной стали марки ВСтЗспЗ.

Трубы водогазопроводные (газовые) легкие неоцинкованные (ГОСТ 3262—62) допускается применять для тепловых сетей с параметрами теплоносителя $\rho_{\text{у}} \leq 10 \text{ кгс/см}^2$ и $t \leq 200^\circ \text{С}$. Для тепловых сетей горячего водоснабжения должны применяться оцинкованные стальные трубы. Область применения арматуры из ковкого чугуна в тепловых сетях ограничена следующими условиями:

избыточное рабочее давление пара (для паровых сетей) не более $0,7 \text{ кгс/см}^2$, температура воды (для водяных сетей) — не более 115°С , температура наружного воздуха для проектирования отопления — не ниже -30°С ;

марка чугуна (ГОСТ 1215—59) — не ниже КЧ 30—6.

Допускается применение арматуры из серого чугуна марки не ниже СЧ-15-32 (ГОСТ 1412—70) при температуре наружного воздуха для проектирования отопления не ниже -10°С и при других ограничениях для применения арматуры из ковкого чугуна.

Водяное отопление

Водяные системы отопления различают по способу циркуляции воды (с естественным и искусственным побуждением), по месторасположению разводящих магистралей (с верхней или нижней разводкой), по способу прокладки разводящих магистралей к отопительным стоякам (тупиковые и с попутным движением воды), по конструкции стояков и схеме присоединения к ним нагревательных приборов (двух- и однотрубные).

Системы с естественной циркуляцией воды (двух- и однотрубные) допускаются в зданиях с индивидуальной котельной при радиусе действия до 30 м и расстоянии по вертикали от центра прибора первого этажа до центра котла не менее 3 м (лист III.1). Водяные системы с естественной циркуляцией выполняются только с тупиковой разводкой магистралей. В малоэтажных жилых домах можно применять квартирную систему водяного отопления с верхней и нижней разводками и естественной циркуляцией. В остальных случаях водяное отопление устраивают с насосным побуждением циркуляции воды.

Верхнюю разводку с прокладкой подающих трубопроводов по тупиковой схеме следует применять при естественной циркуляции, сложности устройства подпольных каналов и отсутствии подвалов. Однотрубные вертикальные системы монтируют с верхней разводкой и нижней с П-образными стояками. Нижняя разводка трубопроводов особенно удобна в зданиях различной этажности и с плоской кровлей, а также при скоростном строительстве, когда по графику производства работ требуется обогрев помещения по мере готовности этажей здания. Тупиковая схема разводки имеет наименьшую протяженность и минимальные сечения магистральных трубопроводов.

При значительной протяженности циркуляционных колец, когда нет перерасхода труб на общих участках магистралей, в насосных симметричных системах можно применять схему разводки с попутным движением воды (лист III.2, рис. 1). На листе III.2, рис. 2 показаны горизонтальные системы водяного отопления в помещениях большой протяженности.

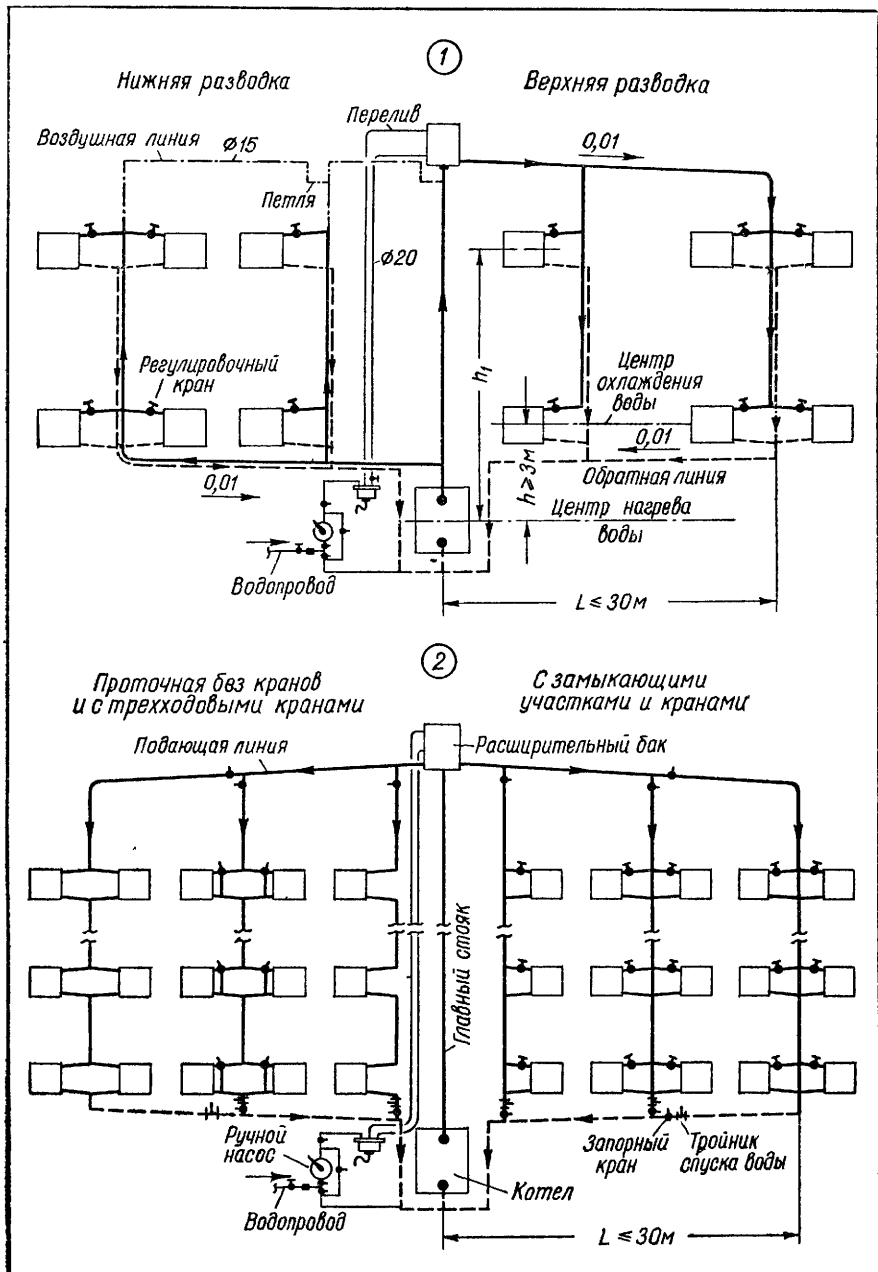
Двухтрубные системы по сравнению с однотрубными более сложны в монтаже, а при верхней разводке менее гидравлически устойчивы по вертикали, поэтому применяются они, как исключение, в зданиях высотой до 2 этажей.

Однотрубные системы более совершенны, чем двухтрубные — проще в монтаже и гидравлически устойчивы. Они бывают регулируемые и нерегулируемые, вертикальными и горизонтальными. Наибольшее распространение получили вертикальные однотрубные системы со смещенными и осевыми замыкающими участками и регулирующей арматурой на подводках отопительных приборов, а также нерегулируемые однотрубные проточные системы.

Однотрубные стояки со смещенными замыкающими участками и трехходовыми кранами в радиаторных узлах несколько снижают расход нагревательных приборов и обеспечивают компенсацию тепловых деформаций. Для повышения степени механизации заготовительно-монтажных работ однотрубные стояки рекомендуются выполнять с односторонним присоединением приборов (лист III.3, рис. 1).

В современных многоэтажных жилых и общественных зданиях следует устраивать вертикальные однотрубные проточно-регулируемые системы водяного отопления со смещенными замыкающими участками и трехходовыми кранами у нагревательных приборов — радиаторов, конвекторов и бетонных греющих панелей. На подводках к приборам можно устанавливать также краны двойной регулировки. Однотрубные проточные (нерегулируемые) системы водяного отопления наиболее экономичны, но применяются лишь в зданиях, где не требуется регулирование температуры воздуха отдельных помещений. Эти системы применяются в коммунальных и производственных зданиях в качестве дежурного отопления, если в помещениях имеются теплоизбытки, а также допускаются в театрах, кинотеатрах и клубах (зрительные залы обслуживаются отдельными ветвями системы отопления).

Для отопления зданий с плоскими кровлями без чердаков или с совмещенными кровлями широко применяют вертикальные однотрубные проточно-регулируемые системы с нижней разводкой магистралей. В этих системах с П-образными однотрубными стояками и трехходовыми кранами у нагревательных приборов можно постепенно наращивать стояки для поэтажного пуска системы отопления по мере возведения здания (лист III.3, рис. 1). Нормы СН 419—70 рекомендуют применение П-образных стояков в зданиях до 12 этажей; в зданиях большей этажности во избе-



Лист III.1. Системы водяного отопления с естественной циркуляцией;
1 — двухтрубные; 2 — одноктрубные.

Таблица VI.17. Сортамент труб тепловых сетей для надземной и подземной прокладки по МВН 1225—59, МВН 1233—59 и МВН 1234—59

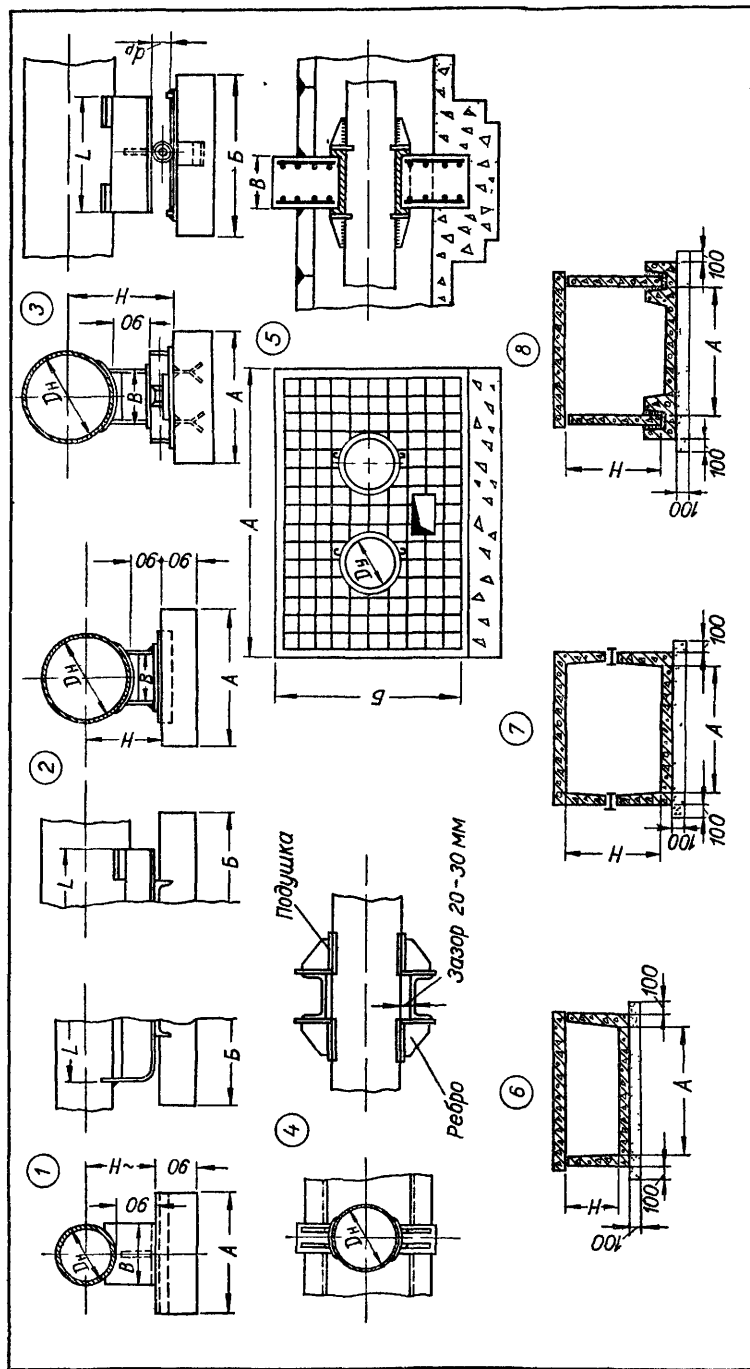
Диаметр, мм		Трубопроводы		Патрубки для соединения с плоскими приварными фланцами		Тип прокладки
D_y	D_H	толщина стенки, мм	масса 1 м трубы, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м трубы, кг	
ГОСТ 8732—70*						
25 *	32	2,5	1,76	3,5	2,46	Надземная, в тоннелях, в непроходных каналах и бесканальная
32 *	38	2,5	2,19	3,5	2,98	
40 *	45	2,5	2,62	3,5	3,58	
50	57	3,5	4,62	3,5	4,62	
70	76	3,5	6,26	4	7,1	
80	89	3,5	7,38	4	8,38	
100	108	4	10,26	4	10,26	
125	133	4	12,73	4	12,73	
150	159	4,5	17,15	4,5	17,15	
175	194	5	23,31	6	27,82	
200	219	6	31,52	6	31,52	
250	273	7	45,92	8	52,28	
300	325	8	62,54	8	62,54	
350	377	9	81,68	9	81,68	
ГОСТ 10704—63*						
25	32	2	1,48	3	2,15	Надземная, в тоннелях и в непроходных каналах
32	38	2	1,78	3	2,59	
40	45	2,5	2,62	3	3,11	
50	57	3	4	3,5	4,62	
70	76	3	5,4	4	7,1	
80	89	3	6,36	4	8,38	
100	108	3	7,77	4	10,26	
125	133	3,5	11,18	4	12,73	
400	426	6	62,14		92,56	Надземная, в тоннелях, в непроходных каналах и бесканальная при $p_{\text{раб}} \leq 16 \text{ кг/см}^2$, $t = 150^\circ \text{C}$
		7	72,33			
450	480	6	70,13		104,52	
		7	81,65			
500	530	6	77,53	9	115,62	
		7	90,28			

Чугунная арматура должна быть защищена от изгибающих и осевых нагрузок.

Задвижки диаметром 350 мм и более должны иметь обвод. Если в конструкции задвижки обвод не предусмотрен, устраивают специальную обводную линию диаметром 50 мм (при $D_{\text{задв}} = 350\text{—}600 \text{ мм}$). Задвижки диаметром 500 мм и более устанавливаются с электроприводом. Детали трубопроводов, применяемые в тепловых сетях (отводы, переходы, фланцы и крепежные детали), а также соединения труб должны удовлетворять требованиям правил Госгортехнадзора.

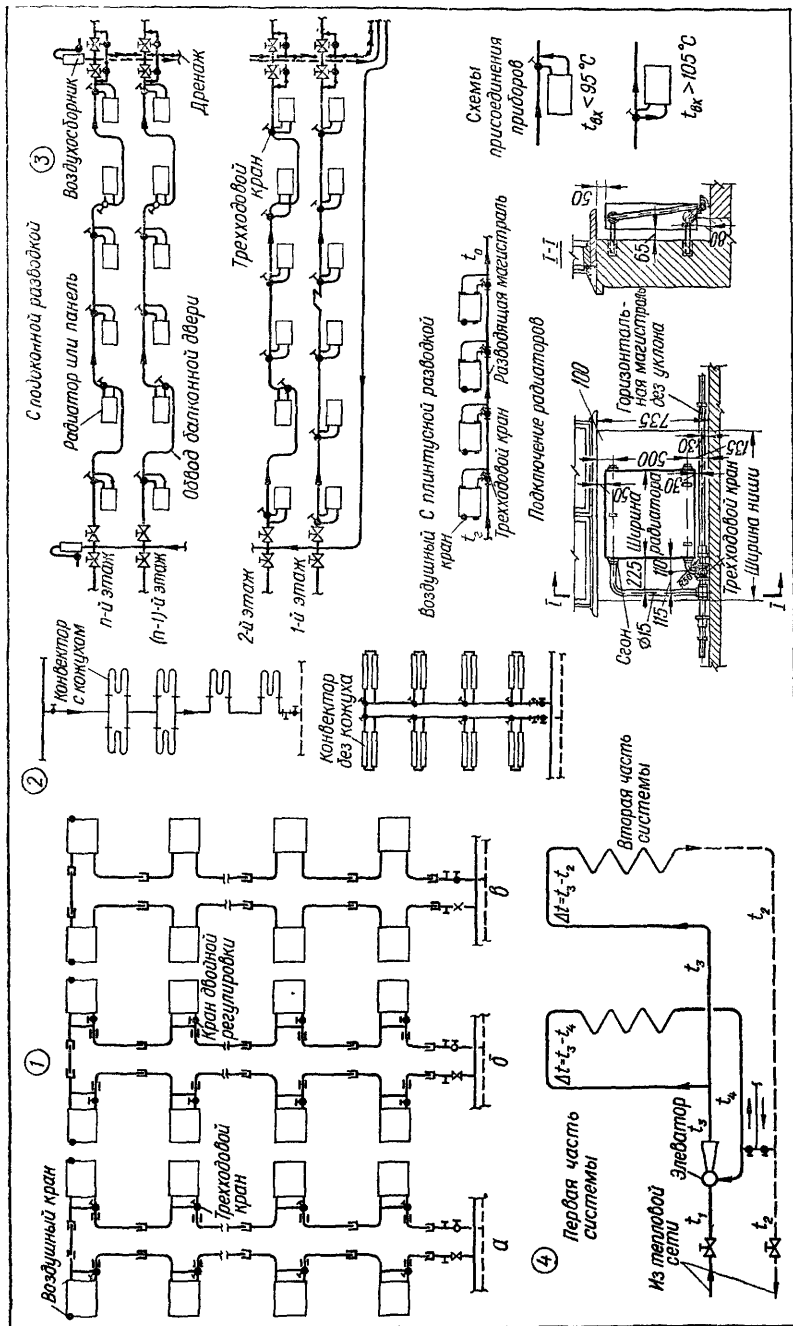
Опоры трубопроводов

Подвижные опоры в зависимости от способа прокладки и диаметров трубопроводов могут быть скользящие, катковые, подвесные и др. (лист VI.7, рис. 1—3). При подземной прокладке трубопроводов и непроходных каналов применяются только скользящие опоры на бетонных подушках, при надземной — катковые.



Лист VI.7. Опоры подвижные и неподвижные.

1 — скользящие (МВН 1301-60) для труб $D_n = 32 \rightarrow 194$ мм, 2 — то же (МВН 1305-60), для труб $D_n = 219 \rightarrow 1020$ мм, 3 — катковая (МВН 1309-60) для труб $D_n = 219 \rightarrow 1020$ мм, 4 — неподвижная лобовая опора (МВН 1322-56), тип III для труб $D_n = 273 \rightarrow 1020$ мм, 5 — щитовая неподвижная опора, 6 — непроходной канал типа КЛ, 7 — то же, типа КЛс, 8 — то же, типа КС.



— вертикальные с П-образными стойками (а, б — со смещенными замыкающими участками; в — проточный, или нерегулируемый);
 ? — стойки с конекторами; 3 — горизонтальные; 4 — с двумя перепадами температур в циркуляционных кольцах.

Таблица VI.18. Пролеты между подвижными опорами трубопроводов, м

Диаметр условного прохода, D_y , мм	Прокладка надземная и в проходных каналах при компенсаторах				Прокладка в непроходных каналах на бетонных по- душках
	П-образных		сальниковых		
	Параметры теплоносителя (ρ в кгс/см ² , t в °C)				
	$\rho = 8 \div 16$ $t = 100 \div 150$	$\rho = 8 \div 13$ $t = 250 \div 300$	$\rho = 8 \div 16$ $t = 100 \div 150$	$\rho = 8 \div 13$ $t = 250 \div 300$	
25	—	2	—	2	1,7
32	2	2	2	2	2
40	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
50	3	3	3	3	3
70	3,5	3,5	3,5	3,5	3
80	4	4	4	4	3,5
100	5	5	5	5	4
125	6	6	6	6	4,5
150	7	8	7	8	5
175	8	9	8	9	5,5
200	9	11	9	11	6
250	11	12	11	12	7
300	12	14	12	14	8
350	14	16	14	16	8
400	14	15	13	15	8,5

Таблица VI.19. Скользящие опоры и опорные подушки

Наружный диаметр трубы, D_n , мм	Обозначение опоры по МВН	Размеры опоры, мм, (лист VI.7, рис. 1, 2)			Масса опоры, кг	Размеры подушки, мм		
		H	L	B		A	B	
32	1301-11	106	250	40	1,21	200		
38	1301-12	110						
45	1301-13	113	300	50	1,57			
57	1301-14	118			1,6			
76	1301-15	128			1,9			
89	1301-16	135	400	80	2,59	200	300	
108	1301-17	145						2,76
133	1301-18	157			2,95			
159	1301-19	170			3,14			
219	1305-21	200			7,62			
273	1305-22	226	500	150	7,95	400		
325	1305-23	253			11,6			
377	1305-24	278			230	12,2	500	
426	1305-25	303						

Основные размеры и вес скользящих и катковых опор и рекомендуемые пролеты между подвижными опорами при их прокладке приведены в табл. VI.18—VI.20*.

Таблица VI.20. Катковые опоры

D_n , мм	Обозначение опоры по МВН	Размеры опоры, мм (лист VI.7, рис. 3)						Масса опоры, кг
		d_p	H	L	B	A	$Б$	
219	1309-21	50	255	250	136	200	250	11
273	1309-22		283		148	230		12,2
325	1309-23		310	300	190	270	280	16
377	1309-24		355		202	280		16,8
426	1309-25	80	360		237	320		19,4

Вертикальные нагрузки на подвижные опоры определяют по формуле, кгс

$$P = ql, \quad (VI.86)$$

где q — масса 1 м трубопровода (трубы, изоляции и воды), кг (табл. VI.20);

l — пролет между опорами, м.

Горизонтальные нагрузки, возникающие за счет реакции трения опоры при тепловом удлинении трубопровода, определяют по формуле, кгс

$$N_{тр} = \mu ql, \quad (VI.87)$$

где μ — коэффициент трения подвижных опор, равный для скользящих опор 0,3, для катковых — 0,1.

Неподвижные опоры (лист VI.7, рис. 4) закрепляют отдельные точки трубопроводов, делят его на независимые в отношении температурных удлинений участки и воспринимают усилия, возникающие в трубопроводах этих участков при разных схемах компенсации тепловых удлинений.

Неподвижные опоры в камерах при подземной прокладке труб выполняются металлическими и могут быть с вертикальными упорами (МВН 1316—56, 1322—56), лобовыми (МВН 1316—60) и хомутовыми (МВН 2347—63).

Данные по щитовым железобетонным неподвижным опорам приведены на листе VI.7, рис. 5 и в табл. VI.21 и VI.22.

Таблица VI.21. Неподвижные щитовые опоры (лист VI.7, рис. 5)

D_y , мм	Размеры опоры, мм			Осевое усилие от двух труб, т	D_y , мм	Размеры опоры, мм			Осевое усилие от двух труб, т
	A	B	B			A	B	B	
50	1100	700	150	1	200	2000	1100	200	15
70	1400	900		1	250	2500	1400	250	20
100				3	300			300	30
125				5	350			350	40
150		5		400	400			50	

* Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. М., Госстройиздат, 1965.

жание увеличенных расходов теплоносителя приходится применять верхнюю разводку однотрубных стояков. Проточные и проточно-регулируемые однотрубные стояки применяют при устройстве конвекторов (лист III.3, рис. 2).

В жилищном строительстве успешно внедряются системы с высоким гидравлическим сопротивлением при скорости воды в трубах более $0,5 \text{ м/с}$ — однотрубная с нижней разводкой и греющими бетонными панелями, горизонтально-проточная с разнообразными приборами, в которых при повышенных скоростях теплоносителя воздух выносятся из разводящих магистралей в стояки с воздухоотводчиками. Такие системы могут работать при обычных температурных перепадах $95-70^\circ \text{C}$ и высокотемпературной воде, например, горизонтальные проточно-регулируемые однотрубные системы с поэтажным расположением разводящих труб по периметру здания под окнами или по плинтусам (лист III.3, рис. 3). Устройство самостоятельных горизонтальных однотрубных ветвей от основной системы отопления целесообразно, например, в магазинах многоэтажных зданий, вестибюлях вокзалов, в спортивных сооружениях и т. д.

Представляет интерес система водяного отопления с двумя перепадами температур теплоносителя в циркуляционных кольцах (работает от элеваторного узла и имеет две части). Охлажденный теплоноситель из первой части системы поступает в элеватор, где смешивается с горячей водой из тепловой сети, и возвращается в тепловую сеть, минуя элеватор (лист III.3, рис. 4). Такая схема работы системы отопления позволяет получить экономию поверхности нагревательных приборов*.

Отопление с чугунными, стальными штампованными радиаторами и греющими бетонными панелями или конвекторами с высокотемпературной водой осуществляется при насосной циркуляции по разнообразным схемам питания приборов теплоносителем. Температура воды, циркулирующей в чугунных радиаторах, в зависимости от схемы питания и расхода теплоносителя, на $8-12^\circ \text{C}$ выше температуры наружной поверхности приборов. Это объясняется охлаждением и малой теплопроводностью слоя воды у стенок радиаторов, вследствие чего температура поверхности прибора значительно ниже температуры ядра потока.

Питание нагревательных приборов при температуре воды 95°C следует осуществлять по схемам «сверху — вниз» или «снизу — вверх», а при температуре более 95°C — главным образом по схеме «снизу — вверх» (в зависимости от требуемой температуры поверхности приборов). Воду с температурой $t_{\text{г}} \geq 105^\circ \text{C}$ наиболее целесообразно подавать от ТЭЦ или районных котельных, так как при индивидуальных котельных, которые оборудованы малометражными котлами, работающими на низкокалорийном топливе, получить высокотемпературную воду трудно. Питание обычной системы отопления (параметры $95-70^\circ \text{C}$) высокотемпературной водой (до 150°C) от ТЭЦ осуществляется с предварительным снижением температуры горячей воды (при зависимой схеме). Для этого в узлах управления тепловых вводов теплосети в здания (в тепловых пунктах) устанавливают водоструйные элеваторы для подмешивания в высокотемпературную воду охлажденной воды из местной системы отопления с температурой 70°C .

Давление на вводе тепловой сети в здание должно обеспечивать надежную работу элеваторного узла и циркуляцию воды во всех частях системы отопления. В необходимых случаях предусматривают установку насосов для повышения циркуляционного давления в системе (например, при независимой схеме с теплообменником). Величина суммарного статического и динамического давлений в системе водяного отопления не должна превосходить давления допускаемого механической прочностью принятых к установке нагревательных приборов.

Паровое отопление

Обычно применяются двухтрубные системы парового отопления низкого давления с верхней или нижней разводкой (лист III.4, рис. 1). В двухэтажных зданиях (например, в банях, прачечных и т. д.) целесообразно использовать среднюю разводку с прокладкой парогроводов под потолком 1-го этажа (лист III.4, рис. 2). В зданиях с индивидуальной котельной в подвале паровое отопление низкого давления

* Госстрой УССР. Временные указания по проектированию и монтажу водяных элеваторных систем отопления с двумя перепадами температур теплоносителя по кольцам системы (РСН 259—73).

Таблица VI.22. Расстояния, м, между неподвижными опорами трубопроводов с П-образными (П) и сальниковыми (С) компенсаторами

$D_y, \text{мм}$	Теплоноситель (ρ в кгс/см ³ , t в °С)					
	Вода		Пар			
	$p = 8 \div 16$ $t = 100 \div 150$		$p = 8$ $t = 250$		$p = 13$ $t = 300$	
	П	С	П	С	П	С
25	—		50		50	
32	50		50		50	
40—50	60	—	60	—	60	—
70	70		70		70	
80	80		80		80	
100	80	70	80	60	80	50
125	90		90		90	
150	100		100		90	
175	100	80	100			
200				70	100	60
250	120	100				
300		100	120		120	
350	140	120			120	
400	160	140	140	100	140	80

Примечание Расстояние между неподвижными опорами трубопроводов на участках саморегулирования рекомендуется принимать не более 60% от указанных для П-образных компенсаторов

Расчет труб на прочность

Расчет трубопроводов тепловых сетей на прочность на основную и дополнительную нагрузки производится в соответствии с требованиями «Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды» Госгортехнадзора СССР *. Основной нагрузкой является внутреннее давление теплоносителя, дополнительными — нагрузки от собственного веса трубопровода, ветровая нагрузка (при надземной прокладке) и нагрузки, возникающие при компенсации тепловых удлинений.

