Министерство образования Российской Федерации

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДЯНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ
Часть 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Методические указания к выполнению курсового проекта
по дисциплине «Отопление»
для студентов всех форм обучения по направлению
08.03.01 – Строительство
профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Екатеринбург
2017

УДК 681.332

Составители Н.П. Ширяева, Е.А. Маляр, Е.А. Комаров
Научный редактор доц., канд. техн. наук М.Г. Ушаков

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДЯНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ: В 3 ч. Ч. 2. Определение мощности системы отопления. Тепловой расчет отопительных приборов: Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Отопление» / Н.П. Ширяева, Е.А. Маляр, Е.А. Комаров. Екатеринбург: УрФУ, 2017. 43 с.

В настоящей работе излагаются методики и примеры расчёта теплопотерь здания, основы конструирования водяных систем отопления и теплового расчета отопительных приборов.

Предназначено для студентов технических специальностей.

Библиогр.: 6 назв. Табл. 16. Рис. 11.

Подготовлено кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция».

© ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1. ВЫЧЕРЧИВАНИЕ ПЛАНОВ ПОДВАЛА, ЭТАЖЕЙ И ЧЕРДАКА ЗДАНИЯ 4
2.ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ..... 4
2.1. Теплотехнический расчет наружных стен, чердачных и бесчердачных перекрытий и перекрытий над неотапливаемым подвалом 5
2.2. Теплотехнический расчет световых проемов 6
2.3. Теплотехнический расчет наружных дверей 8
3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ .. 9
3.1. Трансмиссионные теплопотери помещения 9
3.2. Добавочные теплопотери 11
3.3. Теплопотери на нагревание инфильтрующегося воздуха или вентиляционной нормы воздуха..... 14
3.4. Бытовые тепловыделения 14
3.5. Тепловая мощность системы отопления жилого здания 15
4. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ 17
4.1. Установка отопительных приборов 17
4.2. Установка отопительных стояков 19
4.3. Прокладка магистральных труб 19
4.4. Удаление воздуха 19
4.5. Арматура 20
5. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ 20
5.1. Характеристика отопительных приборов 20
5.2. Расчет поверхности нагрева 26
5.3. Определение количества секций радиаторов и типоразмеров конвекторов 29
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 36

ВВЕДЕНИЕ

В данных методических указаниях в сжатой форме систематизирован материал, необходимый для определения мощности системы отопления и теплового расчета отопительных приборов. Для качественного выполнения курсового проекта необходимо использовать рекомендуемую литературу и консультации преподавателей.

Последовательность изложения материала в методических указаниях соответствует последовательности выполнения курсового проекта.

По схематическому плану здания необходимо разработать и начертить на миллиметровке (не на ватмане!) в масштабе 1 : 100 планы этажей, подвала и чердака.

1. Вычерчивание планов подвала, этажей и чердака здания

До начала расчетов следует вычертить план первого этажа здания. Внутренние капитальные стены на плане показывают двойной, а перегородки – одной линией с проемами для дверей. Все помещения жилого здания (за исключением ванных и совмещенных санузлов) нумеруются: 101, 102, … - на первом этаже; 501, 502, … - на пятом этаже и т. д.

В подвале обязательно следует разместить тепловой пункт (помещение 6×6 м).

Планы чердака и подвала повторяют контуры первого этажа жилой части здания. На них показывают только капитальные наружные и внутренние стены.

На всех планах указывают оси здания. На плане первого этажа проставляют габаритные размеры здания.

2. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

Теплотехнический расчет сводится к вычислению коэффициентов теплопередачи наружных ограждений жилого здания: стены, чердачного перекрытия (бесчердачного покрытия для здания с плоской кровлей), перекрытия над неотапливаемым подвалом, остекления и входной двери в здание.

Согласно [3] сопротивление теплопередаче R_O ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемого значения $R_o^{норм}$.

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции $R_o^{норм}$ определяется по формуле

$$R_o^{норм} \succ R_o^{тр}\, m_p,$$

где m_p – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства, в расчете принимается равным 1;

$R_o^{тр}$ - базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, м$^2\cdot{}^0$С/Вт, принимается по табл.2.1 в зависимости от градусо-суток отопительного периода ГСОП.

$$ГСОП = (t_в - t_{от}) \cdot Z_{от}, \qquad (2.1)$$

где $t_{от}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, ^{0}С;

$Z_{от}$ – продолжительность отопительного периода, сут.;

$t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха, ^{0}С, принимается при расчете ограждающих конструкций жилых зданий по минимальным значениям оптимальной температуры по [1].

2.1. Теплотехнический расчет наружных стен, чердачных и бесчердачных перекрытий и перекрытий над неотапливаемым подвалом

Коэффициент теплопередачи *К*, $\frac{Вт}{м^2\cdot{}^0С}$, наружного ограждения определяют по формуле

$$K = \frac{1}{R_0^р}. \qquad (2.2)$$

Таблица 2.1

Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций $R_o^{тр}$

Назначение зданий	Градусо-сутки отопительного периода, ^{0}С·сут / год	$R_o^{тр}$, м$^2\cdot{}^0$С/Вт			
		стен	покрытий	перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами	окон
Жилые	2 000	2,1	3,2	2,8	0,30
	4 000	2,8	4,2	3,7	0,45
	6 000	3,6	5,2	4,6	0,60
	8 000	4,2	6,2	5,5	0,70
	10 000	4,9	7,2	6,4	0,75
	12 000	5,6	8,2	7,3	0,80

Пример 1

Теплотехнический расчет наружной стены

Исходные данные: район строительства – г. Пенза, расчетная температура внутреннего воздуха $t_В$=20 ^{0}С, продолжительность отопительного периода

$Z_{ОТ}$ = 200 сут., расчетная температура наружного воздуха $t_Н$= – 27 ^{0}С, средняя температура отопительного периода $t_{ОТ}$= – 4,1 ^{0}С.

Порядок расчета

1. По формуле (2.1) рассчитываем градусо-сутки отопительного периода (ГСОП):

$$ГСОП = (t_В - t_{ОТ}) \cdot Z_{ОТ} = (20+4,1) \cdot 200 = 4820 \ ^0С \cdot сут.$$

2. По табл. 2.1 определяем базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче:

$$R_o^{тр} = 3,13 \qquad \frac{м^2 \cdot {}^0С}{Вт}$$

3. $R_o^{норм} = R_o^{тр} \times 1 = 3,13 \ \frac{м^2 \cdot {}^0С}{Вт}$

4. Определяем коэффициент теплопередачи для наружной стены:

$$K = \frac{1}{R_o^{норм}} = \frac{1}{3,13} = 0,32 \quad \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0С}.$$

Аналогично определяют коэффициенты теплопередачи для перекрытий (чердачного, бесчердачного и над подвалом).

2.2. Теплотехнический расчет световых проемов

Теплотехнический расчет балконных дверей и заполнений световых проемов, а также выбор их конструкций осуществляется в зависимости от района строительства и назначения помещений.

Сопротивление теплопередаче для световых проемов определяют по табл. 2.1 в зависимости от величины ГСОП.

Затем по табл. 2.2 выбирают конструкцию светового проема с приведенным сопротивлением теплопередаче $R_o^{пр}$ при условии, что $R_o^{пр} \geq R_o^{тр}$.

Для принятой конструкции светового проема коэффициент теплопередачи определяется по формуле (2.2).

Таблица 2.2

Приведенное сопротивление окон и балконных дверей

Заполнение светового проема (в деревянных или ПВХ переплетах)	Приведенное сопротивление теплопередаче R_0, ($м^2 \cdot {}^0C$)/Вт
Двойное остекление в спаренных переплетах	0,4
Двойное остекление в раздельных переплетах	0,44
Тройное остекление в раздельно-спаренных переплетах	0,55
Однокамерный стеклопакет:	
из обычного стекла	0,38
из стекла с твердым селективным покрытием	0,51
из стекла с мягким селективным покрытием	0,56
Двухкамерный стеклопакет:	
из обычного стекла (с межстекольным расстоянием 6 мм)	0,51
из обычного стекла (с межстекольным расстоянием 12 мм)	0,54
из стекла с твердым селективным покрытием	0,58
из стекла с мягким селективным покрытием	0,68
Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в раздельных переплетах:	
из обычного стекла	0,56
из стекла с твердым селективным покрытием	0,65
из стекла с мягким селективным покрытием	0,72
Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в раздельных переплетах:	
из обычного стекла	0,68
Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7
Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплетах	0,74

Примечание. К мягким селективным покрытиям относят покрытия с коэффициентом излучения менее 0,15, к твердым – более 0,25.

При расчете основных теплопотерь через наружные ограждения площади остекления учитываются дважды: в площадях стен и отдельно. Поэтому при определении потерь теплоты через окна и балконные двери следует пользоваться скорректированным коэффициентом теплопередачи

$$K'_{ок} = K_{ок} - K_{нс}. \qquad (2.3)$$

Пример 2
Теплотехнический расчет световых проемов

Исходные данные: место строительства – г. Пенза, расчетная температура внутреннего воздуха $t_В$=20 ^{0}С.

Порядок расчета

1. Определяем ГСОП.

$$ГСОП = (t_В - t_{ОТ}) \cdot Z_{ОТ} = (20 + 4{,}1) \cdot 20 = 4820 \ ^0С \cdot сут.$$

2. Определяем сопротивление теплопередаче световых проемов по табл. 2.1 в зависимости от ГСОП.

$$R_о^{тр} = 0{,}51 \ \frac{м^2 \cdot {}^0С}{Вт}$$

3. Выбираем конструкцию окна по табл. 2.2 в зависимости от $R_о^{тр} = 0{,}51 \ \frac{м^2 \cdot {}^0С}{Вт}$ и с учетом выполнения условия $R_о^{пр} \geq R_о^{тр}$.

Для данного примера принимаем тройное остекление в раздельных переплетах с фактическим сопротивлением теплопередаче $R_о^{пр} = 0{,}55 \ \frac{м^2 \cdot {}^0С}{Вт}$.

4. Коэффициент теплопередачи окна определяем по формуле

$$K_{ок} = \frac{1}{R_о^{пр}} = \frac{1}{0{,}55} = 1{,}82 \ \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0С}.$$

5. Скорректированный коэффициент теплопередачи окна равен

$$K'_{ок} = K_{ок} - K_{нс} = 1{,}82 - 0{,}32 = 1{,}50 \ \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0С}.$$

2.3. Теплотехнический расчет наружных дверей

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей должно быть не менее 0,6 $R_о^{норм}$ стен, определяемого по формуле

$$R_о^{норм} = \frac{(t_в - t_н)}{\Delta t^н \cdot \alpha_в}, \qquad (2.4)$$

где $\Delta t^н$ - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха $t_в$ и температурой внутренней поверхности ограждающих конструкций $\tau_в$, принимаемый по [3] для наружных стен жилых зданий равным 4 ^{0}С;

$\alpha_в$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0С}$, принимаемый по [3] для гладких внутренних стен равным 8,7 Вт/(м$^2 \cdot {}^0$С);

$t_в$ - то же, что в формуле (2.1);

$t_н$ - расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, ^{0}С, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 по [2].

Сопротивление теплопередаче входных дверей определяется по формуле

$$R_{одд}^{норм} = 0,6\, R_{о\,нс}^{тр}.$$

Коэффициент теплопередачи наружных дверей определяется по формуле

$$K_{дд} = \frac{1}{R_{одд}^{норм}}.$$

При расчете основных теплопотерь через наружные двери пользуются скорректированным коэффициентом теплопередачи

$$K'_{дд} = K_{дд} - K_{нс}.$$

Пример 3

Теплотехнический расчет наружных (входных) дверей

Исходные данные: место строительства – г. Пенза; расчетная температура внутреннего воздуха $t_В$ = 20 ^{0}С, расчетная температура наружного воздуха $t_Н$ = – 27 ^{0}С.

