

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для курсового проектирования по дисциплине
"Отопление" на тему "Отопление гражданского здания"
для студентов специальности 1-70 04 02
"Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна"
для всех форм обучения, слушателей ИПКиП специальности 1-70 04 71
"Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна"

Брест 2016

УДК 697.911 (075.8)

Настоящие методические указания для выполнения курсового проекта по отоплению гражданского здания составлены в соответствии с программой курса "Отопление" для студентов специальности 1-70 04 02 "Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна" и слушателей ИПКиП специальности 1-70 04 71.

В работе использованы действующие нормативные документы, изложены объем работы и последовательность выполнения курсового проекта, основные методики расчетов, примеры расчетов.

Составители: В.Г. Новосельцев, к.т.н., доцент,
Д.В. Новосельцева, к.т.н.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	4
2. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ПОМЕЩЕНИЯМИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ	4
3. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ	10
4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ	17
5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ПУНКТА	27
6. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ	30
Литература.....	38
Приложения.....	39

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СОСТАВ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В курсовом проекте требуется разработать вертикальную систему водяного отопления гражданского здания.

Исходными данными в задании на курсовой проект являются: район строительства, план типового этажа здания, ориентация его главного фасада по сторонам света, этажность здания, наличие в здании чердака и подвала, тип системы отопления, схема узла присоединения системы отопления к тепловым сетям, температура воды в системе отопления дома (t_T и t_O , °C), в тепловых сетях (T_T и T_O , °C), давление, передаваемое из тепловой сети в систему отопления для обеспечения циркуляции воды в ней (P , кПа).

В состав курсового проекта входит пояснительная записка (30-35 страниц) и графическая часть (2 листа чертежей формата А1). Пояснительная записка включает следующие разделы:

Титульный лист, задание с исходными данными, реферат, содержание, введение;

1. Расчет потерь теплоты помещениями;
2. Конструирование системы водяного отопления;
3. Гидравлический расчет системы водяного отопления;
4. Тепловой расчет системы водяного отопления (выбор типа, размера или количества секций отопительных приборов);
5. Проектирование теплового пункта, подбор основного оборудования схемы узла присоединения системы отопления здания к наружным тепловым сетям (теплообменник, циркуляционный или смесительный насос, расширительный бак, теплосчетчик и др.);

Заключение;

Список использованной литературы.

Графическая часть содержит:

1. Планы типового этажа здания, подвала, чердака, поперечный разрез здания по лестничной клетке с нанесением элементов системы отопления (М 1:100);
2. Аксонометрическую схему теплопроводов системы отопления с указанием номеров расчетных участков, их длины и диаметров, уклонов, с установкой запорной, регулировочной и балансировочной арматуры, устройств для выпуска воздуха, опорожнения системы (М произвольный);
3. Схему теплового пункта (М произвольный);
4. Узлы системы отопления (М произвольный).

2. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ ПОМЕЩЕНИЯМИ

Для примера определения тепловых потерь в данном пункте рассматривается жилое здание.

Для определения тепловой мощности системы отопления определяют общие потери теплоты для расчетных зимних условий:

$$Q_o = \sum Q + Q_{\text{внф}} - Q_{\text{внт}} \cdot (1 - \eta_1), \text{ Вт}, \quad (1)$$

где ΣQ – основные и добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции помещения, Вт;

$Q_{инф}$ – расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции помещения, Вт;

$Q_{быт}$ – бытовые тепловыделения, регулярно поступающие в помещения здания от электрических приборов, освещения, людей и других источников, Вт (в комнатах и кухнях жилых домов в соответствии с изменением №4 к [1] – 9 Вт на 1 м² площади пола при обеспеченности жильем 20 м² общей площади квартир и 3 Вт на 1 м² площади пола при обеспеченности жильем 45 м² общей площади квартир);

η_1 – коэффициент, принимаемый по таблице М.3 в соответствии с изменением №4 к [1] в зависимости от типа системы отопления и способа регулирования (приложение 1 методических указаний).

Расчет теплопотерь производят через все ограждающие конструкции для каждого помещения в отдельности. Потери теплоты через внутренние ограждающие конструкции помещений не учитывают, если разность температур воздуха в этих помещениях равна 3°C и менее (п. 6.1 [1]). Перед началом расчета тепловых потерь все помещения здания поэтажно пронумеровывают (1-й этаж – помещения № 101, 102 и т. д.; 2-й этаж – № 201, 202 и т. д.), начиная с верхнего углового левого помещения по ходу часовой стрелки. Расчет лестничной клетки не входит в объем курсовой работы. Подсобные помещения (кладовые, коридоры, санузлы, ваннные комнаты и т.п.), не имеющие вертикальных наружных ограждений, можно не нумеровать. Теплопотери этих помещений через полы (нижнего этажа) или потолки (верхнего этажа) обычно относят к смежным с ними помещениям и учитывают в тепловом расчете.

Основные потери теплоты определяют в соответствии с [1, прил. Ж] с округлением до 10 Вт путем суммирования потерь тепла через отдельные ограждения для каждого отапливаемого помещения по формуле:

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_o - t_n) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, \text{ Вт}, \quad (2)$$

где F – расчетная площадь ограждения, м²;

R – сопротивление теплопередаче ограждения, (м²·°C)/Вт.

Сопротивление теплопередаче стен, чердачного перекрытия и пола 1 этажа, заполнений световых проемов (окон, балконных дверей) определяют по [1, табл.5.1.] (в соответствии с изменением №1 к [1]) (приложение 1 методических указаний);

t_o – расчетная температура внутреннего воздуха, °C, принимаемая для жилых зданий по [2, приложение В, табл. В.1], (приложение 2 методических указаний);

t_n – расчетная температура наружного воздуха, °C, для холодного периода года (в соответствии с п.5.14 [1] по параметрам воздуха Б) при расчете потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции, принимаемая по [1, приложение Б, табл. Б.1] (приложение 3 методических указаний) или температура воздуха более холодного помещения – при расчете потерь теплоты через внутренние ограждающие конструкции;

n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, принимаемый по [1, табл.5.3];

β – добавочные потери теплоты через ограждения, принимаемые в долях от основных потерь:

а) для наружных вертикальных и наклонных стен, дверей и окон, обращенных на север, восток, северо-восток и северо-запад $\beta = 0,1$; на юго-восток и запад $\beta = 0,05$; на юг и юго-запад $\beta = 0$;

б) в угловых помещениях — дополнительно по 0,05 на каждую стену, дверь и окно.

У современных окон со стеклопакетами низкая воздухопроницаемость, которая приводит к нарушению работы системы естественной вентиляции из-за недостаточного количества приточного воздуха. Для устранения этого недостатка необходимо применение приточных устройств, монтируемых в наружных стенах или в конструкциях окон. Поэтому при расчете $Q_{инф}$ целесообразно произвести расчет только организованного притока.

Расход теплоты на нагрев поступающего воздуха в жилые помещения в результате действия естественной вытяжной вентиляции (организованный приток):

$$Q_{инф} = 0,28 \cdot L_n \cdot \rho_a \cdot c \cdot (t_a - t_n) \cdot k, \text{ Вт}, \quad (3)$$

где L_n – расход предварительно не подогреваемого приточного инфильтрующегося воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$; для жилых зданий удельный нормативный расход – $3 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м^2 жилых помещений, что соответствует примерно однократному воздухообмену, то есть

$$L_n = 3 \cdot F_n, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (4)$$

где F_n – площадь пола отапливаемого помещения, м^2 ;

t_a, t_n – то же, что в формуле (2), $^\circ\text{C}$;

ρ_a – плотность воздуха помещения, $\text{кг}/\text{м}^3$, определяемая по формуле:

$$\rho = \frac{353}{273 + t_a}, \text{ кг}/\text{м}^3, \quad (5)$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$;

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в ограждающих конструкциях, равный 1,0 – для окон со стеклопакетами.

Окончательное решение о расчетном расходе теплоты на нагревание воздуха, поступающего в жилые помещения, необходимо делать после сравнения суммарного расхода приточного инфильтрующегося воздуха с необходимым воздухообменом квартиры, определяемом в расчете системы вентиляции (см. пример 1 методических указаний).

Расчет потерь теплоты сводят в таблицу 1. В графу 3 таблицы записывают условные обозначения наружных ограждений (НС – наружная стена; ТО – окно с тройным остеклением; ПЛ – пол; ПТ – потолок и т. д.). В графе 4 указывается ориентация ограждающей конструкции по сторонам света (Ю – юг; СВ – северо-восток и т. д.). В графе 5 записываются размеры поверхности охлаждения по строительным чертежам (рис. 1).

Линейные размеры ограждения определяют следующим образом:

1) площадь окон, дверей – по размерам строительных проемов в свету;

2) площади полов над холодным пространством и потолков – по размерам между осями внутренних стен или от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен;

3) высота стен первого этажа:

– при наличии пола, расположенного непосредственно на грунте, – от уровня чистого пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;

– при наличии пола, расположенного над подвалом, от нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;

4) высота стен промежуточного этажа – между уровнями чистых полов данного и вышележащего этажей;

5) высота стен верхнего этажа – от уровня чистого пола до верха чердачного перекрытия или верха бесчердачного покрытия;

6) длина наружных стен неугловых помещений – между осями внутренних стен; а угловых помещений – от кромки наружного угла до оси внутренних стен;

7) длина внутренних стен – по размерам между осями внутренних стен.

В графу 7 заносят значение коэффициента теплопередачи ($1/R_0$) рассматриваемого ограждения. В графу 8 записывают разность температур ($t_w - t_n$). В графу 17 заносятся общие потери теплоты, определяемые по формуле (1) суммированием основных потерь теплоты (графа 13) с потерями теплоты $Q_{инф}$, (графа 14) за вычетом $Q_{внт} \cdot (1 - \eta_i)$ (графа 16).

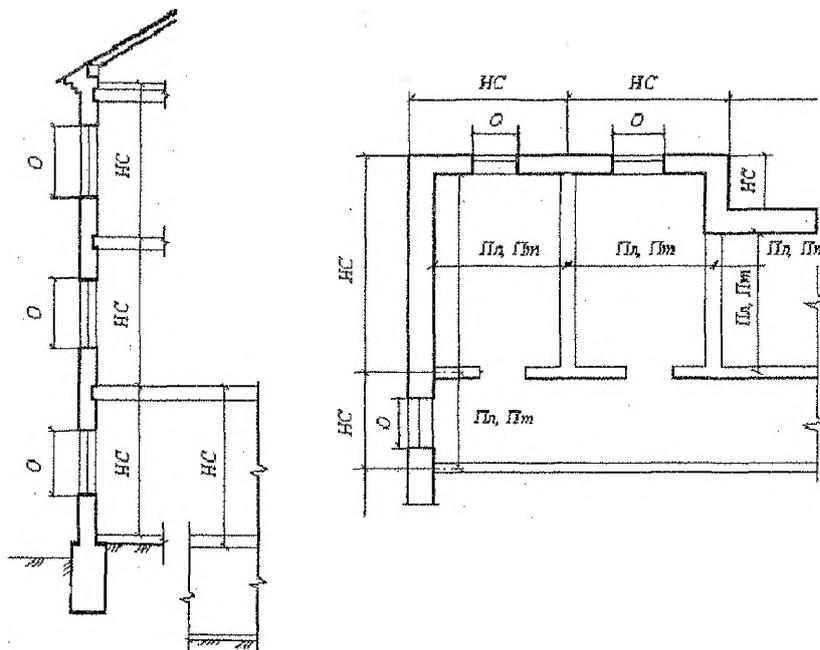


Рисунок 1 – Правила обмера площадей в плане и по высоте здания

ПРИМЕР 1. Определить тепловые потери для двух помещений трехкомнатной квартиры на первом этаже жилого дома с подвалом, ориентированного главным фасадом на север и расположенного в городе Бресте. Площади помещений: жилой комнаты 101,103 - $16,7\text{ м}^2$, жилой комнаты 104 - 9 м^2 , кухни 102 - $9,9\text{ м}^2$. Проектируемая система отопления – водяная двухтрубная с автоматическими терморегуляторами и центральным авторегулированием на вводе. План 1 этажа здания показан на рис. 2. Основные строительные размеры здания указаны на рис. 2 и рис. 3. Сопротивление теплопередаче для наружной стены $R_o = 3,2\text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$, для чердачного перекрытия $R_o = 6,0\text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$, пола 1 этажа над подвалом $R_o = 2,5\text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$, окон (стеклопакетов с тройным остеклением) $R_o = 1\text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$. Толщина пола первого этажа – $0,55\text{ м}$, междуэтажного перекрытия – $0,3\text{ м}$, высота этажа от пола до потолка – $2,7\text{ м}$.

Решение. По таблицам приложений методических указаний определяем: температуру воздуха в жилом угловом помещении 101 – $t_{в} = 20\text{°C}$, кухни 102 – $t_{в} = 18\text{°C}$, в коридоре $t_{в} = 18\text{°C}$, расчетную температуру наружного воздуха $t_{н} = -21\text{°C}$; по [1, табл. 5.3] коэффициент n для стен и перекрытия $n = 1$, для пола 1 этажа $n = 0,75$.