Определение толщины стенки трубы или проверка заданной толщины стенки производится на основную нагрузку. Расчетом труб на дополнительные нагрузки проверяются принятые конструктивные размеры (пролеты между опорами, габариты компенсаторов) по допускаемым эквивалентным напряжениям, определяются компенсационные напряжения при известных пролетах между опорами и заданной толщине стенки трубы, определяются допускаемые пролеты.

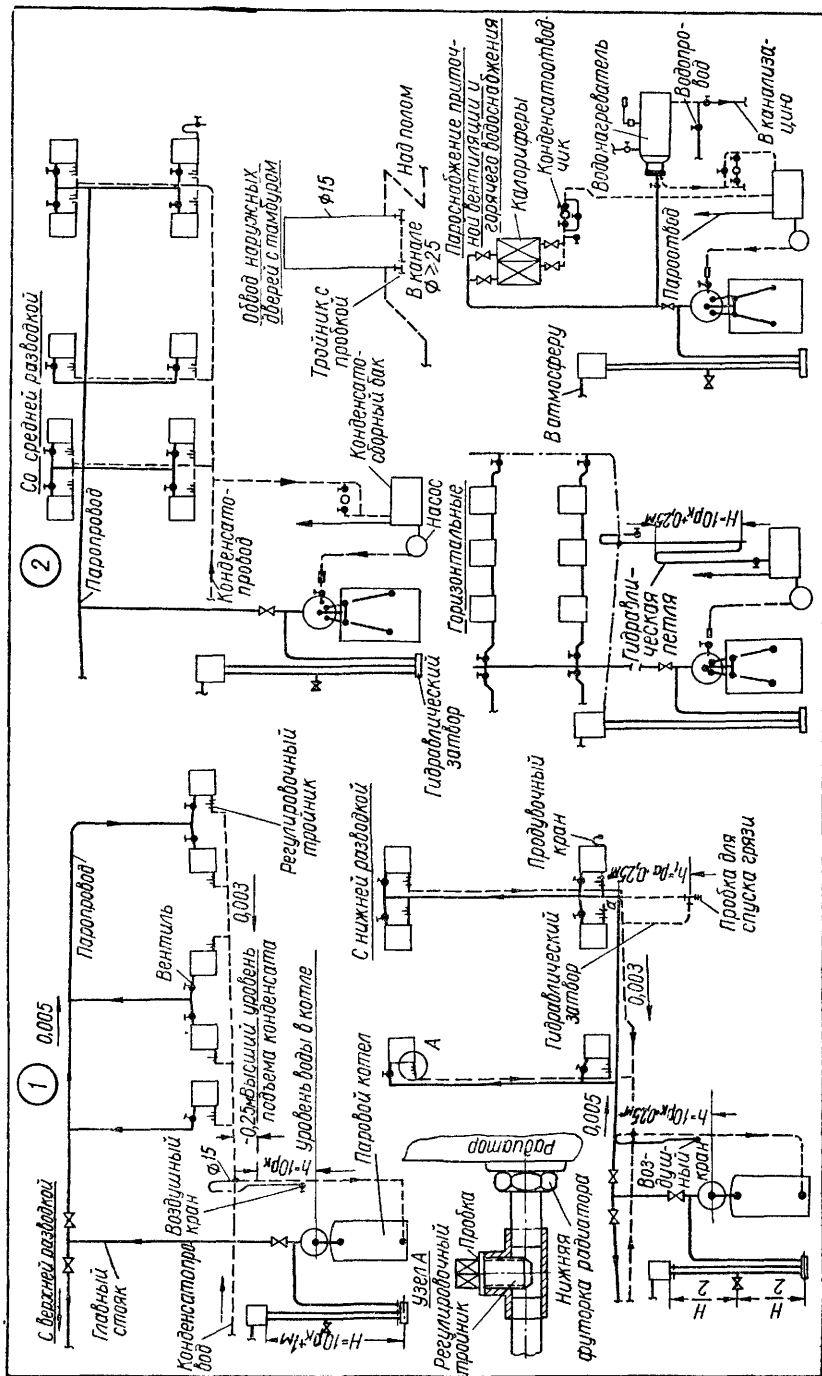
Толщина стенки трубы s' , находящейся под внутренним давлением p , определяется в зависимости от типа устанавливаемых компенсаторов по формулам, мм:

$$s' = \frac{\rho D_n}{230\sigma_{\text{доп}}\Phi + p} + C; \quad (\text{VI.88})$$

при сальниковых компенсаторах

$$s' = \frac{\rho D_n}{200\sigma_{\text{доп}}\Phi + p} + C, \quad (\text{VI.89})$$

* Сборник правил и руководящих материалов по котлонадзору. М., «Недра», 1974.



Лист III.4. Системы парового отопления низкого давления:
1 — замкнутые; 2 — разомкнутые.

где p — рабочее давление среды, кгс/см^2 ;

$\sigma_{\text{доп}}$ — допускаемое напряжение от внутреннего давления, кгс/см^2 ;

D_n — наружный диаметр трубы, мм ;

Φ — коэффициент прочности продольного шва, принимаемый: для бесшовных труб — 1, для сварных с продольным швом — 0,8, для сварных со спиральным швом — 0,6;

C — прибавка к расчетной толщине стенки трубы, мм .

Величина прибавки C для бесшовных труб по ГОСТ 8732—70* обычной точности изготовления с допускаемым минусовым отклонением по толщине стенки трубы 15% принимается равной 0,167 мм .

Величина прибавки C для сварных труб принимается по ГОСТ 5681—57* в зависимости от толщины стальных листов, мм :

Толщина листа	5—5,5	6—7	8 и более
C	0,5	0,6	0,8

Допускаемое напряжение $\sigma_{\text{доп}}$ от внутреннего давления принимается равным номинальному допускаемому напряжению $\sigma_{\text{доп}}^*$ (табл. VI.23).

Таблица VI.23. Номинальные допускаемые напряжения $\sigma_{\text{доп}}^*$, кгс/мм^2 , для углеродистых сталей

Расчетная температура стенки, $^{\circ}\text{C}$	Марка стали			
	Ст 2	10	Ст 3	20
20	13	13	14	14,7
250	10,9	11,2	12	13,2
275	10,3	10,6	11,4	12,6
300	9,8	10	10,8	11,9

Примечание. Для промежуточных значений температуры стенки величина $\sigma_{\text{доп}}^*$ определяется путем интерполяции с округлением до 0,05 кгс/мм^2 в сторону меньшей величины

Проверка заданной толщины стенки трубы, находящейся под внутренним давлением, должна удовлетворять условию

$$\sigma_{\text{пр}} \leq \sigma_{\text{доп}}$$

где $\sigma_{\text{пр}}$ — приведенное напряжение от внутреннего давления, кгс/мм^2 .

Приведенное напряжение от внутреннего давления в зависимости от типа устанавливаемых компенсаторов определяется по формулам, кгс/мм^2 :

при гибких компенсаторах

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{p(D_n - s_{\text{расч}})}{230 \cdot s_{\text{расч}} \Phi}; \quad (\text{VI.90})$$

при сальниковых компенсаторах

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{p(D_n - s_{\text{расч}})}{200 \cdot s_{\text{расч}} \Phi}, \quad (\text{VI.91})$$

где s — принятая номинальная толщина стенки трубы, мм (табл. VI.24);

$s_{\text{расч}}$ — расчетная толщина стенки трубы, равная $s - C'$;

C' — минусовый допуск на толщину стенки по соответствующему ГОСТу на трубы.

Для бесшовных труб по ГОСТ 8732—70* обычной прочности изготовления $C' = 0,15 \text{ мм}$; для сварных труб принимается $C' = C$, но не менее 0,5 мм .

Таблица VI.24. Основные расчетные характеристики труб

Диаметры, мм		Площадь сечения F , см ²	Толщина стенки трубы, мм		Площадь стенки трубы, см ²		Момент инерции, см ⁴		Момент сопротивления, см ⁴	
наружный D_H	внутренний D_B		номинальная s	расчетная $s_{расч}$	f	$f_{расч}$	I	$I_{расч}$	W	$W_{расч}$
32	27	28	2,5	2	2,31	1,88	2,54	2,13	1,59	1,33
38	33	34	2,5	2	2,79	2,26	4,41	3,68	2,32	1,93
45	40	41	2,5	2	3,30	2,70	7,56	6,26	3,36	2,78
57	50	51,06	3,5	2,97	5,92	5,04	21,1	18,4	7,42	6,46
76	69	70,06	3,5	2,97	7,96	6,81	52,5	45,5	13,8	11,96
89	82	83,06	3,5	2,97	9,41	8,02	86,1	74,7	19,3	16,8
108	100	101,2	4	3,4	13,11	11,17	177	153	32,8	28,3
133	125	126,2	4	3,4	16,2	13,8	338	291	50,8	43,8
159	150	151,4	4,5	3,82	21,9	18,5	652	560	82	70,5
219	207	208,8	6	5,1	40,2	34,2	2279	1960	208	119
273	259	261,1	7	5,95	58,4	49,9	5177	4450	379	326
325	309	311,4	8	6,8	79,7	68,8	10014	8600	616	529
	307	309,7	9	7,65	89,4	76,3	11162	9600	687	591
377	359	361,7	9	7,65	104	89	17624	15140	935	803
	357	360	10	8,5	115	98	19426	16700	1031	886
426	408	410,7	9	7,65	118	100	25640	21990	1204	1032
	414	415,2	6	5,4	79	71	17460	15760	820	741

Примечание. Номинальная толщина стенок труб с принята по сорту трубок тепловых сетей. Расчетная толщина стенок труб $s_{расч}$, которая принимается для расчета на прочность от внутреннего давления и внешних нагрузок, дана с учетом допускаемого минусового отклонения по толщине стенок трубы, предусмотренного ГОСТами на трубы.

желательно устраивать в виде наиболее простой, замкнутой системы без питательных насосов для перекачки конденсата в паровые котлы.

Замкнутые паровые системы отопления с верхней или нижней разводкой могут работать при таком расположении нагревательных приборов над уровнем воды в котле, когда столб воды высотой h уравновешивает рабочее давление пара в котле p_k в кгс/см^2 и преодолевает сопротивление в питательной линии, обеспечивая самотек конденсата в котел, т. е. когда $h = 10 p_k + 0,25 \text{ м}$. В низшей точке на переломе конденсатопровода устраивают воздушную трубку на $0,25 \text{ м}$ выше уровня конденсата в вертикальной трубе, идущей к котлу.

При нижней разводке для отвода попутного конденсата из паропроводов и вертикальных паровых стояков в конечных точках системы устраивают гидравлические затворы (лист III. 4, рис. 1), представляющие собой петлю, в которой во время работы системы поддерживается разность высот столбов воды $h_1 = 10 p_a + 0,25 \text{ м}$, уравновешивающая давление пара p_a в точке a . Стекающий конденсат, по мере скопления его в петле, выжимается паром в сборную конденсационную магистраль. Система парового отопления низкого давления с нижней разводкой дает наибольшую экономию металла. Однако при этой схеме, особенно в однотрубных вертикальных системах, из-за противотока пара и попутного конденсата наблюдаются гидравлические удары в паропроводах.

Система с верхней разводкой удобна в эксплуатации, так как работает почти бесшумно, без устройства гидравлических затворов и петель, требующих систематического надзора.

При небольшой высоте котельной и установке парового котла на одном уровне с отапливаемыми приборами или в случае расположения нагревательных приборов на незначительной по отношению к котлу высоте приходится применять более дорогую систему парового отопления — разомкнутую с искусственной перекачкой конденсата в котлы (лист III.4, рис. 2). Из системы парового отопления конденсат поступает самотеком в сборный бак котельной. Общую конденсационную линию в ней запирают гидравлическим затвором-петлей высотой h , уравновешивающей давление пара в котле с запасом $0,25 \text{ м}$, или конденсатоотводчиком при давлении пара перед ним не менее $0,3 \text{ кгс/см}^2$.

На листе III.4, рис. 2 показаны вертикальная и горизонтальная с поэтажными ветвями системы парового отопления низкого давления по разомкнутой схеме, которые дают большую экономию металла. Для централизованного отвода воздуха перед гидравлической петлей монтируют воздушный кран. Недостатком этих систем является возможность образования гидравлических ударов при движении пара и конденсата по одной разводящей ветви трубопровода, а также появления течи в резьбовых соединениях при жестком соединении прибора с трубопроводом. Эти системы, как исключение, могут применяться при коротких поэтажных ветвях (не более $20—25 \text{ м}$).

Все перечисленные системы парового отопления низкого давления сообщаются с атмосферой, поэтому называются открытыми.

Давление пара для систем парового отопления высокого давления зависит от прочности нагревательных приборов и допустимой температуры на их поверхности. Оно должно составлять $1—5 \text{ кгс/см}^2$. В необходимых случаях давление пара на входе в здание снижают дроселированием специальным клапаном-редуктором (лист III.5, рис. 1). Однако при редуцировании происходит осушка и перегрев пара, что снижает коэффициенты теплопередачи нагревательных приборов и теплообменников.

Практический интерес представляет использование теплоты перегретого конденсата для получения пара вторичного вскипания как теплоносителя паровых систем отопления низкого давления (например, для отопления бытовых и вспомогательных помещений промышленных предприятий). Для получения такого пара устанавливаются закрытые расширительные баки-сепараторы (давление в них достигает $0,5 \text{ кгс/см}^2$), куда поступает конденсат от потребителей пара высокого давления. Бак оборудуют водомерным стеклом и предохранительным устройством. При давлении пара более $0,5 \text{ кгс/см}^2$ бак снабжают грузовым клапаном, а при давлении менее $0,5 \text{ кгс/см}^2$ — гидравлическим затвором.

На листе III.5, рис. 2 показана принципиальная схема использования пара вторичного вскипания для отопления. Количество такого пара в зависимости от начального давления p_1 перед теплообменником (калорифером, водонагревателем и др.) и конечного p_2 в баке-сепараторе можно найти из табл. III.6.

Компенсация тепловых удлинений трубопроводов

Величина теплового удлинения трубопровода определяется по формуле, мм

$$\Delta l = \alpha l (t_1 - t_2), \quad (\text{VI.92})$$

где α — коэффициент линейного расширения углеродистых трубных сталей, мм/м · °С (табл. VI.25);

l — длина рассматриваемого участка трубопровода, м;

t_1 — максимальная температура стенки трубы, принимаемая равной максимальной температуре теплоносителя, °С;

t_2 — минимальная температура стенки трубы, принимаемая равной расчетной температуре наружного воздуха для отопления ($t_2 = t_{н.о.}$).

Таблица VI.25. Коэффициенты линейного расширения трубных сталей α и модуль упругости E

Температура стенки трубы, °С	$\alpha \cdot 10^2$, мм/м · °С	$E \cdot 10^{-6}$, кгс/см ²	Темпера- тура стен- ки трубы, °С	$\alpha \cdot 10^2$, мм/м · °С	$E \cdot 10^{-6}$, кгс/см ²	Темпера- тура стен- ки трубы, °С	$\alpha \cdot 10^2$, мм/м · °С	$E \cdot 10^{-6}$, кгс/см ²
20	1,18	2,05	150	1,25	1,93	250	1,31	1,82
75	1,20	1,99	175	1,27	1,915	275	1,32	1,79
100	1,22	1,975	200	1,28	1,875	300	1,34	1,755
125	1,24	1,95	225	1,30	1,847	325	1,35	1,727

Для компенсации тепловых удлинений трубопроводов применяются сальниковые и гибкие П-образные компенсаторы, а также используются повороты трассы (самокомпенсация).

Для обеспечения правильной работы компенсаторов и самокомпенсации трубопроводы делятся неподвижными опорами на отдельные участки, независимые один от другого в отношении теплового удлинения. На каждом участке трубопровода, ограниченном смежными неподвижными опорами, предусматривается установка компенсатора или самокомпенсация.

Установка компенсаторов (сальниковых, гибких) вызывает дополнительные затраты при монтаже и в период эксплуатации, поэтому при разработке монтажной схемы необходимо стремиться к минимальному количеству их.

При расстановке по трассе неподвижных опор нужно иметь в виду следующее: неподвижные опоры устанавливаются в первую очередь в местах ответвлений трубопровода;

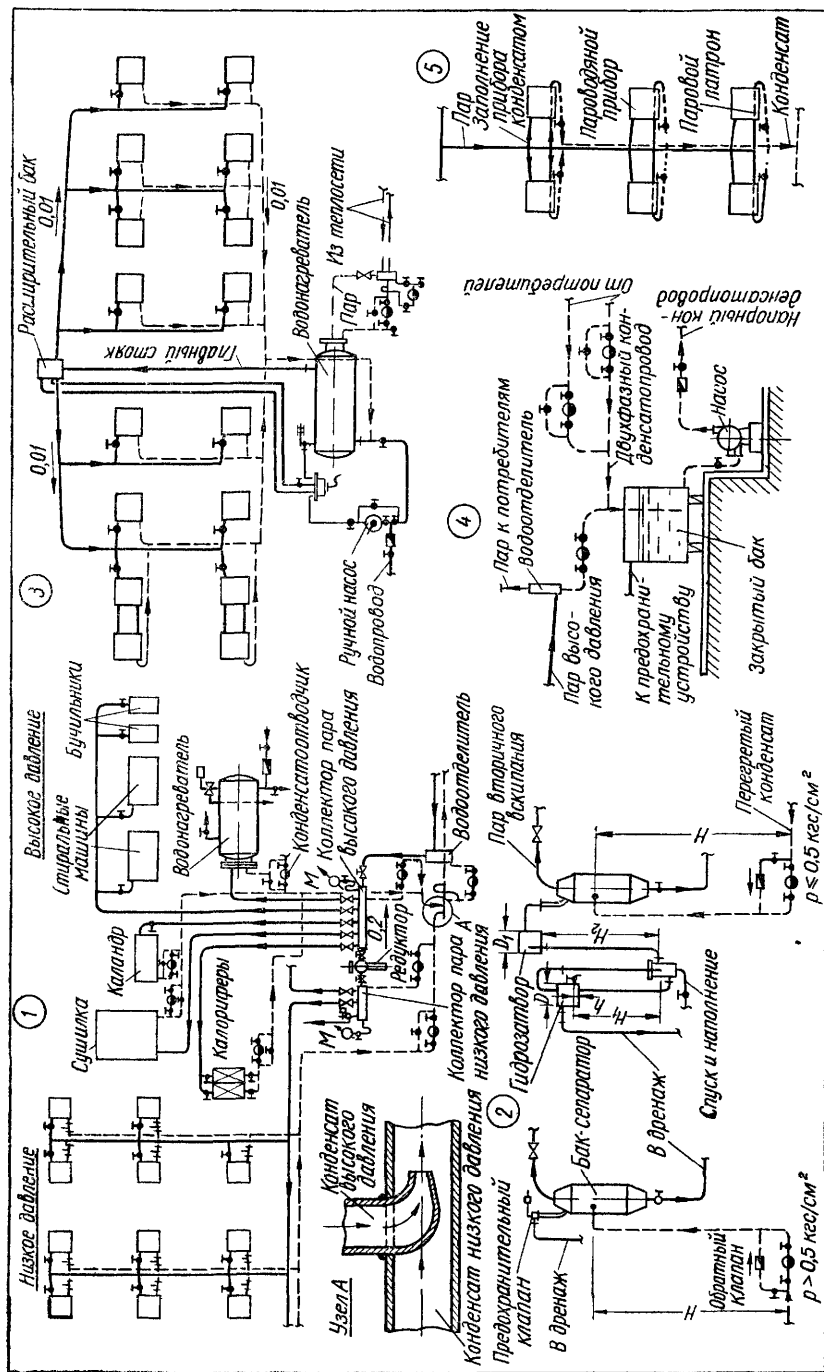
самокомпенсацию теплового удлинения можно использовать при величине образуемого трубами угла не более 120°; при больших углах трубы должны быть закреплены;

при расстановке неподвижных опор на остальных прямых участках исходят из допускаемых расстояний между неподвижными опорами в зависимости от диаметра труб, типа компенсаторов и параметров теплоносителя (см. табл. VI.22).

При подземной прокладке за пределами населенных мест и при надземной прокладке применяются гибкие компенсаторы. В тепловых сетях городов и поселков на трубопроводах диаметром более 100 мм обычно применяются сальниковые компенсаторы стальные односторонние и двусторонние по МВН 2593—61 и МВН 2598—61 на условное давление до 16 кгс/см² (лист VI.8, рис. 1, 2, табл. VI.26).

Расчетную компенсирующую способность сальниковых компенсаторов принимают меньше указанной в табл. VI.26 на величину Z , которая учитывает возможное смещение неподвижных опор и неточность изготовления. Значение величины Z принимают равным 40—50 мм для односторонних и 100 мм для двусторонних компенсаторов.

При определении габаритов камер в случае неполного использования компенсирующей способности компенсатора установочную его длину $L_{уст}$ находят по формуле



Лист III.5. Комбинированные системы пароснабжения и отопления:

1 — пароснабжение прачечной; 2 — использование пара вторичного вскипания, 3 — пароводяное отопление с центральным водонагревом; 4 — закрытая система пароснабжения высокого давления; 5 — децентрализованная система пароснабжения.

Таблица III.6. Количество пара вторичного вскипания, кг на 1 т пара, прошедшего через теплообменник

Давление пара перед теплообменником p_1 , кгс/см ²	Количество пара, кг/т, при давлении в точке отбора p_2 , кгс/см ²											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2
0,3	11	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,4	16	10	5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,5	21	16	10	5	—	—	—	—	—	—	—	—
0,6	25	20	14	9	4	—	—	—	—	—	—	—
0,7	30	24	19	14	9	4	—	—	—	—	—	—
0,8	34	28	23	18	13	9	4	—	—	—	—	—
0,9	38	33	27	22	17	13	9	4	—	—	—	—
1	42	36	31	26	21	17	13	8	4	—	—	—
1,5	60	55	49	45	40	35	31	27	23	19	—	—
2	76	71	66	61	56	52	48	43	39	35	17	—
2,5	91	86	81	76	71	67	62	58	54	50	32	15
3	105	100	94	60	85	81	76	72	68	64	45	29
3,5	118	113	107	103	98	94	90	85	82	78	59	43
4	130	125	120	115	110	105	102	98	94	90	71	55
5	153	148	143	138	133	129	125	121	117	114	95	80

Примечание Данные таблицы не учитывают пролетного пара, примешивающегося к пару вторичного вскипания в связи с неизбежными пропусками пара (3—5%) конденсатоотводчиками.

Перегретый конденсат иногда целесообразно использовать в теплообменниках, например, горячего водоснабжения или водяного отопления. Охладившись до температуры 70—80° С, конденсат возвращается в котельную самотеком или перекачивается насосом.

Пар высокого давления, получаемый от производственных котельных, можно использовать в гражданских зданиях для отопления с устройством комбинированных пароводяных систем и с централизованным подогревом воды (лист III.5, рис. 3). В этом случае, обычно в подвале здания, устанавливают пароводяные скоростные или емкие водонагреватели с подачей в них пара с давлением до 5—6 кгс/см² (в зависимости от прочности емкостей).

В случае присоединения потребителей пара высокого давления непосредственно к наружной теплосети целесообразно использовать закрытые схемы пароснабжения с возвратом конденсата на тепловой центр по напорному конденсатопроводу. Конденсат возвращается под действием остаточного давления или перекачивается насосом (лист III.5, рис. 4). Напорные конденсатопроводы в меньшей степени подвержены коррозии труб, чем самотечные.

Практический интерес представляет отопление отдельных помещений пароводяными приборами с децентрализованным подогревом воды в радиаторах, который осуществляется при помощи особых патронов из труб диаметром 15 мм, установленных в нижней пробке прибора. В патроны-нагреватели пар подают по тупиковой или проточной схеме с присоединением приборов к двух- или однотрубным стоякам (лист III.5, рис. 5). Приборы заполняют конденсатом по верхней подводке от парового стояка. Применение пароводяной системы с децентрализованным подогревом воды рекомендуется, как исключение (при соответствующем обосновании), для отопления административных помещений, магазинов, помещений охраны, столовых, душевых, амбулаторий и производственных цехов, где нежелательно использование пара.

Воздушное отопление

В воздушной системе отопления воздух нагревают огневыми, паровыми или водяными воздушонагревателями — калориферами. В отапливаемые помещения его подают при помощи естественного (теплого) или искусственного (вентиляторного) побуждения.

D_y , мм	D_n , мм	Наружный диаметр расточки стакана $D_{сн}$, мм	Площадь сечения стакана F_c , см ²	Наружный диаметр фланцев $D_{фн}$, мм	Наружный диаметр корпуса $D_{кн}$, мм	Длина компенсатора A_m , мм	Наибольшая компенсирующая способность l_k , мм	Масса, кг
100	108	104	85	190	133	820/1620	250/2 × 250	20,5/41,6
125	133	128	129	115	159	835/1620		25,4/49,9
150	159	154	186	250	194	990/1900		43,8/86,4
200	219	212	353	345	273	1160/2160		92/177
250	273	265	552	395	325	1210/2160	300/2 × 300	125,9/243
300	325	318	794	450	377	1170/2160		158/305
350	377	370	1075	500	426	1175/2160		167/318
400	426	418	1372	560	478	1360/2560	400/2 × 400	212/405

Примечание. В числителе указаны размеры для одностороннего компенсатора (МВН 2593—61), в знаменателе — для двустороннего (МВН 2598—61)

$$L_{уст} = A - Z - (L_{расч} - \Delta l), \quad (VI.93)$$

где $L_{расч}$ — расчетная компенсирующая способность компенсатора, мм

Монтажная длина сальникового компенсатора L_m определяется с учетом температуры наружного воздуха при монтаже трубопроводов по формуле

$$L_m = L_{уст} - 0,0125 (t_m - t_{н.о.}) l, \quad (VI.94)$$

где t_m — температура наружного воздуха, при которой производится монтаж трубопровода, °С.

Пример VI.9. Определить тепловое удлинение участка трубопровода, установочную и монтажную длину одностороннего сальникового компенсатора. Длина участка между неподвижными опорами $l = 80$ м, $D_y = 400$ мм, максимальная температура теплоносителя $t = 150$, $t_{н.о.} = -21$, $t_m = +10$ °С.

По табл. VI.26 находим максимальную длину компенсатора $A_m = 1360$ мм и наибольшую его компенсирующую способность $l_k = 400$ мм.