Порядок расчета

1. Определяем сопротивление теплопередаче наружной стены

$$R_о^{норм} = \frac{(t_В - t_Н)}{\Delta t^Н \alpha_В} = \frac{(20+27)}{4 \cdot 8,7} = 1,35 \quad \frac{м^2 \cdot {}^0С}{Вт}.$$

2. Определяем сопротивление теплопередаче входной двери

$$R_{одд}^{норм} = \quad 0,6 R_{онн}^{норм} = 0,6 \cdot 1,35 = 0,81 \quad \frac{м^2 \cdot {}^0С}{Вт}.$$

3. Определяем коэффициент теплопередачи входной двери

$$K_{дд} = \frac{1}{R_{одд}^{норм}} = \frac{1}{0,81} = 1,24 \quad \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0С}.$$

4. Определяем скорректированный коэффициент теплопередачи двери

$$K'_{дд} = K_{дд} - K_{нс} = 1,24 - 0,32 = 0,92 \quad \frac{Вт}{м^2 \cdot {}^0С}.$$

3. Определение тепловой мощности системы отопления

Задача расчета тепловой мощности системы отопления состоит в нахождении всех составляющих теплового баланса (теплопотерь и теплопоступлений) и в определении дефицита теплоты для каждого помещения и здания в целом.

Расчетные теплопотери помещения $Q_р$, Вт, определяются по формуле

$$Q_Р = Q_{ОГР} + Q_{ИНФ} – Q_{БЫТ}, \quad (3.1)$$

где $Q_{ОГР}$ – трансмиссионные теплопотери помещения, Вт, рассчитываются отдельно для каждой ограждающей конструкции или ее части по формуле(3.2);

$Q_{ИНФ}$ – теплопотери на нагревание инфильтрующегося воздуха или вентиляционной нормы воздуха, Вт;

$Q_{БЫТ}$ – бытовые теплопоступления в помещение, Вт.

3.1. Трансмиссионные теплопотери помещения

Трансмиссионные теплопотери $Q_{ОГР}$, Вт, определяются по формуле

$$Q_{огр} = k_{огр} A_{огр} (t_в - t_н) \cdot n \cdot (1 + \Sigma\beta), \quad (3.2)$$

где $k_{огр}$ – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/(м^2 · ^{0}С);

$A_{огр}$ – расчетная площадь поверхности ограждающей конструкции, м^2;

$t_в$ - то же, что в формуле (2.1);

$t_н$ - то же, что в формуле (2.4);

n – коэффициент, учитывающий положение ограждающей конструкции относительно наружного воздуха и уменьшающий разность температур для ограждающих конструкций, не соприкасающихся с наружным воздухом, принимается по табл. 3.1;

β - коэффициент, учитывающий добавочные теплопотери.

Таблица 3.1

Значения нормируемого температурного перепада $\Delta t^н$ и коэффициента n

Наружное ограждение жилого здания	$\Delta t^н$	n
Наружная стена	4	1
Чердачное перекрытие	3	1
Бесчердачное покрытие (плоская кровля)	3	0,9
Перекрытие над неотапливаемым подвалом со световыми проёмами в стенах	2	0,75

Схема обмера наружных ограждений в плане и высота стен при определении площади представлена на рис. 3.1 и 3.2. Размеры ограждающих конструкций следует принимать в соответствии с рис. 3.1 и 3.2 согласно масштабу и размерам на планах зданий; площади ограждений вычисляются с точностью до 0,1 м^2. Принятые обозначения: ДО – двойное остекление; НС – наружная стена; БД – балконная дверь; Пл – пол; Пт – потолок; ДД – двойная дверь; ЖК –

жилая комната; К – кухня; ЛК – лестничная клетка; ЛП – лифтовая площадка; КР – коридор; Т – туалет; В – ванная; СУ – совмещенный санузел.

Отопление ванных комнат и совмещенных санузлов осуществляется полотенцесушителями системы горячего водоснабжения, проектирование которых не входит в задачу курсового проекта.

Теплообмен между внутренними помещениями в пределах этажа не учитывается. Теплопотери лестничной клетки через перекрытие над подвалом определяются по величине ее площади в плане. Теплопотери лестничных клеток и лифтовых площадок считаются отдельно для каждого помещения. Теплопотери туалетов, коридоров и прихожих включаются в расход теплоты на отопление одной из прилежащих (желательно угловой) жилой комнаты.

3.2. Добавочные теплопотери

Трансмиссионные теплопотери, рассчитанные по формуле (3.2) без учета добавочных теплопотерь (при $\Sigma\beta=0$), называются основными $Q_{ОСН}$, Вт.

Основные теплопотери через наружные ограждения, обусловленные разностью температур внутреннего и наружного воздуха, оказываются меньше фактических теплопотерь, так как не учитывается ряд факторов, вызывающих дополнительные потери теплоты, исчисляемые в долях от основных теплопотерь или определяемые расчетом.

$$Q_{ДОБ} = Q_{ОСН} \cdot \beta, \qquad (3.3)$$

где $Q_{ДОБ}$ – добавочные теплопотери, Вт;

$Q_{ОСН}$ – основные теплопотери, Вт;

β – то же, что в формуле (3.2).

Добавку на ориентацию ограждающей конструкции по сторонам света принимают для всех наружных вертикальных ограждающих конструкций в размере: 0,1 – для стен, дверей, окон, обращенных на север, восток, северо-восток, северо-запад; 0,05 – на запад и юго-восток; 0 – на юг и юго-запад.

Добавка на угловые нежилые помещения, имеющие две и более наружные стены, составляет $\beta=0,05$ к основным теплопотерям вертикальных наружных ограждающих конструкций. В угловых жилых помещениях добавка не вводится, так как расчетная температура внутреннего воздуха принимается на 2 ^{0}С выше.

Добавка на нагревание холодного воздуха, поступающего при кратковременном открывании двойных дверей с тамбуром между ними и не оборудованных воздушно-тепловыми завесами, принимается в размере 0,27Н, где Н – высота здания, м.

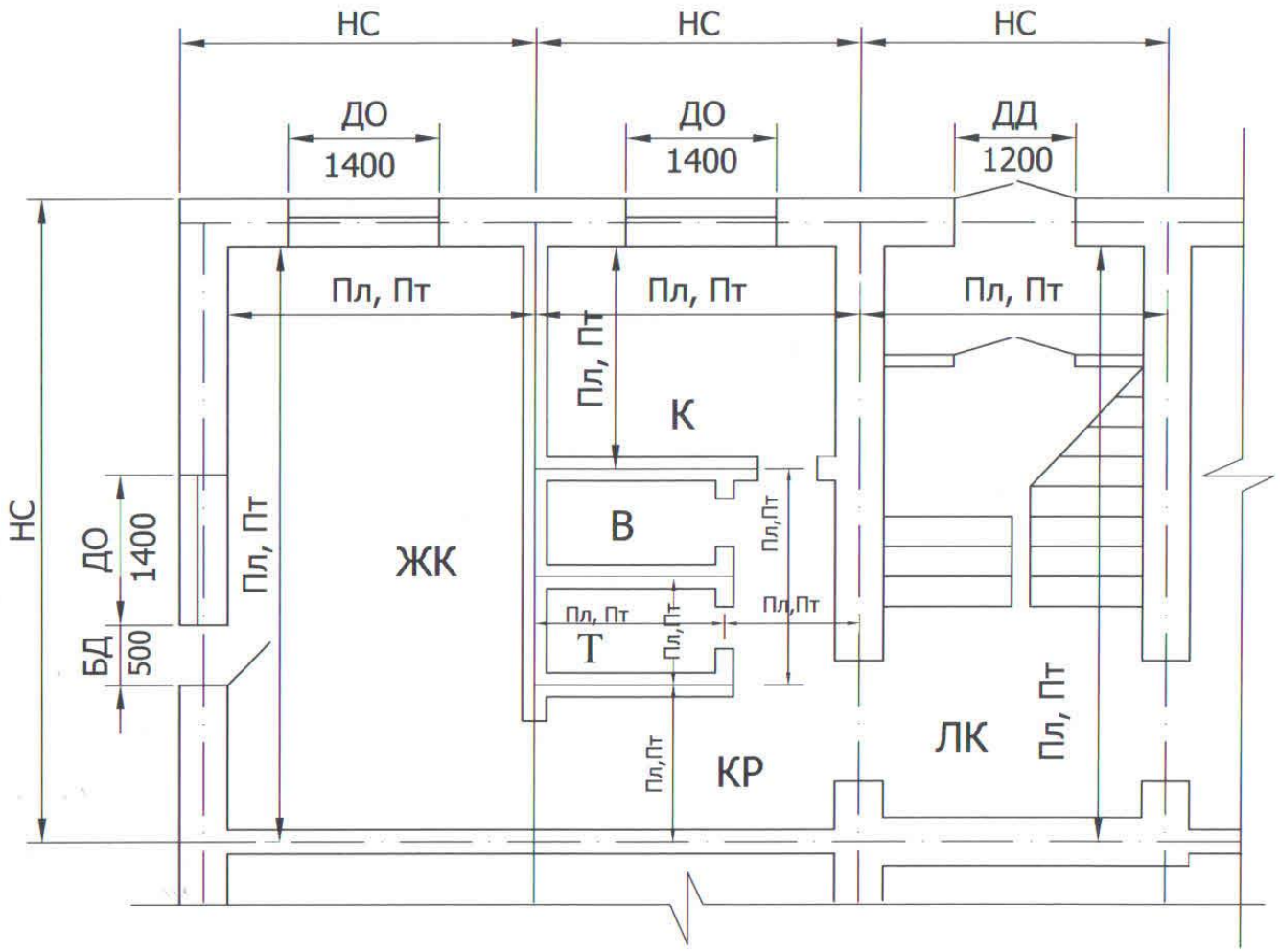

Рис. 3.1. Схема обмера ограждающих конструкций в плане

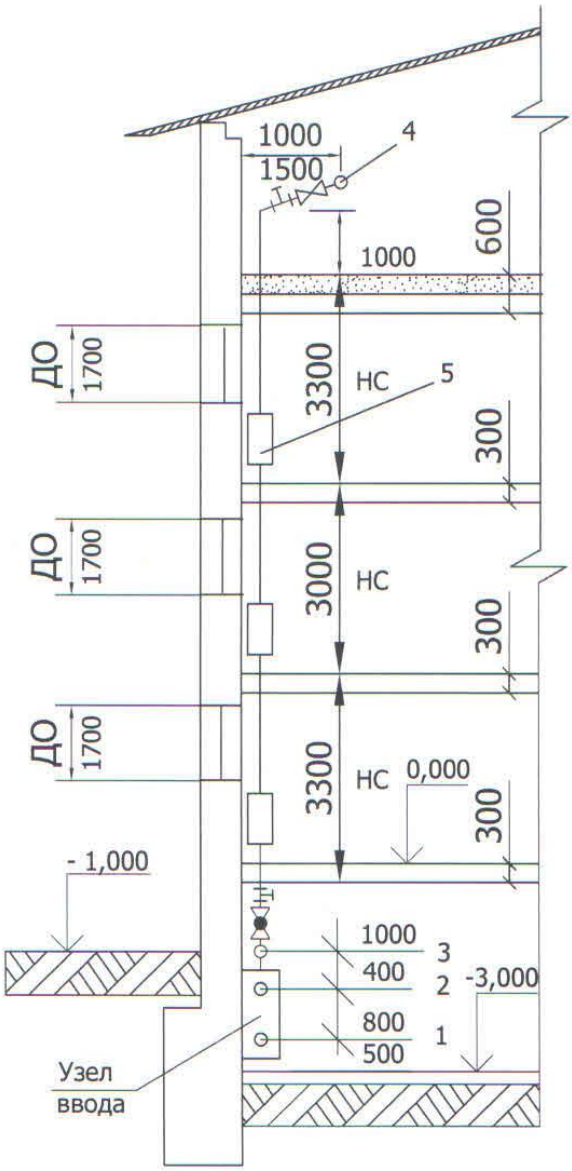

Рис. 3.2. Размеры наружных стен и расположение основных элементов системы отопления с верхней разводкой по высоте здания:

1 - уровень обратной магистрали в узле ввода;
2 - уровень подающей магистрали в узле ввода;
3 - уровень обратной магистрали;
4 - уровень подающей магистрали на чердаке;
5 - радиатор

3.3. Теплопотери на нагревание инфильтрующегося воздуха или вентиляционной нормы воздуха

Причинами инфильтрации являются тепловое давление, возникающее вследствие разности плотностей наружного холодного и внутреннего теплого воздуха, и ветровое давление, создающее на наветренной стороне здания избыточное давление, а на подветренной – разряжение. Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха $Q_{ИНФ}$ зависит от температур наружного и внутреннего воздуха, от направления и скорости ветра, планировки и высоты здания.