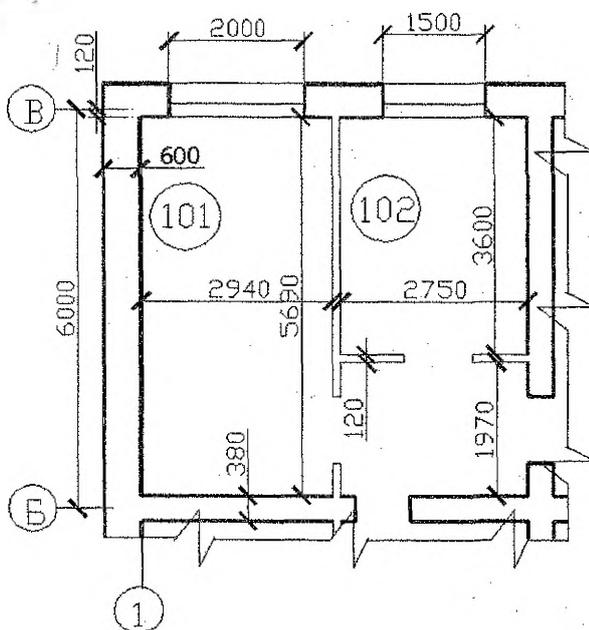


Рисунок 2 – План части здания к примеру 1

Плотности внутреннего воздуха определяем по формуле (5):

$$\rho_{+20} = \frac{353}{273 + 20} = 1,205 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad \rho_{+18} = \frac{353}{273 + 18} = 1,213 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Необходимые воздухообмены определяем по [2, приложение В, табл. В.1], (приложение 2 методических указаний) кухни $L_K = 90 \text{ м}^3/\text{ч}$, санузла $L_{СУ} = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$, ванной $L_B = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Воздухообмен по величине жилой площади квартиры по формуле (4):

$$L_{ЖК} = 3 \cdot F_{ЖК} = 3 \cdot (16,7 + 16,7 + 9) = 3 \cdot 42,4 = 127,2 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Суммарное количество воздуха, уходящего из кухни L_K , ванной L_B , санузла $L_{СУ}$, должно быть не менее необходимого воздухообмена жилых комнат квартиры:

$$L_K + L_B + L_{СУ} > L_{ЖК}$$

$$90 + 25 + 25 = 140 > 127,2.$$

Принимаем воздухообмен квартиры равным $140 \text{ м}^3/\text{ч}$, расход предварительно не подогреваемого приточного инфильтрующегося через окна воздуха принимаем (в зависимости от общей площади помещений квартиры $16,7 + 16,7 + 9 + 9,9 = 52,3 \text{ м}^2$) пропорционально площадям помещений: 101, 103 – $(16,7/52,3) \cdot 140 = 45 \text{ м}^3/\text{ч}$, 102 – $(9,9/52,3) \cdot 140 = 26 \text{ м}^3/\text{ч}$, 104 – $(9/52,3) \cdot 140 = 24 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося через окна воздуха находим по формуле (3):

$$Q_{101}^{инф} = 0,28 \cdot 45 \cdot 1,205 \cdot 1 \cdot (20 - (-21)) \cdot 1 = 622 \text{ Вт};$$

$$Q_{102}^{инф} = 0,28 \cdot 26 \cdot 1,213 \cdot 1 \cdot (18 - (-21)) \cdot 1 = 344 \text{ Вт}.$$

В случае $L_K + L_B + L_{СУ} < L_{ЖК}$ необходимо произвести расчет по формуле (3), при этом подставляя воздухообмен, подсчитанный по формуле (4). Например, для помещения 101:

$$Q_{101}^{инф} = 0,28 \cdot 3 \cdot 16,7 \cdot 1,205 \cdot 1 \cdot (20 - (-21)) \cdot 1 = 693 \text{ Вт}.$$

Бытовые тепловыделения в соответствии с формулой (1):

$$Q_{быт}^{101} = 9 \cdot 16,7 \cdot (1 - 0,95) = 8 \text{ Вт};$$

$$Q_{быт}^{102} = 9 \cdot 9,9 \cdot (1 - 0,95) = 5 \text{ Вт}.$$

Расчет потерь теплоты сведен в таблицу 1.

Подсчет площадей наружных стен производят без вычета площади окон, а в графе 7 – из коэффициента теплопередачи окна вычитают коэффициент теплопередачи стены.

Таблица 1 – РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ

№ помещения	Назначение помещения, $t_{в}$, °С $F_{п}$, м ²	Данные по ограждающей конструкции						Разность температур ($t_{в}-t_{н}$), °С	Поправочный коэффициент η	Добавочные теплопотери β			Основное и добавочные потери теплоты Q , Вт	Расход теплоты на нагрев инфильтрующегося наружного воздуха $Q_{инф}$, Вт	Бытовые тепловыделения $Q_{б}$ ($1-\eta$), Вт	Общие потери теплоты помещения Q_0 , Вт
		Наименование ограждения	Ориентация по сторонам света	Расчетные размеры, м	Площадь F , м ²	Коэффициент теплопередачи $1/R$, Вт/(м ² ·°С)	На ориентацию			Другие	Суммарный коэффициент добавок ($1+\beta$)					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
101	Жилая комната $t_{в}=20^{\circ}\text{C}$ $F=16,7\text{ м}^2$	нс	з	6,48×3,55	23,0	0,31	41	1	0,05	0,05	1,1	322	622	8	1437	
		нс	с	3,6×3,55	12,8	0,31	41	1	0,1	0,05	1,15	187				
		то	с	2×1,5	3,0	0,69	41	1	0,1	0,05	1,15	98				
		пл	-	3×5,88	17,6	0,4	41	0,75	0	0	1	217				
												Σ823				
102	Кухня $t_{в}=18^{\circ}\text{C}$ $F=9,9\text{ м}^2$	нс	с	3×3,55	10,7	0,31	39	1	0,1	0	1,1	142	344	5	754	
		то	с	1,5×1,5	2,3	0,69	39	1	0,1	0	1,1	67				
		пл		3,66×3	11,0	0,4	39	0,75	0	0	1	128				
												Σ415				
	Коридор $t_{в}=18^{\circ}\text{C}$	пл		2,22×3	6,7	0,4	39	0,75	0	0	1	78				

3. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

В курсовом проекте необходимо запроектировать вертикальную систему водяного отопления с искусственной циркуляцией (двухтрубную или однотрубную) с верхней или нижней разводкой магистралей. Тип системы отопления указан в задании на проектирование.

Задачей конструирования системы водяного отопления является правильное размещение отопительных приборов, стояков, магистралей, устройств для удаления воздуха из системы, запорно-регулирующей арматуры, назначение уклонов труб, места расположения теплового пункта в подвале здания (рис. 6).

В системах с верхней разводкой подающие магистрали прокладываются на чердаке на расстоянии 1+1,5 м от наружных стен, обратные – в подвале, при отсутствии подвала – в подпольном канале. В системах с нижней разводкой прокладка подающих и обратных магистралей осуществляется совместно в подвале, при отсутствии подвала – в подпольном канале. Магистрали прокладываются с уклоном не менее 0,002. В зданиях шириной до 9 метров магистрали можно прокладывать вдоль их продольной оси. В зданиях шириной более 9 метров рационально использовать две разводящие магистрали вдоль каждой фасадной стены (рис. 3).

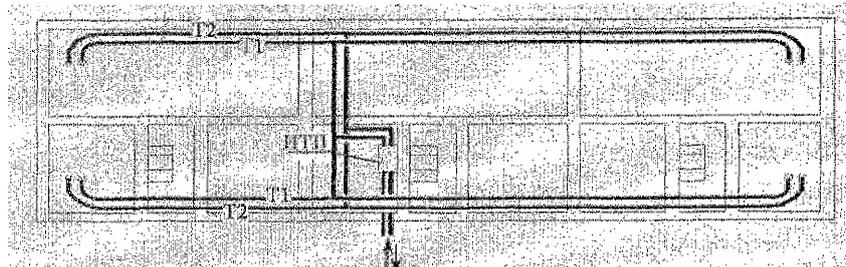


Рисунок 3 – Расположение магистралей тупиковой системы отопления с нижней разводкой в зданиях шириной более 9 метров

Целесообразно разделить систему отопления на две или более частей (ветвей) одинаковой длины и с примерно равными тепловыми нагрузками.

Главный стояк систем отопления с верхней разводкой размещают во вспомогательных помещениях (например, в коридоре или лестничной клетке). Отопительные стояки, как правило, располагаются у наружных стен. В угловых помещениях их следует располагать в углах, образованных наружными стенами, чтобы предохранить углы от сырости и промерзания.

Удаление воздуха из системы водяного отопления предусматривают в верхних точках системы. Для выпуска воздуха из системы с верхней разводкой магистралей на подающих магистралях в верхних точках устанавливают автоматические воздухоотводчики или проточные воздухосборники. В системах с нижней разводкой обеих магистралей для этих целей предусматривают воздухоотводчики, чаще всего ручные, устанавливаемые в верхней пробке прибора верхнего этажа.

Трубопроводы систем отопления следует проектировать из полимерных, металлополимерных, стальных и медных труб. В курсовом проекте необходимо запроектировать систему отопления из стальных труб. Прокладка стальных и медных трубопроводов систем отопления должна предусматриваться открытой. Тепловую изоляцию следует предусматривать для трубопроводов систем отопления, прокладываемых в неотапливаемых помещениях, а также в местах, где возможно замерзание теплоносителя. Трубопроводы в местах пересечения перекрытий, внутренних стен и перегородок следует прокладывать в гильзах из негорючих материалов.

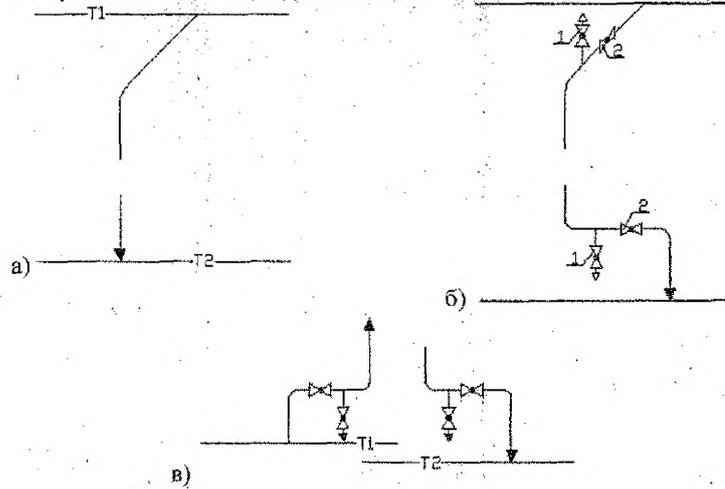
Компенсация удлинения стояков в зданиях до 4 этажей обеспечивается естественными их изгибами в местах присоединения к подающим магистралям. В 4-7 этажных зданиях однотрубные стояки изгибают не только в местах присоединения к подающей, но и к обратной магистрали. Схемы присоединения стояков к магистралям показаны на рис. 4.

Запорную арматуру следует предусматривать для отключения и спуска воды от отдельных колец, ветвей и стояков систем отопления. Установка запорной арматуры не обязательна на стояках в зданиях с числом этажей три и менее. В системах отопления следует предусматривать устройства для их опорожнения и заполнения водой. На каждом стояке, на котором устанавливается арматура, следует предусматривать запорную арматуру со штуцерами для присоединения шлангов (см. рис. 4).

Уклоны трубопроводов необходимы для обеспечения движения воздуха к местам его удаления в подающих магистралях при верхней разводке и самотеч-

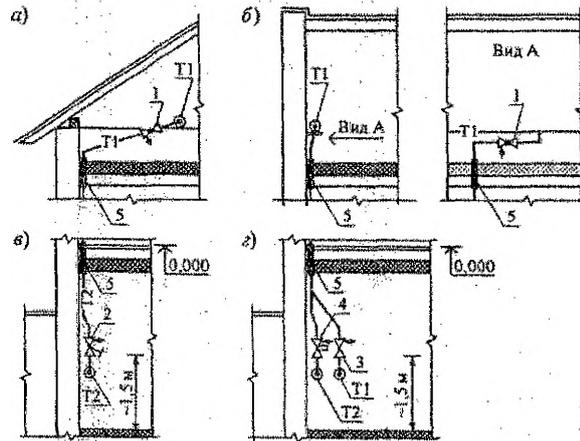
ного слива воды из подающих и отводящих магистралей при нижней разводке и отводящих магистралей при верхней разводке. Уклоны трубопроводов следует принимать не менее 0,002 (рекомендуется 0,003). Трубопроводы допускается прокладывать без уклона при скорости движения воды в них 0,25 м/с и более.

Некоторые элементы конструкции систем отопления показаны на рис. 5.



а - двух-трехэтажных, б - четырех-семиэтажных с верхней разводкой, в - с нижней разводкой. 1 - спускной кран, 2 - запорный кран

Рисунок 4 - Схемы присоединения стояков к магистралям зданий различной этажности



а) - присоединение стояка к подающей магистрали на чердаке с двускатной кровлей, б) - то же с плоской кровлей, в) - присоединение стояка к обратной магистрали в подвале, з) - присоединение стояков при нижней разводке 1 - кран шаровой, 2 - клапан балансировочный, 3 - кран шаровой для слива воды из стояка, 4 - клапан балансировочный (или регулятор перепада давления для двухтрубной системы), 5 - гильза

Рисунок 5 - Некоторые элементы конструкции систем отопления

Пример расположения элементов системы отопления на планах здания показан на рис. 6-8.