Определяем тепловое удлинение участка по формуле (VI.92)

$$\Delta l = 1,25 \cdot 10^{-2} (150 + 21) 80 = 170 \text{ мм.}$$

Расчетная компенсирующая способность компенсатора

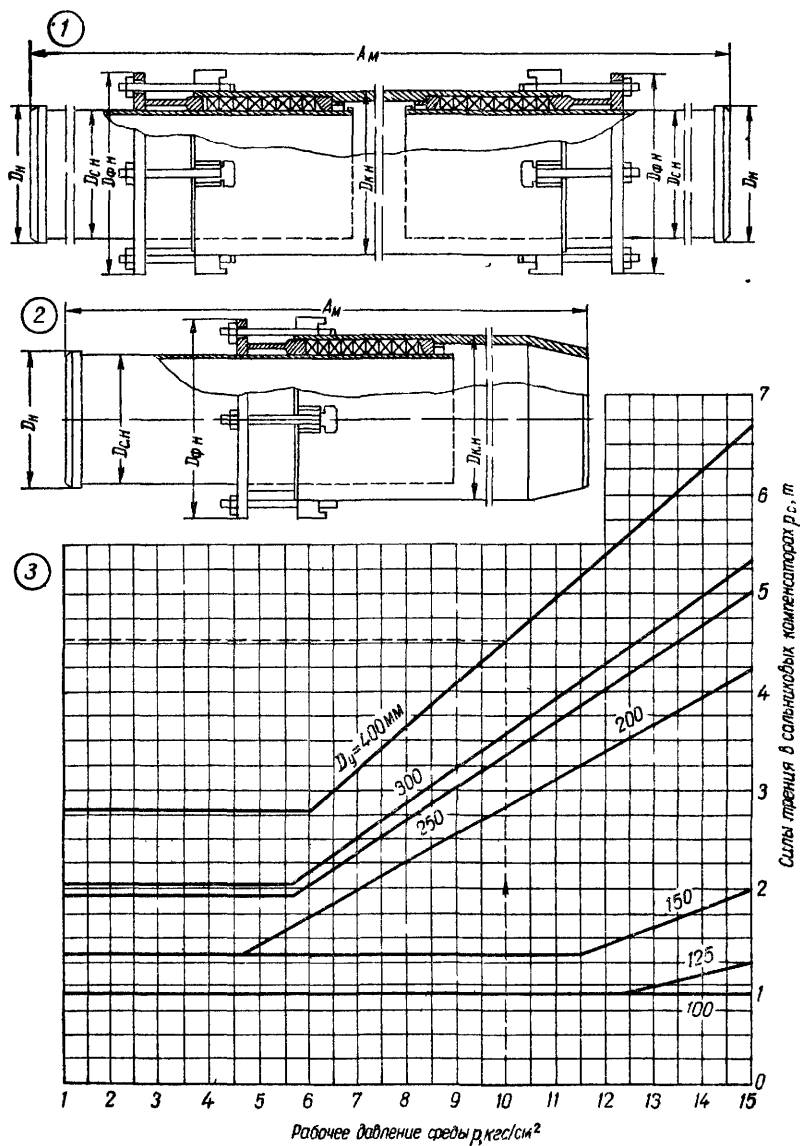
$$L_{расч} = 400 - 40 = 360 \text{ мм}$$

Установочная длина компенсатора по формуле (VI.93)

$$L_{уст} = 1360 - 40 - (360 - 170) = 1130 \text{ мм}$$

Монтажная длина компенсатора по формуле (VI.94)

$$L_m = 1130 - 0,0125 (10 + 21) 80 = 1100 \text{ мм.}$$



Лист VI.8. Компенсаторы

1 — сальниковый двухсторонний по МВН 2998 61, 2 — то же, односторонний по МВН 2593 61, 3 — номограмма для определения сил трения сальниковых компенсаторов.

Система воздушного отопления работает с потной рециркуляцией воздуха, если нагретый воздух по охлаждению в отапливаемом помещении возвращается обратно в калорифер для повторного подогрева. Если при этом добавляется некоторое количество наружного воздуха (такая система совмещена с вентиляцией и работает с частичной рециркуляцией), система является более гигиеничной в эксплуатации (лист III 6, рис 1)

Радиус действия систем воздушного отопления с естественным побуждением не превышает 10 м, поэтому их применяют в многоквартирных жилых домах с установкой в подвале здания разнообразных конструкций огневых калориферов на твердом, жидком или газообразном топливе (лист III 6, рис 2)

В общественных зданиях (музеях, клубах, кинотеатрах, театрах, торговых предприятиях) воздушные системы отопления устраивают с вентиляторным побуждением

Воздушные системы отопления, совмещенные с приточной вентиляцией, рекомендуется применять в помещениях большого объема (театрах, кинотеатрах и клубах со зрительным залом), не имеющих наружных стен. Кроме того, допускается их устройство в многоэтажных жилых домах. Внедрение этих систем в жилищном строительстве ограничивается из-за сложности регулировки температуры воздуха в отдельных помещениях (лист III 6, рис 3)

Для отопления жилого многоэтажного здания воздух нагревают централизованно калориферными установками с естественным и вентиляторным побуждением, расположенными в подвале, или децентрализованно местными агрегатами, установленными в каждой квартире (лист III 6, рис 4). Такие агрегаты (например, типа КДМ-56С) устанавливают под потолком коридора. Они имеют теплопроизводительность 5000 ккал/ч при объеме подаваемого наружного воздуха 150 м³/ч и параметрах теплоносителя 95—70°С

Агрегат состоит из центробежного вентилятора Ц-13-50, размещенного на одной оси с электродвигателем АОЛ Б 12-4 мощностью 180 Вт при 1400 об/мин, фильтра для очистки воздуха и воздушнонагревателя из спирально-навивных трубчатых элементов. Установка может работать на рециркуляцию и с частным подмешиванием наружного воздуха для вентиляции. Металлоемкость квартирного воздушного отопления примерно в три раза меньше радиаторных систем центрального отопления.*

Для воздушного отопления лестничных клеток многоэтажных жилых домов широко используют конвекторы из чугунных ребристых труб или нагревательных элементов плитных приборов. Конвекторы с естественным побуждением устанавливают в подполье или на площадке у входных дверей (лист III 6, рис 3)

Конструктивные детали и расчет воздушного отопления приведены в разделе VII «Вентиляция».

Панельно-лучистое отопление

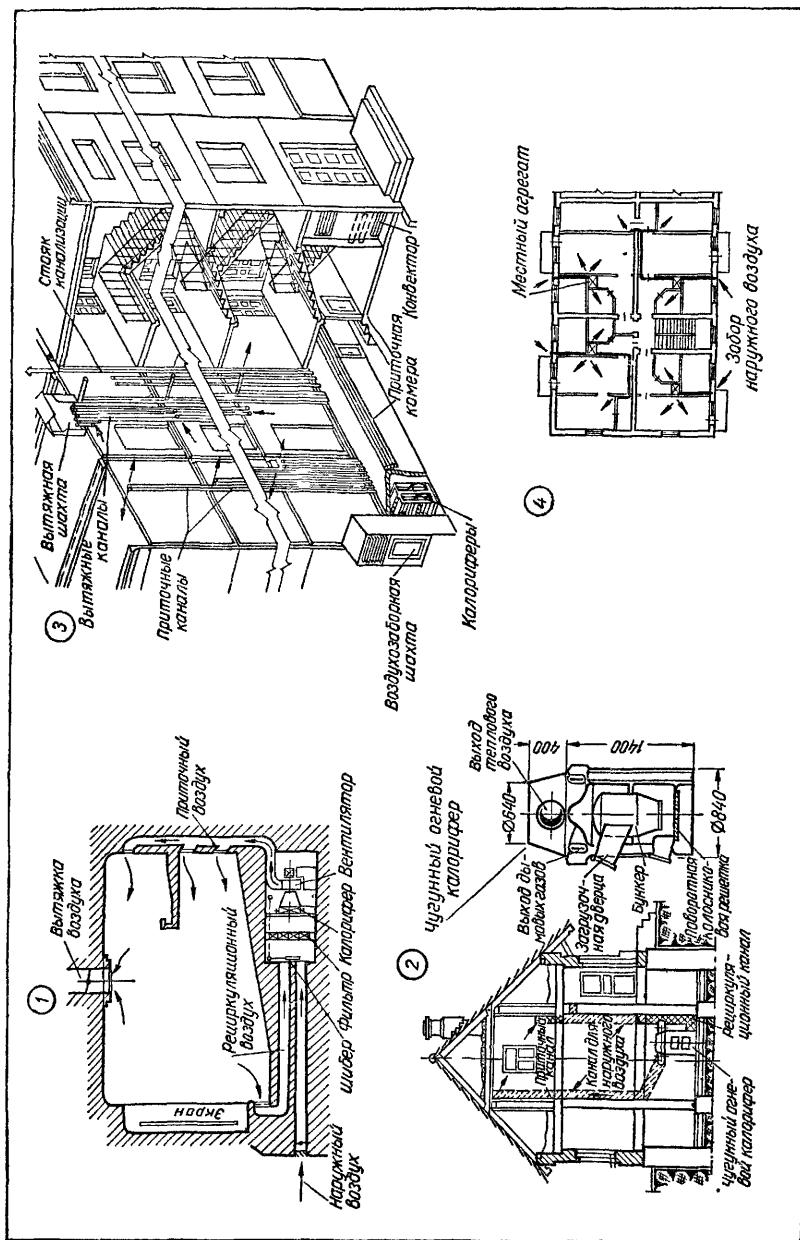
Обогрев помещений при панельно-лучистом отоплении происходит за счет излучения тепла гладкими поверхностями греющих панелей в потолке, полу и стенах. Так, греющий потолок излучает тепла до 80%, пол — до 50, а вертикальные панели стен — до 55% полной теплоотдачи панелей. Остальное количество тепла передается в отапливаемое помещение за счет конвекции. Средняя радиационная температура всех поверхностей выше температуры воздуха в этих помещениях. Поэтому при таком отоплении температура воздуха в комнате может быть более низкой, чем при конвективном (например, радиаторном)**

При панельном отоплении температура воздуха по высоте помещения более равномерна, чем при системах с чугунными радиаторами. Устройство гладких греющих панелей, заделанных в одной плоскости с внутренними поверхностями конструкции ограждения здания, наиболее гигиенично и не нарушает архитектурной отделки помещения

В качестве теплоносителя для обогрева панелей используют горячую воду, пар и нагретый воздух с температурой, принимаемой по санитарно-гигиеническим нормам в зависимости от назначения здания. В жилищно-гражданском строительстве

* Главмострой. Отопительно-вентиляционный агрегат КДМ 56С для квартирного воздушного отопления М, изд. Мосгорспецстроя, 1964

** Ф. А. Миссенар. Лучистое отопление и охлаждение. М., Госстроиздат, 1961.



Лист III.6. Воздушное отопление:

1 — кинотеатра (совмещенное с вентиляцией); 2 — многоквартирного дома; 3 — многоэтажного жилого дома с централизованным подогревом воздуха; 4 — то же, с децентрализованным подогревом воздуха (вытяжные каналы вентиляции не показаны).

Расчет трубопроводов на компенсацию тепловых удлинений с гибкими компенсаторами и при самокомпенсации производят на допускаемое изгибающее компенсационное напряжение $\sigma_{\text{доп}}$, которое зависит от способа компенсации, схемы участка и других расчетных величин. Определяется $\sigma_{\text{доп}}$ расчетом. Для труб тепловых сетей (ГОСТ 8732—70* и ГОСТ 10704—63*) величину $\sigma_{\text{доп}}$ для усредненных условий можно принимать равной:

для расчета П-образных компенсаторов на холодное состояние (с предварительной растяжкой) при $p_{\text{раб}} = 16 \text{ кгс/мм}^2$, $t = 150^\circ \text{С}$ и $p = 14 \text{ кгс/мм}^2$; $t = 300^\circ \text{С}$ $\sigma_{\text{доп}} = 11 \text{ кгс/мм}^2$;

для расчета участков самокомпенсации на рабочее состояние при $p_{\text{раб}} = 16 \text{ кгс/мм}^2$, $t = 150^\circ \text{С}$ $\sigma_{\text{доп}} = 8 \text{ кгс/мм}^2$.

Расчеты компенсации трубопроводов весьма трудоемки, поэтому для их облегчения обычно пользуются номограммами и вспомогательными таблицами.

На листах VI.9—VI.13 приведены разработанные ВГПИ «Теплоэлектропроект» номограммы для определения вылетов и сил упругой деформации П-образных компенсаторов в зависимости от величины расчетного теплового удлинения Δl и размера спинки компенсатора B . При составлении номограмм приняты следующие условия:

допускаемое изгибающее компенсационное напряжение на спинке компенсатора в холодном состоянии $\sigma_{\text{доп}} = 11 \text{ кгс/мм}^2$;

модуль упругости трубной стали при температуре 20°С $E = 2,05 \cdot 10^6 \text{ кгс/см}^2$;

длина прилегающих свободных плеч, учитываемых в расчете, с каждой стороны компенсатора одинакова и равна $l_{\text{п}} = 40 D_y$;

для компенсаторов со сварными отводами коэффициент гибкости отводов k и коэффициент концентрации напряжений m приняты равными единице, а радиус оси отвода — условно равным нулю ($R = 0$);

предварительная растяжка компенсатора не учтена.

Для увеличения компенсирующей способности П-образного компенсатора и снижения компенсационных напряжений в трубопроводе в проектах, как правило, предусматривается предварительная растяжка компенсатора в размере 50% теплового удлинения (при $t < 250^\circ \text{С}$). Таким образом, расчетное тепловое удлинение участка, мм

$$\Delta l_{\text{расч}} = 0,5 \Delta l. \quad (\text{VI.95})$$

При длине прилегающих свободных плеч меньше $40 D_y$ следует вводить поправочные коэффициенты на величину компенсирующей способности компенсатора n_1 и на силу упругой деформации n_2 . Для длины прилегающих плеч $l_{\text{п}} = 10 D_y$ эти коэффициенты равны соответственно 0,9 и 1,3; при $l_{\text{п}} = 0$ — соответственно 0,8 и 1,7. При промежуточных значениях $l_{\text{п}}$ величина поправочных коэффициентов определяется методом интерполяции.

Искомые величины определяются по формулам:

$$\Delta l'_{\text{расч.к}} = \Delta l_{\text{расч.к}} n_1; \quad (\text{VI.96})$$

$$p_{\text{к}}' = p_{\text{к}} n_2, \quad (\text{VI.97})$$

где $\Delta l_{\text{расч.к}}$ — расчетная компенсирующая способность компенсатора, мм.

Если П-образный компенсатор расположен не посередине участка, а смещен в сторону одной из неподвижных опор, значение силы упругой деформации и напряжения по сравнению с компенсатором, расположенным посередине, увеличивается примерно на 20—40%.

Для расчетов трубопроводов при самокомпенсации в табл. VI.27 приведены упрощенные формулы для определения изгибающего компенсационного напряжения σ и сил упругой деформации в зависимости от схемы участка, длин плеч и диаметров трубопроводов. Для облегчения этих расчетов на листе VI.14 и в табл. VI.28 приведены вспомогательные данные для вычисления величин σ и p .

При Z-образной конфигурации участка трубопровода максимальное напряжение в зависимости от значения коэффициентов p и n может быть в точках c , b или d (лист VI.15).

в качестве теплоносителя для панельно-лучистого отопления с греющими элементами в потолке и полу применяют горячую воду с параметрами, обеспечивающими нормируемую температуру наружных поверхностей приборов (см. табл. III.1). Вертикальные стеновые панели с греющими элементами рассчитывают для теплоносителей по данным табл. III.1 и III.2. В летнее время при подаче в греющие элементы панелей артезианской воды систему панельно-лучистого отопления можно использовать для частичного охлаждения помещений.

Греющий потолок и пол могут быть выполнены в виде монолитных или сборных железобетонных плит с заделанными в них змеевиками из стальных труб. Вертикальные греющие панели применяются в виде отдельных элементов или в стеновых панелях (наружных стен и перегородок).

Схемы трубопроводов в зависимости от параметров теплоносителя и конструктивных особенностей здания проектируют в виде двух- и однотрубных систем с верхней или нижней разводкой. При этом отдельные элементы греющих панелей рассматриваются как обычные нагревательные приборы.

Систему водяного отопления с греющими потолками желательно устраивать с нижней разводкой и подачей теплоносителя по схеме «снизу — вверх» для более интенсивного удаления воздуха (лист III.7, рис. 1). Отвод воздуха обеспечивается через проточные и центральные воздухоотборники с автоматическими воздухоотводчиками.

На листе III.7, рис. 2 представлена комбинированная система панельного и радиаторного отопления, в которой охлажденная вода от радиаторов циркулирует через змеевики панелей.

Система прокладки греющих одиночных труб по контуру поперечных железобетонных перегородок здания (лист III.7, рис. 3) названа контурным отоплением. Она повышает тепловое напряжение металла, значительно упрощает заготовительно-монтажные операции и снижает металлоемкость системы*.

В крупнопанельных зданиях можно применять комбинированную систему воздушно-лучистого отопления**. У наружной стены помещений устраивают конвективные каналы из сборных железобетонных гладких плит с замоноличенными в них трубами с циркулирующим теплоносителем. У пола и потолка каналы имеют отверстия с решетками, через которые циркулирует воздух помещения, предварительно нагретый в полости конвективного канала. Обращенная в комнату нагретая поверхность каналов отдает тепло конвекцией и излучением. Конвективные каналы не сообщаются между этажами (лист III.7, рис. 4).

В предлагаемой системе отопления в качестве первичного теплоносителя целесообразно использовать высокотемпературную воду с подачей ее в однотрубные П-образные стояки с нижней разводкой.

При использовании греющих трубчатых змеевиков в качестве рабочей арматуры бетонных панелей в жилищном строительстве целесообразно применять потолочно-напольное отопление***.

Системы отопления с греющими бетонными панелями можно применять в зданиях любого назначения. При использовании в панельном отоплении теплоносителей с повышенными параметрами получается значительная экономия металла на трубах и радиаторах. Недостатки этих систем — сложность ремонта и большой расход стальных труб для изготовления змеевиков.

НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

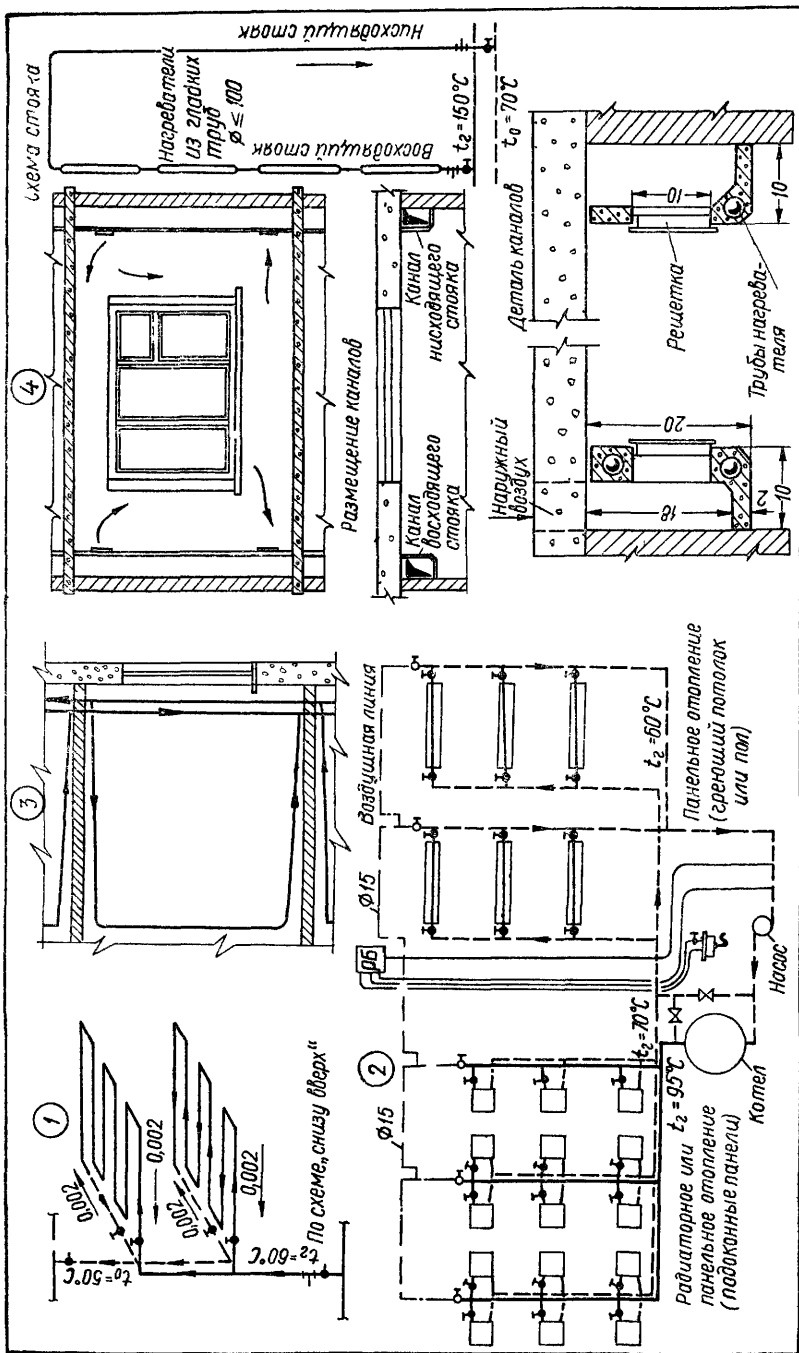
Типы приборов

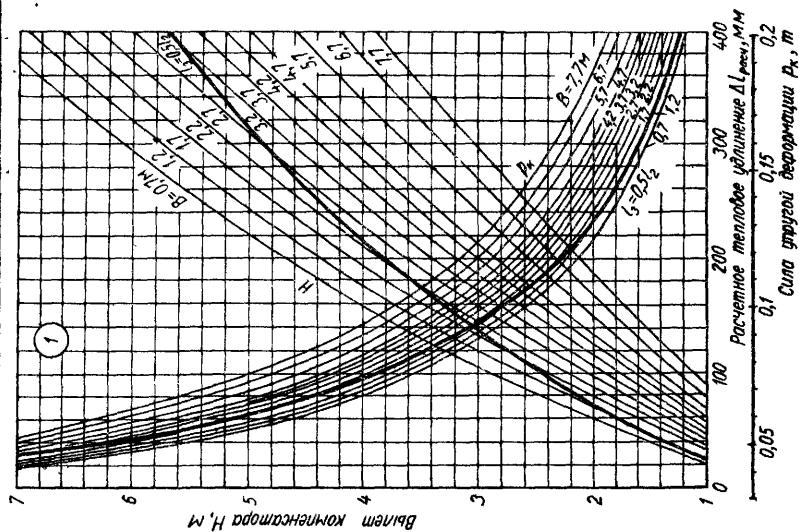
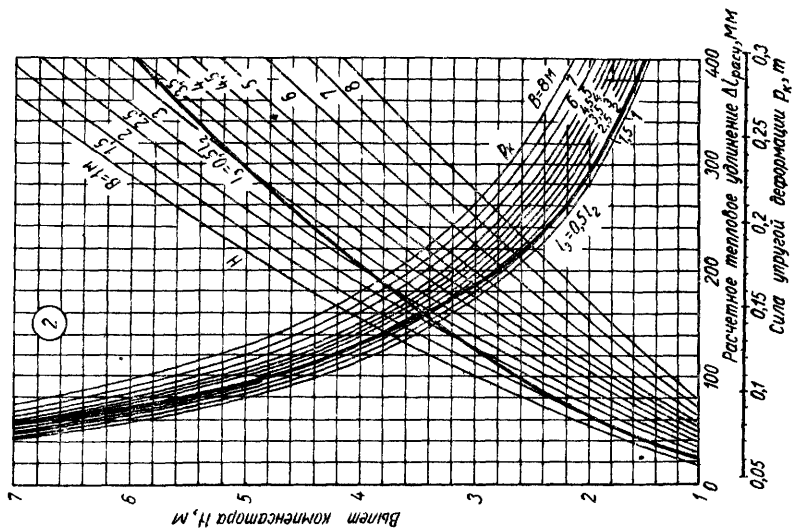
По санитарно-гигиеническим требованиям в жилых и общественных зданиях устанавливают нагревательные приборы с гладкой поверхностью, удобной для очистки от пыли, а также с оребренной поверхностью, где это возможно по условиям эксплуатации.

* И. С. Шаповалов. Проектирование панельно-лучистого отопления. М., Госстройиздат, 1966.

** М. Т. Ральчук. Підвищення ефективності систем опалення будинків. Київ, «Будівельник», 1970.

*** Н. С. Стонгин. Панельные перекрытия с потолочно-напольным отоплением. М., Стройиздат, 1975.





Лист VI.10. Номотраммы для расчета П-образных компенсаторов с гнутыми гладкими отводами:

1 — $D_B = 89$, $s = 3.5$, $R = 350$ мм; 2 — $D_B = 108$, $s = 4$, $R = 500$ мм.

Наибольшее распространение получили металлические приборы: гладкие чугунные или штампованные радиаторы панельного типа из листовой стали, гнутые или сварные регистры из гладких труб, чугунные ребристые трубы, а также конвекторы разнообразных конструкций с нагревательными элементами из оребренных стальных труб. Все больше применяются подоконные, стеновые и перегородочные греющие бетонные панели с замоноличенными в них змеевиками из стальных труб.

Поверхность отопительных приборов определяют в эквивалентных квадратных метрах (экм). 1 экм — поверхность прибора с теплоотдачей 435 ккал/ч при разности средней температуры теплоносителя и воздуха в помещении $t_{\text{пр}} - t_{\text{в}} = 64,5^\circ\text{C}$ и подаче воды в прибор в количестве 17,4 кг/ч · экм по схеме «сверху—вниз». В проектах и сметах величину поверхности нагревательных приборов указывают с точностью до 0,1 экм. Тепловое напряжение металла (отношение теплоотдачи к массе) в ккал/ч · кг характеризует эффективность конструкции нагревательного прибора.

В табл. III.7—III.14 приведены показатели нагревательных приборов, выпускаемых промышленностью для систем центрального отопления*.

Таблица III.7. Чугунные радиаторы

Марка прибора	Размеры одной секции, мм				Поверхность нагрева одной секции		Коэффициент a для пересчета M^2 в экм	Показатели на 1 экм	
	h	h_1	b	l	M^2	экм		Масса, кг	Емкость, л
M-140 M-140-АО	582	500	140	96	0,254	0,31	1,22	23,5	4,6
					0,299	0,35	1,17	25,4	4,07
M-140-АО-300	382	300			0,17	0,217	1,27	25,63	5,07
M-90 РД-90С	582	500	79 90		0,2 0,203	0,261 0,275	1,3 1,35	25,2 26,53	4,34 5,45

Примечание. Диаметр ниппеля для всех типов радиаторов составляет 32 мм.

Чугунные радиаторы (лист III.8, рис. 1 и табл. III.7) изготавливаются из чугунного литья секционные двухканальные. Они бывают общего назначения (M-140, M-140-АО) и малой глубины (РД-90С). В зависимости от расстояния между центрами ниппельных отверстий по ГОСТ 8960—59 различают высокие ($h_1 = 1000$ мм), средние ($h_1 = 500$ мм) и низкие ($h_1 = 300$ мм) радиаторы; заводы выпускают средние и в ограниченном количестве низкие. Собирают их из отдельных секций в приборы требуемой поверхности нагрева на ниппелях из ковкого чугуна с прокладками, материал которых зависит от вида и параметров теплоносителя.

Радиаторы испытывают на заводе-изготовителе гидравлическим давлением 9 кгс/см². Они же рассчитаны на рабочее давление 6 кгс/см².