В жилых зданиях воздухопроницаемыми элементами считают окна, балконные двери, а также наружные двери, которые в обычном эксплуатационном режиме рассматривают как закрытые. Величина воздухопроницания стен и покрытий невелика, поэтому, как правило, ею пренебрегают.

Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха $Q_{ИНФ}$, Вт, определяют по формуле

$$Q_{ИНФ} = 0{,}28\ \Sigma G_{ИНФ}\ c_в\ A_i\ (t_В - t_Н)\ \kappa_Н, \qquad (3.4)$$

где $\Sigma G_{ИНФ}$ – удельный расход инфильтрующегося воздуха через воздухопроницаемый элемент здания, кг/(ч м^2);

$c_в$ – удельная теплоемкость воздуха, принимается равной 1 кДж/(кг·^{0}С);

Ai – площадь i-го воздухопроницаемого элемента, м^2;

$t_В$, $t_Н$ – то же, что в формуле (3.2.);

$\kappa_Н$ – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в воздухопроницаемых элементах, равный: 0,7 – для окон и балконных дверей с тройными раздельными переплетами; 0,8 – для окон и балконных дверей с двойными раздельными переплетами; 0,9 – для окон и балконных дверей со спаренными переплетами; 1,0 – для окон и балконных дверей с одинарными переплетами.

Расход теплоты на нагрев санитарной нормы вентиляционного воздуха (для жилых комнат – 3 м^3/ч на 1 м^2 площади) $Q_В$, Вт, определяют по формуле

$$Q_{ИНФ} = 0{,}28\ L\ \rho_В\ c\ (t_В - t_Н), \qquad (3.5)$$

где L – расход удаляемого воздуха, не компенсируемый подогретым приточным воздухом (для жилых зданий принимают 3 м^3/ч на 1 м^2 площади жилой комнаты), м^3/ч;

$\rho_В$ – плотность воздуха в помещении, кг/м^3;

c, $t_В$, $t_Н$ – см. формулу (3.4).

3.4. Бытовые тепловыделения

Бытовые тепловыделения для кухонь и жилых комнат следует учитывать в размере не менее 17 Вт на 1 м^2 площади пола

$$Q_{БЫТ} = 17 \cdot A_{ПЛ}, \quad (3.6)$$

где $Q_{БЫТ}$ – бытовые тепловыделения, Вт;

$A_{ПЛ}$ – площадь пола отапливаемого помещения, м^2.

3.5. Тепловая мощность системы отопления жилого здания

Для жилой части здания каждому помещению в зависимости от назначения присваивают индекс (ЖК, К, Пр и т. д.). Определяют размеры и площади наружных ограждений, причем площадь наружной стены определяют, не исключая площади окна (наружной двери).

Расчет выполняется в табличной форме (табл. 3.2). Вычисленные значения Q_0, $Q_Д$, $Q_{ИНФ}$, $Q_{БЫТ}$, $Q_Р$ округляются до ближайшего кратного 10 Вт значения.

$$Q_Р = Q_0 + \Sigma Q_Д + Q_{ИНФ} + Q_{ПР} + Q_{КОР} + Q_Т - Q_{БЫТ}$$

или

$$Q_Р = Q_0 (1 + \Sigma\beta) + Q_{ИНФ} + Q_{ПР} + Q_{КОР} + Q_Т - Q_{БЫТ}, \quad (3.7)$$

где $Q_Р$ – расчетные теплопотери помещения , в котором предусмотрена установка отопительного прибора, Вт;

Q_0, $\Sigma Q_Д$, $Q_{ИНФ}$, $Q_{БЫТ}$ – см. формулу (3.1);

$Q_{ПР}$, $Q_{КОР}$, $Q_Т$ – теплопотери соответственно коридоров, прихожих, туалетов, Вт;

$\Sigma\beta$ – сумма коэффициентов добавочных теплопотерь.

В таблицу заносят теплопотери первого, второго и верхнего этажей.

Тепловая мощность системы отопления $Q_{С.О.}$, Вт, определяется как сумма затрат теплоты на отопление отдельных помещений и лестничных клеток

$$Q_{С.О.} = Q_{Р1ЭТ} + \Sigma Q_Р \cdot (n_{ЭТ} - 2) + \Sigma Q_{Р\ ВЕРХ} + \Sigma Q_{ЛК+ЛП}. \quad (3.8)$$

где $\Sigma Q_{Р1ЭТ}$, $\Sigma Q_{Р\ ВЕРХ}$ – теплопотери соответственно первого и верхнего этажей, Вт;

$\Sigma Q_Р$ – теплопотери промежуточного этажа, Вт;

$n_{ЭТ}$ – число этажей в здании;

$\Sigma Q_{ЛК+ЛП}$ – теплопотери лестничных клеток и лифтовых площадок, Вт.

Таблица 3.2

Расчет теплопотерь

№ помещения	Наименование помещения, $t_В$, ^0C, $A_{ПЛ}$, $м^2$	Характеристика ограждения				Коэффициент теплопере-дачи, К, $Вт/(м^2 \cdot {}^0C)$	$(t_В - t_Н) \times n$, ^0C	Основные теплопотери Q_0,Вт	Добавочные теп-лопотери			$1 + \Sigma\beta$	Теплопотери через ограждение $Q_0 (1+\Sigma\beta)$, Вт	$\Sigma Q_O (1+\Sigma\beta)$, Вт	Теплопотери на инфильтра-цию, $Q_{инф}$, Вт	Бытовые теплопоступле-ния, $Q_{быт}$, Вт	Расчетные теплопотери, Q_P, Вт
		Наименование	Ориентация	Размеры а×в, м × м	Площадь А, $м^2$				На ориентацию, β	При наличии 2-х и более стен	На открывание дверей, β						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15	16	17
101	К 19 ^0C 6,2	НС НС ДО Пл	СВ ЮВ СВ –	3,0×3,3 3,2×3,3 1,4×1,7 2,4×2,6	9,9 10,6 2,4 6,2	0,32 0,32 1,50 0,25	46×1 46×1 46×1 46×0,75	150 160 170 50	0,1 0,05 0,1 –	0,05 0,05 0,05 –	– – – –	1,15 1,1 1,15 1,0	170 180 200 50	600	–	100	500
106	ЖК 22 ^0C 13,7	НС НС ДО БД Пл	ЮВ ЮЗ ЮВ ЮВ –	4,5×3,3 4,2×3,3 1,4×1,7 0,5×2,2 3,9×3,6	14,9 13,9 2,4 1,1 13,7	0,32 0,32 1,50 1,50 0,25	49×1 49×1 49×1 49×1 49×0,75	230 220 180 80 130	0,05 0,0 0,05 0,05 –	– – – – –	– – – – –	1,05 1,0 1,05 1,05 1,0	240 220 190 80 130	860	680	230	1310 +50 +20 1380
107	Кр 18 ^0C 5,4	Пл	–	3,6×1,5	5,4	0,25	45×0,75	50	–	–	–	1,0	50	50	–	–	к 106
108	Т 19 ^0C 1,7	Пл	–	1,2×1,5	1,8	0,25	46×0,75	20	–	–	–	1,0	20	20	–	–	к 106

4. Конструирование системы отопления

В курсовом проекте предусмотрена однотрубная система отопления с вертикальными стояками для жилой части здания.

4.1. Установка отопительных приборов

Отопительные приборы устанавливаются у наружных стен под окнами. В угловых помещениях приборы устанавливаются у обеих наружных стен, даже если одна из них не имеет окон. Тепловая нагрузка помещения при этом распределяется между приборами поровну. Во всех помещениях низ радиаторов располагается над полом на высоте не менее 0,1 м (рис. 4.1), а конвекторов – не менее 0,15 м (рис. 4.2).

В коридорах, прихожих и туалетах отопительные приборы не устанавливаются. В угловых комнатах при невозможности присоединения прибора под окном к стояку, расположенному в углу, образованном наружными стенами, из-за наличия балконной двери, рекомендуется установка второго отопительного стояка.

В лестничной клетке отопительные приборы устанавливаются сразу после тамбура так, чтобы они не выступали из плоскости стен на высоте до 2-х м от пола площадки и не сокращали требуемой нормами ширины маршей и площадок (1,6 м).

В зданиях до четырех этажей отопительные приборы (радиаторы, конвекторы) в лестничных клетках следует устанавливать только на первом этаже, у входа, сразу после тамбура. В зданиях более четырех этажей размещение радиаторов по этажам обеспечивает более равномерное распределение температур по высоте лестничной клетки (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Распределение тепловой нагрузки в лестничных клетках, %

Число этажей в здании	Рассчитываемый этаж							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII
5	50	25	15	10	-	-	-	-
6	50	20	15	15	-	-	-	-
7	45	20	15	10	10	-	-	-
8 и более	40	20	15	10	10	5	-	-

Если в качестве отопительных приборов используются конвекторы, то в лестничных клетках многоэтажных зданий (выше четырех этажей) их следует размещать сразу после тамбура или на первом этаже.

На лифтовых площадках отопительные приборы размещают равномерно под окнами.