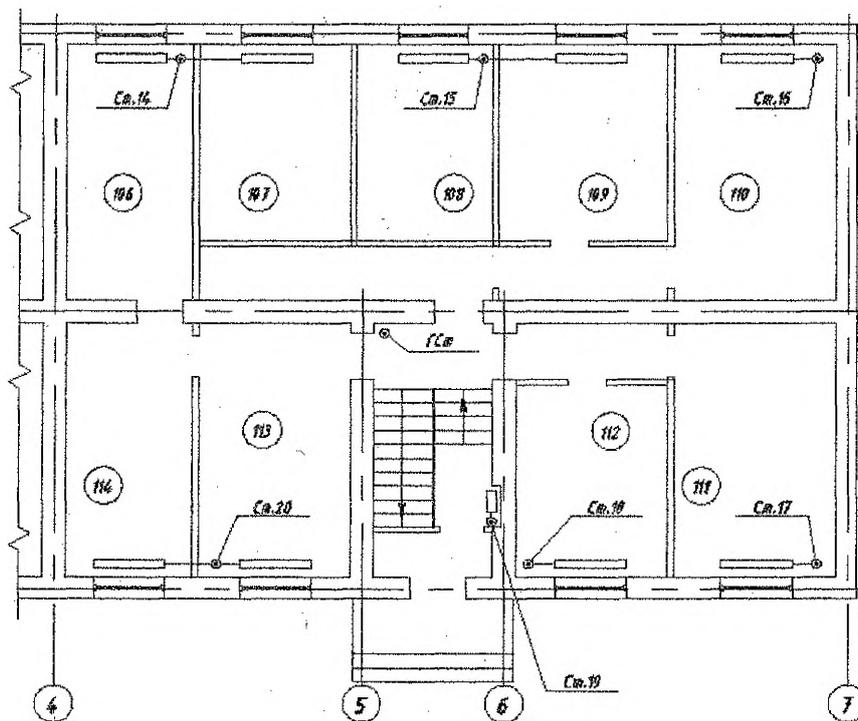


Рисунок 6 – Пример расположения элементов системы отопления на плане этажа

В качестве отопительных приборов в жилых зданиях используют радиаторы или конвекторы.

Отопительные приборы следует размещать, как правило, под световыми проемами, в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки. Длина отопительного прибора должна быть не менее 75% длины светового проема. Если приборы под окнами разместить нельзя, то допускается их установка у наружных или внутренних стен, ближе к наружным. При таком размещении движение восходящего теплого воздуха от отопительных приборов препятствует образованию ниспадающих холодных потоков от окон и холодных поверхностей стен и попаданию их в рабочую зону.

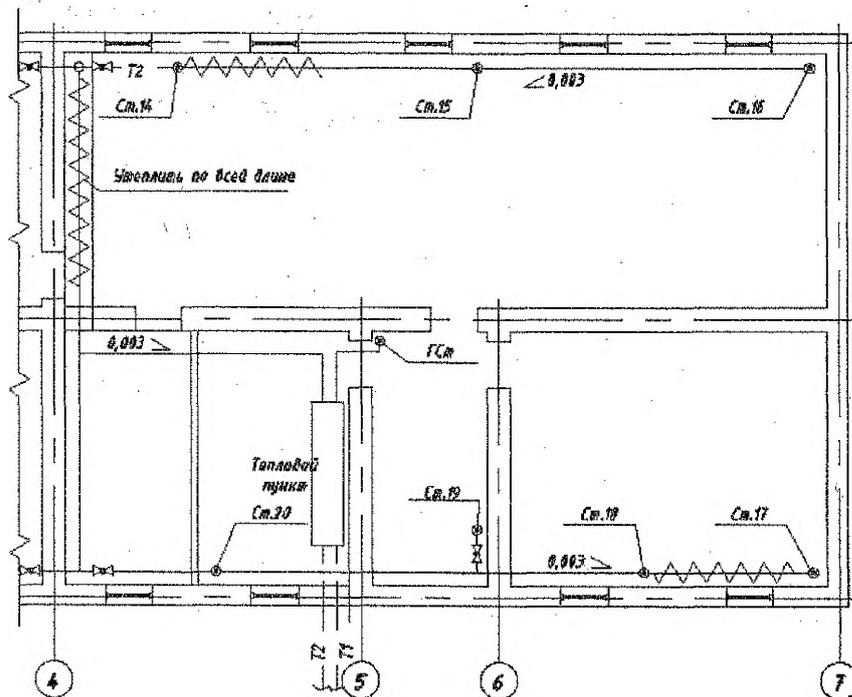


Рисунок 7 – Пример расположения элементов системы отопления на плане подвала

Полная высота отопительного прибора должна быть меньше расстояния от чистого пола до низа подоконной доски (или низа оконного проема при ее отсутствии) на величину не менее 110 мм. Отопительные приборы в жилых зданиях следует устанавливать ближе к полу помещений на расстоянии 60-100 мм от пола. Это позволяет обеспечивать равномерный прогрев воздуха у поверхности пола и в рабочей зоне.

В лестничных клетках зданий до 12 этажей отопительные приборы размещают на первом этаже на уровне входных дверей; в тамбуре установка приборов и прокладка трубопроводов недопустима во избежание замерзания воды в них. В случае невозможности размещения всех приборов рядом с входными дверями в лестничной клетке, часть их переносят на площадку между 1 и 2 этажами.

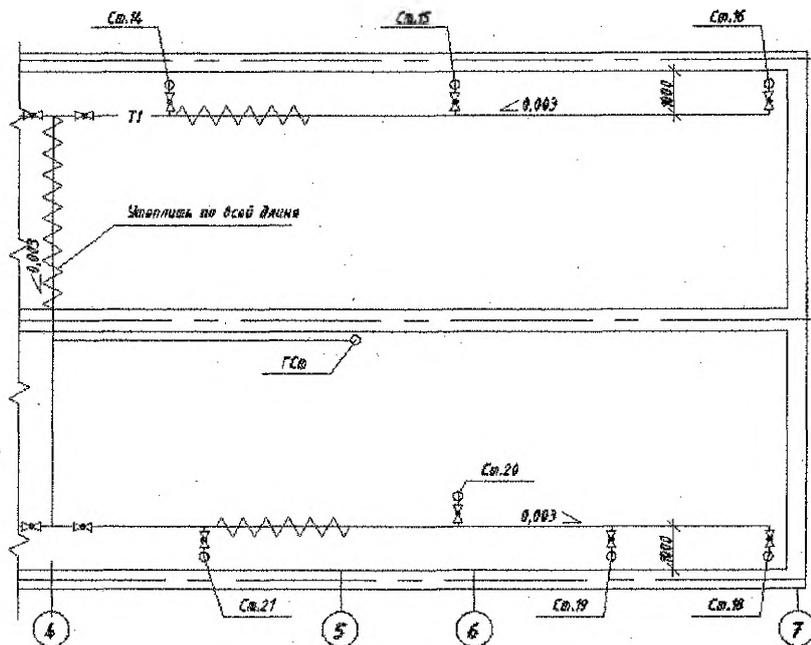


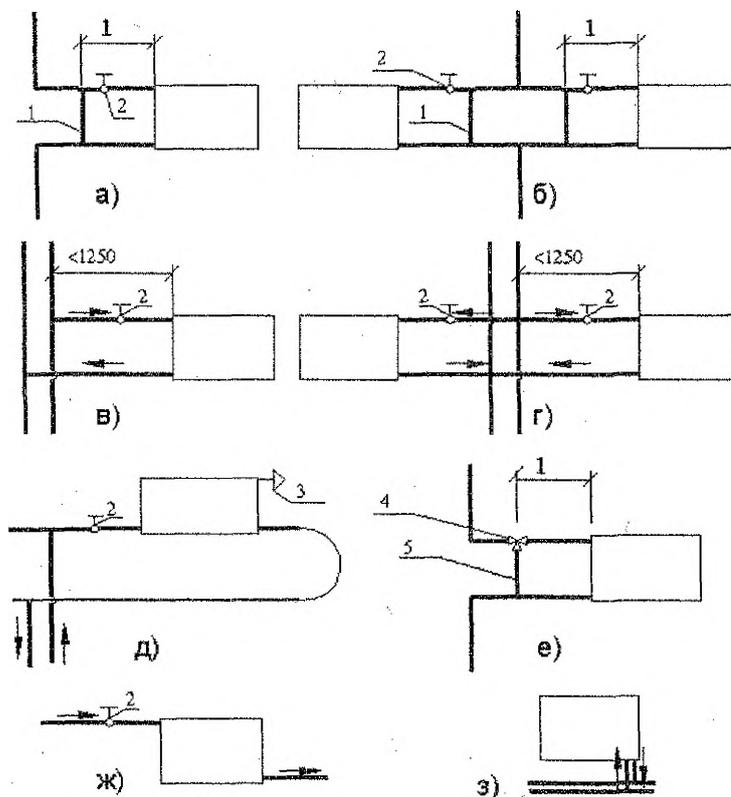
Рисунок 8 – Пример расположения элементов системы отопления на плане чердака

Отопительные приборы подсоединяют к стоякам с одной (рис. 9а, 9в) или с двух сторон (рис. 9б, 9г).

Присоединение отопительных приборов к стоякам системы отопления может быть односторонним, разносторонним и нижним. Присоединение отопительных приборов, располагаемых у наружных углов помещений и в лестничных клетках, следует предусматривать одностороннее. Для отопительных приборов в лестничной клетке предусматривается отдельный стояк, к которому не присоединяются приборы других помещений.

Разностороннее присоединение применяется в случаях, когда отопительный прибор состоит из 25 и более секций радиаторов или имеет длину более 2 метров. Варианты присоединения отопительных приборов к стоякам вертикальных систем отопления показаны на рис. 9.

Для регулирования температуры воздуха в помещениях у отопительных приборов следует устанавливать ручную или автоматическую регулирующую арматуру, кроме приборов лестничных клеток. В жилых зданиях у отопительных приборов следует устанавливать, как правило, автоматические терморегуляторы, обеспечивающие поддержание заданной температуры в каждом помещении и экономию подачи тепла за счет использования внутренних теплоизбытков (бытовые тепловыделения, солнечная радиация). В проекте в качестве примера необходимо запроектировать ручные регулировочные вентили с возможностью гидравлической настройки (для двухтрубных систем) или без нее (для однотрубных систем).



а) и б) – однотрубных, в) и г) – двухтрубных, д) – к верхним приборам стояков с нижней разводкой магистралей двухтрубной системы, е) – однотрубных проточно-регулируемых, ж) – разносторонне присоединение при большой длине прибора, з) – нижнее присоединение (для приборов со встроенным терморегулятором)
 1 – смещенный замыкающий участок, 2 – регулировочный вентиль ручной,
 3 – воздухоотводчик ручной, 4 – кран трехходовой, 5 – смещенный обходной участок
Рисунок 9 – Присоединение отопительных приборов к стоякам вертикальных систем отопления

Отопительные приборы на планах здания изображают линией толщиной 1мм и длиной 10мм независимо от количества секций в приборе, а на схеме системы отопления – прямоугольниками, длина которых должна соответствовать принятой на планах, а высота – действительной высоте (в масштабе) приборов. Все подающие трубопроводы изображают сплошной линией, обратные – пунктирной.

Конструирование системы заканчивают вычерчиванием схемы системы отопления с нанесением тепловых нагрузок отопительных приборов и расчетных участков циркуляционных колец.

4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Цель гидравлического расчета – подобрать диаметры трубопроводов, регулировочные и балансировочные клапаны при условии использования располагаемого перепада давления на вводе для обеспечения стабильности и бесшумности работы системы отопления, минимизации эксплуатационных и капитальных затрат. Гидравлический расчет основан на законах гидравлики: при движении воды по трубам существуют потери давления на преодоление трения по длине трубопроводов и в местных сопротивлениях. Сумма этих потерь в трубопроводах циркуляционного кольца системы отопления должна быть меньше расчетного циркуляционного давления для этой системы.

Гидравлический расчет выполняют по аксонометрической схеме трубопроводов системы отопления. На схеме находят циркуляционные кольца, делят их на участки, наносят тепловые нагрузки каждого отопительного прибора, равные тепловой расчетной нагрузке помещения Q_0 . (При наличии двух и более отопительных приборов в помещении необходимо разделить величину расчетной нагрузки Q_0 между ними.)

Каждое циркуляционное кольцо системы отопления – это замкнутый контур последовательных участков. Участок – одна или несколько труб с одним и тем же расходом теплоносителя. В однетрубной системе отопления количество циркуляционных колец равно числу стояков, а в двухтрубной – количеству отопительных приборов.

В качестве главного (основного) расчетного циркуляционного кольца принимается циркуляционное кольцо, в котором значение $P = P_p / \sum L$ наименьшее (P_p – расчетное циркуляционное давление для рассматриваемого кольца, $\sum L$ – сумма длин участков циркуляционного кольца).

Этими кольцами являются:

- в системах с тупиковым движением теплоносителя в магистралях: для однетрубных систем – кольцо через наиболее нагруженный из самых удаленных стояков, для двухтрубных систем – кольцо через нижний отопительный прибор наиболее нагруженного из самых удаленных стояков. Затем выполняется расчет остальных циркуляционных колец;
- в системах с попутным движением теплоносителя в магистралях: для однетрубных систем – кольцо через наиболее нагруженный стояк, для двухтрубных систем – кольцо через нижний отопительный прибор наиболее нагруженного стояка. Затем выполняется расчет циркуляционных колец через крайние стояки (ближний и дальний).