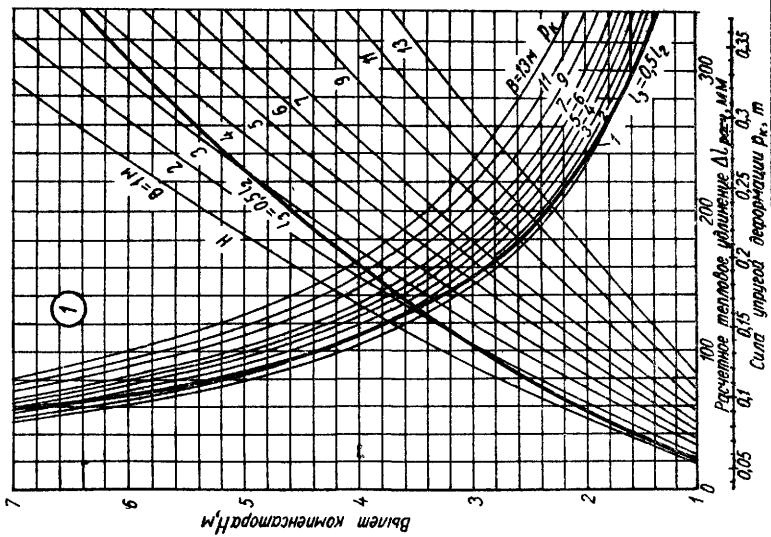
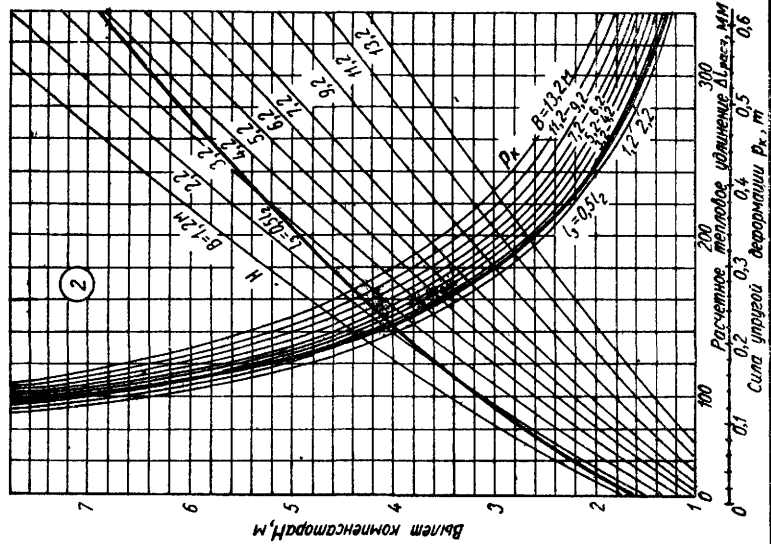
Чугунные ребристые трубы (лист III.8, рис. 2 и табл. III.8) изготавливают цельноотлитыми с круглыми ребрами и собирают в приборы требуемой поверхности нагрева. Монтаж их выполняют с одно- и многорядным расположением по

Таблица III.8. Чугунные ребристые трубы

Строительная длина L , мм	Поверхность нагрева		Показатели на одну трубу		Количество ребер
	M^2	экм	Масса, кг	Емкость, л	
750	1,5	1,03	26,3	2,88	29
1000	2	1,38	35	3,85	43
1500	3	2,07	52,5	5,8	68
2000	4	2,76	70	7,7	93

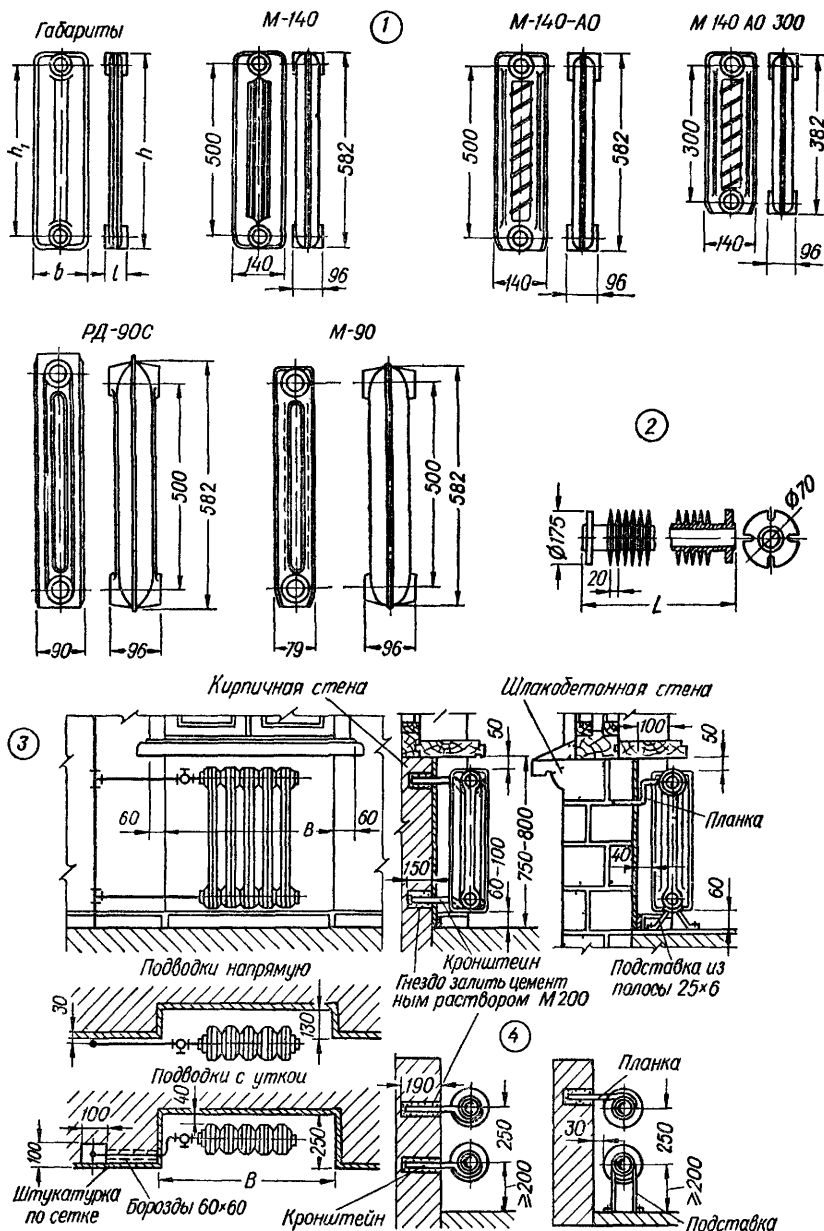
Примечание. Коэффициент пересчета поверхности нагрева $a = 0,69$.

* Госстрой СССР. Нагревательные приборы. Материалы для проектирования (А6—54). М., изд. Сантехпроекта, 1972.



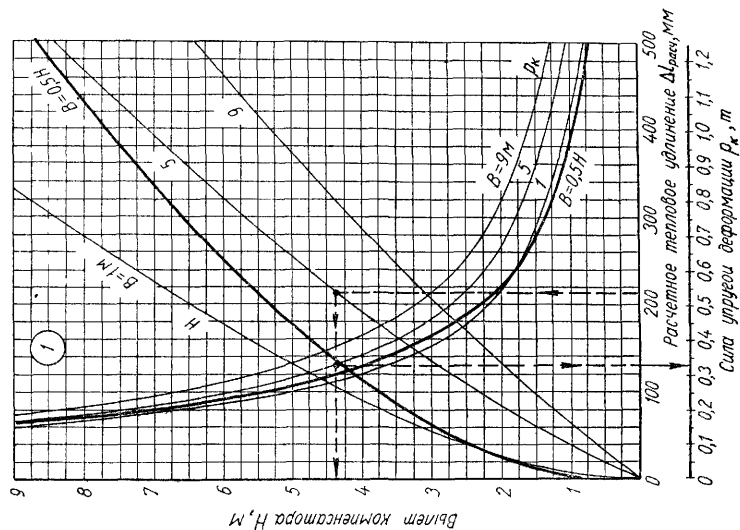
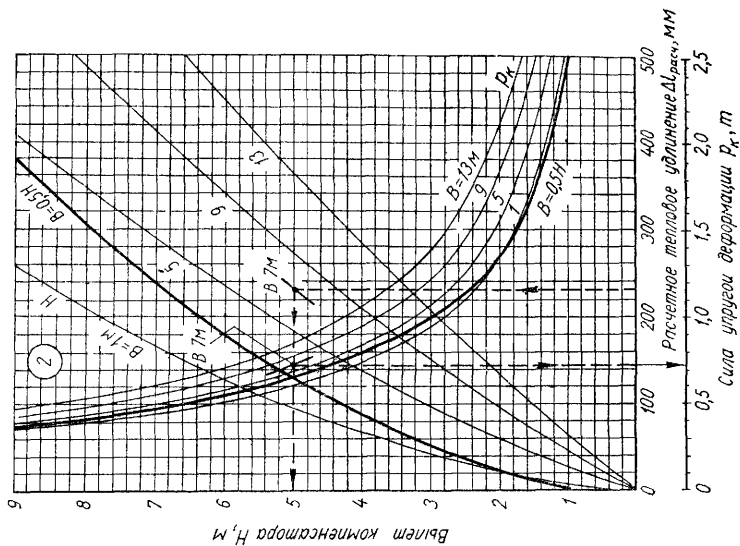
Лист VI.11. Номограммы для расчета П-образного компенсатора с гнутыми и гладкими отводами:

1 — $D_H = 133$, $s = 4$, $R = 500$ мм; 2 — $D_H = 159$, $s = 4.5$, $R = 600$ мм.



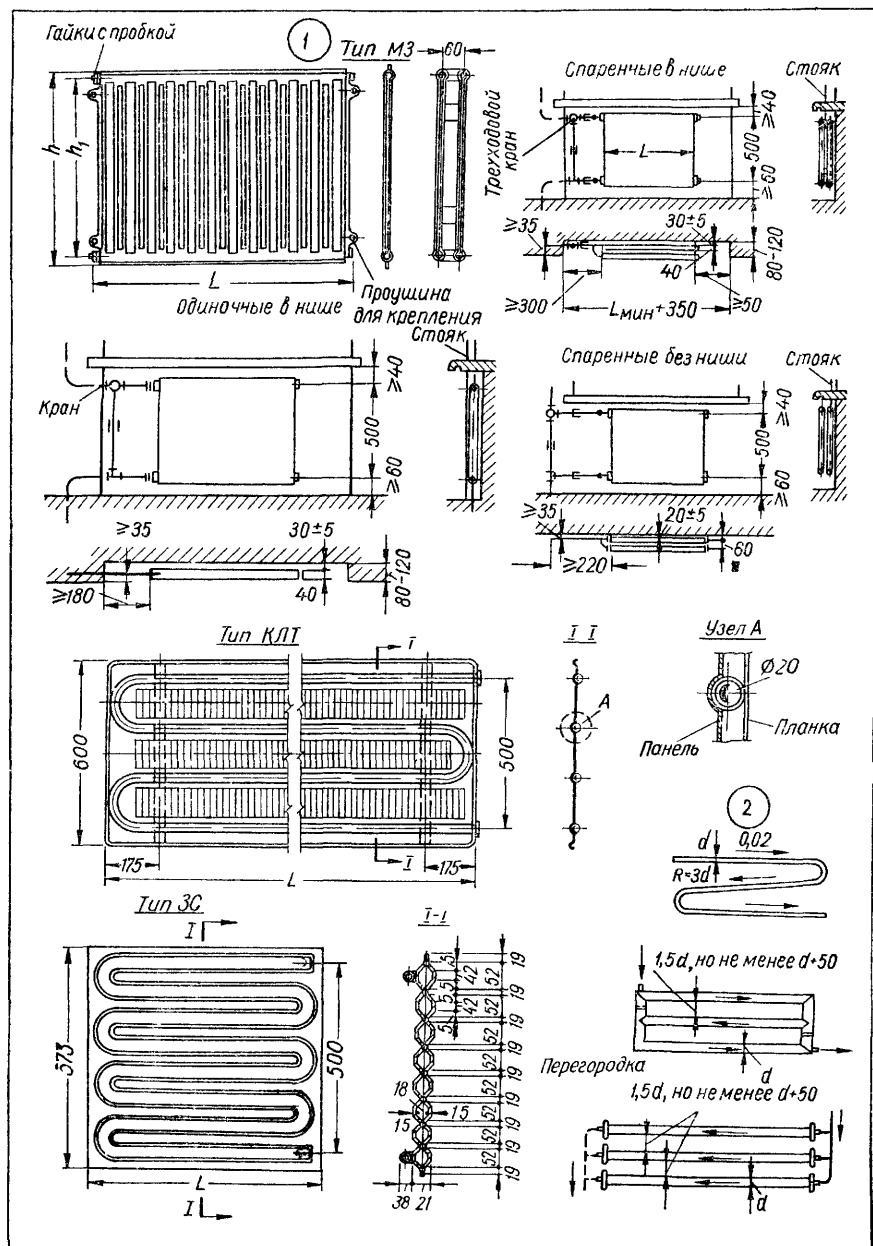
Лист III.8. Чугунные нагревательные приборы:

1 — секционные радиаторы 2 — ребристые трубы, 3 — установка радиаторов у кирпичных и шлакобетонных стен, 4 — установка ребристых труб



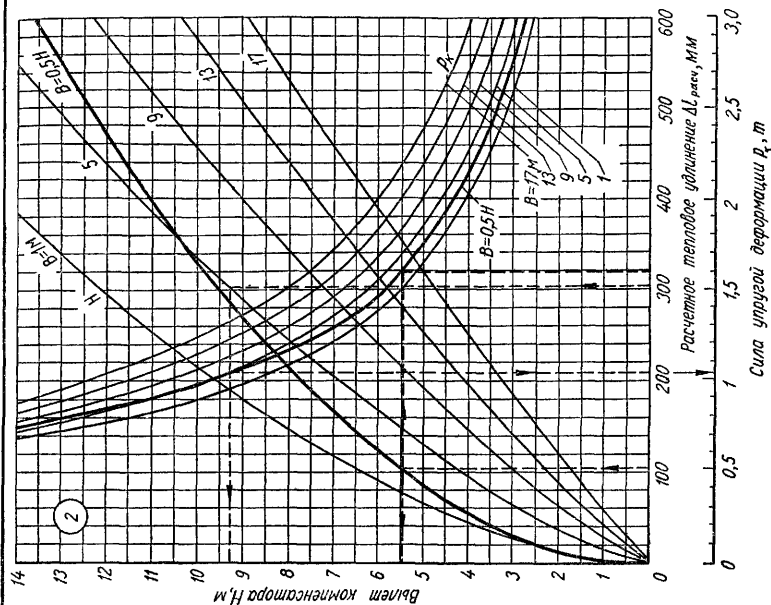
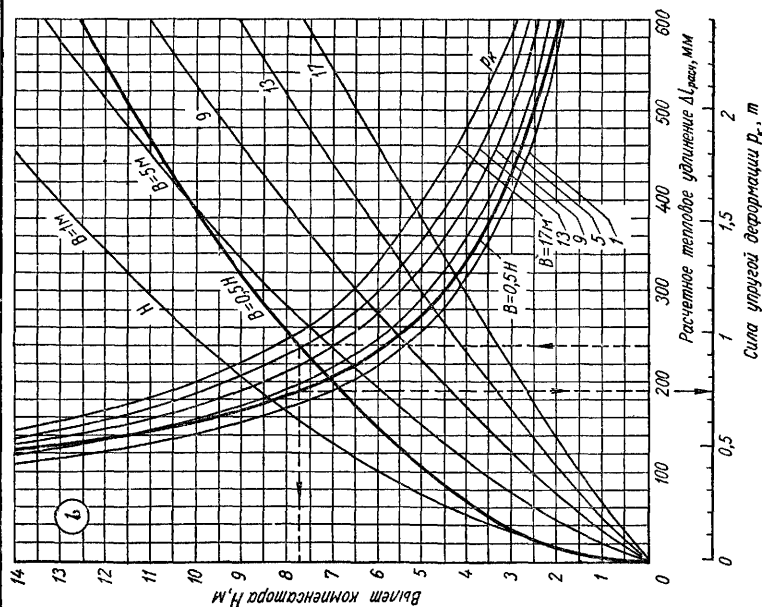
Лист VI.12. Номограммы для расчета П-образных компенсаторов со сварными отводами;

1 — $D = 159$, $s = 4,5$, 2 — $D_H = 219$, $s = 6$ мм.



Лист III.9. Стальные нагревательные приборы:

1 — радиаторы штампованные из листовой стали, 2 — регистры из гладких труб.



Лист VI.13. Номограммы для расчета П-образного компенсатора со сварными отводами:

1 — $D_H = 273$, $s = 7$ мм; 2 — $D_H = 325$, $s = 8$ мм.

вертикали и расстоянием между трубами 250 мм (см. лист III.8, рис. 4). На заводах ребристые трубы подвергают гидравлическому испытанию на давление 10 кгс/см²; рабочее давление допускается 6 кгс/см².

Стальные штампованные панельные радиаторы (лист III.9, рис. 1 и табл. III.9—III.11) изготавливают однорядными или двухрядными с расстоянием между центрами ниппельных отверстий h_1 для средних радиаторов — 500 и для низких — 350 мм. Теплоотдача двухрядных приборов на 15% меньше теплоотдачи однорядных. Штампованные радиаторы, сваренные по контуру из листовой стали, рассчитаны на рабочее давление 6 кгс/см²; испытывают их гидравлическим давлением 9 кгс/см². Для повышения долговечности стальных штампованных радиаторов допустимое содержание кислорода в циркулирующей воде системы отопления не должно превышать 0,05 мг/кг (СНиП II-36-73).

Таблица III.9. Стальные штампованные панельные радиаторы колончатого типа МЗ (концевые и проходные)

Марка прибора	Поверхность нагрева		Коэффициент <i>a</i>	Размеры, мм			Ем- кость, <i>л</i>	Масса, <i>кг</i>
	<i>м²</i>	<i>ЭКМ</i>		<i>L</i>	<i>h</i>	<i>h_г</i>		
Однорядные радиаторы								
МЗ-500-1	0,64	0,83	1,3	518	564	500	2,7	7,5
МЗ-500-2	0,96	1,25		766			4	11
МЗ-500-3	1,2	1,56		952			5	13,8
МЗ-500-4	1,6	2,08		1262			6,65	18,8
МЗ-350-1	0,425	0,6	1,4	518	406	350	1,5	5,77
МЗ-350-2	0,637	0,89		766			2,25	8,65
МЗ-350-3	0,828	1,16		1014			2,8	10,8
МЗ-350-4	1,062	1,49		1262			3,75	14,4
Двухрядные радиаторы								
2МЗ-500-1	1,28	1,41	1,1	518	564	500	5,4	15,3
2МЗ-500-2	1,92	2,12		766			8	22,3
2МЗ-500-3	2,4	2,65		952			10	27
2МЗ-500-4	3,2	3,53		1262			13,3	37,9
2МЗ-350-1	0,85	1,01	1,19	518	406	350	3	11,85
2МЗ-350-2	1,275	1,52		766			4,5	17,6
2МЗ-350-3	1,656	1,97		1014			5,6	21,9
2МЗ-350-4	2,125	2,52		1262			7,5	29,1

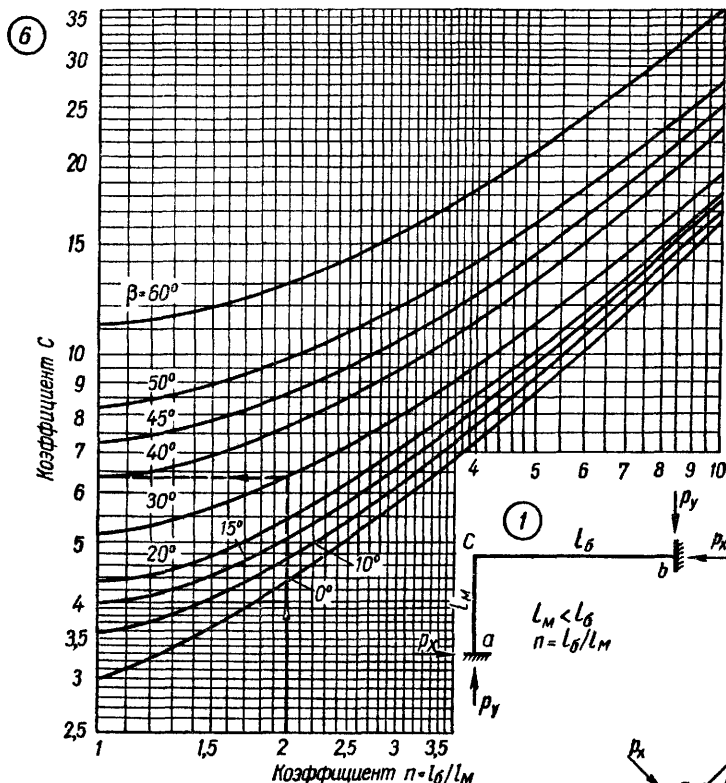
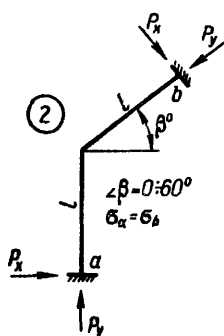
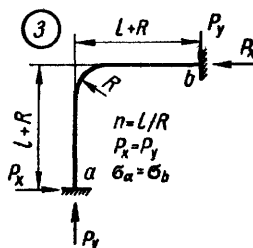
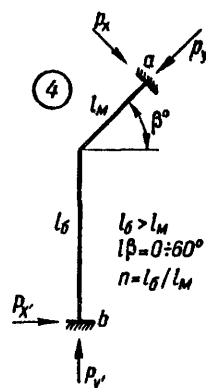
Примечания. 1. Для проходных приборов после типоразмера дается индекс «А» (например, 2МЗ-350-4А).

2. Проходные приборы имеют вваренные гайки диаметром 25 мм, а концевые — диаметром 20 мм.

Таблица III.10. Стальные листотрубные радиаторы типа КЛТ *

Длина панели L, мм	Однорядные				Двухрядные			
	Марка	Поверхность нагрева		Мас-са, кг	Марка	Поверхность нагрева		Мас-са, кг
		м ²	экв			м ²	экв	
600	КЛТ-1	0,81	0,77	7,4	2КЛТ-1	1,62	1,31	15,3
800	КЛТ-2	1,08	1,03	9,3	2КЛТ-2	2,16	1,75	19,1

* Рекомендации по проектированию и монтажу систем центрального отопления со стальными листотрубными радиаторами. Киев, НИИСТ МПСМ СССР, 1973.



Лист VI.14. Расчет участков тру

1, 2, 3, 4 и 5 — схемы расчетных участков, 6 — номограмма для определения безразмер-
90° без учета гибкости отвода, 7 — то же, коэффициентов A и B

Длина панели L , мм	Однорядные				Двухрядные			
	Марка	Поверхность нагрева		Масса, кг	Марка	Поверхность нагрева		Масса, кг
		м²	ЭКМ			м²	ЭКМ	
1000	КЛТ-3	1,35	1,29	11,25	2КЛТ-3	2,7	2,19	23
1200	КЛТ-4	1,62	1,55	13,2	2КЛТ-4	3,24	2,64	26,9
1400	КЛТ-5	1,89	1,8	15,15	2КЛТ-5	3,78	3,06	30,8
1600	КЛТ-6	2,16	2,06	18,45	2КЛТ-6	4,32	3,5	37,4
2000	КЛТ-7	2,7	2,58	23	2КЛТ-7	5,4	4,38	46,5

Примечание. В таблице указана масса радиаторов со змеевиком из обыкновенной водопроводной трубы (ГОСТ 3262—62)

Таблица III.11. Стальные штампованные панельные радиаторы типа ЗС и ЗСТ (РСН 271—74)

Номер прибора	Поверхность нагрева		Размер L , мм	Масса, кг		Емкость, л
	м²	ЭКМ		ЗС	ЗСТ	
3	0,73	0,97	545	7,57	8,37	3,34
4	0,93	1,24	694	9,6	10,55	4,26
5	1,13	1,51	844	11,66	12,1	5,22
6	1,35	1,81	1018	13,98	14,2	6,26
7	1,6	2,13	1190	16,37	16,74	7,34

Примечания. 1. Приборы типа ЗС — с тыльным подключением к трубопроводу (для этого вварены муфты диаметром 20 мм), а ЗСТ — с торцовым.

2. Коэффициент пересчета поверхности нагрева $a = 1,33$.

3. В таблице приведены данные для однорядных приборов марок ЗС-11-3, ЗСТ-11-3 и т. д. Приборы двухрядные имеют марки ЗС-21-3, ЗСТ-21-3 и т. д.

Радиаторы стальные листотрубные змеевикового типа КЛТ состоят из профилированного стального листа и приваренного с тыльной стороны к нему змеевика из стальных труб.

Применение стальных панельных радиаторов не допускается в системах парового отопления и системах водяного отопления, не имеющих установок для химводоочистки и обескислороживания воды*.

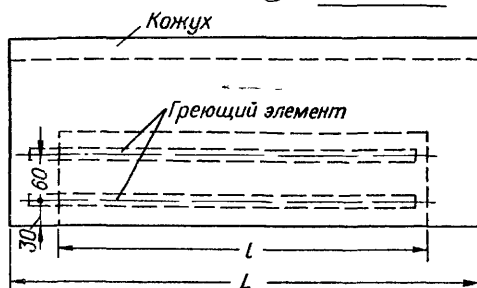
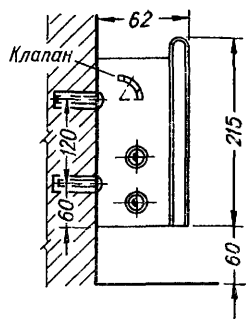
Регистры из гладких труб (лист III.9, рис. 2) изготавливают сварными из стальных водопроводных или тонкостенных бесшовных труб (ГОСТ 3262—62, ГОСТ 8732—70, ГОСТ 10704—63) и выполняют горизонтальными, вертикальными, однорядными и многорядными в зависимости от места их установки.

Конвекторы (лист III.10 и табл. III.12—III.14) изготавливают с кожухом или без него. Они имеют хорошие тепловые показатели и относительно малый расход металла по сравнению с другими типами нагревательных приборов.

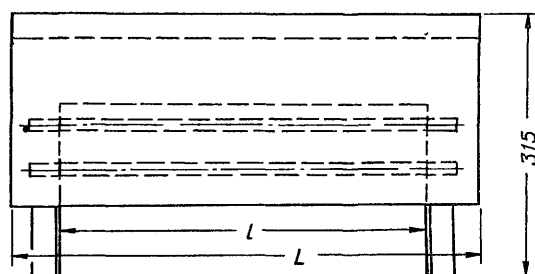
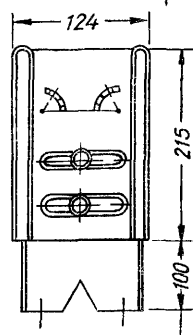
Конвекторы типа «Комфорт» состоят из кожуха с клапаном для регулирования теплоотдачи прибора по воздуху, воздуховыпускной решетки и трубчатого оребренного нагревателя. Изготавливают их низкими, настенными и островными, устанавливаемыми на полу (лист III.10, рис. 1). Эти конвекторы можно устанавливать группами в комбинации проходных приборов с концевыми.

* Госстрой СССР. Указания по проектированию, монтажу и эксплуатации систем центрального водяного отопления со стальными панельными радиаторами змеевикового типа с торцовым и тыльным подключением (РСН 271—74).

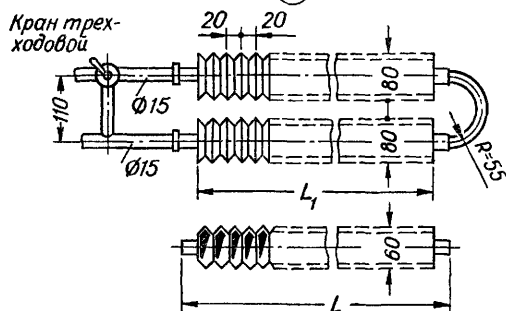
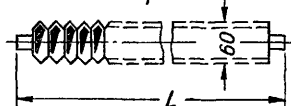
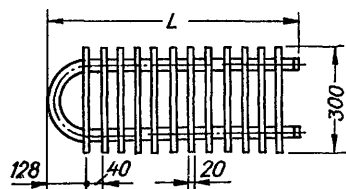
1 Настенный



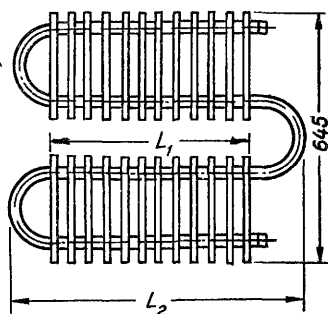
Островной



2



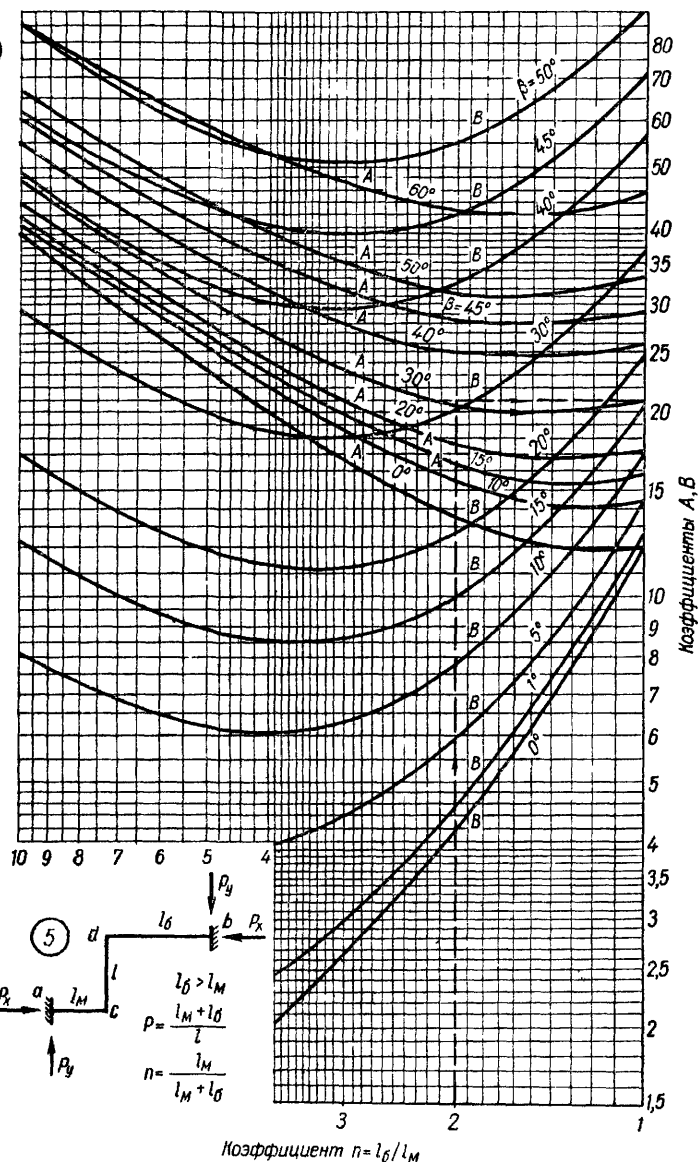
3



Лист III.10. Конвекторы:

1 — «Комфорт»; 2 — плинтусные КП без кожуха; 3 — «Аккорд» (однорядный и двухрядный).