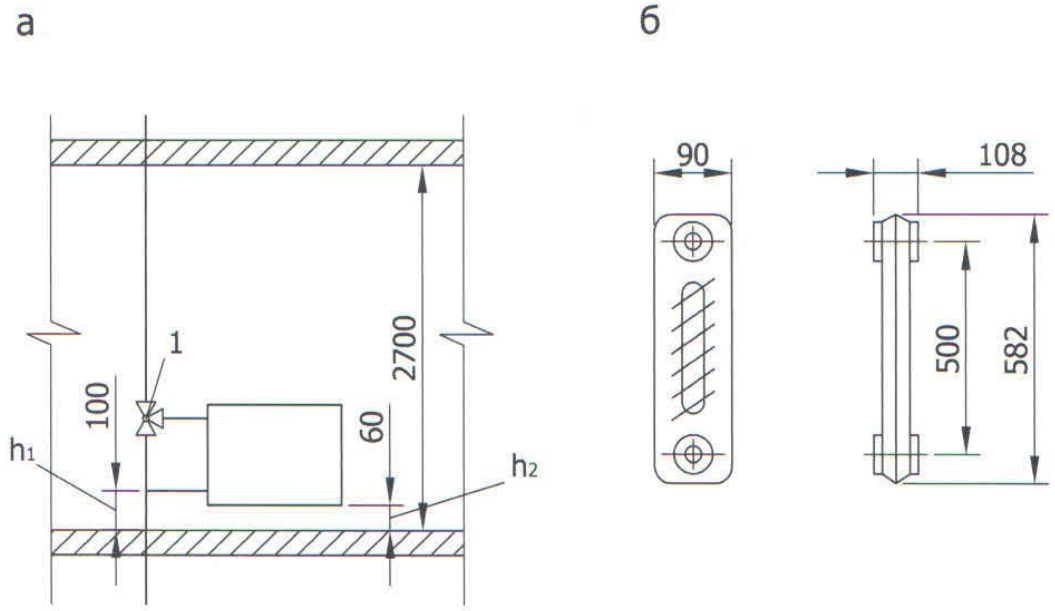

Рис. 4.1. Схема установки (а) и основные размеры (б) радиатора МС-90-108:
1- кран КРТ

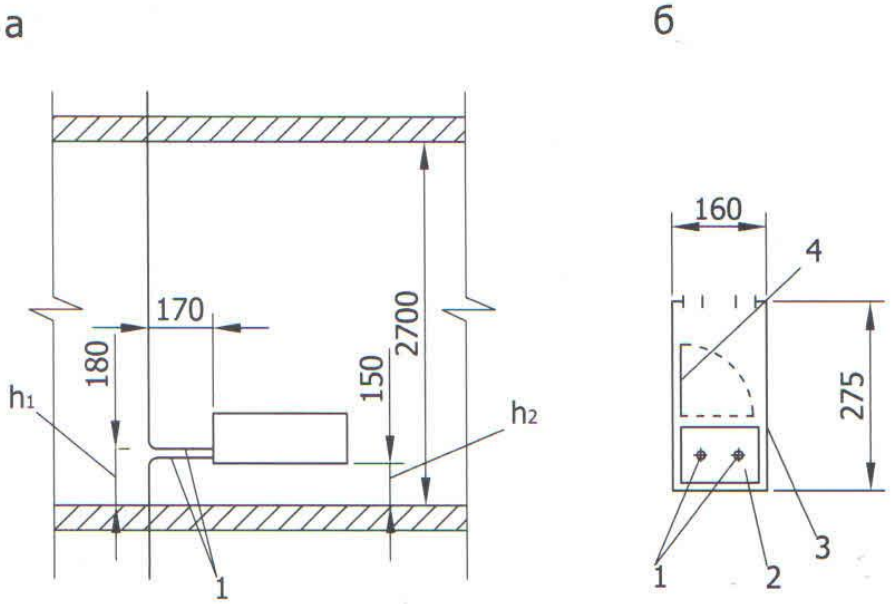

Рис. 4.2. Схема установки (а) и устройство конвектора "Комфорт-20" (б):
1 - стальные трубы; 2 - пластина оребрения; 3 - кожух;
4 - воздушный клапан

4.2. Установка отопительных стояков

В угловых комнатах обязательна установка отопительного стояка в углу, образованном наружными стенами. В кухнях, граничащих с лестничной клеткой, целесообразно устанавливать стояк в углу, прилегающем к лестничной клетке.

К стоякам, обслуживающим отопительные приборы в кухнях, не рекомендуется присоединять отопительные приборы других помещений. Запрещается подключать к одному стояку приборы, установленные в соседних квартирах.

Установка стояков при верхней разводке, как правило, должна производиться в углах, ближайших к главному стояку. При нижней разводке подъёмный стояк следует прокладывать в помещении с меньшей тепловой нагрузкой, опускной стояк – в помещении с большей тепловой нагрузкой; оба стояка должны находиться в пределах одной квартиры. Допускается при необходимости установка стояков, подъёмная ветвь которых не имеет отопительных приборов («холостая»). Стояки прокладывают открыто. Отопительные приборы лестничных клеток и лифтовых площадок присоединяются к системе отопления самостоятельными стояками по проточной схеме.

4.3. Прокладка магистральных труб

Главный стояк при верхней разводке магистралей прокладывается в лестничной клетке, ближайшей к узлу ввода. Подающие магистрали при верхней разводке прокладываются на чердаке. Для удобства монтажа и ремонта расстояние от наружной стены до оси трубопровода принимается равным 1 – 1,5 м. Высота подающих магистралей над перекрытием верхнего этажа принята 0,5 м. Обратные трубопроводы при любой разводке прокладываются на кронштейнах вдоль наружных стен на 1 м ниже от потолка подвала. Магистральные трубопроводы на чердаке и в подвале теплоизолируются. Все магистральные трубопроводы должны иметь уклон 0,003 в сторону узла ввода теплосети.

При конструировании системы отопления рекомендуется делить её на две примерно одинаковые части (ветви), расположенные симметрично при верхней разводке относительно главного стояка, при нижней – относительно узла ввода.

Для нежилой части здания прокладка магистральных трубопроводов предусмотрена в пределах отапливаемых помещений над полом.

Для стояков и ветвей используют водогазопроводные трубы по ГОСТ 3262 – 75, для магистральных трубопроводов – электросварные трубы по ГОСТ 10704 – 76.

4.4. Удаление воздуха

При верхней разводке воздух удаляется с помощью воздухосборников, которые устанавливаются в конце каждой ветви перед последним стояком. При нижней разводке подающих магистралей воздух удаляется через воздуховыпускные краны, устанавливаемые в глухих верхних пробках радиаторов верхнего этажа и на подводках к конвекторам.

4.5. Арматура

В начале каждой пофасадной ветви после главного стояка (верхняя разводка) и после узла ввода (нижняя разводка) устанавливается вентиль ($d_У \leq 40$) или задвижка ($d_У \geq 50$). Такая же арматура устанавливается в конце обратных пофасадных ветвей после узла ввода. На подающих пофасадных ветвях после узла ввода при нижней разводке и на обратных пофасадных ветвях при любой разводке до отключающей арматуры перед узлом ввода устанавливаются трубки $d_У$=15 мм длиной 0,5 м с пробковыми кранами для спуска воды.

В начале стояков при $t_Г < 100$ ^{0}С устанавливаются пробковые краны, при $t_Г \geq 100$ ^{0}С – вентили. В конце всех стояков устанавливаются пробковые краны. Для спуска воды из стояков в их начале и конце предусматриваются тройники с пробкой.

Регулировка теплоотдачи чугунных радиаторов осуществляется трёхходовыми и проходными кранами, конвекторов – воздушными клапанами, встроенными в корпус конвектора.

Запорно-регулирующая арматура не устанавливается на подводках к приборам в лестничной клетке.

В расчетно-пояснительной записке к курсовому проекту подробно описывается размещение отопительных приборов, прокладка магистралей, установка арматуры, дренажных устройств и воздухоудаление.

Примеры графического оформления планов с нанесением отопительных приборов и трубопроводов систем отопления приведены на рис. 4.3 - 4.7.

5. Тепловой расчет отопительных приборов

В курсовом проекте следует произвести расчет приборов последнего стояка расчетного кольца системы отопления жилого дом и лестничной клетки (лифтовой площадки).

5.1. Характеристика отопительных приборов

В курсовом проекте используются чугунные секционные радиаторы МС 90 – 108 (ГОСТ 8690 – 75) с поверхностью нагрева одной секции a_1 = 0,187 м^2 и массой 6,15 кг, а также конвекторы типа «Комфорт – 20» (табл. 5.1) ГОСТ 20849-75*.

Каждая секция радиатора МС 90 – 108 состоит из двух полых вертикальных колонок эллиптического сечения.

Конвектор «Комфорт – 20» состоит из двух расположенных в горизонтальной плоскости водогазопроводных труб диаметром 20 мм с оребрением из тонких стальных пластин. Пластины заключены в кожух из стального листа. Конвектор снабжен воздушным клапаном для регулирования теплоотдачи, поэтому регулирующая арматура на подводках не устанавливается.

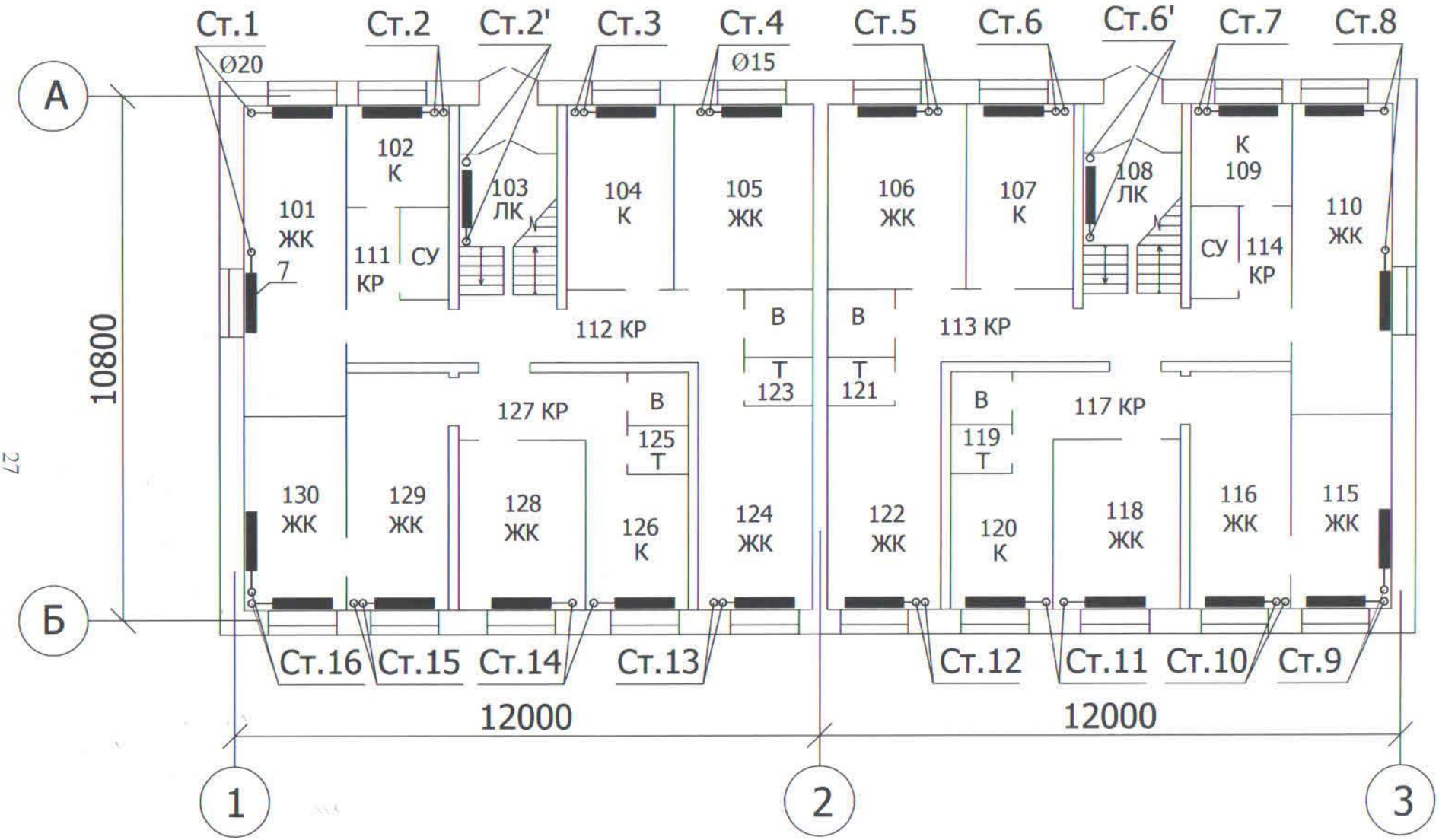

Рис. 4.3. План первого этажа (система с нижней разводкой)