При гидравлическом расчете СВО следует выбрать одно из двух направлений расчета [4].

Первое направление гидравлического расчета состоит в том, что диаметры труб и потери давления в кольце определяются по задаваемой оптимальной скорости движения теплоносителя на каждом участке основного циркуляционного кольца. Скорость теплоносителя в горизонтально расположенных трубах следует принимать не ниже 0,25 м/с для обеспечения удаления воздуха из них. Оптимальная расчетная скорость движения воды для стальных труб – до 0,3...0,5 м/с, удельная потеря давления на трение R не более 100...200 Па/м.

На основании результатов расчета основного кольца производится расчет остальных циркуляционных колец путем определения располагаемого давления в них и подбора диаметров по ориентировочной величине удельных потерь давления R_{cp} (методом удельных потерь давления).

Второе направление гидравлического расчета состоит в том, что подбор диаметров труб на расчетных участках и определение потерь давления в циркуляционном кольце производится по изначально заданной величине располагаемого циркуляционного давления для системы отопления. В этом случае диаметры участков подбираются по ориентировочной величине удельных потерь давления R_{cp} (методом удельных потерь давления).

ПРИМЕР 2. Произвести гидравлический расчет трубопроводов двухтрубной тупиковой системы водяного отопления с нижней разводкой и искусственной циркуляцией, присоединенной к тепловым сетям по зависимой схеме со смесительным насосом на перемычке. Давление, передаваемое в системы отопления из тепловой сети (за вычетом потерь давления в тепловом пункте) $P=6300$ Па; прокладка стояков открытая, трубы стальные водогазопроводные, тепловая нагрузка каждого прибора Q_{np} указана на схеме (рис. 10), расчетный перепад температуры воды в системе $t_1-t_0=95-70=25^{\circ}\text{C}$, расстояние от центра прибора 1 этажа до центра нагрева в тепловом пункте $h=1,85$ м, высота этажа – 2,8 м. Для регулирования теплопередачи отопительных приборов используются прямые ручные радиаторные вентили марки Mikrotherm фирмы Heimeier с возможностью предварительной настройки для гидравлической балансировки. Для гидравлической балансировки системы отопления у основания стояков применены ручные балансировочные клапаны марки TVV фирмы TA.

Решение. Выполнение гидравлического расчета начинаем с определения расчетного циркуляционного давления P_p , Па. Выбираем главное расчетное циркуляционное кольцо через нагревательный прибор первого этажа стояка 4 как наиболее удаленного от теплового пункта и наиболее нагруженного ($\sum Q_{np}=4946\text{Вт}$).

Разбиваем главное расчетное кольцо на участки, нумеруем участки и указываем на каждом тепловую нагрузку $Q_{yч}$ и длину. Длина кольца составляет $\sum l=37,3$ м.

При установке отопительных приборов у стены расчетную нагрузку участка теплопровода, подводящего теплоноситель к отопительному прибору, принимают [4] при скрытой прокладке теплопроводов $Q_{yч}=1,06 \cdot Q_{np}$, при открытой прокладке теплопроводов $Q_{yч}=1,05 \cdot Q_{np}$.

В насосной вертикальной системе отопления расчетное давление для создания циркуляции воды определяется по формулам:

а) в однотрубной

$$P_p = P_H + P_\ell, \text{ Па}; \quad (6)$$

б) в двухтрубной

$$P_p = P_H + 0,4 \cdot P_\ell, \text{ Па}; \quad (7)$$

где P_H – циркуляционное давление, создаваемое насосом (давление, передаваемое в СВО из тепловой сети), Па;

P_ℓ – естественное циркуляционное давление, Па;

$$P_{\epsilon} = P_{\epsilon_{\text{ГР}}} + P_{\epsilon_{\text{ТР}}}, \text{ Па}; \quad (8)$$

где $P_{\epsilon_{\text{ТР}}}$ – естественное циркуляционное давление, возникающее вследствие охлаждения воды в трубах, Па [5, прил.4];

$P_{\epsilon_{\text{ГР}}}$ – естественное циркуляционное давление, возникающее в циркуляционном кольце вследствие охлаждения воды в отопительных приборах, Па; определяемое по формулам:

– для вертикальной однотрубной при n приборах в стояке, входящем в циркуляционное кольцо:

$$P_{\epsilon_{\text{ГР}}} = \frac{\beta \cdot g}{Q_{\text{СТ}}} \cdot (t_{\text{Г}} - t_{\text{О}}) \cdot \sum_{i=1}^n (Q_{\text{ПР}i} \cdot h_i), \text{ Па}, \quad (9)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

β – среднее приращение плотности при понижении температуры воды на 1°C , для $t_{\text{Г}} - t_{\text{О}} = (95-70)^{\circ}\text{C}$ $\beta = 0,64$; для $t_{\text{Г}} - t_{\text{О}} = (85-65)^{\circ}\text{C}$ $\beta = 0,6$;

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

$$Q_{\text{СТ}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{ПР}i}, \text{ Вт}, \quad (10)$$

$Q_{\text{ПР}i}$ – тепловая нагрузка i -го прибора;

$t_{\text{Г}} - t_{\text{О}}$ – расчетная разность температур в системе;

h_i – вертикальное расстояние между условными центрами: охлаждения в стояке для i -го прибора и нагрева в системе (середина высоты котла, теплообменника, точка смешения в тепловом пункте и т. п.), м.

Для проточных и проточно-регулируемых систем водяного отопления за центр охлаждения в стояке принимают середину i -го отопительного прибора, а для систем водяного отопления с осевыми и со смещенными замыкающими участками центр охлаждения соответствует точке, где в стояке изменяется температура воды – это точка присоединения замыкающего участка к обратной подводке отопительного прибора;

– для двухтрубной системы водяного отопления в расчетном кольце через отопительный прибор 1-го этажа:

$$P_{\epsilon_{\text{ГР}}} = \beta \cdot g \cdot h_1 \cdot (t_{\text{Г}} - t_{\text{О}}), \text{ Па}, \quad (11)$$

где h_1 – вертикальное расстояние между условными центрами охлаждения воды в отопительном приборе 1-го этажа и центром ее нагрева в системе, м;

β – то же, что и в формуле (9).

При определении $P_{\epsilon_{\text{ГР}}}$ в циркуляционном кольце через отопительные приборы второго и третьего этажей:

$$P_{\epsilon_{\text{ГР}}}^{\text{II}} = \beta \cdot g \cdot (h_1 + h_2) \cdot (t_{\text{Г}} - t_{\text{О}}), \text{ Па}, \quad (12)$$

$$P_{\epsilon_{\text{ГР}}}^{\text{III}} = \beta \cdot g \cdot (h_1 + h_2 + h_3) \cdot (t_{\text{Г}} - t_{\text{О}}), \text{ Па}, \quad (13)$$

где h_2, h_3 – вертикальные расстояния между центрами охлаждения воды в приборах на втором и первом, третьем и втором этажах соответственно, м.

Так как в нашем случае система отопления с нижней разводкой, то давлением от остывания воды в трубах $P_{гтр}$ пренебрегаем.

Естественное давление в стояке 4, возникающее за счет охлаждения воды в отопительных приборах:

$$P_{гтр} = \beta \cdot g \cdot h_1 \cdot (t_r - t_o) = 0,64 \cdot 9,8 \cdot 1,85 \cdot (95 - 70) = 290 \text{ Па},$$

где 1,85 м – расстояние от центра прибора I-го этажа до центра нагрева в тепловом пункте.

Определяем расчетное циркуляционное давление: $P_p = 6300 + 0,4 \cdot 290 = 6416 \text{ Па}$. Гидравлический расчет производим с использованием второго направления расчета – по методу удельных потерь давления.

Ориентировочная величина удельных потерь давления на трение:

$$R_{уд}^{гтр} = \frac{0,65 \cdot P_p}{\sum l} = \frac{0,65 \cdot 6416}{37,3} = 112 \text{ Па/м}, \quad (14)$$

где 0,65 – предполагаемая доля потерь давления на трение по длине трубопроводов в системе отопления от общей величины P_p ;

$\sum l$ – суммарная длина всех участков циркуляционного кольца, м.

Определяем расходы воды на участках по формуле:

$$G = \frac{0,86 \cdot Q_{ув}}{(t_r - t_o)}, \text{ кг/ч}. \quad (15)$$

По расходам воды на участках и по величине $R_{уд}^{гтр}$ подбираем диаметры труб по таблицам для гидравлического расчета (например, [5, прил. 6] или с помощью компьютерной программы подбора Tihomirov), определяя для этих диаметров фактическую величину $R_{уд}^ф$, скорость движения воды W , м/с, и динамическое давление P_d . Определяем потери давления на трение на участках $R_{уд}^ф \cdot l$. Определяем сумму коэффициентов местных сопротивлений на каждом из участков кольца (табл.2) с использованием данных приложения В [4]. Местное сопротивление (тройник, крестовина) на границе двух участков относят к расчетному участку с меньшим расходом воды, местное сопротивление отопительного прибора на границе двух участков учитывают поровну на каждом участке. В примере предлагается упрощенное определение местных сопротивлений, заключающееся в рассмотрении тройников следующим образом:



тройник на ответвлении



тройник на противотоке

При всех остальных вариантах движения воды через тройники считать их тройниками на проходе.

Определяем потери давления в местных сопротивлениях $Z = \sum \zeta \cdot P_d$. Потери давления на балансировочных клапанах и регулировочных вентилях определя-

ются по номограммам изготовителя или при известном значении пропускной способности элемента k_v (k_{vs}) по формуле:

$$\Delta P = 0,1 \cdot \left(\frac{G}{k_v} \right)^2, \text{ Па}, \quad (16)$$

где G – расход воды на участке, кг/ч;

k_v (k_{vs}) – пропускная способность (по каталогу изготовителя), м³/ч.

Определяем общие потери давления $R_{\Sigma}^{\phi} \cdot l + Z$ на каждом участке и суммарные потери давления во всех участках главного циркуляционного кольца. Расчет сведен в таблицу 3.

Таблица 2 – РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

№ участка	Наименование сопротивления	Коэффициент местного сопротивления	Сумма коэффициентов местных сопротивлений
1	½ радиатора	1	2
	Тройник на проходе	1	
2	Ø15 отвод L 90°	1,5	2,5
	Тройник на проходе	1	
3	Тройник на противотоке	3	4
	Кран шаровой	1	
4	Тройник на противотоке	3	3
5	Ø25 отвод L 90°	1	1
6	Ø25 Отвод L 90°	1	1
7	Тройник на ответвлении	1,5	1,5
8	Тройник на ответвлении	1,5	2,5
	Кран шаровой	1	
9	Тройник на проходе	1	3,5
	Ø15 отвод L 90°	1,5	
	Кран шаровой	1	
10	Вентиль регулирующий ручной	По данным изготовителя	2
	½ радиатора	1	
11	Тройник на проходе	1	4
	½ радиатора крестовина	3	
12	Тройник на проходе	1	1
13	Кран шаровой	1	5
	Тройник на проходе	1	
	скоба	3	
14	Вентиль регулирующий ручной	По данным изготовителя	4
	½ радиатора крестовина	3	

Примечания:

1. Ручной балансировочный клапан в основании стояка 3 (участок 12) не учтен в качестве местного сопротивления, так как с его помощью будет осуществляться увязка циркуляционных колец.

2. Вентиль регулирующий ручной на участках, являющихся подводками к отопительным приборам, не учтен в качестве местного сопротивления, так как его потери рассчитываются по номограммам каталогов изготовителя и заносятся в таблицу 3.

Таблица 3 – ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВУХТРУБНОЙ СВО

№ участка	Тепловая нагрузка $Q_{тв}$, Вт	Расход воды на участке G , кг/ч	Длина участка, м	Диаметр, мм	Скорость движения воды, W , м/с	Удельная потеря давления, Па/м	Потери давления на трение, Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений	Динамическое давление, Па	Дополнительные местные сопротивления, Па	Потери давления в местных сопротивлениях, Па	Суммарные потери давления, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1948	67	1	15	0,098	14	14	2	4,7	0	9	23
2	5193	179	8	15	0,263	96	768	2,5	34,3	0	86	854
3	10550	363	2,5	20	0,28	74,6	187	4	38,3	0	153	340
4	17290	595	4,5	20	0,459	187,3	843	3	103,7	0	311	1154
5	31691	1090	2,5	25	0,529	202,1	505	1	137,5	0	138	643
6	31691	1090	2,2	25	0,529	202,1	445	1	137,5	0	138	582
7	17290	595	4,3	20	0,459	187,3	805	1,5	103,7	0	156	961
8	10550	363	2,5	20	0,28	74,6	187	2,5	38,3	0	96	282
9	5193	179	8,7	15	0,263	96	835	3,5	34,3	0	120	955
10	1948	67	1,1	15	0,098	14	15	2	4,7	173	182	198
			37,3									5992
11	1240	43	1	15	0,06	5,68	6	4	1,84	0	7	13
12	5357	184	1,5	15	0,27	101,1	152	1	36,4	0	36	188
13	5357	184	1	15	0,27	101,1	101	5	36,4	0	182	283
14	1240	43	1,1	15	0,06	5,68	6	4	1,84	70	77	84
												877

Примечание:

1. Потери ручных радиаторных вентилей определяются по номограмме каталога фирмы Heimeier или рассчитываются по формуле (16). На участках 10 и 14 принята максимальная предварительная настройка $k_{vs} = 1,61 \text{ м}^3/\text{час}$ (определена по каталогу фирмы Heimeier) радиаторного вентиля (вентиль принят диаметром 15мм по диаметру подводки). Для участка 10 $\Delta P = 0,1 \cdot \left(\frac{67}{1,61}\right)^2 = 173 \text{ Па}$, для участка 14 $\Delta P = 0,1 \cdot \left(\frac{42,7}{1,61}\right)^2 = 70 \text{ Па}$.