7



Сопроводов на самокомпенсацию:

ного коэффициента C для расчета Г-образного участка трубопровода с углом поворота больше при определении упругой деформации в задерге меньшего плеча.

Таблица III.12. Конвекторы типа «Комфорт» низкие (концевые)

Марка прибора	Поверхность на- грева <i>l</i> , экм	Размеры, мм		Масса, кг
		<i>L</i>	<i>l</i>	
Настенные двухтрубные				
Нн-1	0,76	710	600	5,5
Нн-2	1,27	1110	1000	8,7
Нн-3	1,78	1510	1400	11,6
Нн-5	0,985	710	600	7,5
Нн-6	1,24			5
Нн-8	1,64	1110	1000	7,5
Нн-9	2,06			5
Нн-11	2,3	1510	1400	7,5
Нн-12	2,87			5
Настенные четырехтрубные				
Нн-13	1,53	710	600	11
Нн-14	2,55	1110	1000	15
Нн-15	3,57	1510	1400	20
Островные двухтрубные				
Н-5	0,985	710	600	8
Н-6	1,24			9
Н-8	1,64	1110	1000	12
Н-9	2,06			14
Н-11	2,3	1510	1400	18
Н-12	2,87			18
Островные четырехтрубные				
Н-13	1,53	710	600	12
Н-14	2,55	1110	1000	17
Н-15	3,57	1510	1400	23

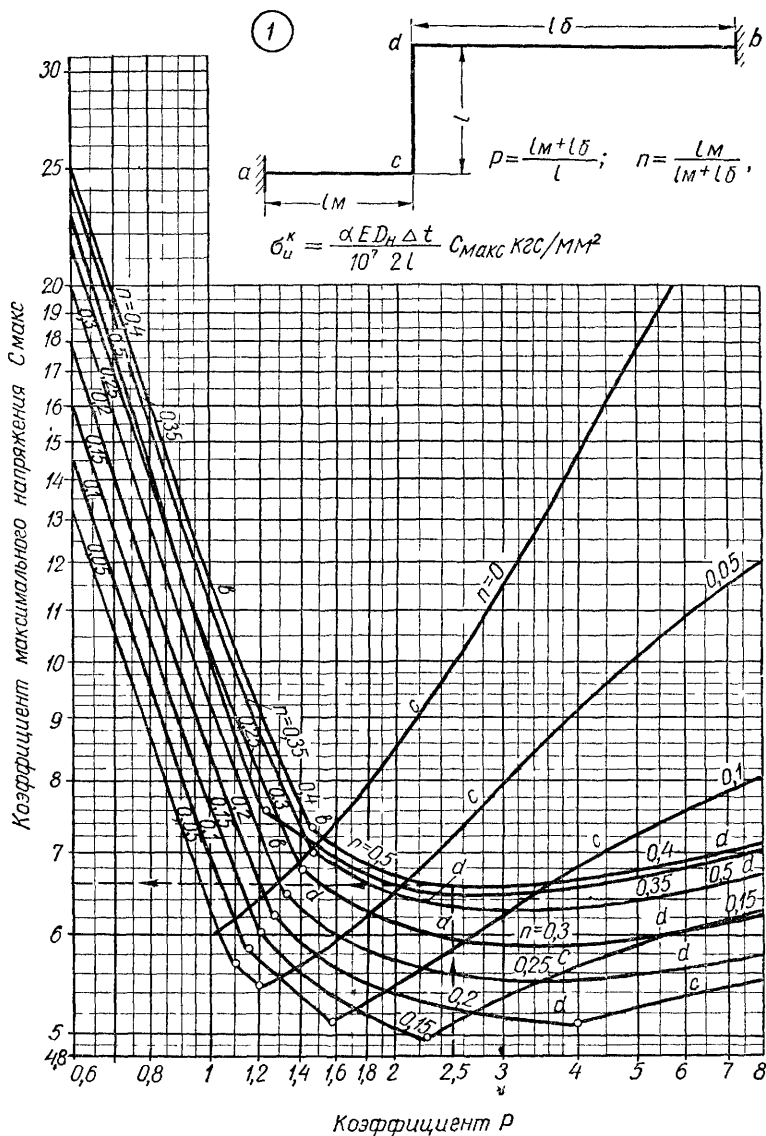
Примечание. Показатели концевых и проходных моделей конвекторов одинаковы. Проходные конвекторы имеют индекс «А» (например, Нн-5А, Нн-8А).

Таблица III.13. Однорядные плитусные конвекторы типа КП без кожуха

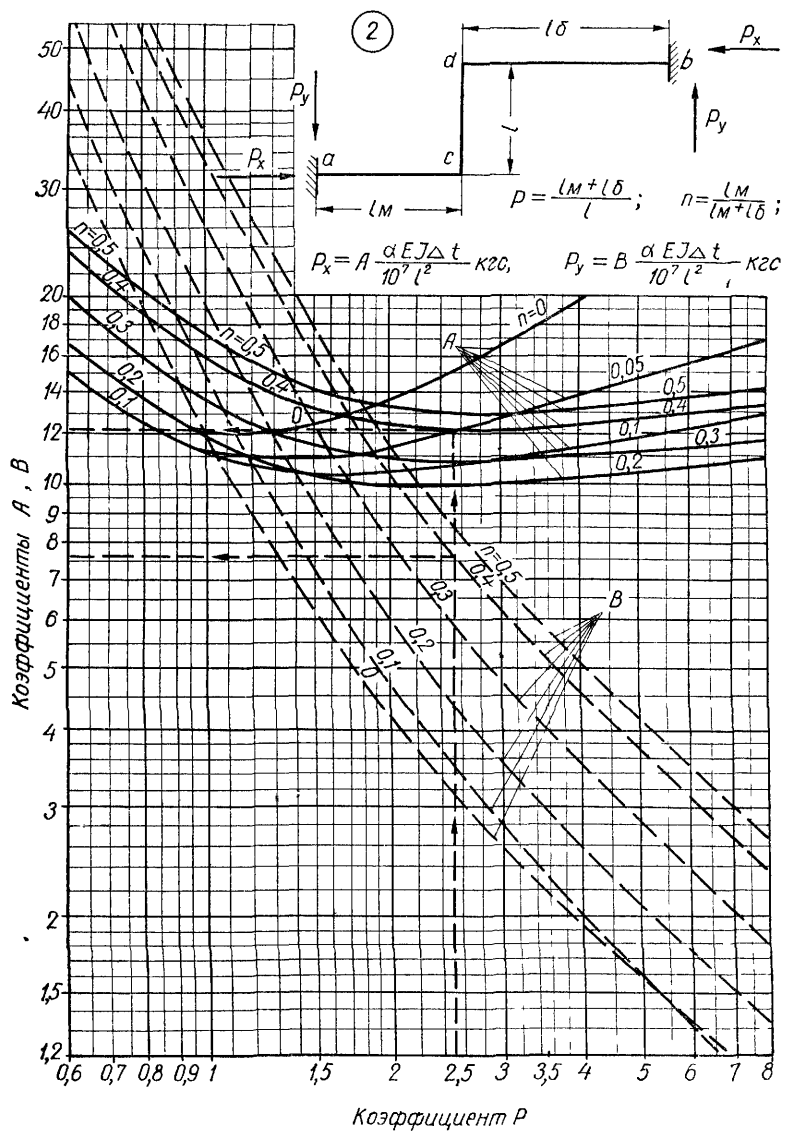
Размеры, мм		Технические данные для одного элемента конвектора					
		15КП			20КП		
		Поверхность нагрева		Масса, кг	Поверхность нагрева		Масса, кг
L	L_1	m^2	экм		m^2	экм	
750	700	0,55	0,34	2,6	0,68	0,42	3
1000	950	0,73	0,46	3,4	0,91	0,57	4
1250	1200	0,95	0,6	4,2	1,15	0,72	5,2
1500	1450	1,14	0,7	5	1,43	0,89	6
1750	1700	1,37	0,86	5,9	1,67	1,04	7,2

Примечания. 1. Конвекторы маркируются так: 15КП-1,5, 20КП-0,75 и т. д. Цифры 15 и 20 обозначают диаметр трубы нагревательного элемента, а цифры 1,5 и 0,75 показывают длину конвектора в м.

2. Коэффициент пересчета m^2 в экм для конвекторов 15КП составляет 0,63, для конвекторов 20КП — 0,62.



Лист VI.15. Номограммы для определения коэффициентов при рас
 l — коэффициента $C_{\max}$



чете Z-образного участка трубопровода без учета гибкости отвода;

2 — коэффициентов A и B .

Таблица III.14. Отопительный прибор типа «Аккорд» (концевой)

Марка прибора	Поверхность нагрева, ЭКМ		Размеры, мм			Масса, кг	
	однорядного	двухрядного	L	L_1	L_2	однорядного	двухрядного
A12	0,6	1,105	610	460	728	5,62	12,1
A16	0,8	1,47	770	620	888	7,2	15,46
A20	1	1,84	930	780	1048	8,97	18,86
A24	1,2	2,21	1090	940	1208	10,63	22,18
A28	1,4	2,58	1250	1100	1368	12,29	25,5
A32	1,6	2,94	1410	1260	1528	13,95	28,82
A36	1,8	3,31	1570	1420	1688	15,67	32,26
A40	2	3,78	1730	1580	1848	17,27	35,46
A40П	2	—	1645	1580	—	17,3	—

П р и м е ч а н и е. Приборы маркируются так: при однорядной установке — А24, А40 и т. д. при двухрядной — 2А24, 2А40 и т. д. Цифры после индекса «А» показывают число пластин обогревания.

Плентусные конвекторы типа КП без кожуха комплектуют в блоки, соединенные между собой последовательно или параллельно с одно- и многорядным расположением элементов по вертикали. Узлы подводов трубопроводов с блоками предусматриваются трех типов: со смещенными замыкающими участками и трехходовыми кранами (лист III.10, рис. 2), проточные без кранов, с осевыми замыкающими участками и трехходовыми кранами.

Отопительные приборы «Аккорд» настенного типа без кожуха (лист III.10, рис. 3) представляют собой трубчатые оребренные нагреватели. Они имеют три исполнения: однорядные проходные, одно- и двухрядные концевые. Трубчатые оребренные нагреватели конвекторов рассчитаны на давление до 10 кгс/см^2 .

Бетонные греющие панели (листы III.11 и III.12, табл. III.15) изготавливают в виде монолитных или сборных плит толщиной 40—50 мм с заделанными в них змеевиками из стальных водогазопроводных или тонкостенных бесшовных труб диаметром 15—20 мм; нагревательные элементы — сварные*.

В результате хорошего контакта бетона с трубами через стальную стенку трубы змеевика происходит эффективная теплопередача от теплоносителя к бетонной оболочке. Быстрый и равномерный прогрев бетонной плиты объясняется высоким коэффициентом теплопроводности бетона $\lambda = 1,25 \text{ ккал/(м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С)}$. Сочетание бетона и стальных труб почти не влияет на температурные деформации греющих бетонных панелей.

Для изготовления панелей следует применять бетон объемной массой не ниже 2400 кг/м^3 . Толщина слоя бетона относительно оси труб змеевика должна составлять не менее 20 мм. Перед бетонированием наружную поверхность труб змеевика тщательно очищают от ржавчины металлическими щетками, а при загрязнении промывают жиром в содовом растворе. Изготовленные змеевики испытывают на плотность в течение 2 мин гидравлическим давлением 15 кгс/см^2 .

Змеевики закрепляют в опалубке так, чтобы обеспечить заданную толщину слоя бетона над трубами и уклон витков змеевика к выходам труб из панелей не менее 0,005 (лист III.11, рис. 4). В перекрытиях уклон труб змеевиков греющих потолков и полов допускается уменьшить до 0,002.

Для повышения прочности кромок панелей по контуру плиты предусматривают обвязку арматуры с крючками (лист III.11, рис. 3). Лицевую поверхность панелей иногда оформляют мраморной крошкой с последующей полировкой.

Панели под окнами обычно имеют высоту 700 мм и длину по ширине окна.

На листе III.11, рис. 5 показаны конструктивные детали заделки бетонных греющих панелей в стенах здания.

* Госстрой СССР. Указания по проектированию и осуществлению систем панельного отопления со стальными нагревательными элементами в наружных стенах крупнопанельных зданий (СН 398—69).

Таблица VI.27. Формулы для определения сил упругой деформации p_x и p_y , кгс, и изгибающих компенсационных напряжений σ , кгс/мм²

Схема расчетного участка (лист VI.14)	Расчетные формулы
1	$p_x = A \frac{\alpha E I \Delta t}{10^7 \cdot l_m^2}; p_y = B \frac{\alpha E I \Delta t}{10^7 \cdot l_m^2}; \sigma_a = C_b \frac{\alpha E D_n \Delta t}{10^7 \cdot l_m}; \sigma_b = C_b \frac{\alpha E D_n \Delta t}{10^7 \cdot l_m};$ $\sigma_c = C_c \frac{\alpha E D_n \Delta t}{10^7 \cdot l_m}$
2	$p_x = A \frac{\alpha E I \Delta t}{10^7 \cdot l^2}; p_y = B \frac{\alpha E I \Delta t}{10^7 \cdot l^2}; \sigma_a = C \frac{\alpha E D_n \Delta t}{10^7 \cdot l}$
3	$p_x = A \frac{\alpha E I \Delta t}{10^7 \cdot R^3}; \sigma_a = C \frac{\alpha E D_n \Delta t}{10^7 R}$
4	$p_x^I = A^I \frac{\alpha E I \Delta t}{10^7 \cdot l_m^2}; p_y^I = B^I \frac{\alpha E I \Delta t}{10^7 \cdot l_m^2}; p_x = A \frac{\alpha E I \Delta t}{10^7 \cdot l_m^2}; p_y = B \frac{\alpha E I \Delta t}{10^7 \cdot l_m^2};$ $\sigma_a = C \frac{\alpha E D_n \Delta t}{10^7 \cdot l_m}$
5	$p_x = A \frac{\alpha E I \Delta t}{10^7 \cdot l^2}; p_y = B \frac{\alpha E I \Delta t}{10^7 \cdot l^2}; \sigma_a = C_a \frac{\alpha E D_n \Delta t}{10^7 \cdot 2l}; \sigma_c = C_c \frac{\alpha E D_n \Delta t}{10^7 \cdot 2l};$ $\sigma_d = C_d \frac{\alpha E D_n \Delta t}{10^7 \cdot 2l}; \sigma_b = C_b \frac{\alpha E D_n \Delta t}{10^7 \cdot 2l}$

Примечание. Индексами a, b, c и d обозначены точки на схеме, для которых определяют изгибающие компенсационные напряжения σ и коэффициенты A, B, C (лист VI.14). R —радиус оси гнутой трубы

Таблица VI.28. Вспомогательные величины для вычисления p_x, p_y и σ

D_n , см	s , мм	R , м	$\frac{\alpha E I}{10^7}$, кгс · м ² /°C	$\frac{\alpha E D}{10^7}$, кгс · м/мм ² · C	$\frac{\alpha E I}{10^7 \cdot R^3}$, кгс/°C	$\frac{\alpha E D_n}{10^7 \cdot R}$, кгс/мм ² · °C
3,2	2,5	0,15	0,0061	0,00768	0,271	0,0512
3,8	2,5	0,15	0,0106	0,00912	0,46	0,0608
4,5	2,5	0,2	0,0181	0,0108	0,454	0,054
5,7	3,5	0,2	0,0506	0,0137	1,27	0,0685
7,6	3,5	0,35	0,126	0,0182	1,03	0,0521
8,9	3,5	0,35	0,206	0,0214	1,69	0,0611
10,8	4	0,5	0,425	0,0259	1,7	0,0518
13,3	4	0,5	0,809	0,0319	3,24	0,0633
15,9	4,5	0,6	1,56	0,0382	4,35	0,0636
19,4	5	0,7	3,18	0,0466	6,5	0,0665
21,9	6	0,85	5,47	0,0526	7,57	0,0618
27,3	7	1	12,4	0,0655	12,4	0,0655
32,5	8	1,2	24	0,078	16,7	0,065
37,7	9	1,5	42,3	0,0905	18,8	0,0604
42,6	9	1,7	61,6	0,102	21,3	0,0601

Пример VI.10. Определить вылет П-образного компенсатора со сварными отводами и силу упругой деформации при следующих данных:

D_y , мм	300
Расстояние между неподвижными опорами, мм	100
Максимальная температура теплоносителя, t_1 °C	150
Расчетная температура наружного воздуха $t_{нo}$, °C	-20

Тепловое удлинение определяем по формуле (VI.92).

$$\Delta l = 1,25 \cdot 10^{-2} \cdot 100 (150 + 20) = 212,5 \text{ мм.}$$

Расчетное тепловое удлинение с учетом предварительной растяжки в размере 50% (температура теплоносителя до 250° C) составит

$$\Delta l_{расч} = 0,5 \cdot 212,5 = 106 \text{ мм.}$$

При спинке компенсатора, равной половине вылета компенсатора, т. е. при $B = 0,5 H$ и при $\Delta l_{расч} = 106 \text{ мм}$, по номограмме на листе VI.13, рис. 2 находим вылет компенсатора $H = 5,5 \text{ м}$ и силу упругой деформации $p_k = 1,6 T$.

Пример VI.11. Проверить возможность использования для самокомпенсации Г-образного участка трубопровода при следующих данных:

Наружный диаметр D_n , см	32,5
Толщина стенки трубы s , мм	8
Угол поворота, град	120
Длина большего плеча l_b , м	30
Длина меньшего плеча l_m , м	15
Максимальная температура теплоносителя, °C	150
Расчетная температура наружного воздуха t_n , °C	-30

Решаем задачу по формулам для схемы 4 (табл. VI.27): расчетный угол $\beta = 120 - 90 = 30^\circ$; соотношение плеч $n = \frac{30}{15} = 2$; расчетная разность температур $\Delta t = 150 - (-30) = 180^\circ \text{ C}$.

По номограммам (лист VI.14, рис. 6,7) определяем значения вспомогательных коэффициентов при $n = 2$ и $\beta = 30^\circ$; $C = 6,4$; $A = 21$; $B = 20$.

Определяем значения вспомогательных величин для $D_n = 32,5 \text{ см}$ и $s = 8 \text{ мм}$ по табл. VI.28:

$$\frac{\alpha E j}{10^7} = 24 \text{ кгс/}^\circ\text{C}; \quad \frac{\alpha E D_n}{10^7} = 0,078 \text{ кгс} \cdot \text{м/мм}^2 \cdot ^\circ\text{C}.$$

Продольное изгибающее компенсационное напряжение в заделке меньшего плеча

$$\sigma_a = 6,4 \cdot 0,078 \frac{180}{15} = 5,98 \text{ кгс/мм}^2.$$

Полученное значение σ_a не превышает заданного предела 8 кгс/мм^2 , следовательно, размеры плеч достаточны.

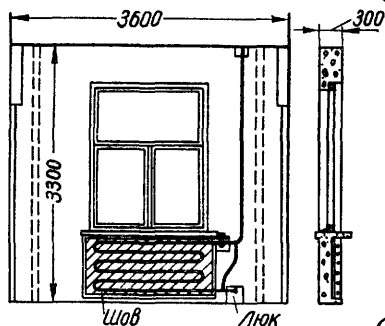
Силы упругой деформации в заделке меньшего плеча составляют:

$$p_x = 21 \cdot 24 \frac{180}{15^2} = 405 \text{ кгс}; \quad p_y = 20 \cdot 24 \frac{180}{15^2} = 385 \text{ кгс}.$$

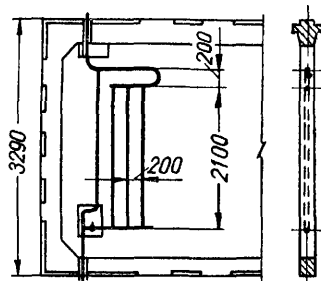
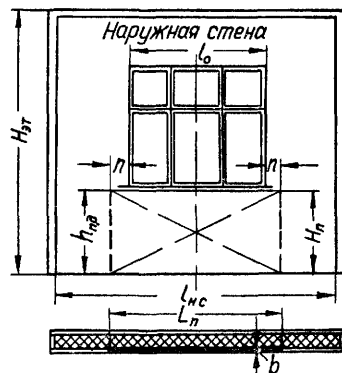
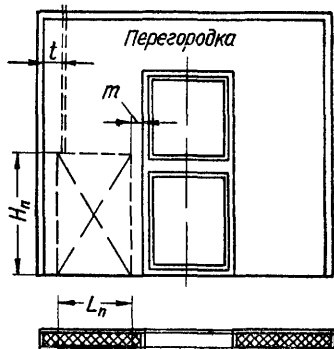
Пример VI.12. Проверить возможность использования для самокомпенсации Z-образного участка трубопровода, исходные данные следующие:

Максимальная температура теплоносителя, °C	150
Наружный диаметр трубопровода D_n , см	42,6
Толщина стенки трубы s , мм	6
Длина меньшего параллельного плеча l_m , м	24
То же, большего l_b , м	36
Длина перпендикулярного плеча l , м	24
Расчетная температура наружного воздуха t_n , °C	-20

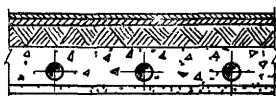
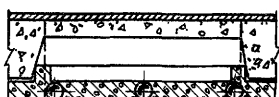
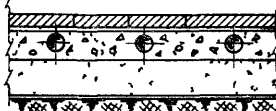
Наружная стеновая панель



Перегородочная панель



3



4



Лист III.12. Греющие бетонные панели:

1 — крупнопанельные элементы здания с греющими змеевиками, 2 — размеры греющих панелей, 3, 4 — греющие панели в потолке и в полу

Решение выполняется по формулам для схемы 5 (см. табл. VI.27): соотношение плеч

$$p = \frac{24 + 36}{24} = 2,5; n = \frac{24}{24 + 36} = 0,4;$$

расчетная разность температур

$$\Delta t = 150 + 20 = 170^\circ \text{C}.$$

По номограммам (лист VI.15) определяем вспомогательные коэффициенты A , B и C при $p = 2,5$ и $n = 0,4$. $C_{\text{макс}} = 6,6$. Из графика следует, что максимальное напряжение будет в точке d (см. лист VI.14, рис. 5), т. е. $C_{\text{макс}} = C_{(d)}$; $A = 12,1$; $B = 7,6$.

По табл. VI.28 находим вспомогательные величины для $D_n = 42,6 \text{ см}$ и $s = 6 \text{ мм}$

$$\frac{\alpha EI}{10^7} = 41,9 \text{ кгс/м}^2/^\circ\text{C}; \quad \frac{\alpha ED_n}{10^7} = 0,102 \text{ кгс/мм}^2 \cdot ^\circ\text{C}.$$

Продольное изгибающее компенсационное напряжение в точке d

$$\sigma_d = 6,6 \cdot 0,102 \frac{170}{2 \cdot 24} = 2,38 \text{ кгс/мм}^2.$$

Полученное значение σ не превышает заданного предела 8 кгс/мм^2 , следовательно, Z-образный участок трубопровода может быть использован для самокомпенсации.

Определяем силы упругой деформации

$$p_x = 12,1 \cdot 41,9 \frac{170}{24^2} = 150 \text{ кгс};$$

$$p_y = 7,6 \cdot 41,9 \frac{170}{24^2} = 92 \text{ кгс}.$$

Определение усилий на неподвижные опоры

Усилия, воспринимаемые неподвижными опорами, складываются из неуравновешенных сил внутреннего давления, сил трения в сальниковых компенсаторах и в подвижных опорах и сил упругой деформации П-образных компенсаторов и самокомпенсации. При определении усилий на неподвижные опоры учитывается схема участка трубопровода, тип подвижных опор и компенсирующих устройств, расстояние между неподвижными опорами и наличие запорных органов и ответвлений.

Коэффициент трения для скользящих опор $\mu = 0,3$, для катковых $\mu = 0,1$. Рабочее давление принимается максимально возможным (с учетом рельефа местности).

В табл. VI.29 приведены наиболее характерные схемы расчетных участков трубопроводов и расчетные формулы. Неравномерность затяжки сальников компенсаторов и работы подвижных опор учитывается коэффициентом 0,3.

Силы трения в сальниковых компенсаторах определяют по формулам, m : от затяжки болтов

$$p_c = \frac{400n}{f_n} \pi D_{c.n} b \mu \cdot 10^{-3}; \quad (\text{VI.98})$$

от внутреннего давления

$$p_c = 2\pi l D_{c.n} b \mu \cdot 10^{-3}, \quad (\text{VI.99})$$

где n — число болтов, шт.;

f_n — площадь кольца набивки, см^2 ; $\frac{400n}{f_n}$ принимается не менее 10 кгс/см^2 ;

b — длина набивки по оси компенсатора, см ;

$D_{c.n}$ — наружный диаметр стакана компенсатора, см ;

μ — коэффициент трения набивки (принят равным 0,15);

p — рабочее давление среды, кгс/см^2 .

Панели можно устанавливать с одно- и двусторонней теплоотдачей (лист III.11, рис. 1—3). Греющие бетонные плитусы (лист III.11, рис. 6, 7) удобно применять для отопления коридоров, вестибюлей и прочих вспомогательных помещений, а также для обогрева магазинных витрин.

В крупнопанельном строительстве применяются стеновые и перегородочные панели (лист III.12, рис. 1, 2). Змеевики панелей присоединяют подводками к трубопроводам-стоякам при помощи сгоновых соединений. Конструктивные решения панелей греющего потолка и пола весьма разнообразны (лист III.12, рис. 3, 4).

При конструировании вертикальных греющих бетонных панелей в наружных стенах и перегородках размеры их рекомендуется принимать по табл. III.15.

Таблица III.15. Рекомендуемые размеры вертикальных отопительных панелей, мм (лист III.12, рис. 2)

Наименование показателей	Размеры панелей при расположении их			
	в наружной стене		в перегородке	
	мин.	макс.	мин.	макс.
Ширина L_n	$l_0 + 200$ (по расчету)	$l_{н.с.} (l_0 + 400)$	По расчету	1600
Высота H_n	$h_{п.д} - 10$		То же	1000
Толщина b при диаметре трубы змеевика 15 мм	40	Конструктивно	40	Конструктивно
То же, 20 мм	50	»	50	»
Выступ за пределы окна n	$l_0 + 200$			—
Расстояние от панели до двери m	50	По расчету		—
Расстояние от стояка до стены t	150	Конструктивно	150	Конструктивно

Примечание. Высоту панели H_n в перегородке можно принять при соответствующем обосновании более 1000 мм.