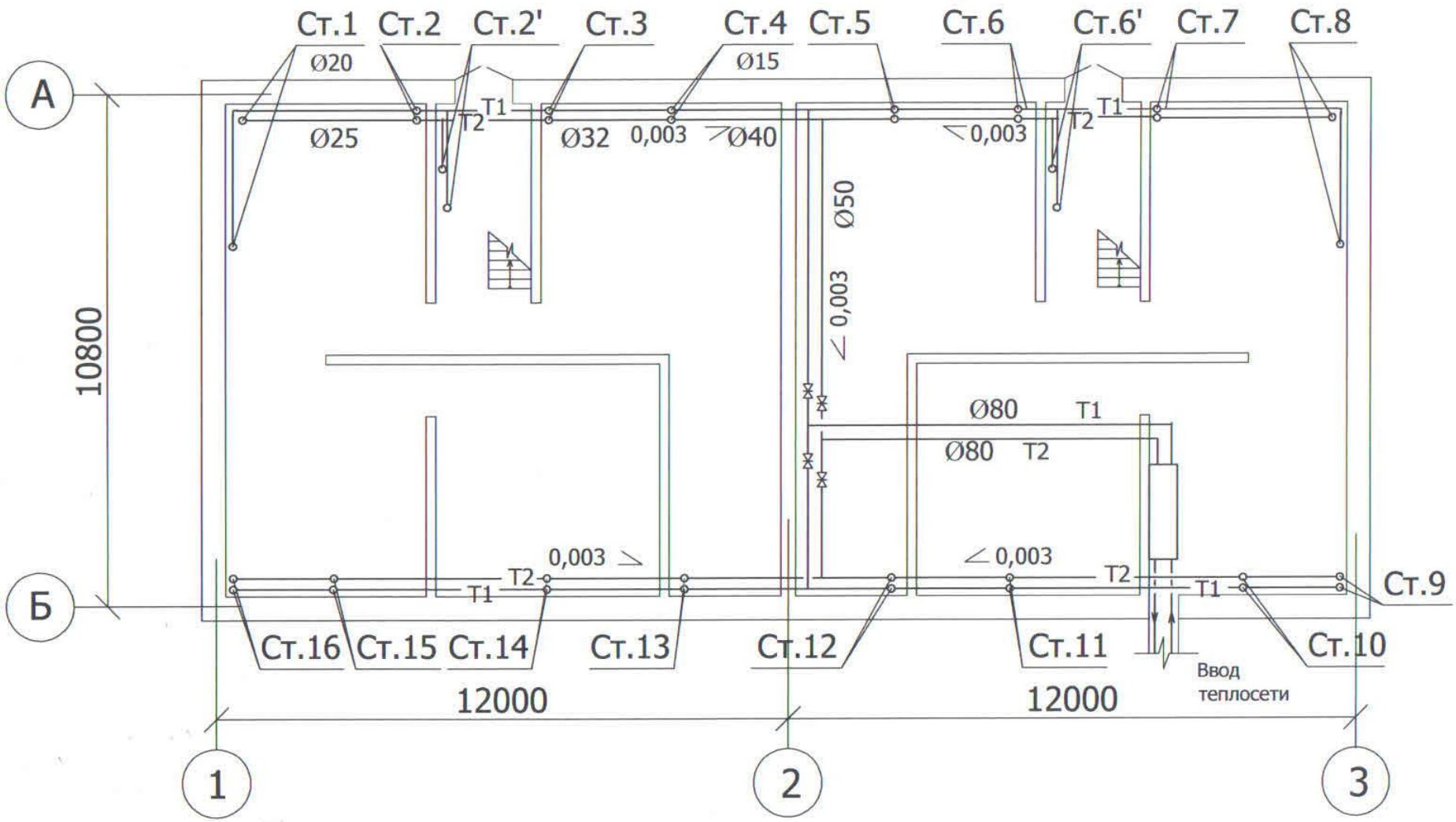

Рис. 4.4. План подвала (система с нижней разводкой)

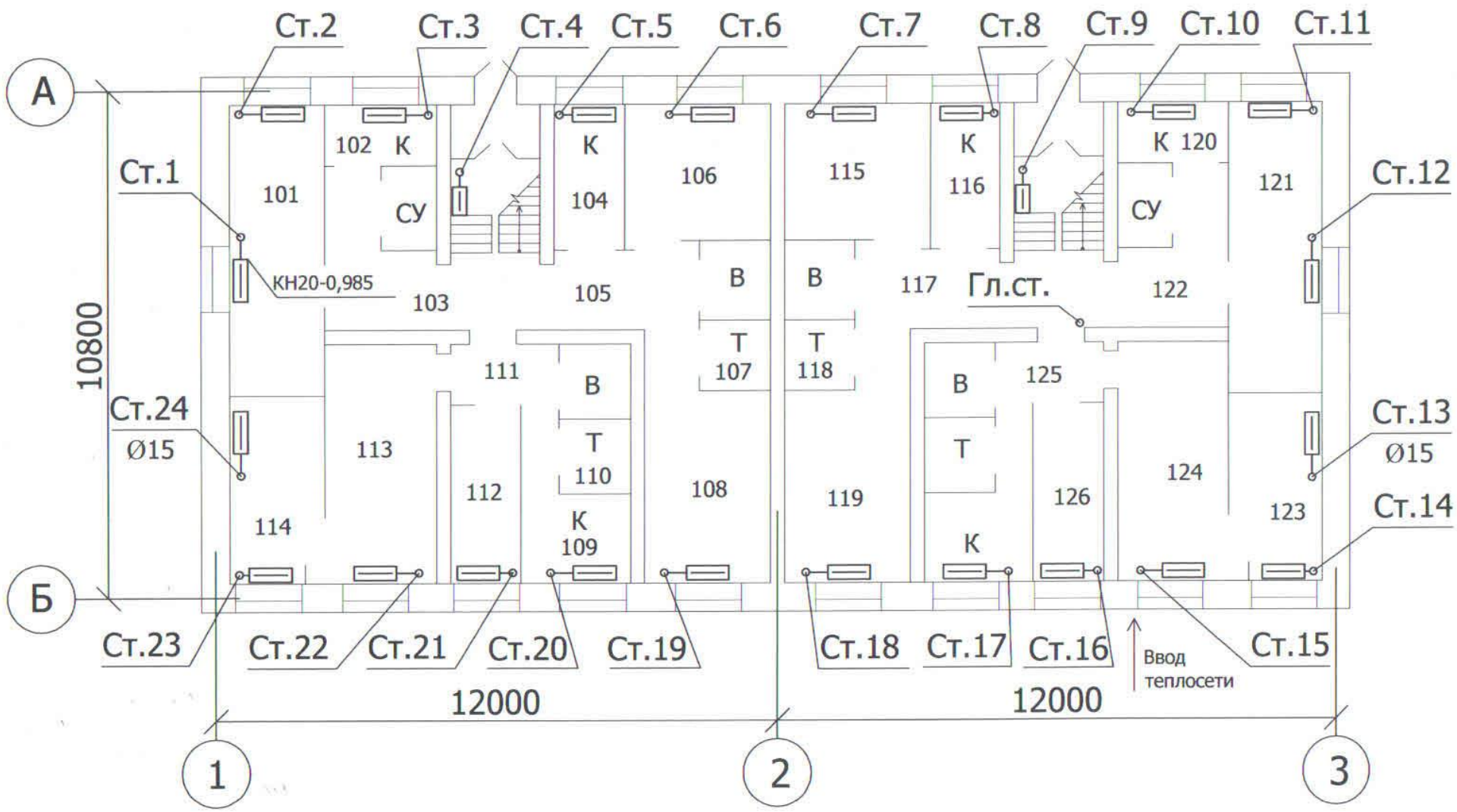

Рис. 4.5. План первого этажа (система с верхней разводкой)

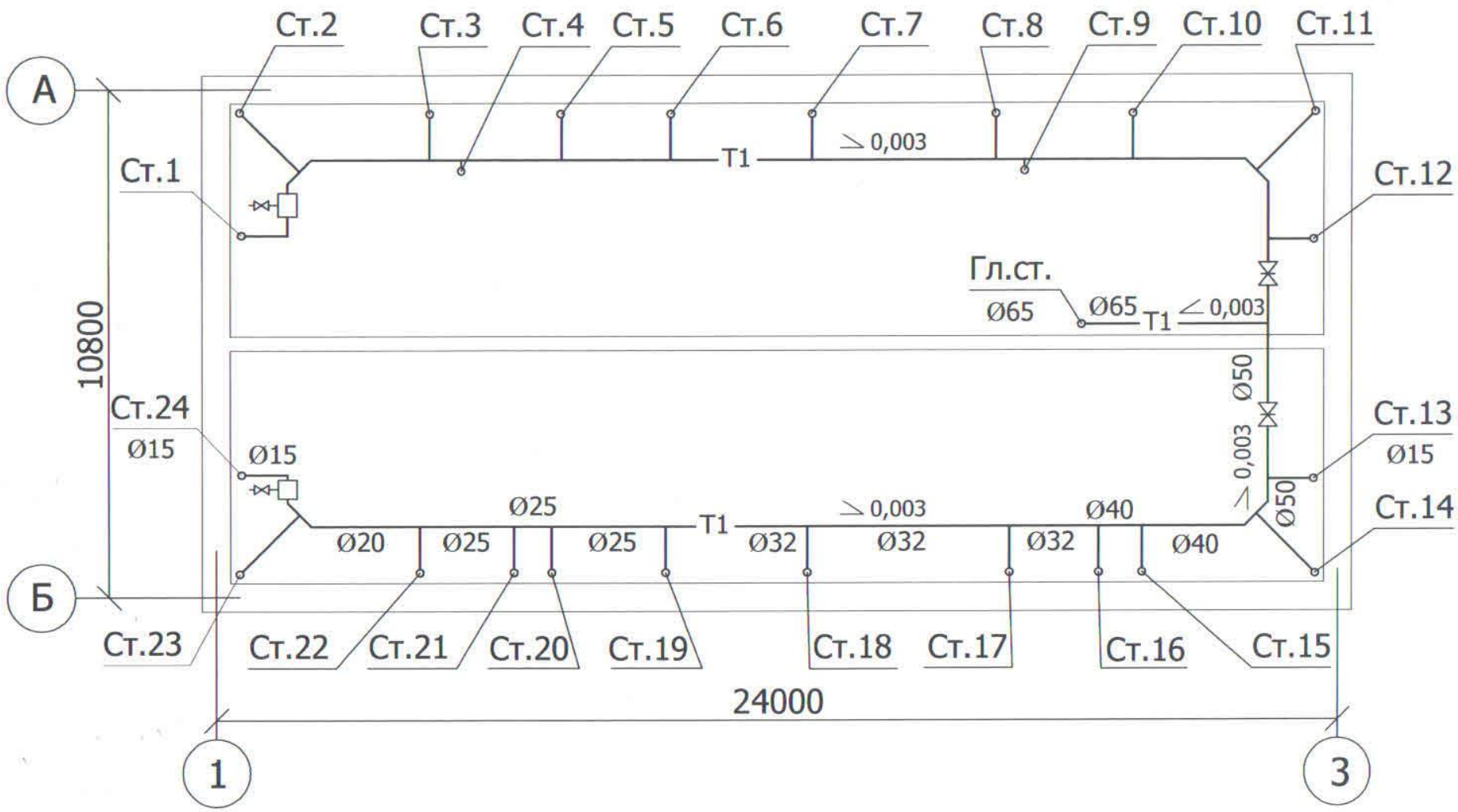

Рис. 4.6. План чердака (система с верхней разводкой)