Суммарные расчетные потери давления основного циркуляционного кольца могут быть меньше расчетного циркуляционного давления не более чем на 10%. Незвязка в главном циркуляционном кольце: $(6416-5992)/6416 \cdot 100\% = 6,6\% < 10\%$.

Далее проведем расчет трубопроводов второстепенных циркуляционных колец. Расчет второстепенных циркуляционных колец проводят, исходя из расчета главного кольца. В каждом новом кольце рассчитывают только дополнительные (не общие) участки, параллельно соединенные с участками основного кольца.

Располагаемое циркуляционное давление для расчета дополнительных (не общих) участков $P_p^{доп}$ должно быть равно потерям давления на участках (уже рассчитанных) основного кольца, замыкающих рассматриваемый стояк.

Для двухтрубной системы:

$$P_p^{доп} = \sum (R \cdot l + Z)_{общ}^{не общ}, \text{ Па.} \quad (17)$$

Расхождение (невязка) в расчетных потерях давления на параллельно соединенных участках в системах с тупиковым движением воды в магистралях составляет до 15%, при попутном движении – 5%.

Стояк 3, прибор 1 этажа ($Q=1181 \text{ Вт}$). Участки рассчитываемого кольца – 11-14. Участки рассчитываемого кольца 3-8 являются общими с участками главного циркуляционного кольца. Располагаемое давление $P_{11-14} = \sum (R_{уд}^{\phi} \cdot l + Z)_{1,2,9,10} = 23+854+955+198=2030 \text{ Па}$.

Невязка в кольце: $(2030-877)/2030 \cdot 100\%=57\%>15\%$.

Для гидравлической увязки у основания стояка установлен ручной балансировочный клапан TBV диаметром 15 мм, настройку которого необходимо подобрать. Необходимые потери на клапане $2030-877=1153 \text{ Па}$. По диаметру клапана 15 мм (нормальный расход) каталога фирмы ТА (приложение 5) принимаем настройку

№10, при этом потери давления на клапане составят $\Delta P = 0,1 \cdot \left(\frac{184}{1,8}\right)^2 = 1045 \text{ Па}$. Невязка в кольце составит: $(2030-(877+1045))/2030 \cdot 100\%=5,3\%<15\%$.

ПРИМЕР 3. Произвести гидравлический расчет трубопроводов однострувной тупиковой системы водяного отопления с верхней разводкой и искусственной циркуляцией, присоединенной к тепловым сетям по зависимой схеме со смесительным насосом на перемычке. Давление, передаваемое в систему отопления из тепловой сети (за вычетом потерь давления в тепловом пункте) $P=5500 \text{ Па}$; прокладка стояков открытая, трубы стальные водогазопроводные, тепловая нагрузка каждого прибора $Q_{пр}$ указана на схеме (рис. 11), расчетный перепад температуры воды в системе $t_r-t_0=95-70=25^\circ\text{C}$, расстояние от центра прибора 1 этажа до центра нагрева в тепловом пункте $h=1,85 \text{ м}$, высота этажа – 2,8 м.

Для регулирования теплопередачи отопительных приборов используются прямые ручные радиаторные вентили марки Termotec фирмы Heimeier. Для гидравлической балансировки системы отопления у основания стояков применены ручные балансировочные клапаны марки TBV фирмы ТА.

Решение. Выполнение гидравлического расчета начинаем с определения расчетного циркуляционного давления P_p , Па. Выбираем главное расчетное

циркуляционное кольцо через стояк 4 как наиболее удаленный от теплового пункта и наиболее нагруженный ($\Sigma Q_{пр} = 7680 \text{ Вт}$).

Разбиваем главное расчетное кольцо на участки, нумеруем участки и указываем на каждом тепловую нагрузку $Q_{уч}$ ($Q_{уч} = 1,05 \cdot Q_{ор}$) и длину. Длина кольца составляет $l = 70,9 \text{ м}$.

Определяем естественное циркуляционное давление, возникающее вследствие охлаждения воды в трубах: при длине трубопроводов от теплового пункта до рассматриваемого стояка $14,5 \text{ м}$ $P_{стр} = 95 \text{ Па}$ по [5, прил.4].

Естественное давление в стояке 4, возникающее за счет охлаждения воды в отопительных приборах, вычисляем по формуле (9):

$$P_{гпр} = \frac{0,64 \cdot 9,81}{7680} (95 \cdot 70) \cdot (1855 \cdot 1,85 + (4,65 + 7,45 + 10,25) \cdot 1357 + 1754 \cdot 13,05) = 1158 \text{ Па}$$

Определяем расчетное циркуляционное давление по формуле (6): $P_p = 5500 + 1158 + 95 = 6753 \text{ Па}$. Гидравлический расчет производим с использованием второго направления расчета – по методу удельных потерь давления.

Ориентировочная величина удельных потерь давления на трение:

$$R_{тр}^{ор} = \frac{0,65 \cdot P_p}{\Sigma l} = \frac{0,65 \cdot 6753}{70,9} = 62 \text{ Па/м,}$$

где $0,65$ – предполагаемая доля потерь давления на трение по длине трубопроводов в системе отопления от общей величины P_p .

Гидравлический расчет и местные сопротивления приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

№ участка	Наименование сопротивления	Коэффициент местного сопротивления	Сумма коэффициентов местных сопротивлений
1	2	3	4
1	Отвод $L 90^\circ$ (при $d=40 \text{ мм}$)	0,5	0,5
2	Тройник на ответвлении	1,5	2
	Внезапное сужение	0,5	
3	Тройник на ответвлении	1,5	2,5
	Кран шаровой	1	
4	Тройник на проходе	1	7
	$\text{Ø}20$ 3 отвода $L 90^\circ$	1,5·3	
	Кран шаровой	1	
	Внезапное сужение	0,5	
5	2 тройника на проходе	1·2	2
6	2 отвода 90°	2·1,5	3
7	2 тройника на проходе	1·2	2
8	2 отвода 90°	2·1,5	3

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4
9	2 тройника на проходе	1-2	2
10	2 отвода 90°	2-1,5	3
11	2 тройника на проходе	1-2	2
12	2 отвода 90°	2-1,5	3
13	2 тройника на проходе	1-2	2
	Ручной балансировочный клапан	По данным изготовителя	8
14	Тройник на проходе Ø20 4 Отвода L 90° Внезапное расширение	1 1,5-4 1	
15	Тройник на противотоке Кран шаровой	3 1	4
16	Тройник на противотоке Внезапное расширение	3 1	4
17	Отвод L 90° (при d=40мм)	0,5	0,5
18	Тройник на проходе Тройник на ответвлении Кран шаровой Отвод L 90° (при d=20мм)	1 1,5 1 1,5	5
19	2 тройника на проходе	1-2	2
20	Тройник на противотоке Тройник на ответвлении	3 1,5	4,5
21	2 тройника на проходе	1-2	2
22	Тройник на противотоке Тройник на ответвлении	3 1,5	4,5
23	2 тройника на проходе	1-2	2
24	Тройник на противотоке Тройник на ответвлении	3 1,5	4,5
25	2 тройника на проходе	1-2	2
26	Тройник на противотоке Тройник на ответвлении	3 1,5	4,5
27	2 тройника на проходе	1-2	2
28	Тройник на проходе Ø20 2 отвода L 90°	1 1,5-2	4

Примечание:

Ручной балансировочный клапан в основании стояка 3 не учтен в качестве местного сопротивления, так как с его помощью будет осуществляться увязка циркуляционных колец.

Таблица 5 – ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОДНОТУРВУННОЙ СВО

№ участка	Тепловая нагрузка $Q_{уч}$, Вт	Расход воды на участке G , кг/ч	Длина участка, м	Диаметр, мм	Скорость движения воды, W , м/с	Удельная потеря давления, Па/м	Потери давления на трение, Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений	Динамическое давление, Па	Дополнительные местные сопротивления, Па	Потери давления в местных сопротивлениях, Па	Суммарные потери давления, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50390	1733	18,1	40	0,365	51,5	932	0,5	65,65	0	33	965
2	26466	910	3,6	25	0,441	141,8	510	2	95,49	0	191	701
3	16304	561	2,5	25	0,272	54,9	137	2,5	36,7	0	92	229
4	8064	277	1,1	20	0,214	43,3	476	7	22,35	0	156	633
5	-	138,5	0,5	15	0,204	59,6	30	2	20,47	0	41	71
6	8064	277	3,8	20	0,214	43,3	165	3	22,35	0	67	232
7	-	138,5	0,5	15	0,204	59,6	30	2	20,47	0	41	71
8	8064	277	3,8	20	0,214	43,3	165	3	22,35	0	67	232
9	-	138,5	0,5	15	0,204	59,6	30	2	20,47	0	41	71
10	8064	277	3,8	20	0,214	43,3	165	3	22,35	0	67	232
11	-	138,5	0,5	15	0,204	59,6	30	2	20,47	0	41	71
12	8064	277	3,8	20	0,214	43,3	165	3	22,35	0	67	232
13	-	138,5	0,5	15	0,204	59,6	30	2	20,47	0	41	71
14	8064	277	8,5	20	0,214	43,3	368	8	22,35	664	843	1211
15	16304	561	2,5	25	0,272	54,9	137	4	36,7	0	147	284
16	26466	910	4,5	25	0,441	141,8	638	4	95,49	0	382	1020
17	50390	1733	2,5	40	0,365	51,5	129	0,5	65,65	0	33	162
			70,9									6485
18	8240	283	3,6	20	0,219	45,3	163	5,5	23,3	0	128	291
19	-	141,5	0,5	15	0,209	62,1	31	4,5	21,3	0	96	127
20	8240	283	3,8	20	0,219	45,3	172	4,5	23,3	0	105	277
21	-	141,5	0,5	15	0,209	62,1	31	4,5	21,3	0	96	127
22	8240	283	3,8	20	0,219	45,3	172	4,5	23,3	0	105	277
23	-	141,5	0,5	15	0,209	62,1	31	4,5	21,3	0	96	127
24	8240	283	3,8	20	0,219	45,3	172	4,5	23,3	0	105	277
25	-	141,5	0,5	15	0,209	62,1	31	4,5	21,3	0	96	127
26	8240	283	3,8	20	0,219	45,3	172	4,5	23,3	0	105	277
27	-	141,5	0,5	15	0,209	62,1	31	4,5	21,3	0	96	127
28	8240	283	2	20	0,219	45,3	91	4,5	23,3	0	105	195
												2229

Примечания:

1. Расход воды на участках 5,7,9,11,13 (замыкающий участок) $\alpha=0,5$, $G_d=(1-\alpha) \cdot G_{гр}=(1-0,5) \cdot 277=138,5$ кг/ч. Расход воды на участках 19,21,23,25,27 (замыкающий участок) $\alpha=0,5$, $G_d=(1-\alpha) \cdot G_{гр}=(1-0,5) \cdot 283=141,5$ кг/ч.

2. По каталогу фирмы ТА принимаем ручные балансировочные клапаны ТВУ диаметром 20 мм (по диаметрам трубопроводов, на которые они установлены). Потери давления в ручных балансировочных клапанах рассчитываются по формуле (15) или определяются по диаграмме каталога фирмы ТА (приложение 5). Принимаем для клапана на стойке №4 настройку №10 (максимально открытый клапан), при этом потери давления на клапане составят $\Delta P = 0,1 \cdot \left(\frac{277}{3,4}\right)^2 = 664 \text{ Па}$.

3. Для упрощения расчетов ввиду незначительного гидравлического сопротивления не обозначен на стойке №3 и не рассчитан участок трубопровода от стойки до замыкающего участка.

Невязка в главном циркуляционном кольце: $(6753-6485)/6753 \cdot 100\% = 4\% < 10\%$

Далее проведем расчет других циркуляционных колец.

Стойка 3. Участки рассчитываемого кольца – 18-28.

Участки рассчитываемого кольца 1-3, 15-17 являются общими с участками главного циркуляционного кольца. Располагаемое давление:

$$P_{18-28} = \sum (R_{уд}^{\phi} \cdot 1 + Z)_{4-14} + (P_{гпр 4} - P_{гпр 3}) = 633 + (122 + 232) \cdot 4 + \\ + (122 + 1211 + (1158 - 1160)) = 3380 \text{ Па.}$$

Естественное давление в стойке 3, возникающее за счет охлаждения воды в отопительных приборах:

$$P_{гпр 3} = \frac{0,64 \cdot 9,81}{7848} (95 - 70) \cdot ((755 + 1181) \cdot 1,85 + \\ + (446 + 907) \cdot (4,65 + 7,45 + 10,25)) + (660 + 1193) \cdot 13,05 = 1160 \text{ Па.}$$

Невязка в кольце: $(3380 - 2229)/3380 \cdot 100\% = 34\% > 15\%$.