Примерная номенклатура низких вертикальных бетонных панелей с одно- и двусторонней теплоотдачей включает три их типа: П-4/Л, П-6/Л, П-8/Л (цифры 4, 6, 8 — количество горизонтальных участков труб нагревательных элементов, Л — общая длина панели). По длине дается всего пять типоразмеров панелей: $L = 1,2; 1,4; 1,8$ и 2 м.

Установка приборов и присоединение их к трубопроводу

Способ установки нагревательных приборов должен соответствовать архитектурному оформлению помещения, отвечать характеру здания и классу его отделки. Нагревательные приборы следует располагать преимущественно под окнами у наружных стен. В этом случае они создают равномерный обогрев воздуха в помещении и препятствуют появлению токов холодного воздуха над полом и возле окон, что наблюдается при печном отоплении. Как правило, все нагревательные приборы устанавливают открыто без ограждений, по возможности в нишах (табл. III.16).

В помещениях с мокрым влажностным режимом (в банях, прачечных и т. п.), а также в зданиях с высокими требованиями гигиены (в лечебно-профилактических учреждениях) отопительные приборы устанавливают свободно у стен без ниш.

Установка секционных чугунных радиаторов и ребристых труб показана на листе III.8, рис. 3, 4.

Приборы в помещении следует располагать симметрично с наименьшим количеством отопительных стояков и подводками к приборам длиной не более 1—1,25 м. Рекомендуется смещать нагревательные приборы на 200 мм от края ниши, при этом

Таблица VI.29. Расчетные формулы для определения осевых и боковых сил на неподвижные опоры трубопроводов (от одной трубы)

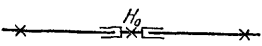
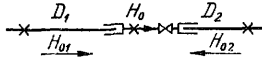
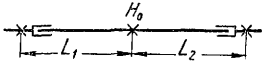
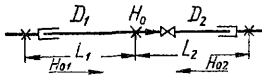
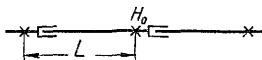
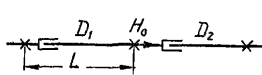
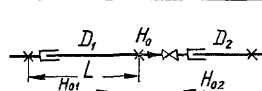
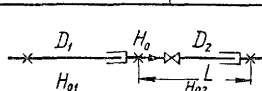
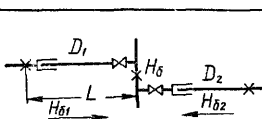
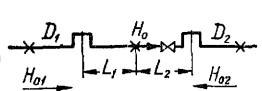
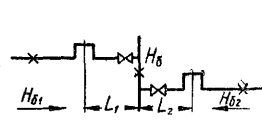
Номер схемы	Схема расчетного участка трубопроводов	Расчетные формулы
1		$H_0 = 0,3p_c$
2		$\begin{aligned} \text{При } D_1 > D_2 \quad H_{01} &= p_{c1} + pF_{\text{сн1}} \\ \text{При } D_1 < D_2 \quad H_{02} &= p_{c2} + pF_{\text{сн2}} \end{aligned}$
3		$\text{При } L_1 > L_2 \quad H_0 > 0,3 p_c + q\mu (L_1 - 0,7L_2)$
4		$\begin{aligned} \text{При } D_1 > D_2 \quad H_{01} &= p_{c1} + q_1\mu L_1 + pF_{\text{сн1}} \\ \text{При } D_1 < D_2 \quad H_{02} &= p_{c2} + q_2\mu L_2 + pF_{\text{сн2}} \end{aligned}$
5		$H_0 = 0,3p_c + q\mu L$
6		$\begin{aligned} \text{При } D_1 > D_2 \quad H_0 &= p_{c1} + q_1\mu L + p(F_{\text{сн1}} - F_{\text{сн2}}) - 0,7p_{c2} \\ \text{При } D_1 < D_2 \quad H_0 &= p_{c2} + q_2\mu L + p(F_{\text{сн2}} - F_{\text{сн1}}) - 0,7p_{c1} \end{aligned}$
7		$\begin{aligned} \text{При } D_1 > D_2 \quad H_{01} &= p_{c1} + q_1\mu L + pF_{\text{сн1}} \\ \text{При } D_1 < D_2 \quad H_{02} &= p_{c2} + pF_{\text{сн2}} \end{aligned}$
8		$\begin{aligned} \text{При } D_1 > D_2 \quad H_{01} &= p_{c1} + pF_{\text{сн1}} \\ \text{При } D_1 < D_2 \quad H_{02} &= p_{c2} + q_2\mu L + pF_{\text{сн2}} \end{aligned}$
9		$\begin{aligned} H_{\delta 1} &= p_{c1} + q_1\mu L + pF_{\text{сн1}}; \\ H_{\delta 2} &= p_{c2} + pF_{\text{сн2}} \end{aligned}$
10		$\begin{aligned} \text{При } D_1 > D_2 \quad H_{01} &= p_{\kappa 1} + q_1\mu L_1 \\ \text{При } D_1 < D_2 \quad H_{02} &= p_{\kappa 2} + q_2\mu L_2 \end{aligned}$
11		$H_{\delta 1} = p_{\kappa 1} + q_1\mu L_1; \quad H_{\delta 2} = p_{\kappa 2} + q_2\mu L_2$

Таблица III.16. Наименьшая ширина ниш для радиаторов М-140 и М-140-АО, см

Вид подводки	Число секций								
	3—4	5—6	7—8	9—10	11—12	13—14	15—16	17—18	19—20
С уткой	105	118	131	157	172	196	222	235	248
Напрямую	79	105	118	144	157	172	196	209	235

Примечание. Ширина ниш принята без учета штукатурки. Размеры их даны для кирпичных стен, толщина швов кладки в которых принята 1 см. Наибольшая ширина подоконной ниши должна быть на 12 см меньше ширины окна в свету, что не нарушает прочности заделки подоконной доски.

стояк располагают на расстоянии 150 ± 50 мм от откоса оконного проема. Такой способ установки нагревательных приборов позволяет унифицировать стояки для индустриальной заготовки в односторонних вертикальных системах с односторонним присоединением приборов.

Нагревательные приборы, как правило, устанавливают на кронштейнах, заделанных в стены. Допускается также установка на особых металлических подставках. Легкие приборы (например, штампованные радиаторы из листовой стали) устанавливают на кронштейнах, которые укрепляют на дюбелях, заделанных в стены.

При установке приборов в укрытиях с архитектурно-оформленными решетками для сохранения нормальной теплоотдачи поверхности нагрева суммарная площадь живого сечения решетки должна составлять не менее 70% общей площади укрытия.

Окраска наружной поверхности нагревательных приборов с применением алюминиевого или бронзового порошка, декоративные гальванические покрытия и прочие виды отделок, снижающие лучистую теплоотдачу радиаторов, не допускаются.

Конвекторы с боковым выпуском нагретого воздуха устанавливают обычно в нишах под окнами, а с верхним выпуском воздуха — у глухих стен и перегородок без ниш (лист III.10, рис. 1).

В зданиях до 4 этажей нагревательные приборы в лестничных клетках располагают при входе, не перенося их на лестничные площадки, так как они не должны загромождать проходы. В зданиях выше 4 этажей отопление лестничных клеток предусматривают при помощи конвекторов. Устанавливать приборы в отсеках тамбуров с наружным входом не разрешается.

Во избежание замерзания приборов на первом этаже лестничных клеток наружные входы должны иметь тамбуры или двойные утепленные двери.

От правильности присоединения приборов к трубопроводу системы отопления в большой степени зависит их прогрев. В жилых домах с высотой помещения 2,5 м количество стояков с односторонним присоединением приборов не ограничивается. К стоякам, питающим приборы лестничных клеток, не следует присоединять приборы других помещений. В угловых комнатах размещение стояков должно обеспечить прогрев углов наружных стен.

Основные правила присоединения нагревательных приборов к трубопроводу водяной системы отопления сводятся к следующему:

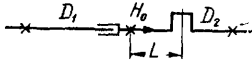
радиаторы с количеством секций до 25 присоединяют по односторонней схеме, а более 25 — по разносторонней; в системах с естественным побуждением для радиаторов с числом секций более 15 рекомендуется разностороннее присоединение;

подводки к приборам прокладывают с уклоном не менее 10 мм на всю длину;

присоединение приборов на цепке допускается в пределах одного помещения, за исключением кладовых, санузлов и других вспомогательных помещений, где их можно присоединять на цепке к прибору соседней комнаты; на цепке присоединяют лишь однородные приборы, установленные на одном уровне и на расстоянии не более 1,5 м; цепки более двух приборов разрешаются при насосной циркуляции и разностороннем присоединении;

диаметр соединительных труб цепки радиаторов должен быть на один размер больше диаметра подводов к прибору, но не менее 25 мм в системах с насосной циркуляцией и 32 мм — с естественной;

при паре низкого давления установка на цепке более двух приборов не рекомендуется;

Номер схемы	Схема расчетного участка трубопроводов	Расчетные формулы
12		При нагревании $D_1 > D_2$ $H_0 = p_c + pF_{сн} - p_k - 0,7q_2\mu L$ При охлаждении $D_1 = D_2$ $H_0 = q_2\mu L + pF_{сн} + p_k - 0,7p_c$

Примечание. В формулах приняты следующие обозначения: H_0 — суммарная осевая сила на неподвижную опору, т; μ — коэффициент трения, p_c — сила трения в сальниковом компенсаторе, т; p — рабочее давление среды, кгс/см²; $F_{сн}$ — площадь сечения стакана компенсатора, см²; q — вес 1 м трубопровода, кгс; p_k — сила упругой деформации П-образных компенсаторов, т; $p_{ск}$ — сила упругой деформации при самокомпенсации, направленная вдоль оси трубопровода, т; L_1, L_2 — длина трубопровода по обе стороны неподвижной опоры, м.

Для расчетов принимается большее значение p_c , получающееся от затяжки болтов или от внутреннего давления (см. номограмма на листе VI.8, рис. 3).

Пример VI.13. Определить усилие на неподвижную опору участка трубопровода, изображенного на схеме 12 табл. VI.29.

Диаметр условного прохода трубопровода на участке с сальниковым компенсатором $D_y = 400$ мм; на участке с П-образным компенсатором $D_y = 300$ мм, длина участка $L = 50$ м, рабочее давление теплоносителя $p = 10$ кгс/см².

Силу трения в сальниковом компенсаторе определяем по номограмме (лист VI.8, рис. 3). При $D_y = 400$ мм и $p = 10$ кгс/см² $p_c = 4,5$ т.

Силу упругой деформации П-образного компенсатора $D_y = 300$ мм принимаем из примера VI.10 $p_k = 1,6$ т; вес 1 м трубы с водой — по табл. VI.29 $q_{гр} = 137,5$, вес изоляционной конструкции $q_{из} = 17$, общий вес $q_2 = 155$ кгс.

Коэффициент трения $\mu = 0,3$, сечение стакана сальникового компенсатора по табл. VI.26 $F_{сн} = 1372$ см².

Осевое усилие на неподвижную опору трубопровода определяем по формуле для схемы 12 (табл. VI.29):

при нагревании

$$H_0 = p_c + pF_{сн} - p_k - 0,7q_2\mu L = 4,5 + 10 \cdot 1372 \cdot 10^{-3} - 1,6 - 0,7 \cdot 155 \cdot 0,3 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 15 \text{ т.}$$

при охлаждении

$$H_0 = q_2\mu L + pF_{сн} + p_k - 0,7p_c = 155 \cdot 0,3 \cdot 50 \cdot 10^{-3} + 10 \cdot 1372 \cdot 10^{-3} + 1,6 - 0,7 \cdot 4,5 = 14,5 \text{ т.}$$

Принимаем большее значение $H_0 = 15$ т.

ПРОКЛАДКА ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Наружные тепловые сети являются одним из наиболее трудоемких и дорогостоящих элементов систем централизованного теплоснабжения, поэтому правильный выбор трассы тепловой сети, способа прокладки и конструкции тепловых сетей определяют основную стоимость работ. Проектное решение принимается на основании материалов гидрогеологических изысканий и съемки местности, перспективного развития системы теплоснабжения и очередности строительства тепловых сетей, а также технико-экономического сравнения отдельных возможных решений с учетом последних достижений в данной области техники.

В городах и поселках, исходя из архитектурных требований, применяется подземная прокладка тепловых сетей: бесканальная; в непроходных, полупроходных и проходных каналах (тоннелях); в общих коллекторах совместно с другими коммуникациями и в технических коридорах подвалов, подпольях зданий (при диаметре труб не более 300 мм).

Трасса тепловых сетей выбирается параллельно линиям застройки или оси дорог в соответствии с требованиями СНиП II-36-73. Не рекомендуется прокладывать тепловые сети параллельно трамвайным путям и отсасывающим кабелям постоянного тока, а также в полосе отчуждения железной дороги. Пересечение тепловых сетей с железнодорожными, трамвайными путями и автомобильными дорогами должно быть под прямым углом.

В пределах проездов трасса тепловых сетей обычно прокладывается под тротуарами или полосами зеленых насаждений, а при невозможности такого размещения — под проезжей частью дороги или на территории кварталов.

Расстояния в плане и по вертикали от конструкции тепловых сетей до зданий, сооружений и инженерных сетей должны быть выдержаны в соответствии с требованиями СНиП II-36-73.

Особое внимание при выборе трассы и заглубления теплопроводов должно быть уделено местам с параллельной прокладкой и пересечениями с электрокабелями. При параллельной прокладке температура грунта в месте прокладки электрокабеля в любое время года для кабельных линий напряжением до 10 кВ не должна повышаться более чем на 10° С, для линий напряжением 35—220 кВ — на 5° С. В местах пересечений температура грунта в месте прокладки электрокабеля не должна повышаться более чем на 10° С по сравнению с низшей температурой грунта в зимний период и на 15° С — в летний период.

Глубина заложения тепловых сетей от дневной поверхности в свету принимается не менее:

до верха перекрытий каналов и тоннелей — 0,5 м;

до верха перекрытий камер — 0,3 м;

до верха оболочки бесканальной прокладки — 0,7 м.

В непроезжих местах допускается сооружать камеры выступающими над поверхностью земли на высоту не менее 0,4 м. При прокладке тепловых сетей на низких опорах расстояние в свету от поверхности земли до низа изоляции рекомендуется принимать 0,35—0,5 м.

Уклон тепловых сетей независимо от способа прокладки должен быть не менее 0,002.

Расстояния в свету между трубопроводами, арматурой и строительными конструкциями, м

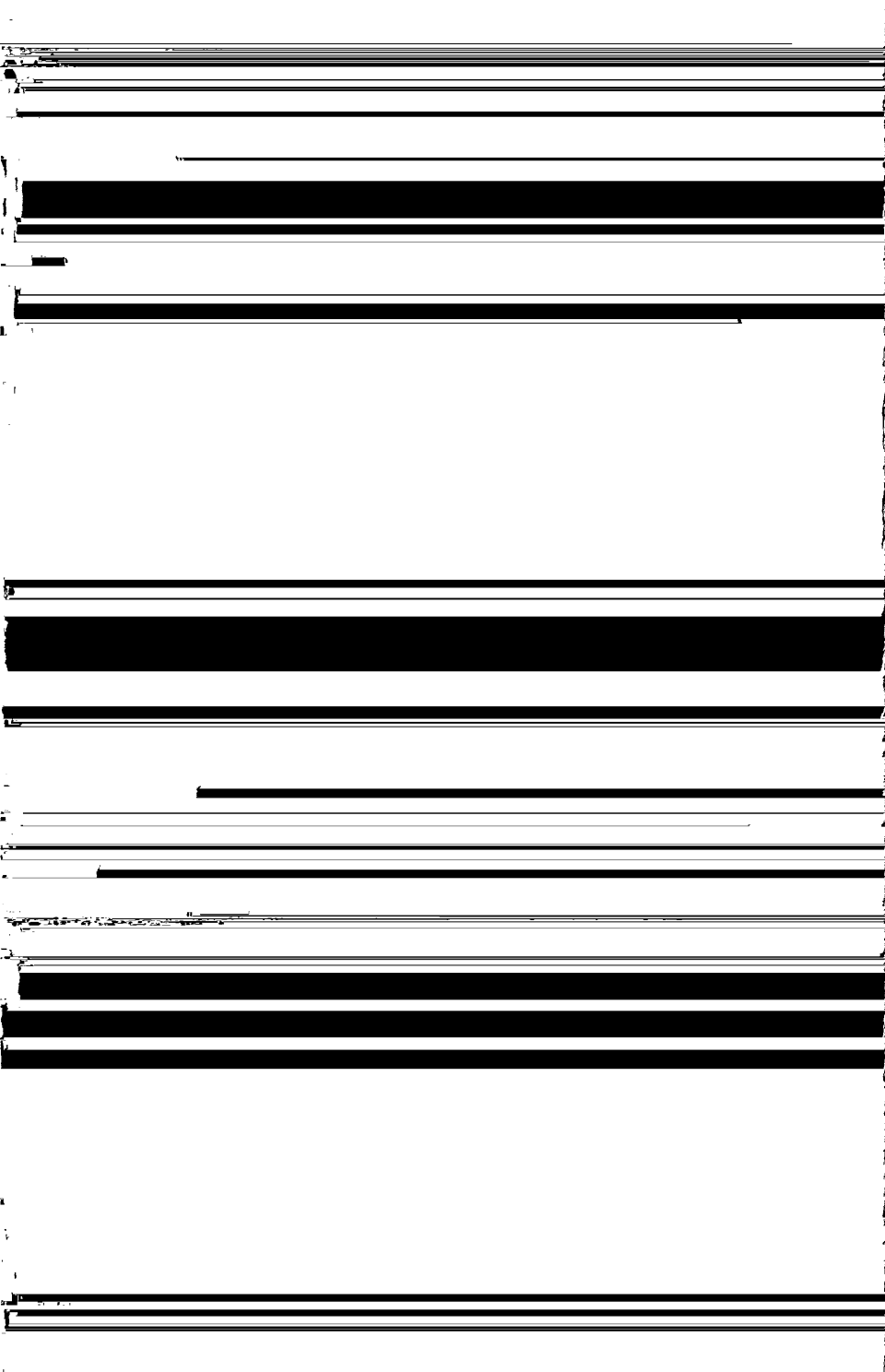
От пола или перекрытия камеры до поверхности изоляции труб (для перехода)	0,7
Боковые проходы для обслуживания арматуры и сальниковых компенсаторов (от стенки камеры до фланца арматуры и до компенсатора) при $D_y \leq 500$ мм	0,6
То же, при $D_y \geq 600$ мм	0,7
От поперечной стенки камеры до корпуса сальникового компенсатора (со стороны стакана) при $D_y \leq 500$ мм	0,6
То же, при $D_y \geq 600$ мм	0,8
От пола или перекрытия камеры до фланца арматуры или сальникового компенсатора при $D_y \leq 500$ мм	0,3
То же, при $D_y \geq 600$ мм	0,4
От пола или перекрытия до поверхности изоляции труб ответвлений	0,2

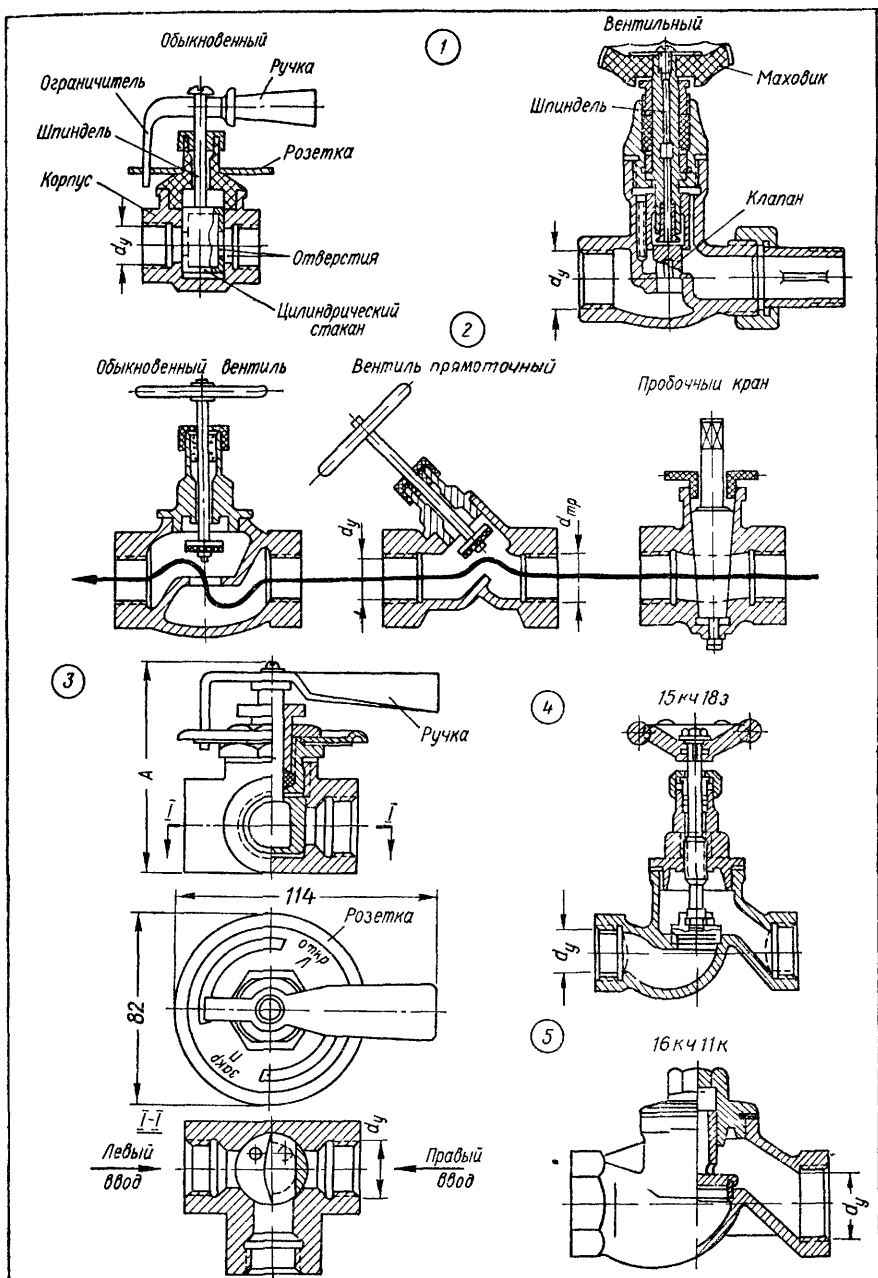
Высота камер принимается 2 м. В камерах предусматривается не менее 2 люков и монтажные окна (в тех случаях, когда для спуска и подъема арматуры размер входных люков недостаточен).

Для дренажа трубопроводов предусматриваются в низших точках устройства для выпуска воды, а в высших точках — для выпуска воздуха (воздушники). Диаметры вентиляй или задвижек для выпуска воды и воздуха назначаются в зависимости от диаметра условного прохода трубопровода D_y (табл. VI.30).

Надземная прокладка на эстакадах, на отдельно стоящих высоких мачтах или низких опорах (столбиках), а также по стенам зданий может применяться только на загородных магистралях в местах перехода через железные дороги, в особо тяжелых грунтовых условиях при соответствующем согласовании с архитектурным управлением города и другими заинтересованными организациями.

Наиболее распространенным способом прокладки трубопроводов тепловой сети является подземный в непроходных унифицированных каналах серии ИС-01-04 Госстроя СССР. Этот тип прокладки может применяться в любых грунтовых условиях,





Лист III.13. Запорно-регулирующая арматура нагревательных приборов:

1 — краны двойной регулировки, 2 — движение потока в различных типах арматуры, 3 — трехходовой кран (при $d_y = 20$ мм $A = 91$ мм, при $d_y = 25$ мм $A = 112$ мм); 4 — запорный муфтовый вентиль ($d_y = 15+50$ мм); 5 — обратный клапан для холодной воды ($d_y = 15+50$ мм).

в зоне грунтовых вод устраивается попутный фильтрующий дренаж или оклеечная гидроизоляция.

Каналы рассчитаны на действие автомобильной нагрузки по классу Н-30 и колесной нагрузки по классу НК-80 при заглублении верха перекрытия от 0,7 до 2 м. Каналы марки КЛ высотой 300, 450 и 600 мм собираются из лотковых элементов, перекрываемых плоскими плитами; каналы марки КЛс высотой 900 и 1200 мм собираются из двух лотковых элементов, укладываемых один на другой (см. лист VI.7, рис. 6, 7, табл. VI.31).

Промежуточные опоры трубопроводов в непроходных каналах выполняются в виде плоских прямоугольных сборных железобетонных подушек. Опорные подушки укладывают на пол канала на цементном растворе. В верхней части опорных подушек устанавливают закладные металлические детали, выступающие из бетона на высоту до 20 мм (см. лист VI.7, рис. 2,3).

Таблица VI.30. Диаметры арматуры (вентилей и задвижек)
 D_a , мм

Выпуск воды		Выпуск воздуха	
D_y	D_a	D_y	D_a
До 70	25	25—80	15
80—125	40	100—150	20
150—175	50		
200—250	80	175—300	25
300—400	100	350—450	31
450—500	150		

Таблица VI.31. Размещение двухтрубных водяных тепловых сетей в непроходных одностоечковых каналах

D_y трубы, мм	Марка канала	Размеры канала, мм		Примерные расстояния, мм		
		ширина	высота	между осями труб	от оси труб до стенки канала	от дна канала до низа трубы
25; 32 40; 50; 70; 80	КЛ60-45	600	450	250 300	175 150	196
100; 125; 150	КЛ90-45	900		450	225	
175; 200; 250	КЛ120-60	1200	600	600	340	
175; 200; 250 300; 350	КЛс150-90	1500	900	600 700	450 400	246

Примечание. Канал КЛ120-60 для труб с $D_y = 175; 200; 250$ мм собирается на плоской плите и перекрывается лотковым элементом.

В полупроходных каналах и проходных тоннелях нижний ряд трубопроводов также опирают на подушки, применяемые в непроходных каналах. Верхние ярусы труб опирают на металлические консоли или рамы.

Неподвижные опоры для трубопроводов в непроходных каналах выполняют щитовыми (см. лист VI.8, рис. 5 и табл. VI.23). Неподвижные опоры в камерах при подземной прокладке труб выполняются металлическими (см. лист VI.8, рис. 4).

При прокладке тепловых сетей бесканальным способом в сухих глинистых, песчаных и плотнотслежавшихся грунтах изолированные теплопроводы укладываются непосредственно на песчаную подготовку и засыпаются грунтом; подвижные опоры под трубопроводы не устанавливаются. При прокладке в мокрых грунтах или в зоне грунтовых вод устраивается попутный дренаж. В насыпных, торфянистых и других слабых грунтах в основании песчаной подушки дополнительно укладываются сборные железобетонные плиты или производится замена слабого грунта уплотненной песчаной засыпкой на глубину не менее 500 мм.

Неподвижные опоры при бесканальной прокладке также выполняются в виде железобетонных щитов прямоугольной формы (лист VI.16, рис. 4).

Ленинградским отделением ВГПИ «Теплоэнергопроект» разработан альбом типовых рабочих чертежей бесканальной прокладки для двухтрубных тепловых сетей диаметром 50—1000 мм с изоляцией из автоклавного армопенобетона. Пенобетон,

Греющие бетонные панели и конвекторы целесообразно присоединять к проточным однострунным стоякам водяного отопления. Теплоотдачу панелей в однострунных системах с замыкающими участками регулируют вентилем, смонтированным на замыкающем участке, или трехходовым краном при одностороннем присоединении к стояку.

Теплоотдачу конвекторов по воздуху регулируют клапаном, а по расходу теплоносителя — арматурой на подводке к ребристому нагревателю.

Запорно-регулирующую арматуру разрешается устанавливать на группу приборов, расположенных в одном или однородных производственных и вспомогательных помещениях. В местах, где возможно замерзание нагревательных приборов, такую арматуру не устанавливают.