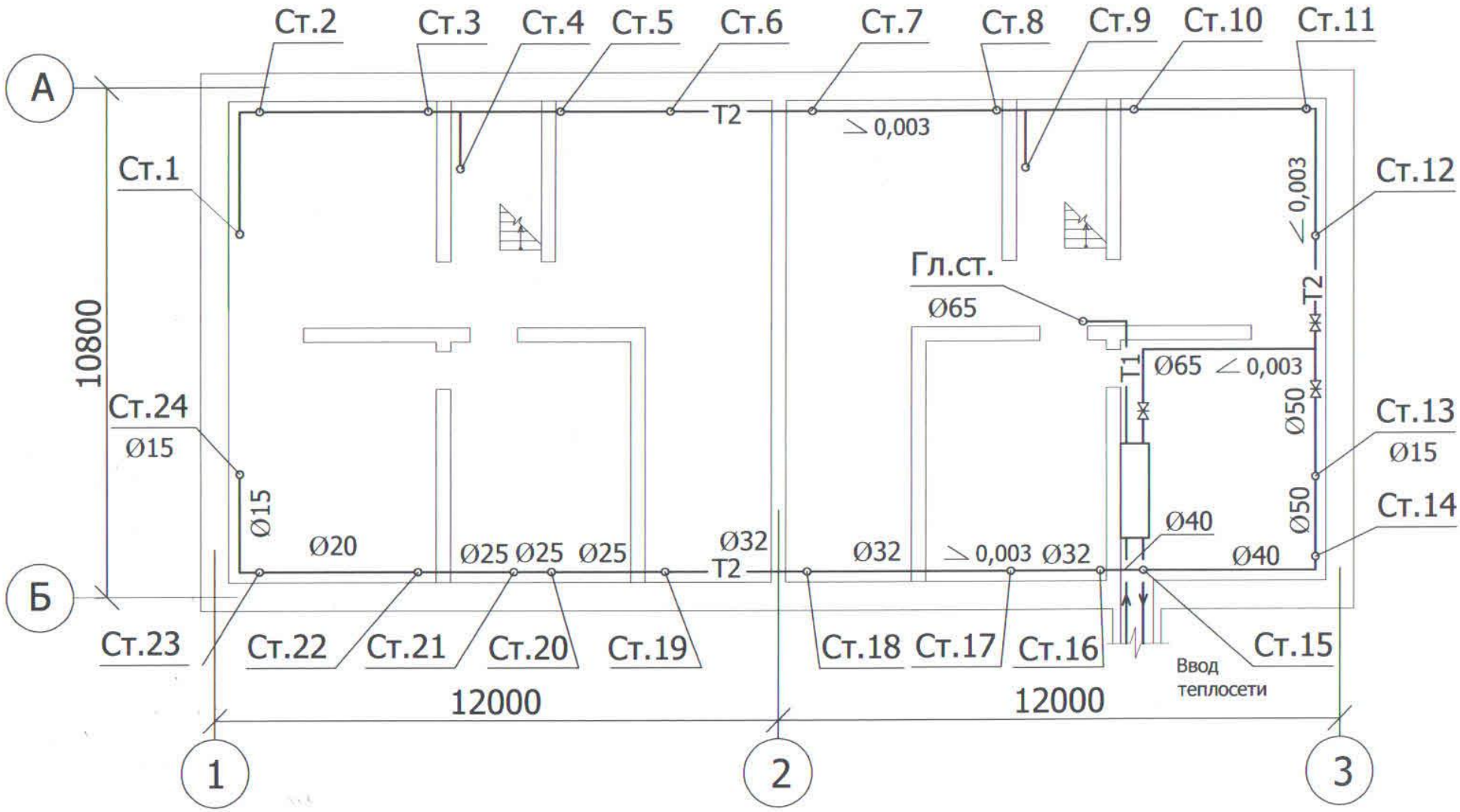

Рис. 4.7. План подвала (система с верхней разводкой)

Таблица 5.1

Типоразмеры конвекторов «Комфорт – 20»

Марка прибора	Площадь поверхности нагрева, м^2	Номинальный тепловой поток, Вт	Длина, мм
КН20-0,372	0,710	372	300
КН20-0,515	0,905	515	400
КН20-0,655	1,420	655	500
КН20-0,820	1,775	820	600
КН20-0,985	2,130	985	700
КН20-1,150	2,485	1150	800
КН20-1,315	2,840	1315	900
КН20-1,475	3,195	1475	1000
КН20-1,640	3,550	1640	1100
КН20-1,805	3,905	1805	1200
КН20-1,970	4,260	1970	1300

5.2. Расчет поверхности нагрева

Тепловой расчет отопительного прибора заключается в определении площади его поверхности.

Расчетная площадь поверхности нагрева отопительных приборов $A_Р$, м^2, находится по формуле

$$A_р = \frac{Q_{пр}}{q_{пр}}, \qquad (5.1)$$

где $Q_{ПР}$ – тепловая мощность прибора, Вт;

$q_{ПР}$ – поверхностная плотность теплового потока прибора, Вт/м^2.

Тепловая мощность прибора определяется по формуле

$$Q_{ПР} = Q_П - \beta_{ТР}\, Q_{ТР}, \qquad (5.2)$$

где $Q_П$ – теплопотери помещения, Вт;

$\beta_{ТР}$ – поправочный коэффициент, учитывающий долю теплоотдачи теплопроводов (при открытой прокладке труб $\beta_{ТР} = 0{,}9$);

$Q_{ТР}$ – суммарная теплоотдача проложенных в пределах помещения нагретых труб стояка, подводок, ветвей, Вт.

Суммарную теплоотдачу труб $Q_{ТР}$, Вт, определяют по формуле

$$Q_{ТР} = q_В\, l_В + q_Г\, l_Г, \qquad (5.3)$$

где $l_В$ и $l_Г$ – длина вертикальных и горизонтальных трубопроводов в пределах помещения, м;

$q_В$ и $q_Г$ – теплоотдача 1 м вертикально и горизонтально проложенных труб, Вт/м, (см. табл. 5.2), принимается исходя из диаметра и положения труб, а также разности температуры теплоносителя при входе его в рассматриваемое помещение $t_{СР}$ и температуры воздуха в помещении $t_В$.

Плотность теплового потока прибора $q_{ПР}$, Вт/м^2, составит

$$q_{ПР} = q_{НОМ} (\Delta t_{СР}/70)^{(1+n)} (G_{ПР} / 360)^{P} c \ , \qquad (5.4)$$

где $q_{НОМ}$ – номинальная плотность теплового потока, Вт/м^2 (для чугунного секционного радиатора типа МС 90 – 108 $q_{НОМ}$ = 802; для конвектора – 357);

$\Delta t_{СР}$ – разница между средней температурой воды $t_{СР}$ в приборе и температурой воздуха в помещении $t_В$, ^{0}С;

$G_{ПР}$ – расход воды через прибор, кг/ч;

n, p, c – экспериментальные числовые показатели, выражающие влияние конструктивных и гидравлических особенностей прибора на его коэффициент теплопередачи (табл. 5.3).

Таблица 5.2

Теплоотдача открыто проложенных трубопроводов

$t_{ср} - t_в$, ^{0}С	$d_у$, мм	Теплоотдача 1 м трубы, Вт/м, при $t_{ср} - t_в$, ^{0}С, через 1 ^{0}С									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	15	28 38	30 39	30 41	31 42	32 43	34 44	34 44	35 46	36 47	37 49
	20	36 46	37 47	38 50	39 52	41 53	42 55	43 57	44 58	45 59	46 60
	25	44 57	46 59	47 63	49 65	51 66	52 68	53 71	55 72	56 74	58 75
50	15	38 50	38 51	39 52	41 53	41 56	43 57	44 58	44 59	45 60	46 61
	20	47 60	49 61	50 64	51 65	52 66	53 68	54 70	56 71	57 73	58 74
	25	59 73	60 74	62 76	64 79	65 80	67 82	68 85	70 86	72 88	73 91
60	15	47 63	49 65	50 66	51 67	52 69	53 70	55 71	55 73	56 74	57 75
	20	59 77	61 79	63 80	64 81	65 83	66 85	67 86	68 88	70 89	72 92
	25	74 92	76 94	78 96	79 98	81 100	83 102	85 104	86 106	88 108	89 110
70	15	59 77	60 79	61 80	63 81	64 82	65 84	66 86	67 87	68 89	70 91
	20	74 93	75 95	77 96	78 97	80 100	81 102	83 103	84 105	86 107	87 108
	25	93 113	94 114	96 116	97 118	100 121	101 123	103 125	107 128	107 128	109 131
80	15	71 92	72 93	73 94	74 96	75 98	77 100	78 101	79 101	81 102	81 105
	20	88 109	89 111	92 114	93 115	94 117	96 120	98 121	99 123	101 125	102 127
	25	110 134	113 136	114 138	116 141	119 143	120 145	122 146	124 149	125 151	128 153

Примечание. Для вертикальных труб – верхняя строка, для горизонтальных – нижняя.

Таблица 5.3

Значения показателей *n, p, c* для определения теплового потока отопительных приборов

Тип отопительного прибора	Направление движения теплоносителя	Расход теплоносителя, кг/ч	*n*	*p*	*c*
Радиатор МС 90 – 108	Сверху-вниз	18-50	0,3	0,02	1,039
		54-536		0	1,0
		536-900		0,01	0,996
	Снизу-вверх	18-61	0,25	0,12	1,113
		65-900		0,04	0,97
Конвектор «Комфорт-20»	———	36-86	0,35	0,18	1
		90-900		0,07	

Средняя температура воды в отопительном приборе равна:

в двухтрубной и бифилярной системах отопления

$$t_{\text{СР}} = \frac{t_{\text{Г}} - \Sigma\Delta t_{\text{М}} + t_{\text{О}}}{2}; \qquad (5.5)$$

в однотрубной системе отопления

$$t_{\text{СР}} = t_{\text{Г}} - \Sigma\Delta t_{\text{М}} - \frac{3{,}6\left(\Sigma Q_{\text{П}} + \Sigma Q^{/}_{\text{ТР}} + (0{,}5/\alpha)Q_{\text{П}}\right)}{4{,}187\, G_{\text{СТ}}}, \qquad (5.6)$$

где $\Sigma\Delta t_{\text{М}}$ – понижение температуры воды в участках по подающей магистрали от узла ввода до рассчитываемого стояка или горизонтальной ветви, ^{0}С (табл. 5.4);

$\Sigma Q_{\text{П}}$ – сумма расчётных тепловых нагрузок приборов, расположенных по ходу движения воды в стояке (ветви) до рассматриваемого отопительного прибора, Вт;

$\Sigma Q^{/}_{TP}$ – сумма дополнительной теплоотдачи труб и приборов до рассматриваемого помещения, Вт. Для одного открыто проложенного этажестояка $\Sigma Q^{/}_{\text{ТР}}$ = 115 Вт;

α – коэффициент затекания воды в прибор; для проточных и проточно-регулируемых систем α = 1, для систем с проходным краном КРП и смещённым замыкающим участком α = 0,5;

$Q_{\text{П}}$ – тепловая нагрузка рассчитываемого отопительного прибора, Вт;

$G_{\text{СТ}}$ – расчётный расход воды в стояке (ветви), кг/ч.

Расход воды в стояке (ветви) определяется по формуле

$$G_{\text{СТ}} = \frac{3{,}6 Q_{\text{СТ}} \beta_1 \beta_2}{c(t_{\text{Г}} - t_{\text{О}})}, \qquad (5.7)$$

где 3,6 – переводной коэффициент, кДж/(Вт · ч);

$Q_{\text{СТ}}$ – тепловая нагрузка стояка, Вт;

β_1 – коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов при округлении сверх расчетной величины [6];

β_2 – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами, расположенными у наружных стен [6];

c – удельная теплоемкость воды, равная 4,187 кДж/(кг · ^{0}С);

$t_Г$, $t_О$ – температура горячей и обратной воды, ^{0}С.