Для гидравлической увязки у основания стойки установлен ручной балансировочный клапан ТВУ диаметром 20, настройку которого необходимо подобрать. Необходимые потери на клапане $3380 - 2229 = 1151 \text{ Па}$. По диаграмме каталога фирмы ТА (приложение 5) принимаем настройку №9, при этом потери давления на клапане составят $\Delta P = 0,1 \cdot \left(\frac{283}{2,96}\right)^2 = 914 \text{ Па}$. Невязка в кольце составит: $(3380 - (2229 + 914))/3380 \cdot 100\% = 7\% < 15\%$.

Остальные циркуляционные кольца рассчитываются аналогично.

5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ПУНКТА

Тепловой пункт – это комплекс трубопроводов, запорной арматуры, оборудования и приборов, обеспечивающий присоединение систем отопления, теплоснабжения, вентиляции, горячего водоснабжения к тепловым сетям. Инди-

видуальный тепловой пункт (ИТП) – тепловой пункт для присоединения систем теплопотребления одного здания или его части к тепловым сетям. В тепловых пунктах осуществляется: преобразование, регулирование расхода и контроль параметров теплоносителя, распределение его по системам потребления теплоты; отключение систем потребления теплоты; защита местных систем от аварийного повышения параметров теплоносителя; заполнение и подпитка систем потребления теплоты; учет тепла.

В гражданских зданиях следует устанавливать приборы учета теплоты на здание в целом. Прибор учета теплоты (теплосчетчик) состоит из двух датчиков температуры и счетчика воды, которые связаны с вычислительным блоком. Диаметр теплосчетчика подбирается по расчетному расходу теплоносителя, G , м³/ч (т/ч) с учетом потерь давления на приборах учета.

Системы теплопотребления могут подсоединяться к тепловым сетям по зависимой (вода из тепловой сети подается непосредственно в систему) и независимой (вода из тепловой сети подается в теплообменник) схемам.

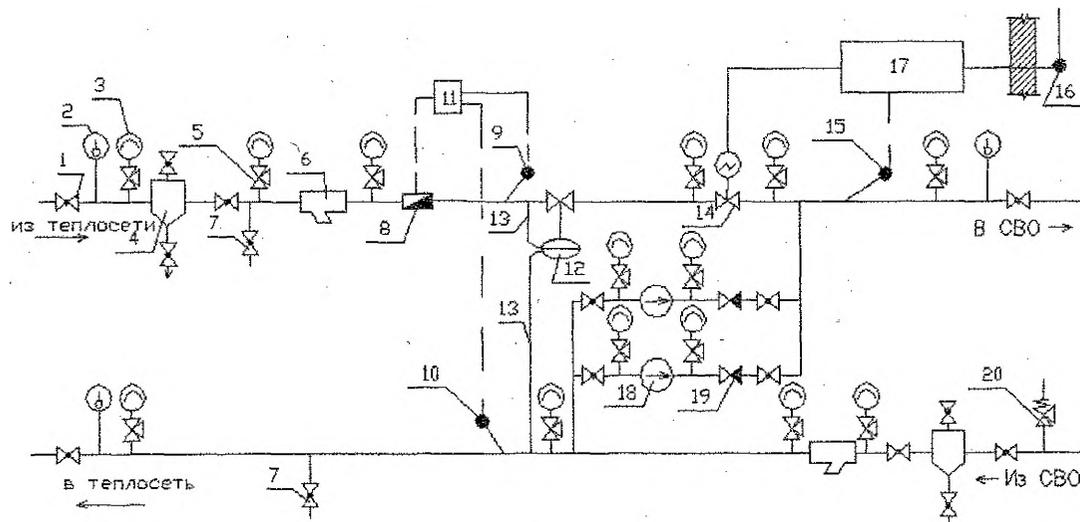
Зависимые схемы бывают с непосредственным подключением и подключением с узлом смешения, который применяется для понижения температуры воды, поступающей из тепловых сетей, до температуры t_r , допустимой в системе отопления. Узлы смешения бывают со смесительным насосом; с циркуляционным насосом; с гидравлическим разделителем.

В курсовом проекте следует присоединить систему отопления к наружным тепловым сетям по зависимой схеме присоединения системы отопления со смешением воды при помощи либо смесительного насоса, либо смесительно-циркуляционного насоса.

Понижение температуры происходит в результате смешения высокотемпературной воды с температурой T_r с обратной охлажденной до t_0 водой системы отопления. Поток охлажденной воды возвращается из системы отопления, делится на два: первый направляется в обратный теплопровод тепловой сети, а второй поток перемещается по перемычке к точке смешения в подающей магистрали с водой температурой T_r .

Оборудование и запорно-регулирующую арматуру теплового пункта подбирают по каталогам изготовителей.

Схема ИТП при зависимом присоединении системы водяного отопления к наружным тепловым сетям со смесительным насосом, включенным в перемычку, показана на рис. 12.



1 – шаровой кран, 2 – термометр, 3 – манометр, 4 – грязевик, 5 – трехходовой кран, 6 – фильтр,
 7 – контрольно-спускной кран, теплосчетчик: 8 – счетчик воды, 9 – датчик температуры горячей воды, 10 – датчик
 температуры охлажденной воды, 11 – вычислительный блок, 12 – регулятор перепада давления, 13 – импульсная трубка,
 регулятор теплового потока; 14 – двухходовой клапан с электроприводом, 15 – датчик температуры горячей воды,
 16 – датчик температуры наружного воздуха, 17 – блок автоматизации;
 18 – смесительный насос, 19 – обратный клапан, 20 – предохранительный клапан
Рисунок 12 – Схема ИТТ со смесительным насосом, включенным в перемычку

6. ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ

Целью теплового расчета является выбор типа и количества секций (или размера) отопительного прибора. Исходные данные для расчета: тепловая нагрузка прибора, принимаемая равной потерям теплоты помещения за вычетом теплоотдачи теплопроводов, проложенных в этом помещении, расчетные температуры воды t_r , t_o , °С, температура воздуха в отапливаемом помещении, t_B , °С.

ПРИМЕР 4. Определить количество секций чугунных радиаторов 2КП100-90x500 для стояка двухтрубной системы водяного отопления, установленные под окном у наружной стены без ниши под подоконной доской длиной 100 мм в жилой комнате (рис. 13). Температура воды в подающей магистрали $t_r=95^\circ\text{C}$, температура обратной воды $t_o=70^\circ\text{C}$, температура воздуха в комнате 101÷301 $t_B=18^\circ\text{C}$.

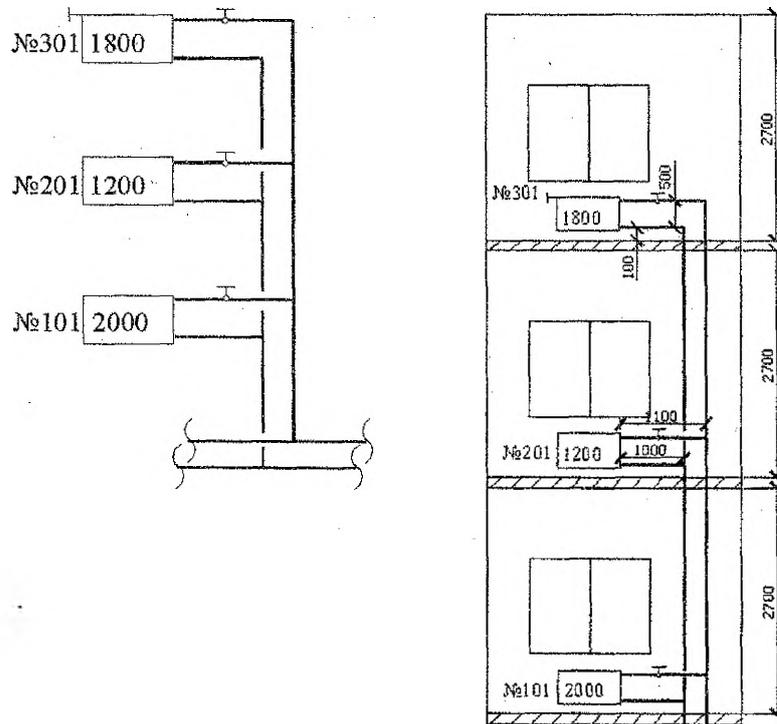


Рисунок 13 – Схема стояка к примеру 4

Длина теплоизолированных магистралей от теплового пункта до рассматриваемого стояка – 26 м, диаметр магистралей 25,32,40 мм по результатам гидравлического расчета; диаметр стояка и подводов – 15 мм.

Решение. Суммарное понижение температуры горячей воды на участках подающих теплоизолированных магистралей от теплового пункта до рассматриваемого стояка составляет (потери температуры от основания стояка до рассматриваемого отопительного прибора при выполнении расчетов в курсовом проекте пренебрегаем):

$$\sum \Delta t_M = \Delta t_M \cdot L_M = 26 \cdot 0,04 = 1,04^\circ\text{C}.$$

Ориентировочные значения понижения температуры 1 м изолированной подающей магистрали

$d_M, \text{мм}$	25-40	50
$\Delta t_M, ^\circ\text{C/м}$	0,04	0,03

Температура горячей воды на входе в рассматриваемый стояк:

$$t_n = t_s - \sum \Delta t_M = 95 - 1,04 = 93,96^\circ\text{C} \approx 94^\circ\text{C}.$$

Расход воды в отопительном приборе вычисляем по формуле:

$$G_{np} = \frac{0,86 \cdot Q_{np} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{t_n - t_o};$$

где Q_{np} – тепловая нагрузка прибора, Вт;

β_1 – коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины [4, табл. 3.1]. Для радиатора 2КП100-90x500 по данным завода-изготовителя определяем номинальный поток одной секции 140 Вт, следовательно $\beta_1=1,03$;

β_2 – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты приборами у наружных ограждений [4, табл. 3.2]. При установке прибора у наружной стены под окном $\beta_2=1,02$.

$$\text{Температурный напор: } \Delta t_{cp} = \frac{t_n + t_o}{2} - t_s, ^\circ\text{C}.$$

Коэффициент приведения номинального теплового потока отопительного прибора к расчетным условиям:

$$\varphi = \left(\frac{\Delta t_{cp}}{\Delta t_n} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p,$$

n и p – эмпирические показатели, принимаемые по каталогам производителей [4, табл. 10.3, 10.4]. $n=0,3$; $p=0$ – для приборов помещений 101, 301; $p=0,02$ – для прибора помещения 201;

Δt_n – номинальный температурный напор, равный 70°C – для приборов отечественного производства, 60°C или 50°C – для большинства импортных приборов (см. каталоги производителей);

360 – номинальный расход воды в отопительном приборе при тепловых испытаниях образцов приборов, кг/ч.

Теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения теплопроводов (труб, стояка, ветви и подводов):

$$Q_{\text{тр}} = q_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}} + q_{\text{г}} \cdot l_{\text{г}},$$

где $q_{\text{в}}, q_{\text{г}}$ – теплоотдача 1 м вертикальных и горизонтальных труб, Вт/м ([6], табл. II.22);

$l_{\text{в}}, l_{\text{г}}$ – длина вертикальных и горизонтальных теплопроводов в пределах помещения, м.

В нашем случае в подающем теплопроводе $t_{\text{н}} - t_{\text{в}} = 94 - 18 = 76$ °С, в обратном теплопроводе $t_{\text{н}} - t_{\text{в}} = 70 - 18 = 52$ °С.

$$Q_{\text{тр}}^{101} = (66 \cdot 2,7 + 39 \cdot 2,7) + (86 \cdot 1,1 + 52 \cdot 1) = 430 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{тр}}^{201} = (66 \cdot 2,7 + 39 \cdot 2,7) + (86 \cdot 1,1 + 52 \cdot 1) = 430 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{тр}}^{301} = (66 \cdot 0,6 + 39 \cdot 0,1) + (86 \cdot 1,1 + 52 \cdot 1) = 190 \text{ Вт}$$

Расчетный требуемый тепловой поток отопительного прибора:

$$Q_1 = Q_{\text{тр}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 - 0,9 \cdot Q_{\text{тр}}, \text{ Вт}.$$

Номинальный требуемый тепловой поток:

$$Q_{\text{ит}} = \frac{Q_1 \cdot \beta_4}{\varphi}, \text{ Вт},$$

где β_4 – коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении [4, табл. 10.2]. $\beta_4 = 1,02$.

Расчетное число секций в радиаторе:

$$n_p = \frac{Q_{\text{ит}}}{q_n \cdot \beta_3}, \text{ шт.},$$

где q_n – номинальный тепловой поток одной секции радиатора, принимаемый по каталогу производителя, Вт/сек. Для радиатора 2КП100-90x500 - 140 Вт;

β_3 – коэффициент учета числа секций в одном радиаторе.

Число секций	до 15	16-20	21-25
β_3	1,0	0,98	0,96

Расчет сведен в таблицу 6.