Расчет поверхности нагрева и подбор приборов

Расчетная поверхность нагревательных приборов F_p определяется в эквивалентных квадратных метрах (*экм*) по известным величинам теплопотерь отапливаемого помещения и теплоотдачи для принятых к установке приборов. Если в помещении трубопроводы системы отопления проложены открыто, то в расчете учитывают их полезную теплоотдачу для принятых диаметров труб. Кроме того, в расчетах учитывают необходимые поправки. Расчетную поверхность определяют по формуле

$$F_p = F_{пр} - F_{тр} = \frac{Q_T}{q_3} - F_{тр} \quad (III.1)$$

или

$$F_p = \frac{Q_T - Q_{тр}}{q_3},$$

где $F_{пр}$ — требуемая поверхность нагревательных приборов, *экм*;

$F_{тр}$ — поверхность нагрева открыто проложенных трубопроводов, *экм*, принимаемая по табл. III.17 и III.18, в которых значения $F_{тр}$ приведены для стандартных этажестояков;

Q_T — теплопотери помещения, *ккал/ч*;

$Q_{тр}$ — полезная теплоотдача открыто проложенных трубопроводов, *ккал/ч* на 1 м трубы, принимаемая по табл. III.36.

Теплоотдачу принятых к установке нагревательных приборов в *ккал/ч · экм* определяют по формуле

$$q_3 = 7,98 (\Delta t_T - 10) a z, \quad (III.2)$$

$$\Delta t_T = 0,5 (t_{вх} + t_{вых}) - t_v = t_{пр} - t_v - \quad (III.3)$$

разность средней температуры теплоносителя в нагревательном приборе и температуры окружающего воздуха, °С (для воды в двухтрубных системах средняя температура теплоносителя равна полусумме температур на входе и выходе, для пара при $p \leq 0,2$ кгс/см² ее принимают равной 100°С, а при более высоком давлении — равной температуре насыщенного пара по табл. III.5);

a — поправочный коэффициент, зависящий от относительного расхода воды $\bar{G}$ для радиаторов и расчетного расхода воды G для конвекторов плинтусного типа без кожуха;

z = 1 — поправка на схему питания приборов водой «сверху — вниз» (для других случаев эту поправку принимают по опытным данным).

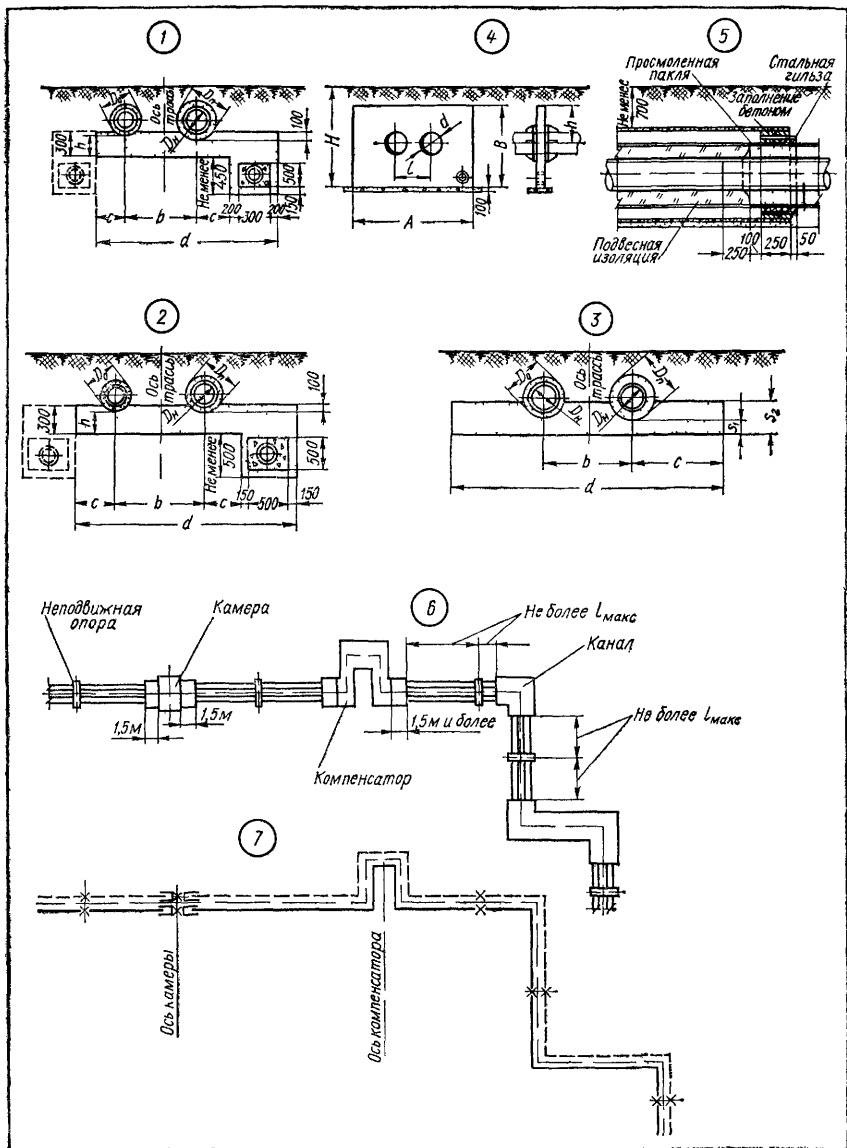
Относительный расход воды через прибор, представляющий собой отношение расхода воды через 1 *экм* прибора к нормальному расходу, равному 17,4 кг/ч · *экм*, вычисляют по формуле

$$\bar{G} = \frac{q_3}{17,4 \Delta t_{пр}}, \quad (III.4)$$

где $\Delta t_{пр}$ — перепад температур теплоносителя в нагревательном приборе, °С.

Расчетный расход теплоносителя в кг/ч находят по формуле

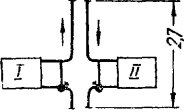
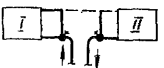
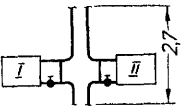
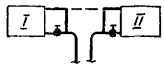
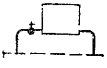
$$G = \frac{Q_T}{\Delta t_{пр}} = \frac{Q_T}{t_{вх} - t_{вых}}. \quad (III.5)$$



Лист VI.16. Бесканальная прокладка тепловых сетей с изоляцией из битумоперлита

1 и 2 — в мокрых грунтах соответственно при $D_y = 50-250$ и $D_y = 300-500$ мм;
 3 — в сухих грунтах; 4 — щитовая опора; 5 — узел примыкания бесканальной прокладки к непроходному каналу; 6 — примерный план трассы (размер $l_{\max}$ см. в табл. VI.35); 7 — монтажная схема участка трассы.

Таблица III.17. Поверхность нагрева этажестояков радиаторных однотрубных систем водяного отопления $F_{\text{тр}}$, эквивалентная полезной теплоотдаче трубопроводов (СН 419—70)

Эскиз узла	Диаметр труб, мм			$F_{\text{тр}}$, экм	
	стояка	обходного или замыкающего участка	подводки	I	II
Вертикальные узлы					
	15	15	15	0,4/0,46	0,35/0,4
	20	20	20	0,5/0,57	0,43/0,49
	25	25	25	0,62/0,68	0,53/0,58
	15	15	15	0,14/0,2	0,12/0,11
	20	20	20	0,17/0,24	0,14/0,2
	25	25	25	0,2/0,26	0,18/0,24
	15	15	15	0,5 /0,54	0,42/0,45
	20	15	20	0,58/0,63	0,5 /0,54
	25	20	25	0,72/0,78	0,61/0,68
	15	15	15	0,23/0,25	0,18/0,2
	20	15	20	0,25/0,28	0,2 /0,22
	25	20	25	0,31/0,34	0,25/0,27
Горизонтальные узлы					
	15	15	15	0,16/0,14	
	20	20	20	0,2 /0,17	
	25	25	25	0,25/0,21	
	15	15	15	0,28	
	20	20	20	0,36	
	25	25	20	0,44	

Примечания. 1. На эскизах сплошными линиями указаны трубопроводы, полезная теплоотдача которых учтена в таблице.

2. Для вертикальных радиаторных узлов в числителе дана теплоотдача при прямой подводке, в знаменателе — при подводке с утками, для горизонтальных проточных узлов в числителе — теплоотдача радиаторов высотой 0,5 м, в знаменателе — высотой 0,3 м.

3. Полезная теплоотдача дана для вертикальных узлов с радиаторами высотой до 0,5 м, для горизонтальных радиаторных узлов с замыкающими участками принимается с поправкой на число секций в приборе;

Число секций . . . 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18
Поправка 0,68 0,74 0,79 0,84 0,9 0,95 1 1,05 1,1 1,16 1,21 1,26 1,31

4. При размерах этажестояков, отличных от приведенных, их полезная теплоотдача уточняется по теплоотдаче труб (табл. III.18).

Таблица VI 33. Основные размеры сечения бесканальной прокладки тепловых сетей с изоляцией из битумоперлита, мм

$D_{\text{н}}$ трубопровода	$D_{\text{н}}$	В сухих грунтах (лист VI.16, рис. 3)				В мокрых грунтах (лист VI.16, рис. 1 и 2)			
		D_0	b	c	d	h	c	d	h
57	177/137	137		285	850	120/100			220/200
76	216/176	156	280	310	900		210	1400	
89	229/189	169		310	900				
108	248/208	188		300	1000				
133	273/233	213	400	300	1000	130/110	250	1600	230/210
159	299/259	239		350	1100				
219	359/319	299	540	380	1300		330	1900	
273	413/373	353		380	1300		330	1900	
325	465/425	405		520	1700	180/160	270	2000	
377	537	477	660	570	1800		270	2000	230
426	586	526		570	1800	180		2100	
480	640	580	1160	620	2300		320	2600	
530	690	630		620	2400		370	2600	
								2700	

Примечания: 1. Для трубопроводов диаметром 57 + 273 мм $S_1 = 100$, $S_2 = 200$ мм. Для трубопроводов диаметром 325 + 530 мм $S_1 = 150$, $S_2 = 300$ мм.

2. В числителе даны размеры для трубопровода с температурой теплоносителя, 150° С, в знаменателе — 95° С.

Таблица III.18. Поверхность нагрева труб водяного отопления $F_{тр}$, эквивалентная полезной теплоотдаче трубопроводов (СН 419—70)

Вид прокладки трубо- проводов	Значение $F_{тр}$ 1 м труб, экм, при диаметре условного прохода, мм								
	15			20			25		
	Схема подачи воды в радиаторы								
	«свер- ху — вниз»	«сни- зу — вниз»	«сни- зу — вверх»	«свер- ху — вниз»	«сни- зу — вниз»	«сни- зу — вверх»	«свер- ху — вниз»	«сни- зу — вниз»	«сни- зу — вверх»
Горизонтальная	0,098	0,098	0,114	0,123	0,122	0,143	0,154	0,153	0,179
Вертикальная	0,131	0,13	0,152	0,158	0,157	0,184	0,19	0,188	0,22

В двухтрубных системах водяного отопления при параллельном питании нагревательных приборов горячей водой величина $\Delta t_{пр}$ постоянна и равна разности температур теплоносителя для принятых параметров ($\Delta t_{пр} = t_r - t_0$). В однотрубных системах при последовательном питании нагревательных приборов горячей водой величина $\Delta t_{пр}$ переменная и определяется специальным расчетом (см. стр. 144) или при помощи вспомогательных таблиц (табл. III.34, III.35). При определении Δt_r учитывают общее понижение температуры горячей воды на участках подающей магистрали до рассматриваемого стояка $t_r - \Delta t_m$, если $\Delta t_m > 1^\circ \text{C}$. В насосных системах водяного отопления на каждые 10 м изолированных труб принимают следующие величины Δt_m :

d_y , мм . . .	25—40	50	70—90	125—150
Δt_m , $^\circ \text{C}$. . .	0,4	0,3	0,2	0,1

Таблица III.19. Коэффициент β_1 , учитывающий остывание воды в трубах

Число приборов	Рассчитываемый при											
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
3	1,04											
4	1,03	1,04										
5	1,02	1,03	1,04									
6	1	1,02	1,03	1,04								
7	1	1	1,02	1,03	1,04							
8	1	1	1	1,02	1,03	1,04						
9	1	1	1	1	1,02	1,03	1,04					
10	1	1	1	1	1,02	1,03	1,03	1,04				
11	1	1	1	1	1	1,02	1,03	1,04	1,04			
12	1	1	1	1	1	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04		
13	1	1	1	1	1	1	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	
14	1	1	1	1	1	1	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	
15	1	1	1	1	1	1	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	
16	1	1	1	1	1	1	1	1,02	1,02	1,02	1,03	
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1,02	1,02	1,02	
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,02	1,02	
19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,02	1,02	
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,02	
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,02	
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

применяемый для теплоизоляции труб, имеет объемную массу 400 кг/м^3 , прочность при сжатии $8-12 \text{ кгс/см}^2$, коэффициент $0,12 \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$ при влажности 5%.

Таблица VI.32. Основные размеры неподвижных опор типа НО для $D_y = 50 \div 400 \text{ мм}$ и типа НОМ для $D_y = 450 \div 500 \text{ мм}$ при бесканальной прокладке тепловых сетей (лист VI.16, рис. 4)

D_y трубопровода, мм	Марка цита	Размеры, мм				
		A	B	H	d	l
50	H01-50	2000	200	1500	140	280
70	H01-70				160	
80	H01-80				170	
100	H01-100				190	400
125	H01-125				210	
150	H01-150	3000	250	2000	240	
200	H02-200				300	540
250	H02-250				360	
300	H03-300				430	
350	H03-350				480	660
400	H03-400	4500	300	2500	530	
450	НОМ4-450				580	
500	НОМ4-500				630	1160
		5500	350	2500		

Из других конструкций бесканальной прокладки тепловых сетей наибольшее распространение получила прокладка с изоляцией из битумоперлита. Киевским отделением ВГПИ «Теплоэлектропроект» разработаны типовые конструкции серии 4,903-4 для бесканальной прокладки тепловых сетей с изоляцией из битумоперлита при $D_y = 50 \div 500 \text{ мм}$ и расчетных температурах воды в подающем трубопроводе 150 и 95°C , в обратном — 70°C (табл. VI.33).

Конструкция тепловой изоляции трубопроводов состоит из антикоррозионного покрытия, основного теплоизоляционного слоя из битумоперлита и гидронизоляционного покрытия (табл. VI.34). Изоляция наносится на трубопроводы механическим способом в заводских условиях; изоляция сварных стыков трубопроводов производится формовочными изделиями из битумоперлита.

Изолированные трубопроводы укладываются на песчаную подушку толщиной не менее 100 мм и засыпаются слоем песка толщиной 100 мм, а затем грунтом. Заглубление верха конструкции изоляции должно быть не менее 0,7 м при наличии дорожного покрытия и 1 м при отсутствии дорожного покрытия. Предельные расстояния $l_{\text{макс}}$ от неподвижной опоры до начала канального участка (лист VI.16, рис. 1), исходя из условий прочности трубопровода, рекомендуется принимать по табл. VI.35.

Таблица VI.34. Толщина слоя изоляции из битумоперлита, при бесканальной прокладке трубопроводов, мм

Расчетная температура теплоносителя, $^\circ\text{C}$	D_y трубопровода, мм		
	50	70 + 300	350 + 500
150	50	60	70
95	30	40	—
70	30	30	40

Примечание Толщина слоя тепловой изоляции из битумоперлита определена на основе нормативных теплопотерь при следующих усредненных исходных данных: среднегодовые температуры теплоносителя 90, 65 и 50°C и соответственно расчетные температуры 150, 95 и 70°C ;

коэффициент теплопроводности битумоперлита $0,073 \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$;

коэффициент теплопроводности грунта средней влажности $2 \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$.

Таблица VI.35. Значения $l_{\text{макс}}$ (лист VI.16 рис. 1)

Наименование показателя	Единица измерения	D_y трубопровода, мм									
		50 ÷ 80	100		125		150	200	250 ÷ 450	250 ÷ 500	350 ÷ 500
Толщина стенки трубопровода $l_{\text{макс}}$	мм	3 ÷ 4	3	4	3,5	4	5	7		8	9
	м	20	20	25	25	30	40	55	60	70	80

Таблица VI.36. Техническая характеристика битумоперлитовой изоляции

Наименование показателей	Единица измерения	Марка битумоперлита	
		БП-350	БП-450
Объемная масса в сухом состоянии	кг/м ³	350	450
Предел прочности при $t = 20^\circ \text{C}$ (не менее):			
при сжатии	кгс/см ²	2,5	4
при изгибе	»	1	2
Водопоглощение за 1 сутки (по объему)	проц.	5	3
Коэффициент теплопроводности в воздушно-сухом состоянии при $t = 20^\circ \text{C}$	ккал/м·ч·°C	0,07—0,08	0,08—0,09

В зависимости от объемной массы битумоперлитовая тепловая изоляция подразделяется на марки БП-350 и БП-450 (табл. VI.36).

Гибкие компенсаторы и участки трубопроводов, являющиеся элементами естественной компенсации, прокладываются в нишах и каналах (лист VI.16, рис. 6 и 7). С целью уменьшения количества участков, прокладываемых в каналах, рекомендуется применять сальниковые компенсаторы, начиная с $D_y = 100$ мм. Г-образная компенсация допускается при углах поворота не более 120° .

Таблица III.20. Коэффициент β_1 , учитывающий остывание воды в трубах систем водяного отопления с насосной циркуляцией

Число этажей в здании	Рассчитываемый этаж при скрытой прокладке трубопроводов						Рассчитываемый этаж при открытой прокладке трубопроводов					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Однотрубные системы с верхней разводкой												
2	1,04	—	—	—	—	—	1,03	—	—	—	—	—
3	1,05	—	—	—	—	—	1,04	—	—	—	—	—
4	1,05	1,04	—	—	—	—	1,04	1,03	—	—	—	—
5	1,05	1,04	—	—	—	—	1,04	1,03	—	—	—	—
6	1,06	1,05	1,04	—	—	—	1,05	1,04	1,03	—	—	—
Двухтрубные системы с верхней разводкой												
2	1,05	—	—	—	—	—	1,05	—	—	—	—	—
3	1,05	1,04	—	—	—	—	1,05	1,03	—	—	—	—
Двухтрубные системы с нижней разводкой												
2	—	1,03	—	—	—	—	—	1,05	—	—	—	—
3	—	—	1,03	—	—	—	—	—	1,05	—	—	—
4	—	—	1,03	1,05	—	—	—	—	1,05	1,1	—	—
5	—	—	1,03	1,03	1,05	—	—	—	1,05	1,05	1,1	—
6	—	—	—	1,03	1,03	1,05	—	—	—	1,05	1,05	1,1

Примечание. Значения β_1 даны для скрытой прокладки стояков и подводов (в бороздах) при отсутствии изоляции и наличии поштанных перемычек в вертикальных бороздах, а также для открытой прокладки трубопроводов, учитывающей полезную теплоотдачу труб. При естественной циркуляции воды определяется действительное охлаждение ее в трубах.

однотрубных стояков систем с нижней разводкой и насосной циркуляцией (СН 419—70)

бор по ходу воды											
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1,04											
1,04		1,04									
1,03		1,04	1,04								
1,03		1,04	1,04	1,04							
1,03		1,03	1,04	1,04	1,04						
1,02		1,03	1,03	1,04	1,04	1,04					
1,02		1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04				
1,02		1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04			
1,02		1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04		
1		1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	
1		1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04

ПРИЛОЖЕНИЯ

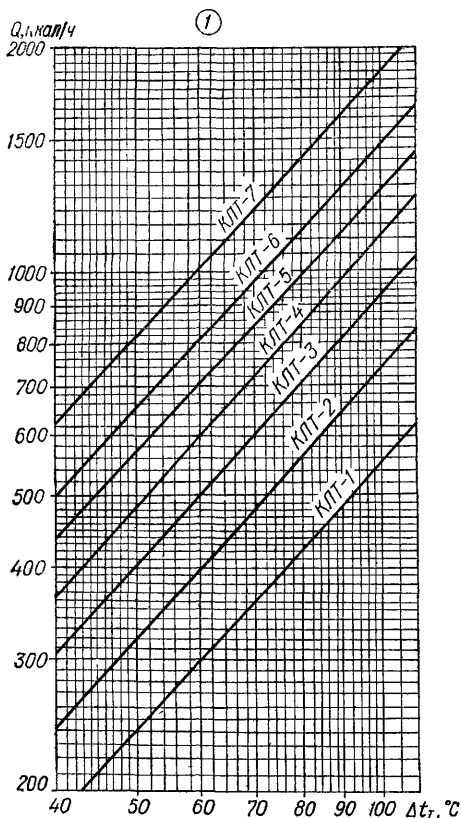
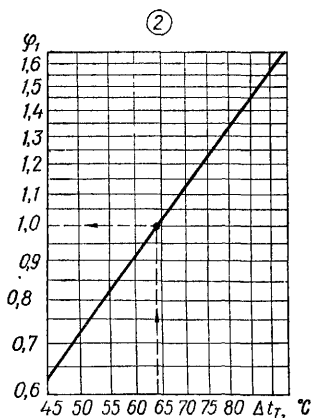
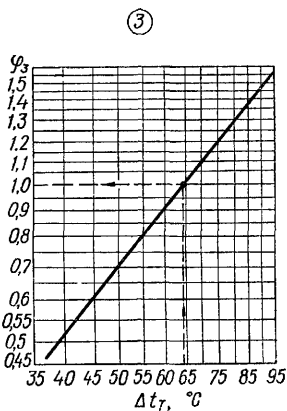
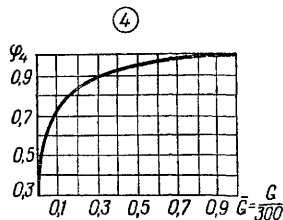
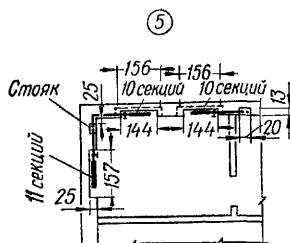
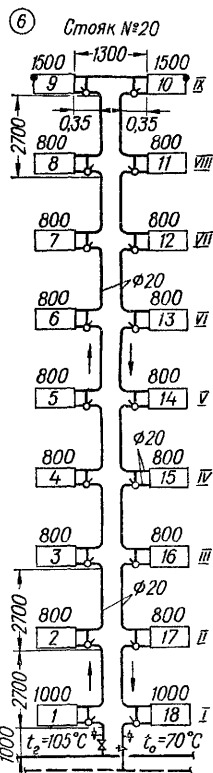
Приложение 1

О МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЕ ЕДИНИЦ СИ

В табл. 1—3 приведены единицы физических величин СИ согласно проекту ГОСТ «Единицы физических величин» (1973 г.), применяемые в отопительно-вентиляционной технике, а в табл. 4 даны пересчетные значения для некоторых единиц СИ.

Таблица 1. Важнейшие единицы физических величин международной системы (СИ)

Наименование величины	Единица	
	Наименование	Обозначение
Основные единицы		
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Сила электрического тока	ампер	А
Термодинамическая температура	кельвин	К
Сила света	кандела	кд
Количество вещества	моль	моль
Дополнительные единицы		
Плоский угол	радиан	рад
Телесный угол	стерадиан	ср
Производные единицы		
Площадь	квадратный метр	м ²
Объем, вместимость	кубический метр	м ³
Скорость	метр в секунду	м/с
Ускорение	метр на секунду в квадрате	м/с ²
Плотность	килограмм на кубический метр	кг/м ³
Сила, сила тяжести	ньютон	Н
Вес	ньютон	Н
Удельный вес	ньютон на кубический метр	Н/м ³
Давление	паскаль	Па
Работа	джоуль	Дж
Энергия	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Динамическая вязкость	паскаль-секунда	Па·с
Кинематическая вязкость	квадратный метр на секунду	м ² /с
Массовый расход	килограмм в секунду	кг/с
Объемный расход	кубический метр в секунду	м ³ /с
Электрическое напряжение	вольт	В
Электрическое сопротивление	ом	Ом
Количество теплоты	джоуль	Дж
Удельная теплоемкость	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг·К)
Тепловой поток	ватт	Вт
Поверхностная плотность теплового потока	ватт на квадратный метр	Вт/м ²



Лист III.14. К расчету нагревательных приборов:

1 — теплоотдача стальных листотрубных радиаторов типа КЛТ; 2 — коэффициент φ_1 для конвекторов «Комфорт»; 3 — коэффициент φ_3 для приборов «Аккорд»; 4 — коэффициент φ_4 для приборов «Аккорд»; 5 — к примеру III.2; 6 — к примеру III.4.

Наименование величины	Единица	
	Наименование	Обозначение
Коэффициент теплопередачи	ватт на квадратный метр-кельвин	Вт/(м ² К)
Температурный градиент	кельвин на метр	К/м
Теплопроводность	ватт на метр-кельвин	Вт/(м·К)
Освещенность	люкс	лк
Звуковое давление	паскаль	Па
Интенсивность звука	ватт на квадратный метр	Вт/м ²

Таблица 2. Единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица		Значение в единицах СИ
	Название	Обозначение	
Масса	тонна	т	10 ³ /кг
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86400 с
Объем, вместимость	литр	л	10 ⁻³ м ³
Температура	градус	°С	Температура Цельсия определяется выражением $t = T - T_0$, где T — температура Кельвина; $T_0 = 273,15$ К
Цельсия, разность температур	Цельсия		(по размеру градус Цельсия равен Кельвину)
Относительная величина	процент	%	10 ⁻²

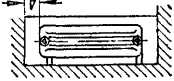
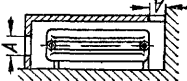
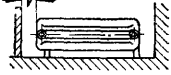
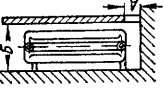
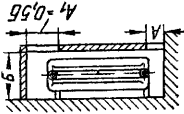
Таблица 3. Единицы, временно допускаемые к применению

Наименование величины	Единица		Значение в единицах СИ
	Название	Обозначение	
Частота вращения	оборот в минуту	об/мин	1/60 с ⁻¹
Сила	килограмм-сила	кгс	9,80665 Н (точно)
Давление	килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см ²	98066,5 Па (точно)
	то же, на квадратный метр	кгс/м ²	9,80655 Па
	миллиметр водяного столба	мм вод. ст.	9,80665 Па
	миллиметр ртутного столба	мм рт. ст.	133,322 Па
Вес	тонна-сила	тс	9806,65 Н (точно)
Мощность	лошадиная сила	л. с	735,499 Вт
Количество теплоты	калория	кал	4,1868 Дж (точно)

Таблица 4. Пересчетные значения для некоторых единиц СИ

Наименование величины	Размерность	Соотношение между единицами
Давление	1 Па	0,101972 кгс/м ²
	1 Па	0,102 мм вод. ст.
	1 Па	0,0075 мм рт. ст.

Таблица III.21. Коэффициент β_2

Эскиз	A, мм	β_2	Эскиз	A, мм	β_2	Эскиз	A, мм	β_2
	40 80 100	1,05 1,03 1,02		150 180 220 260	1,25 1,19 1,13 1,12		100	1,15
	40 80 100	1,11 1,07 1,06		130	1,2		0,85	0,9
				130	1,4 (Щели за- крыты ре- шеткой)		0,85	1

Примечание. При установке прибора свободно у стены в нише глубиной не более 130 мм коэффициент $\beta_2 = 1$.

Наименование величины	Размерность	Соотношение между единицами
Давление	1 атм 1 кгс/м ²	101325 Па 9,80665 Па
Количество теплоты	1 ккал 1 кДж	4186,8 Дж 0,23865 ккал
Тепловая мощность и тепловой поток	1 ккал/ч 1 ккал/с	1,163 Вт 4,1868 Вт
Мощность	1 кгс·м/с 1 кВт	9,80665 Вт 1,3596 л. с
Работа, энергия	1 кгс·м 1 Вт·ч 1 Дж	9,80665 Дж 3600 Дж 0,101972 кгс·м
Коэффициент теплопередачи	1 ккал/(м ² ·ч·°C) 1 Вт/(м ² ·K)	1,163 Вт/(м ² ·K) 0,859845 ккал/(м ² ·ч·°C)
Термическое сопротивление, сопротивление теплопередаче	1 (м ² ·ч·°C)/ккал 1 (м ² ·K)/Вт	0,859845 (м ² ·K)/Вт 1,163 (м ² ·ч·°C)/ккал
Коэффициент теплопроводности	1 ккал/(м·ч·град) 1 Вт/(м·K)	1,163 Вт/(м·K) 0,859845 ккал/(м·ч·°C)
Удельная теплоемкость	1 ккал/(кг·°C)	4186,8 Дж/(кг·K)

Примечание. Ряд пересчетных значений величин указан в табл. 3.