Таблица 5.4

Понижение температуры воды от узла ввода до стояков (для вертикальной системы отопления)

Схема разводки подающих магистралей	$\sum\Delta t_М$	
	при $n_{ЭТ}$ = 5	при $n_{ЭТ}$ = 9
нижняя	1(3)	1(5)
верхняя	3	5

Примечание. В скобках указаны значения при наличии в стояке «холостой» ветви.

Тепловая мощность отопительных приборов на лестничных клетках и лифтовых площадках определяется теплопотерями этих помещений за вычетом теплопоступлений от главного стояка (при его наличии), которые определяются по табл. 5.5.

Таблица 5.5

Потери теплоты, Вт, с 1 м^2 наружной поверхности вертикальной стальной трубы в помещение

$t_Г - t_В$, ^0C	Условный диаметр трубы, мм			
	50 (0,189)	65 (0,239)	80 (0,28)	100 (0,339)
79	97	116,8	137,1	176,6
84	103,4	124,3	145,3	187,7
89	106,3	131,3	154	198,7

Примечание. В скобках указана площадь, м^2, 1 п.м. трубы.

5.3. Определение количества секций радиаторов и типоразмеров конвекторов

Число секций чугунных радиаторов, шт., определяют по формуле

$$N = \frac{A_p}{a_1} \cdot \frac{\beta_4}{\beta_3}, \qquad (5.8)$$

где β_4 – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки отопительного прибора (при открытой установке у стены β_4 = 1,0; под подоконником - β_4 = 1,02);

a_1 – площадь одной секции радиатора, м^2;

β_3 – поправочный коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе;

$$\beta_3 = 0{,}97 + \frac{34}{N\ Q_{\text{ном}}}. \qquad (5.9)$$

Здесь N – число секций без учета коэффициентов β_3 и β_4;

$Q_{\text{НОМ}}$ – номинальный тепловой поток одной секции (для радиатора МС 90 – 108 $Q_{\text{НОМ}}$ = 150 Вт).

Принимается ближайшее большее целое число секций. При $N_m < 2$ к установке принимается 2 секции. Выбор марок конвекторов производится при помощи табл. 5.1. Число марок в одном приборе не должно быть более двух. Фактическая площадь поверхности нагрева конвекторов A_Φ должна находиться в пределах

$$0{,}95A_{\text{Р}} \le A_\Phi \le 1{,}2A_{\text{Р}}.$$

Пример 5

Тепловой расчет конвекторов

Исходные данные: подобрать конвекторы «Комфорт – 20» для стояка 1 (рис. 5.1). Согласно тепловой нагрузке на стояк принимаем его диаметр $d_{\text{У}}$ = = 15 мм, $t_{\text{Г}}$ = 105 ^{0}С, $t_{\text{О}}$ = 105 ^{0}С, $G_{\text{СТ}}$ = 142 кг/ч, $t_{\text{В}}$ = 20 ^{0}С.

Порядок расчета

1. Понижение температуры воды в участках подающей магистрали от узла ввода до стояка 1 (табл. 5.4) равно 3 ^{0}С. Для первого отопительного прибора по ходу движения воды в стояке сумма расчетных тепловых нагрузок $\Sigma Q_{\text{П}}$ = 0. Тогда средняя температура воды в конвекторе на пятом этаже будет равна (см. формулу 5.6)

$$t_{\text{ср1}} = t_{\text{Г}} - \Sigma\Delta t_{\text{М}} - \frac{3{,}6\left(\Sigma Q_{\text{П}} + \Sigma Q^{/}_{\text{тр}} + (0{,}5/\alpha)Q_{\text{П}}\right)}{4{,}187\,G_{\text{ст}}} =$$

$$= 105 - 3 - \frac{3{,}6\,(0 + 0 + 0{,}5 \cdot 1200)}{4{,}187 \cdot 142} = 98{,}4 \quad {}^0\text{С}.$$

Для второго по ходу движения воды конвектора (на 4 этаже) получим

$$t_{\text{ср2}} = 105 - 3 - \frac{3{,}6\,(1200 + 115 \cdot 1 + 0{,}5 \cdot 1000)}{4{,}187 \cdot 142} = 91\ {}^0\text{С}.$$

Для последующих приборов получаем $t_{\text{СР}}$, равную соответственно 84,3 ^{0}С, 77,5 ^{0}С и 69,8 ^{0}С.

2. По формуле (5.4) определяем плотность теплового потока каждого отопительного прибора первого стояка. Для первого по ходу движения воды конвектора получим

$$q_{\text{пр1}} = q_{\text{ном}}\left(\frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70}\right)^{1+n}\left(\frac{G_{\text{пр}}}{360}\right)^{p} c =$$

$$= 357 \cdot \left(\frac{98{,}4 - 20}{70}\right)^{1+0{,}35} \cdot \left(\frac{142}{360}\right)^{0{,}07} \cdot 1 = 390 \quad \text{Вт/м}^2.$$

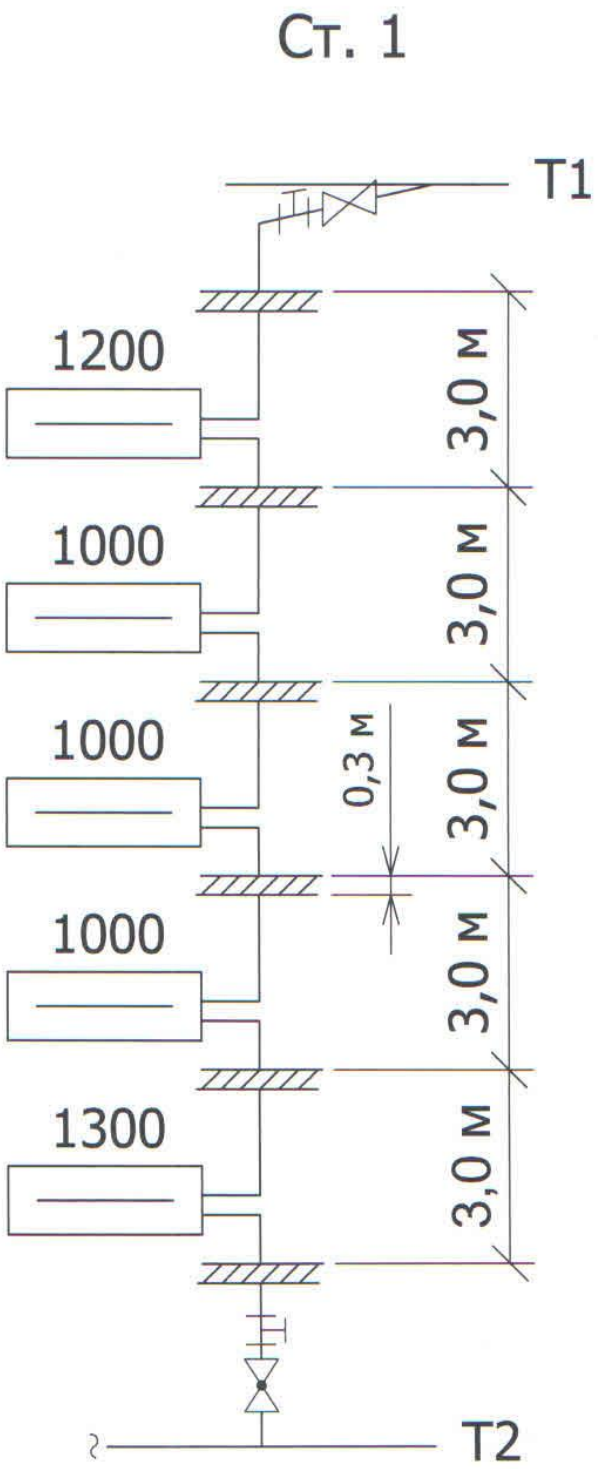

Рис. 5.1. Расчётная схема однотрубного стояка с конвекторами (длина подводки 0,17 м)

3. Определяем суммарную теплоотдачу открыто проложенных в пределах помещения нагретых труб стояка и подводок по формуле (5.3). Для комнаты на 5 этаже (стояк 1) получим

$Q_{ТР1} = q_В\, l_В + q_Г\, l_Г = 68 \cdot 2{,}7 + 89 \cdot 0{,}34 = 214$ Вт,

где $q_В$ и $q_Г$ определяются по табл. 5.2 при $(t_{СР} - t_В) = 98{,}4 - 20 = 78{,}4$ ^{0}С и $d_У = 15$ мм.

Для последующих помещений получаем $Q_{ТР}$, равную соответственно 189 Вт, 164 Вт, 142 Вт, 120 Вт.

4. Определяем требуемую теплоотдачу прибора в рассматриваемое помещение по формуле (5.2). Для комнаты на 5 этаже получим

$Q_{ПР1} = Q_{П1} - \beta_{ТР1} Q_{ТР1} = 1200 - 0{,}9 \cdot 214 = 1007$ Вт.

Для жилых комнат последующих этажей будем иметь $Q_{ПР}$, равную соответственно 830 Вт, 852 Вт, 872 Вт, 1192 Вт.

5. Находим общую площадь поверхности нагрева первого конвектора по формуле (5.1)

$$A_{р1} = \frac{Q_{пр1}}{q_{пр1}} = \frac{1007}{390} = 2{,}58 \quad м^2.$$

Для последующих приборов получаем соответственно 2,43 м^2, 2,86 м^2, 3,41 м^2, 5,65 м^2.

Результаты расчета заносим в табл. 5.6.

Таблица 5.6

Тепловой расчет конвекторов «Комфорт – 20»

Номер помещения	Номер прибора	$Q_П$, Вт	$t_{СР}$, ^{0}С	$\Delta t_{СР}$, ^{0}С	$q_{ПР}$, Вт/м^2	$Q_{ТР}$, Вт	$Q_{ПР}$, Вт	$A_Р$, м^2
502	1	1200	98,4	78,4	390	214	1007	2,58
402	2	1000	91	71	341	189	830	2,43
302	3	1000	84,3	64,3	298	164	852	2,86
202	4	1000	77,5	57,5	256	142	872	3,41
101	5	1300	69,8	49,8	211	120	1192	5,65

6. Подбираем по табл. 5.1 отопительные приборы для каждого помещения и заполняем табл. 5.7.

Таблица 5.7

Характеристика конвекторов «Комфорт – 20» для стояка 1 (рис. 5.1)

Номер помещения	Номер прибора	$A_Р$, м^2	$A_Ф$, м^2	Марка конвектора	Длина, мм
502	1	2,58	2,485	КН20-1,150	800
402	2	2,43	2,485	КН20-1,150	800
302	3	2,86	2,84	КН20-1,315	900
202	4	3,41	3,55	КН20-1,640	1100
102	5	5,65	4,26 1,42	КН20-1,970 КН20-0,655	1300 500

$\Sigma l = 5400 \cdot 2 = 10\,800$ мм

Пример 6
Тепловой расчет радиаторов

Исходные данные: $t_В$ = 20 ^{0}С; здание 5-ти этажное; $t_Г$ = 95 ^{0}С; $t_О$ = 70 ^{0}С; α = 0,5; $d_У$ = 20 мм; $G_{СТ}$ = 585 кг/ч. Подобрать приборы для стояка 2 (рис. 5.2).

Порядок расчета

1. Понижение температуры воды в участках подающей магистрали от узла ввода до стояка 2 равно 1 ^{0}С (табл. 5.4).