Таблица 6 – ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ДВУХТРУБНОЙ СВО

№ помещения	Температура воздуха в помещении, °С	Тепловая нагрузка на прибор Q _{пр} , Вт	Температура входящей воды в прибор, °С	Температура воды на выходе, °С	Поправочный коэффициент β ₁	Поправочный коэффициент β ₂	Расход воды в приборе G _{пр} , кг/с	Температурный напор, °С	Коэффициент приведения φ	Теплоотдача открыто расположенных трубопроводов Q _{тр} , Вт	Расчетный требуемый тепловой поток Q _д , Вт	Номинальный требуемый тепловой поток Q _н , Вт	Поправочный коэффициент β ₃	Поправочный коэффициент β ₄	Расчетное число секций n _р , шт.	Установочное число секций n _у , шт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
101	18	2000	94	70	1,03	1,02	75,3	64	0,89	430	1714	1965	1	1,02	14	14
201	18	1200	94	70	1,03	1,02	45,2	64	0,85	430	874	1044	1	1,02	7,5	8
301	18	1800	94	70	1,03	1,02	67,8	64	0,89	190	1720	1971	1	1,02	14,1	14

При округлении расчетного числа секций допускается уменьшение теплового потока Q_н не более чем на 5 % (но не более чем на 60 Вт). Выполняем расчеты по округленно числа секций:

201 – $1044 \cdot 7 \cdot 1044 / 7,5 = 70 \text{ Вт} > 60 \text{ Вт}$ – принимаем 8 секций,

301 – $1971 \cdot 14 \cdot 1971 / 14,1 = 14 \text{ Вт} < 60 \text{ Вт}$; $14 \text{ Вт} \cdot 100\% / 1971 = 0,7\% < 5\%$ – принимаем 14 секций.

ПРИМЕР 5. Определить количество секций чугунных радиаторов 2КП100-90x500 для стояка однотрубной системы водяного отопления, установленные под окном у наружной стены без ниши под подоконной доской длиной 100 мм в жилой комнате (рис. 15). Температура воды в подающей магистрали t_г=95°C, температура обратной воды t_о=70°C, температура воздуха в комнате 101÷301 t_в=18°C. Длина теплоизолированных магистралей от теплового пункта до рассматриваемого стояка – 26 м, диаметр магистралей 25,32,40 мм по результатам гидравлического расчета; стояка и подводок – 20 мм, смещенного замыкающего участка – 15 мм.

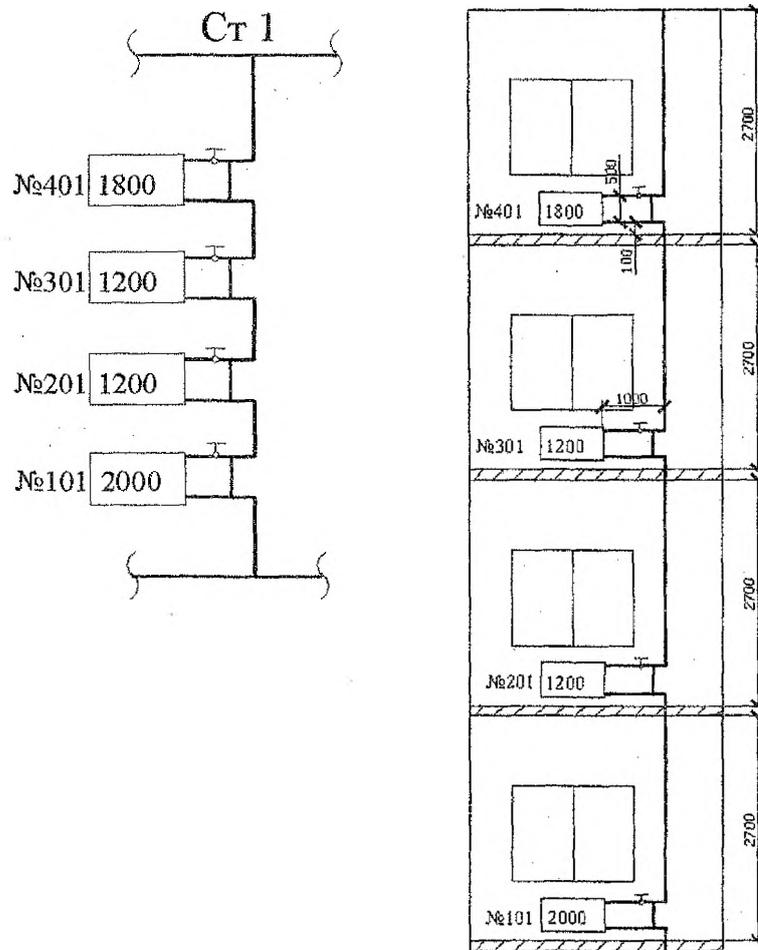


Рисунок 15 – Схема стояка к примеру 3

Решение. Суммарное понижение температуры горячей воды на участках подающих теплоизолированных магистралей от теплового пункта до рассматриваемого стояка составляет:

$$\sum \Delta t_m = \Delta t_m \cdot L_m = 26 \cdot 0,04 = 1,04^\circ C.$$

Температура горячей воды на входе в рассматриваемый стояк:

$$t_n = t_p - \sum \Delta t_m = 95 - 1,04 = 93,96^\circ C \approx 94^\circ C.$$

Расход воды в стояке вычисляем по формуле:

$$G_{cm} = \frac{0,86 \cdot Q_{cm} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{t_n - t_o},$$

где Q_{cm} – тепловая нагрузка стояка (сумма нагрузок всех отопительных приборов на стояке), Вт;

β_1, β_2 – коэффициенты, определяемые так же, как и в примере 4.

$$G_{cm} = \frac{0,86 \cdot 6200 \cdot 1,03 \cdot 1,02}{94 - 70} = 233,4 \text{ кг/ч.}$$

Температура воды, поступающей в нагревательный прибор:

$$t_{ex} = t_n - \frac{\sum Q_{np_i}}{Q_{cm}} \cdot (t_n - t_o), \text{ } ^\circ\text{C},$$

где $\sum Q_{np_i}$ – суммарная тепловая нагрузка всех отопительных приборов стояка, расположенных выше рассматриваемого прибора при подаче воды по схеме "сверху-вниз", а по схеме "снизу-вверх" – ниже рассматриваемого прибора, считая по направлению движения воды, Вт.

Средняя температура воды в отопительном приборе:

$$t_{cp}^{np} = t_{ex} - \frac{0,43 \cdot Q_{np_i} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{\alpha \cdot G_{cm}}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где Q_{np_i} – тепловая нагрузка прибора, Вт

α – коэффициент затекания воды в прибор;

$\alpha = 1$ и $\alpha = 0,5$ для проточно-регулируемой системы с трехходовыми кранами при одностороннем присоединении прибора к стояку и двухстороннем, соответственно;

$\alpha = 0,5$ и $\alpha = 0,20$ для систем со смещенным замыкающим участком для тех же вариантов присоединения прибора к стояку; для систем водяного отопления с осевым замыкающим участком при одностороннем присоединении к стояку $\alpha = 0,33$, двухстороннем – $\alpha = 0,17$.

Температурный напор: $\Delta t_{cp} = t_{cp}^{np} - t_o, \text{ } ^\circ\text{C}.$

Коэффициент приведения номинального теплового потока отопительного прибора к расчетным условиям:

$$\varphi = \left(\frac{\Delta t_{cp}}{\Delta t_n} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p.$$

n и p – эмпирические показатели, принимаемые по каталогам производителей [4, табл. 10.3, 10.4]. $n=0,3$.

В нашем случае $\alpha = 0,5$ – система со смещенным замыкающим участком при одностороннем присоединении прибора к стояку, следовательно, $G_{np} = G_{cm} \cdot \alpha = 233,4 \cdot 0,5 = 116,7 \text{ кг/ч}$, значит, $p=0$.

Δt_n – номинальный температурный напор, равный 70°C – для приборов отечественного производства, 60°C или 50°C – для большинства импортных приборов (см. каталоги производителей).

Теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения теплопроводов (труб, стояка, ветви и подводок):

$$Q_{\text{тр}} = q_v \cdot l_v + q_g \cdot l_g,$$

где q_v, q_g – теплоотдача 1 м вертикальных и горизонтальных труб, Вт/м ([6], табл. П.22);

l_v, l_g – длина вертикальных и горизонтальных теплопроводов в пределах помещения, м:

при $94-18=76^\circ\text{C}$ и $87-18=69^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{тр}}^{401} = (83 \cdot 2,1 + 72 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 66) + (103 \cdot 1 + 92 \cdot 1) = 410 \text{ Вт};$$

при $87-18=69^\circ\text{C}$ и $82,4-18=64,4 \approx 64^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{тр}}^{301} = (72 \cdot 2,1 + 65 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 57) + (92 \cdot 1 + 83 \cdot 1) = 361 \text{ Вт};$$

при $82,4-18=64,4 \approx 64^\circ\text{C}$ и $77,7-18=59,7 \approx 60^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{тр}}^{201} = (65 \cdot 2,1 + 59 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 52) + (83 \cdot 1 + 77 \cdot 1) = 328 \text{ Вт};$$

при $77,7-18=59,7 \approx 60^\circ\text{C}$ и $70-18=52^\circ\text{C}$

$$Q_{\text{тр}}^{201} = (59 \cdot 2,1 + 50 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 47) + (77 \cdot 1 + 64 \cdot 1) = 293 \text{ Вт}.$$

Расчетный требуемый тепловой поток отопительного прибора:

$$Q_1 = Q_{\text{нр}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 - 0,9 \cdot Q_{\text{мр}}, \text{ Вт},$$

Номинальный требуемый тепловой поток:

$$Q_{\text{нм}} = \frac{Q_1 \cdot \beta_4}{\varphi}, \text{ Вт},$$

где β_4 – коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении, определяемый так же, как и в примере 4.

Расчетное число секций в радиаторе:

$$n_p = \frac{Q_{\text{нм}}}{q_n \cdot \beta_3}, \text{ шт.},$$

где q_n – номинальный тепловой поток одной секции радиатора, принимаемый по каталогу производителя, Вт/секц. Для радиатора 2КП100-90x500 - 140 Вт.

β_3 – коэффициент учета числа секций в одном радиаторе определяемый так же, как и в примере 4.

Расчет сведен в таблицу 7.

Таблица 7 – ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОДНОТРУБНОЙ СВО

№ помещения	
1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30
31	32
33	34
35	36
37	38
39	40
41	42
43	44
45	46
47	48
49	50
51	52
53	54
55	56
57	58
59	60
61	62
63	64
65	66
67	68
69	70
71	72
73	74
75	76
77	78
79	80
81	82
83	84
85	86
87	88
89	90
91	92
93	94
95	96
97	98
99	100
101	102
103	104
105	106
107	108
109	110
111	112
113	114
115	116
117	118
119	120
121	122
123	124
125	126
127	128
129	130
131	132
133	134
135	136
137	138
139	140
141	142
143	144
145	146
147	148
149	150
151	152
153	154
155	156
157	158
159	160
161	162
163	164
165	166
167	168
169	170
171	172
173	174
175	176
177	178
179	180
181	182
183	184
185	186
187	188
189	190
191	192
193	194
195	196
197	198
199	200
201	202
203	204
205	206
207	208
209	210
211	212
213	214
215	216
217	218
219	220
221	222
223	224
225	226
227	228
229	230
231	232
233	234
235	236
237	238
239	240
241	242
243	244
245	246
247	248
249	250
251	252
253	254
255	256
257	258
259	260
261	262
263	264
265	266
267	268
269	270
271	272
273	274
275	276
277	278
279	280
281	282
283	284
285	286
287	288
289	290
291	292
293	294
295	296
297	298
299	300
301	302
303	304
305	306
307	308
309	310
311	312
313	314
315	316
317	318
319	320
321	322
323	324
325	326
327	328
329	330
331	332
333	334
335	336
337	338
339	340
341	342
343	344
345	346
347	348
349	350
351	352
353	354
355	356
357	358
359	360
361	362
363	364
365	366
367	368
369	370
371	372
373	374
375	376
377	378
379	380
381	382
383	384
385	386
387	388
389	390
391	392
393	394
395	396
397	398
399	400
401	402
403	404
405	406
407	408
409	410
411	412
413	414
415	416
417	418
419	420
421	422
423	424
425	426
427	428
429	430
431	432
433	434
435	436
437	438
439	440
441	442
443	444
445	446
447	448
449	450
451	452
453	454
455	456
457	458
459	460
461	462
463	464
465	466
467	468
469	470
471	472
473	474
475	476
477	478
479	480
481	482
483	484
485	486
487	488
489	490
491	492
493	494
495	496
497	498
499	500
501	502
503	504
505	506
507	508
509	510
511	512
513	514
515	516
517	518
519	520
521	522
523	524
525	526
527	528
529	530
531	532
533	534
535	536
537	538
539	540
541	542
543	544
545	546
547	548
549	550
551	552
553	554
555	556
557	558
559	560
561	562
563	564
565	566
567	568
569	570
571	572
573	574
575	576
577	578
579	580
581	582
583	584
585	586
587	588
589	590
591	592
593	594
595	596
597	598
599	600
601	602
603	604
605	606
607	608
609	610
611	612
613	614
615	616
617	618
619	620
621	622
623	624
625	626
627	628
629	630
631	632
633	634
635	636
637	638
639	640
641	642
643	644
645	646
647	648
649	650
651	652
653	654
655	656
657	658
659	660
661	662
663	664
665	666
667	668
669	670
671	672
673	674
675	676
677	678
679	680
681	682
683	684
685	686
687	688
689	690
691	692
693	694
695	696
697	698
699	700
701	702
703	704
705	706
707	708
709	710
711	712
713	714
715	716
717	718
719	720
721	722
723	724
725	726
727	728
729	730
731	732
733	734
735	736
737	738
739	740
741	742
743	744
745	746
747	748
749	750
751	752
753	754
755	756
757	758
759	760
761	762
763	764
765	766
767	768
769	770
771	772
773	774
775	776
777	778
779	780
781	782
783	784
785	786
787	788
789	790
791	792
793	794
795	796
797	798
799	800
801	802
803	804
805	806
807	808
809	810
811	812
813	814
815	816
817	818
819	820
821	822
823	824
825	826
827	828
829	830
831	832
833	834
835	836
837	838
839	840
841	842
843	844
845	846
847	848
849	850
851	852
853	854
855	856
857	858
859	860
861	862
863	864
865	866
867	868
869	870
871	872
873	874
875	876
877	878
879	880
881	882
883	884
885	886
887	888
889	890
891	892
893	894
895	896
897	898
899	900
901	902
903	904
905	906
907	908
909	910
911	912
913	914
915	916
917	918
919	920
921	922
923	924
925	926
927	928
929	930
931	932
933	934
935	936
937	938
939	940
941	942
943	944
945	946
947	948
949	950
951	952
953	954
955	956
957	958
959	960
961	962
963	964
965	966
967	968
969	970
971	972
973	974
975	976
977	978
979	980
981	982
983	984
985	986
987	988
989	990
991	992
993	994
995	996
997	998
999	1000