В практических расчетах, выполняемых при помощи логарифмической линейки, при составлении таблиц и графиков, в случае замены старых единиц новыми, величины удобно принимать приближенно (с ошибкой до 2%):

давление — 1 кгс/м² = 1 мм вод. ст. $\approx$ 10 Па;

1 кгс/см² = 98,0665 кПа $\approx$ 100 кПа; 1 мм рт. ст. $\approx$ 133 Па,

количество теплоты — 1 ккал = 4,19 кДж,

тепловой поток — 1 ккал/ч $\approx$ 1,16 Вт, 1 ккал/с $\approx$ 4,19 Вт;

коэффициент теплопередачи — 1 ккал/(м²·ч·°C) $\approx$ 1,16 Вт/(м²·K) или 1,16 Вт/(м²·°C);

сопротивление теплопередаче — 1 (м²·ч·°C)/ккал $\approx$ 0,86 (м²·K)/Вт или 0,86 (м²·°C)/Вт;

коэффициент теплопроводности — 1 ккал/(м·ч·°C) $\approx$ 1,16 Вт/(м·K) или 1,16 Вт/(м·°C);

удельная теплоемкость — 1 ккал/(кг·°C) $\approx$ 4,19 кДж/(кг·K) или 4,19 кДж/(кг·°C).

Таблица III.22. Теплоотдача нагревательных приборов q_3 ,

Температура помещения, °С	Параметры теплоносителя, °С					
	85—65	90—70	95—70	115—70	130—70	150—70
Чугунные радиаторы при подаче						
5	480	520	540	600	640	700
10	440	480	500	555	600	660
12	425	465	485	540	585	640
14	410	450	470	520	570	625
15	400	440	460	510	560	625
Ребристые трубы и						
5	480	520	540	620	680	760
10	440	480	500	580	640	720
12	425	465	485	565	620	700
15	400	440	460	540	600	680

Таблица III.23. Теплоотдача чугунных радиаторов, ребристых труб и регистров из стальных гладких труб q_3 , ккал/ч·эжм, в системах парового отопления

Температура помещения $t_{в}$, °С	Избыточное давление пара, кгс/см ²									
	До 0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1	1,5	2
5	695	710	730	750	765	780	795	835	890	940
10	655	670	690	710	725	740	755	795	850	900
12	640	655	675	690	710	725	740	780	835	885
15	615	630	650	670	685	700	715	755	810	860
16	605	625	645	660	680	690	710	750	805	855
18	590	610	630	645	660	675	690	730	790	840
20	575	590	610	630	645	660	675	715	770	820
25	535	550	570	590	605	620	635	675	735	780

Примечание. Теплоотдача ребристых труб и регистров из гладких труб приведена для однорядной установки приборов.

Таблица III.24. Коэффициент β_3 , зависящий от числа секций радиатора

Число секций	β_3	Число секций	β_3	Число секций	β_3
2	0,96	6	0,99	10—11	1,01
3	0,96	7	1	12—14	1,01
4	0,97	8	1	15—16	1,02
5	0,98	9	1	19—25	1,03

Поверхность нагрева чугунных секционных радиаторов находят по формуле

$$F_p = \left(\frac{Q_r}{q_3} \beta_1 - F_{тр} \right) \beta_2, \quad (III.6)$$

где β_1 — коэффициент, учитывающий остывание воды в трубах водяного отопления до входа в рассчитываемый этажестояк (табл. III.19 и III.20);

β_2 — коэффициент, учитывающий способ установки радиатора (табл. III.21);

q_3 — теплоотдача радиаторов, ккал/ч·эжм, приведенная для воды и пара в табл. III.22 и III.23 применительно к двухтрубным системам отопления.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
I. Строительная теплотехника	
Теплофизический расчет ограждающих конструкций зданий	5
Теплотехническая характеристика строительных материалов и конструкций (5). Расчетные параметры наружного и внутреннего воздуха (16). Нормы сопротивления теплопередаче ограждений (27). Проверка наружных ограждений на конденсацию влаги (40).	
Расчет теплопотерь через ограждающие конструкции	46
Общие принципы расчета (46). Расчет теплопотерь в зданиях повышенной этажности (61).	
II. Печное отопление	
Характеристика печного отопления и печей	69
Классификация печей (69). Отопительные печи (80). Отопительно-варочные печи (81). Кухонные плиты квартирного типа и отопительные щитки (81). Русские печи (81).	
Основные указания по проектированию и расчету	85
Отвод дыма и установка печей (85). Противопожарные мероприятия (87). Размещение печей (89). Расчет печного отопления и подбор печей (90).	
III. Центральное отопление	
Выбор систем и теплоносителя	94
Область применения (94). Водяное отопление (103). Паровое отопление (107). Воздушное отопление (111). Панельно-лучистое отопление (112).	
Нагревательные приборы	114
Типы приборов (114). Установка приборов и присоединение их к трубопроводу (126). Регулирование теплоотдачи (128). Расчет поверхности нагрева и подбор приборов (130). Особенности расчета нагревательных приборов однотрубных систем водяного отопления (144). Расчет воздухонагревателей лестничных клеток (157). Расчет и подбор греющих бетонных панелей (160).	
Трубопроводы и арматура	165
Трубы и соединительные части (165). Пароводяная арматура (165). Подбор вспомогательного оборудования и арматуры (169). Прокладка трубопроводов в зданиях (183).	
Гидравлический расчет трубопроводов	187
Общие принципы расчета (187). Расчет располагаемого перепада давлений систем водяного отопления (190). Методы гидравлического расчета трубопроводов (196). Подсчет коэффициентов местных сопротивлений (217). Особенности расчета однотрубных систем водяного отопления (226). Расчет больших колец циркуляции систем водяного отопления (231). Особенности расчета трубопроводов с попутной схемой движения воды (239). Устройство и расчет квартирного водяного отопления (240). Расчет паропроводов низкого давления (242). Расчет паропроводов высокого давления (245). Расчет конденсатопроводов (250).	

Температура помещения, °С	Параметры теплоносителя, °С					
	85—65	90—70	95—70	115—70	130—70	150—70
воды по схеме «сверху-вниз»						
16	390	435	450	505	550	610
18	375	415	435	490	530	590
20	360	400	420	470	515	575
25	315	360	375	430	470	535
регистры из гладких труб						
16	390	430	450	530	590	670
18	375	415	435	515	575	655
20	360	400	420	500	560	640
25	320	360	380	460	520	600

Требуемое количество секций радиаторов

$$n = \frac{F_p}{f_3} \beta_3, \quad (III.7)$$

где f_3 — поверхность нагрева одной секции радиатора, *эжм* (см. табл. III.7);
 β_3 — коэффициент, учитывающий число секций в приборе (табл. III.24).

При подборе радиаторов удобно пользоваться данными для F_p , учитывающими поправку β_3 на число секций (табл. III.25).

Поверхность нагрева *чугунных ребристых труб* F_p находят по формуле (III.1), а их количество — по формуле

$$n = \frac{F_p}{f_3 \beta_4}, \quad (III.8)$$

где f_3 — поверхность нагрева одной *чугунной ребристой трубы*, *эжм* (см. табл. III.8);
 β_4 — коэффициент, учитывающий число рядов труб, установленных по вертикали (при двухрядной установке $\beta_4 = 0,93$, при трехрядной — 0,77).

Теплоотдача *чугунных ребристых труб* приведена в табл. III.22 и III.23.

Длину *регистров из стальных труб* в *м* находят по формуле

$$l = \frac{F_p}{f_3}, \quad (III.9)$$

где F_p — суммарная расчетная поверхность регистров, *эжм*, найденная по формуле (III.1) при величинах теплоотдачи q_3 для воды и пара по табл. III.22 и III.23;

f_3 — поверхность нагрева 1 *м* гладкой стальной трубы регистра, *эжм*, принимаемая по табл. III.26.

Поверхность нагрева *стальных штампованных панельных радиаторов* вычисляют применительно к формуле (III.6); при этом теплоотдача двухрядных радиаторов на 15% меньше однорядных.

Для *стальных штампованных радиаторов колончатого типа МЗ* величина теплоотдачи q_3 в *ккал/ч·эжм* примерно соответствует значениям теплоотдачи *чугунных радиаторов*, а для радиаторов *змеевикового типа ЗС* она зависит от расхода теплоносителя (от 26 до 300 *кг/ч*) и принимается по табл. III.27. При расходах свыше 300 *кг/ч* теплоотдача практически не изменяется и принимается для расхода 300 *кг/ч*.

Для *стальных листотрубных радиаторов змеевикового типа КЛТ* величину теплоотдачи q_3 в *ккал/ч·эжм* определяют по общей теплоотдаче прибора Q в *ккал/ч*, найденной по графику на листе III.14, рис. 1 и поделенной на поверхность нагрева в *эжм* для данной модели по табл. III.10.

IV. Горячее водоснабжение

Принципиальные схемы и оборудование систем	252
Область применения (252). Требования к качеству воды (254). Горячее водоснабжение квартиры (254). Горячее водоснабжение, совмещенное с квартирным отоплением (259). Централизованные системы горячего водоснабжения (261). Установка напорных баков и емких водонагревателей (263). Водоразборная арматура (270).	
Расчет установок горячего водоснабжения	270
Нормы расхода и температура горячей воды (270). Определение расчетного часового расхода горячей воды и тепла (271). Расчет и подбор баков-аккумуляторов и емких водонагревателей (277). Расчет трубопроводов (280).	

V. Отопительные котельные

Малометражные отопительные котлы	298
Общая характеристика встроенных котельных (298). Типы котлов (299). Обмуровка котлов (305). Арматура котлов (311).	
Подбор котлов и вспомогательного оборудования	314
Расчет поверхности нагрева и количества котлов (314). Расчет и подбор циркуляционных насосов с электродвигателями (317). Расчет и подбор питательных устройств (320).	
Расчет тяго-дутьевых устройств	329
Дымоходные трубы и боровы (329). Вентиляторное дутье (332).	
Помещения встроенных котельных	332

VI. Тепловые сети

Определение расходов тепла	337
Режим отпуска тепла	342
Отопление (342). Вентиляция (345). Горячее водоснабжение (346). Регулирование отпуска тепла при повышенных графиках температур сетевой воды (346).	
Гидравлический расчет и режим работы тепловых сетей	348
Общие принципы расчета (348). Расчетные расходы теплоносителя (352). Гидравлический расчет трубопроводов (355). Пьезометрический график (359). Гидравлический режим (362).	
Присоединение потребителя тепла к тепловой сети	364
Основное оборудование тепловых вводов	367
Элеваторы (367). Скоростные водонагреватели (372).	
Трубы, арматура и опоры	379
Трубы и запорная арматура (379). Опоры трубопроводов (380). Расчет труб на прочность (384). Компенсация тепловых удлинений трубопроводов (387). Определение усилий на неподвижные опоры (402).	
Прокладка тепловых сетей	404

Приложения

<i>Приложение 1. О международной системе единиц СИ</i>	411
<i>Приложение 2. Номограмма для расчета трубопроводов систем водяного отопления по методу эквивалентных сопротивлений</i>	414

Таблица III.25. Расчетная поверхность нагрева чугунных радиаторов F_p зависящая от числа секций в приборе (поправки β_3)

Число секций в приборе	M-140	M-140-АО	M-140 А	РД-90	Число секций в приборе	M-140	M-140-АО	M-140-А	РД-90
	Поверхность нагрева одной секции, экм					Поверхность нагрева одной секции, экм			
	0,31	0,35	0,217	0,275		0,31	0,35	0,217	0,275
2	0,76	0,84	—	0,7	14	4,26	4,77	2,92	3,86
3	1,07	1,18	0,8	0,97	15	4,58	5,08	3,23	4,06
4	1,37	1,52	1	1,25	16	4,82	5,42	3,45	4,32
5	1,67	1,84	1,22	1,5	17	5,09	5,73	3,61	4,54
6	1,98	2,16	1,42	1,73	18	5,39	6,05	3,55	4,8
7	2,26	2,54	1,64	2,01	19	5,67	6,37	3,93	5,07
8	2,52	2,82	1,83	2,28	20	5,96	6,7	4,24	5,33
9	2,83	3,15	2,04	2,56	21	6,24	7,01	4,14	5,59
10	3,1	3,49	2,24	2,8	22	6,58	7,34	4,57	5,85
11	3,39	3,82	2,46	3,06	23	6,81	7,65	4,78	6,11
12	3,68	4,12	2,63	3,3	24	7,1	7,99	4,99	6,37
13	3,96	4,45	2,84	3,57	25	7,38	8,31	5,2	6,57

Количество требуемых к установке панелей стальных штампованных радиаторов определяют по формуле

$$n = \frac{F_p}{f_3}, \quad (\text{III.10})$$

где f_3 — поверхность нагрева одной панели, *экм*, принимаемая по табл. III.9—III.11.

Поверхность нагрева конвекторов рассчитывают применительно к формуле (III.6) с некоторыми особенностями.

Для конвекторов плинтусного типа КП без кожуха величину теплоотдачи q'_3 в *ккал/ч · экм* получают делением теплоотдачи прибора Q на его поверхность f_3 , найденных по табл. III.28.

Значение q'_3 принимается с поправкой a (табл. III.29) на расчетный расход теплоносителя через конвектор, определяемый по формуле

$$G = G_0 \beta_5, \quad (\text{III.11})$$

где G_0 — общий расход теплоносителя, *кг/ч*, вычисляемый по формуле (III.5); β_5 — коэффициент, учитывающий распределение воды по элементам конвекторного блока (при последовательной подаче воды $\beta_5 = 1$, при параллельной и двухрядном блоке — 0,5, при параллельной и трехрядном блоке — 0,33 и при комбинированной подаче — 0,66).

Расчетная теплоотдача конвектора

$$q_3 = q'_3 a. \quad (\text{III.12})$$

Количество конвекторов находят по формуле

$$n = \frac{F_p}{f_3 \beta_6}, \quad (\text{III.13})$$

где f_3 — поверхность нагрева одного элемента или целого конвекторного блока (см. табл. III.13);

β_6 — коэффициент, учитывающий количество элементов конвектора, устанавливаемых по высоте (при однорядной установке $\beta_6 = 1$, при двухрядной — 0,97 и трехрядной — 0,94).

Подробные тепловые расчеты конвекторов плинтусного типа КП для различных случаев приведены в СН 354—66 *.

* Госстрой СССР. Указания по проектированию и монтажу систем центрального отопления с конвекторами плинтусного типа (СН 354—66).

Таблица III.26. Поверхность нагрева 1 м гладкой трубы регистра, эжм, зависящая от числа рядов труб

Число рядов труб по вертикали	Диаметр трубы, мм				
	40	50	70	80	100
1	0,244	0,304	0,384	0,45	0,48
2 и более	0,195	0,243	0,306	0,358	0,462

Таблица III.27. Теплоотдача стальных штампованных панельных радиаторов змеевикового типа ЗС (по материалам института Сантехпроект)

$\Delta t_T, ^\circ\text{C}$	Марка прибора	$F_{\text{пр, эжм}}$	Теплоотдача панели Q , ккал/ч, и прибора q_3 , ккал/ч эжм, в зависимости от расхода теплоносителя G , кг/ч						
			26	50	100	150	200	250	300
30	ЗС-11-3	0,97	155	165	177	185	190	194	198
	ЗС-11-4	1,24	197	210	225	235	242	246	252
	ЗС-11-5	1,51	239	255	273	285	294	300	306
	ЗС-11-6	1,81	286	305	326	340	350	357	365
	ЗС-11-7	2,13	340	362	388	405	417	425	435
	$q_3 =$		158	170	182	190	195	198	204
40	ЗС-11-3	0,97	229	246	262	272	282	287	292
	ЗС-11-4	1,24	292	312	334	347	358	365	372
	ЗС-11-5	1,51	354	379	405	421	435	444	450
	ЗС-11-6	1,81	422	452	483	502	519	530	538
	ЗС-11-7	2,13	503	538	575	597	618	630	640
	$q_3 =$		235	251	269	280	289	294	300
50	ЗС-11-3	0,97	310	330	355	369	379	389	396
	ЗС-11-4	1,24	394	420	451	470	483	495	503
	ЗС-11-5	1,51	479	510	548	570	586	600	610
	ЗС-11-6	1,81	571	609	653	680	700	716	730
	ЗС-11-7	2,13	680	725	778	810	832	853	867
	$q_3 =$		318	339	362	379	390	400	405
60	ЗС-11-3	0,97	394	422	451	470	484	496	504
	ЗС-11-4	1,24	500	536	574	598	616	630	640
	ЗС-11-5	1,51	609	650	696	726	747	765	778
	ЗС-11-6	1,81	726	777	831	866	893	913	930
	ЗС-11-7	2,13	865	925	990	1030	1060	1090	1105
	$q_3 =$		404	430	462	482	494	507	515
70	ЗС-11-3	0,97	481	515	552	574	592	604	615
	ЗС-11-4	1,24	613	655	702	730	763	769	783
	ЗС-11-5	1,51	744	796	852	886	914	933	950
	ЗС-11-6	1,81	887	948	1015	1060	1090	1113	1135
	ЗС-11-7	2,13	1055	1130	1210	1260	1300	1325	1350
	$q_3 =$		493	527	566	589	608	620	630

*Ростислав Владимирович Щекин, Сергей Михайлович Корневский,
Георгий Евгеньевич Бем, Федор Исидорович Скороходько,
Ефим Исакович Чечик, Георгий Дмитриевич Соболевский,
Виктор Александрович Мельник, Ольга Сергеевна Корневская*

**СПРАВОЧНИК ПО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЮ
И ВЕНТИЛЯЦИИ**

Издание четвертое

Книга первая

ОТОПЛЕНИЕ И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Редакторы А. Г. Гриценко, К. В. Бергер
Переплет художника В. С. Яковлева
Художественный редактор Б. Е. Громаков
Технический редактор С. Г. Герасимова
Корректоры М. М. Полищук,
Г. Н. Ляховская

БФ 13899. Сдано в набор 26. 10. 1975 г. Подписано к печати 12. V 1976 г. Формат бумаги 60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 2. Жидачевского бумкомбината. Объем: 26+0,14 (вклейка) физ. печ. л., 26+0,14 (вклейка) усл. печ. л., 35 уч.-изд. л. Тираж 75000. Зак. № 5—2696. Цена 1 руб. 99 коп.

Издательство «Будівельник», Киев, Владимирская, 24.
Главное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» Госкомиздата УССР, г. Киев, ул. Довженко, 3.

$\Delta t_T, ^\circ\text{C}$	Марка прибора	$F_{\text{пр}}, \text{экм}$	Теплоотдача панели Q , ккал/ч, и прибора q_3 , ккал/ч·экм, в зависимости от расхода теплоносителя G , кг/ч						
			26	50	100	150	200	250	300
80	3С-11-3	0,97	584	625	668	696	706	735	746
	3С-11-4	1,24	743	795	850	884	897	935	940
	3С-11-5	1,51	900	965	1030	1074	1107	1134	1153
	3С-11-6	1,81	1075	1150	1230	1280	1320	1353	1375
	3С-11-7	2,13	1280	1370	1465	1525	1570	1610	1640
	$q_3 =$		600	641	686	712	725	755	757
90	3С-11-3	0,97	677	725	777	810	832	852	866
	3С-11-4	1,24	862	922	990	1030	1060	1083	1102
	3С-11-5	1,51	1049	1120	1200	1250	1285	1315	1340
	3С-11-6	1,81	1250	1340	1430	1490	1533	1570	1600
	3С-11-7	2,13	1490	1590	1705	1780	1825	1870	1900
	$q_3 =$		695	745	797	830	855	875	890
100	3С-11-3	0,97	788	844	905	940	970	993	1010
	3С-11-4	1,24	1003	1072	1150	1200	1230	1260	1285
	3С-11-5	1,51	1220	1304	1396	1450	1495	1530	1560
	3С-11-6	1,81	1450	1555	1665	1735	1785	1830	1860
	3С-11-7	2,13	1730	1850	1985	2060	2120	2180	2220
	$q_3 =$		810	865	925	968	990	1030	1040
110	3С-11-3	0,97	883	945	1010	1055	1085	1110	1130
	3С-11-4	1,24	1125	1205	1285	1342	1380	1412	1435
	3С-11-5	1,51	1364	1460	1560	1630	1675	1720	1742
	3С-11-6	1,81	1630	1745	1860	1945	2000	2050	2080
	3С-11-7	2,13	1940	2080	2220	2310	2380	2440	2470
	$q_3 =$		905	972	1035	1085	1112	1140	1150
120	3С-11-3	0,97	1010	1080	1160	1200	1240	1270	1288
	3С-11-4	1,24	1285	1372	1470	1530	1580	1615	1640
	3С-11-5	1,51	1560	1665	1790	1860	1920	1960	1990
	3С-11-6	1,81	1860	1990	2130	2220	2290	2340	2370
	3С-11-7	2,13	2220	2370	2540	2640	2720	2790	2820
	$q_3 =$		1035	1108	1175	1230	1275	1305	1355
130	3С-11-3	0,97	1125	1200	1290	1340	1380	1414	1435
	3С-11-4	1,24	1430	1530	1640	1705	1750	1800	1825
	3С-11-5	1,51	1735	1860	1990	2070	2130	2180	2220
	3С-11-6	1,81	2070	2210	2370	2470	2540	2610	2640
	3С-11-7	2,13	2460	2640	2830	2940	3020	3100	3150
	$q_3 =$		1150	1235	1320	1375	1410	1450	1472

НОМОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ПО МЕТОДУ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

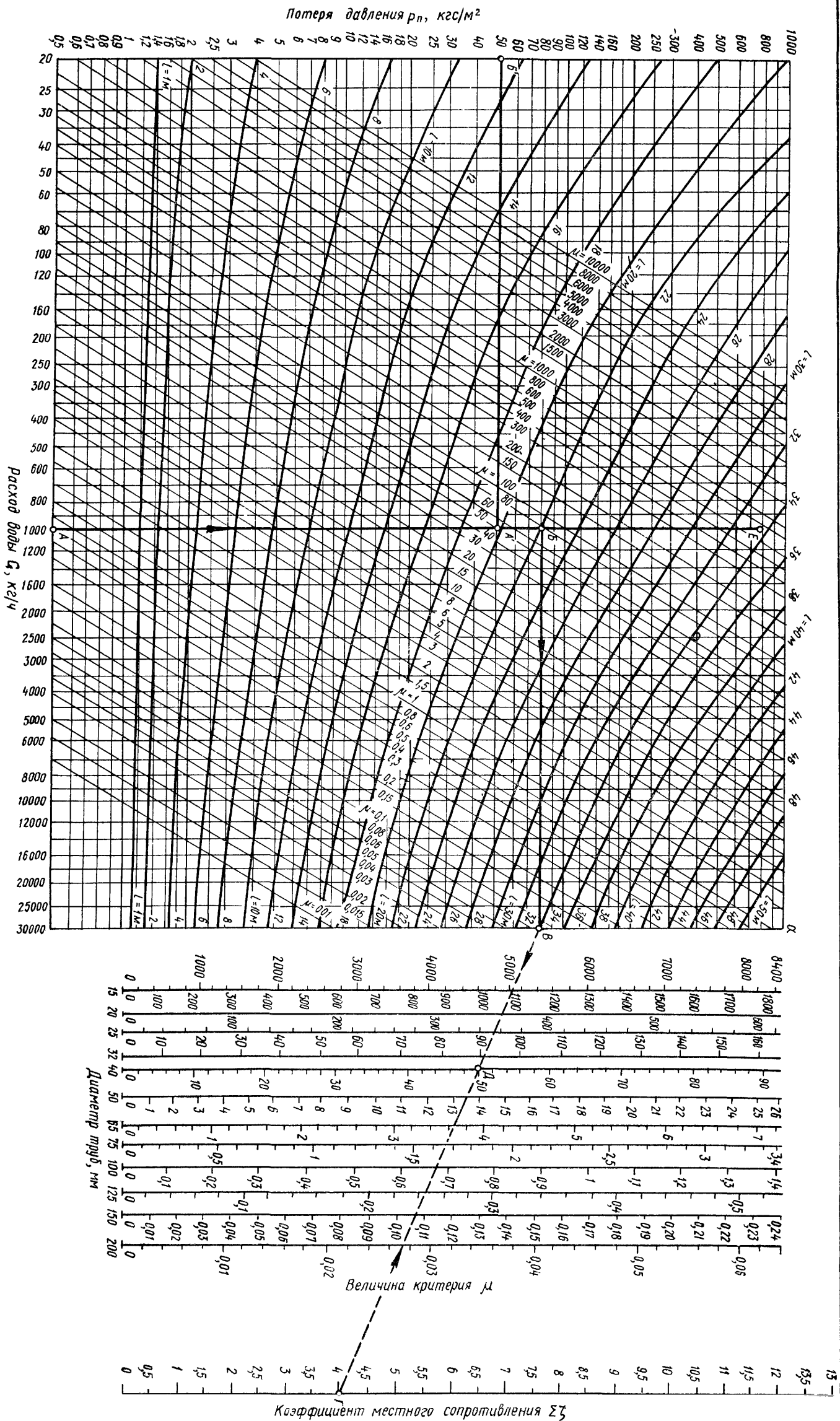


Таблица III. 28. Теплоотдача Q , ккал/ч, и поверхность нагрева f , эжм, плитусных конвекторов без кожуха типа КП

$\Delta t_T, ^\circ\text{C}$	$L, \text{мм}$	15КП			20КП		
		Одноряд- ный	Двухряд- ный	Трехряд- ный	Одноряд- ный	Двухряд- ный	Трехряд- ный
Т е п л о о т д а ч а							
40	750	100	200	250	100	225	275
	1000	125	250	345	145	275	340
	1250	155	300	420	170	340	475
	1500	175	380	510	230	440	590
	1750	222	435	610	270	500	735
50	750	120	250	335	135	300	315
	1000	160	315	450	180	350	465
	1250	200	395	560	235	450	610
	1500	235	470	680	290	550	770
	1750	275	550	800	385	650	925
60	750	145	300	420	170	375	435
	1000	190	390	560	235	450	600
	1250	240	470	700	280	560	770
	1500	280	570	845	350	695	940
	1750	340	655	985	420	800	1125
70	750	155	350	500	200	430	550
	1000	220	450	680	275	530	725
	1250	270	550	845	340	670	915
	1500	340	660	995	420	805	1105
	1750	395	775	1175	500	950	1325
80	750	175	400	590	235	500	675
	1000	250	505	785	320	615	875
	1250	320	615	975	395	775	1075
	1500	380	755	1150	480	950	1290
	1750	450	880	1340	575	1100	1525
90	750	200	450	685	265	575	790
	1000	275	580	900	355	700	1000
	1250	355	700	1105	450	880	1220
	1500	445	850	1300	550	1075	1475
	1750	520	985	1520	650	1250	1730
100	750	220	500	775	300	650	900
	1000	320	640	1000	400	785	1030
	1250	400	790	1250	500	990	1375
	1500	490	935	1465	625	1200	1650
	1750	570	1000	1700	735	1390	1920
П о в е р х н о с т ь н а г р е в а							
—	750	0,34	0,68	1,02	0,42	0,84	1,26
	1000	0,46	0,92	1,38	0,57	1,14	1,71
	1250	0,6	1,2	1,8	0,72	1,44	2,16
	1500	0,7	1,4	2,1	0,89	1,78	2,57
	1750	0,86	1,72	2,58	1,04	2,08	3,12

Примечание Таблица составлена на основании графиков СН 354—66 со значениями Q для проточно-регулируемых узлов с трехходовыми кранами.