Согласно формуле (5.6) для первого по ходу движения прибора имеем

$$t_{ср1} = 95 - 1 - \frac{\left(0 + \frac{0,5}{0,5} \cdot 1500\right) \cdot 3,6}{4,187 \cdot 585} = 91,8 \ ^0\text{С}.$$

Для 2 – 10 приборов $t_{СР}$ получим соответственно 90,2 ^{0}С, 88,5 ^{0}С, 86,9 ^{0}С, 84,2^{0}С, 80,8 ^{0}С, 77,9 ^{0}С, 74,9 ^{0}С, 71,9 ^{0}С, 68,7 ^{0}С.

2. Определим плотность теплового потока каждого прибора по формуле (5.4). Учитывая, что коэффициент затекания α=0,5, рассчитаем количество воды, проходящей через радиатор:

$G_{пр} = 0,5 \cdot 585 = 293$ кг/ч.

По табл. 5.3 определяем показатели *n, p, c*. Для радиаторов с 1-го по 5-й по ходу движения воды: *n* = 0,25; *p* = 0,04; *c* = 0,97 (вода движется снизу-вверх). Для приборов с 6-го по 10-й: *n* = 0,3; *p* = 0; *c* = 1 (вода движется сверху-вниз).

Для первого прибора имеем:

$$q_{пр1} = 802\left(\frac{91,8 - 20}{70}\right)^{(1+0,25)} \cdot \left(\frac{293}{360}\right)^{0,04} \cdot 0,97 = 796 \text{ Вт/м}^2.$$

Для 2 – 10 приборов $q_{ПР}$ получим соответственно 773 Вт/м^2, 751 Вт/м^2, 729 Вт/м^2, 693 Вт/м^2, 662 Вт/м^2, 620 Вт/м^2, 580 Вт/м^2, 540 Вт/м^2, 496 Вт/м^2.

3. По формуле (5.3) определим суммарную теплоотдачу труб $Q_{ТР}$ в рассматриваемое помещение. На всех этажах, кроме пятого, длина вертикальных трубопроводов $l_В$ = 2,7 м; на пятом этаже $l_В$ = 0,6 м. Длина горизонтальных участков на всех этажах, кроме пятого, составляет $l_Г$ = 0,35 · 2 = 0,7 м. На 5 этаже к подводкам добавляется перемычка между приборами, длина которой равна 4,3 м. Условно делим ее пополам между 5-м и 6-м приборами. Тогда $l_Г$ = 0,35 · 2 + 4,3/2 = 2,85 м. Теплоотдачу 1 м вертикально и горизонтально проложенных труб, $q_В$ и $q_Г$ определяем по табл. 5.2.

Для первого по ходу движения воды прибора получим: $q_В$ = 77 Вт/м, $q_Г$ = 96 Вт/м (при $t_{СР}$ = 91,8 – 20 = 71,8 ^{0}С и $d_У$ = 20 мм). Тогда

$Q_{ТР}$ = 77 · 2,7 + 96 · 0,7 = 275 Вт.

Для 2 – 10 приборов $Q_{ТР}$ получим соответственно 265 Вт, 260 Вт, 246 Вт, 237Вт, 262 Вт, 205 Вт, 191 Вт, 180 Вт, 166 Вт.

4. Определим требуемую теплоотдачу прибора в рассматриваемое помещение по формуле (5.2). Для первого прибора

$Q_{ПР}$ =1500 - 0,9 · 275 = 1252,5 Вт.

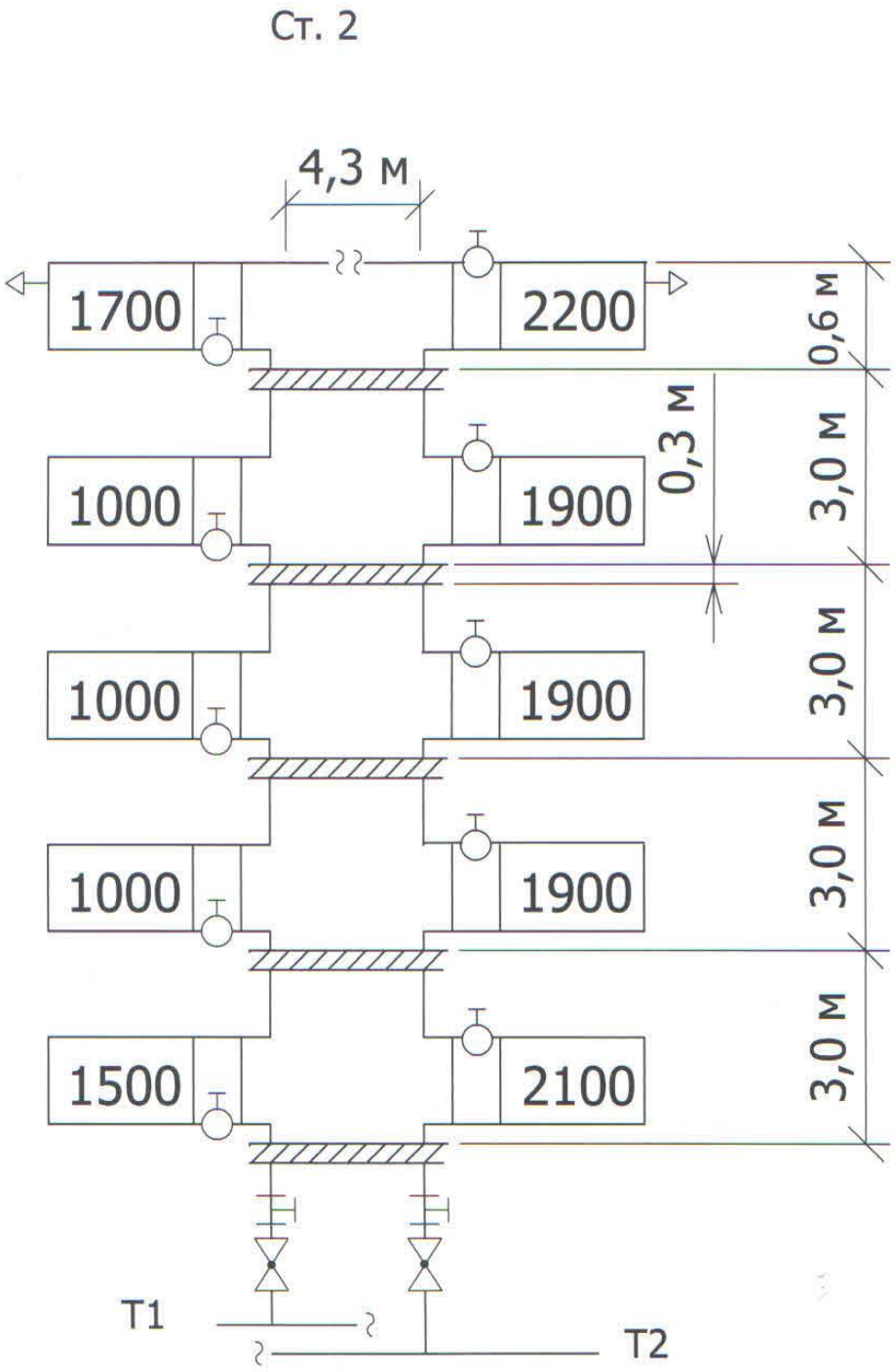

Рис. 5.2. Расчётная схема однотрубного стояка с радиаторами (длина подводки 0,35 м)

Для последующих приборов она равна 735 Вт, 741 Вт, 754 Вт, 1463 Вт, 1938 Вт, 1695 Вт, 1709 Вт, 1720 Вт, 1934 Вт.

5. Общая площадь поверхности нагрева отопительных приборов $A_Р$, м^2, определяется по формуле (5.1).

Для первого прибора $A_{Р1} = \dfrac{1252,5}{796} = 1,57$ м^2, для второго – 0,95 м^2, третьего – 0,99 м^2, четвертого – 1,03 м^2, пятого – 2,11 м^2, шестого – 2,93 м^2, седьмого – 2,73 м^2, восьмого – 2,95 м^2, девятого – 3,19 м^2, десятого – 3,90 м^2.

Число секций чугунных радиаторов определяется по формуле (5.8).

$$N_1 = \frac{A_{р1}}{a1} \cdot \frac{\beta_4}{\beta_3}.$$

Радиаторы с 1-го по 5-й стоят у стены (β_4 = 1,0), с 6-го по 10-й – под подоконником (β_4 = 1,02).

Для 1-го радиатора $\beta_3 = 0,97 + \dfrac{3,4}{8,4 \cdot 150} = 0,997$.

Число секций в первом по ходу движения воды приборе равно

$$N_1 = \frac{1,57}{0,187} \cdot \frac{1,0}{0,997} = 8,42 \approx 9 \quad \text{шт.}$$

Для второго радиатора – 5 (5); третьего – 5,2 (6); четвертого – 5,4 (6); пятого – 11,4 (12); шестого – 16,2 (17); седьмого – 15,1 (16); восьмого – 16,3 (17); девятого – 17,7 (18); десятого – 21,7 (22).

Результаты заносим в табл. 5.8.

Таблица 5.8

Характеристика радиаторов МС 90 – 108 для стояка 2 (рис. 5.2)

Номер помещения	Номер прибора	$Q_П$, Вт	$t_{СР}$, ^{0}С	$\Delta t_{СР}$, ^{0}С	$q_{ПР}$, Вт/м^2	$Q_{ТР}$, Вт	$Q_{ПР}$, Вт	$F_Р$, м^2	N
101	1	1500	91,8	71,8	796	275	1253	1,57	9
201	2	1000	90,2	70,2	773	265	735	0,95	5
301	3	1000	88,5	68,5	751	260	741	0,99	6
401	4	1000	86,9	66,9	729	246	754	1,03	6
501	5	1700	84,2	64,2	693	237	1463	2,11	12
501	6	2200	80,8	60,8	662	262	1938	2,93	17
401	7	1900	77,9	57,9	620	205	1695	2,73	16
301	8	1900	74,9	54,9	580	191	1709	2,95	17
201	9	1900	71,9	51,9	540	180	1720	3,19	18
101	10	2100	68,7	48,7	496	166	1934	3,90	22

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 30494-2011. Межгосударственный стандарт. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях / М.: Стандартинформ, 2013. 16 с.
2. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* / М.: Минстрой России, 2015. 124 с.
3. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 / М.: Минрегион России, 2012. 100 с.
4. СП 60.13330.2012. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 / М.: Минрегион России, 2012. 81 с.
5. Сканави Александр Николаевич. Отопление : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Стр-во" (специальность 290700 / А. Н. Сканави, Л. М. Махов .— Москва : АСВ, 2006 .— 576 с. : ил. ; 22 см .— Предм. указ.: с. 562-571. — Библиогр.: с. 560-561 (38 назв.). — Рекомендовано в качестве учебника .— ISBN 5-93093-161-5.
6. Внутренние санитарно-технические устройства : В 3 ч. Ч. 1. Отопление / В. Н. Богословский и др.; Под ред. И. Г. Староверова, Ю. И. Шиллера .— 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Стройиздат, 1990 .— 343 с. — (Справочник проектировщика).— без грифа .— 4.00.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДЯНОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ
Часть 2
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ
ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Составители Ширяева Нина Павловна
Маляр Елена Александровна
Комаров Евгений Александрович

Редактор *И.В. Меркурьева*

Компьютерный набор *Е.А. Маляр*

ИД № 06263 от

Подписано в печать		Формат 60×84 1/16
Бумага типографская	Офсетная печать	Усл. печ.л. 2,50
Уч.-изд.л. 2,4	Тираж Заказ	Цена "С"

Редакционно-издательский отдел ФГАОУ ВО УрФУ
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19
Ризография НИЧ ФГАОУ ВО УрФУ
620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19