Выполняем расчеты по округлению числа секций:

101 – 2758-20-2758/20,1=14Вт<60Вт; 14·100%/2738=0,5%<5% – принимаем 20 секций,

201 – 1210-8-1210/8,6=85Вт>60Вт – принимаем 9 секций,

301 – 1064-7-1064/7,6=84Вт>60Вт – принимаем 8 секций,

401 – 1581-11-1581/11,3=42Вт<60Вт; 42·100%/1581=2,7%<5% – принимаем 11 секций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Строительная теплотехника: ТКП 45-2.04-43-2006. – Минск, 2007.
2. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01-03. – Минск, 2004.
3. Жилые здания: СНБ 3.02.04-03. – Минск, 2003.
4. Покотиллов, В.В. Пособие по расчету систем отопления. – Минск, 2006.
5. Тихомиров, К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция / К.В. Тихомиров, Э.С. Сергеенко. – М.: Стройиздат, 1991.
6. Внутренние санитарно-технические устройства / В.Н. Богословский [и др.]; под ред. И.Г. Старовойтова и Ю.И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1990. – Ч.1: Отопление.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица 5.1 изменение №1 к [1]

Ограждающие конструкции	Нормативное сопротивление теплопередаче $R_{т.норм}$, $m^2 \cdot C / Вт$
Жилые и общественные здания	
А Стронтельство, реконструкция, модернизация	
Наружные стены зданий	3,2
Совмещенные покрытия, чердачные перекрытия и перекрытия над проездами	6,0
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами и техническими подпольями	2,5
Заполнения световых проемов	1,0

Приложение 2

Таблица М.3 изменение №4 к [2]

Система отопления и способ регулирования	η_i
1. Однотрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и с пофасадным авторегулированием на вводе или система поквартирного отопления однотрубная или двухтрубная с горизонтальной разводкой	1
2. Двухтрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и с центральным авторегулированием	0,95
3. Однотрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и с центральным авторегулированием на вводе или однотрубная система без автоматических терморегуляторов и с пофасадным авторегулированием на вводе, а также двухтрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и без авторегулирования на вводе	0,9
4. Однотрубная система отопления с автоматическими терморегуляторами и без авторегулирования на вводе	0,85
5. Система отопления без автоматических терморегуляторов и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха	0,7
6. Система отопления без автоматических терморегуляторов и без авторегулирования на вводе – регулирование центральное в ЦТП или котельной	0,5
7. Водяное отопление без регулирования	0,2

Приложение 3

Расчетная температура воздуха и кратность воздухообмена
в помещениях жилых зданий

приложение В, табл. В.1[3]

Наименование помещений	Расчетная температура воздуха в холодный период года, °С	Кратность воздухообмена или количество удаляемого воздуха из помещения	
		приток	вытяжка
Жилая комната в квартире или в общежитии	18	По расчету для компенсации удаляемого воздуха	3 м ³ /ч на 1м ² жилых комнат
Кухня в квартире или общежитии: с электроплитами с газовыми плитами	18	По расчету для приточно-вытяжной механической вентиляции	Не менее 60 м ³ /ч Не менее: 60 м ³ /ч – при двухконфорочных плитах; 75 м ³ /ч – при трехконфорочных плитах; 90 м ³ /ч – при четырехконфорочных плитах
Ванная	25	-	25 м ³ /ч
Уборная индивидуальная	18	-	25 м ³ /ч
Совмещенный санитарный узел	25	-	50 м ³ /ч
Совмещенный санитарный узел с индивидуальным нагревом	18	-	50 м ³ /ч
Вестибюль, лестничная клетка, общий коридор в квартирном доме	16	-	-

Примечания:

1. В угловых помещениях квартир и общежитий расчетную температуру воздуха следует принимать на 2 °С выше указанной в таблице.
2. В лестничных клетках домов с поквартирным отоплением температура воздуха не нормируется.
3. Расчетная производительность вытяжной вентиляции, определяемая по норме для кухонь и санитарных узлов, не должна быть ниже расчетного воздухообмена квартиры, определяемого по норме для жилых комнат.

Приложение 4
Расчетные параметры наружного воздуха

Приложение Е табл. Е.1 [2]

Наименование пункта	Расчетная географическая широта, °с.ш.	Барометрическое давление, гПа	Период года	Параметры А		Параметры Б		Скорость ветра, м/с	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха, °С
				Температура воздуха, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг	Температура воздуха, °С	Удельная энтальпия, кДж/кг		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витебская область									
Верхнедвинск	56	1000	Теплый	21,0	47,0	25,6	50,8	2,9	10,8
			Холодный	-11,0	-8,0	-25,0	-24,3	3,8	-
Полоцк	56	1000	Теплый	21,1	47,0	25,7	50,8	2,9	10,9
			Холодный	-11,5	-8,7	-25,0	-24,0	4,1	-
Шарковщина	56	1000	Теплый	21,0	47,0	25,6	50,8	3,3	10,6
			Холодный	-11,5	-8,0	-24,0	-23,4	4,7	-
Витебск	56	990	Теплый	21,1	47,8	25,7	51,4	3,1	10,3
			Холодный	-12,0	-9,4	-25,0	-24,4	4,8	-
Лепель	54	990	Теплый	21,0	47,2	25,6	50,8	2,3	9,9
			Холодный	-11,5	-8,7	-24,0	-23,5	2,9	-
Минская область									
Вилейка	54	990	Теплый	21,4	47,0	26,0	50,6	2,6	11,0
			Холодный	-10,0	-6,7	-24,0	-22,9	3,9	-
Борисов	54	990	Теплый	21,6	47,5	26,2	51,1	2,6	10,8
			Холодный	-11,0	-8,0	-24,0	-23,2	3,8	-
Воложин	54	990	Теплый	20,8	47,0	25,4	50,6	2,8	9,8
			Холодный	-9,5	-6,0	-23,0	-21,9	4,2	-
Минск	54	990	Теплый	21,2	47,2	25,8	50,6	2,6	10,3
			Холодный	-10,0	-6,8	-24,0	-22,7	3,7	-
Марьина Горка	54	990	Теплый	21,8	48,3	26,4	51,7	3,3	11,4
			Холодный	-11,0	-7,3	-24,0	-22,7	4,3	-
Слуцк	54	1000	Теплый	21,8	48,4	26,4	51,8	3,3	11,3
			Холодный	-9,5	-6,1	-23,0	-21,6	4,8	-
Гродненская область									
Лида	54	1000	Теплый	21,5	47,0	26,1	50,6	3,0	10,9
			Холодный	-9,0	-5,4	-22,0	-20,8	4,0	-
Гродно	54	1000	Теплый	21,7	47,6	26,3	51,4	1,0	10,6
			Холодный	-8,5	-4,7	-22,0	-20,5	5,6	-
Новогрудок	54	980	Теплый	20,3	47,0	24,9	50,6	3,1	9,1
			Холодный	-10,0	-6,0	-21,0	-20,3	5,6	-
Волковыск	54	990	Теплый	22,0	47,6	26,6	51,5	3,3	11,0
			Холодный	-8,5	-4,8	-21,0	-20,4	4,5	-
Могилевская область									
Горки	54	990	Теплый	21,1	48,4	25,7	52,4	3,1	10,6
			Холодный	-12,5	-9,9	-26,0	-25,2	5,3	-
Могилев	54	990	Теплый	21,6	47,8	26,2	51,6	3,7	10,8
			Холодный	-11,5	-8,7	-24,0	-23,2	4,7	-
Славгород	54	1000	Теплый	22,0	49,0	26,6	52,5	3,4	10,6
			Холодный	-11,5	-8,7	-24,0	-23,6	4,4	-
Бобруйск	54	1000	Теплый	22,3	48,8	26,9	52,2	3,2	11,2
			Холодный	-10,5	-7,4	-23,0	-22,2	3,9	-

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Брестская область									
Бараповичи	54	990	Теплый	21,9	47,3	26,5	51,2	3,3	10,9
			Холодный	-9,0	-5,4	-22,0	-21,0	4,8	-
Ганцевичи	52	1000	Теплый	22,2	48,5	26,8	52,0	3,4	12,0
			Холодный	-9,0	-5,5	-22,0	-20,8	3,5	-
Пружаны	52	1000	Теплый	22,2	48,5	26,8	52,4	2,5	11,3
			Холодный	-8,0	-4,1	-22,0	-20,5	3,2	-
Брест	52	1000	Теплый	22,6	49,6	27,2	53,0	2,9	10,8
			Холодный	-7,0	-2,8	-21,0	-19,6	3,7	-
Пинск	52	1000	Теплый	22,4	50,0	27,0	53,6	3,6	11,1
			Холодный	-8,5	-4,8	-21,0	-19,9	5,1	-
Гомельская область									
Жлобин	52	1000	Теплый	22,4	49,4	27,0	53,0	2,8	10,9
			Холодный	-10,5	-7,5	-24,0	-22,9	3,6	-
Гомель	52	1000	Теплый	22,3	50,3	26,9	54,0	3,4	10,5
			Холодный	-10,5	-7,5	-24,0	-23,3	4,0	-
Василевичи	52	1000	Теплый	22,8	49,8	27,4	53,7	1,0	11,8
			Холодный	-10,0	-6,9	-23,0	-22,2	3,7	-
Житковичи	52	1000	Теплый	22,5	49,8	27,1	53,4	2,6	11,6
			Холодный	-9,0	-5,6	-22,0	-21,1	3,3	-
Лельчицы	52	1000	Теплый	22,8	50,0	27,4	53,7	1,5	11,8
			Холодный	-9,0	-5,6	-22,0	-20,7	3,6	-
Брагин	52	1000	Теплый	22,5	49,8	27,1	53,6	1,0	11,6
			Холодный	-10,0	-6,8	-22,0	-21,4	4,9	-

Приложение 5

Диаграммы для подбора ручных балансировочных клапанов
 марки TBV фирмы TA

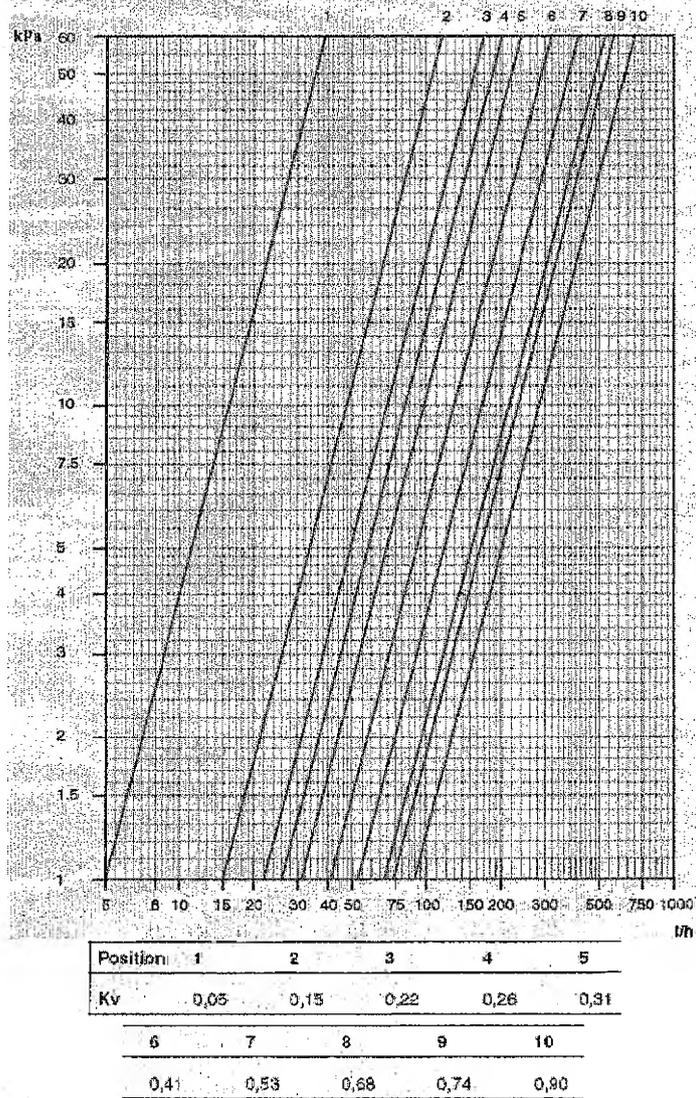
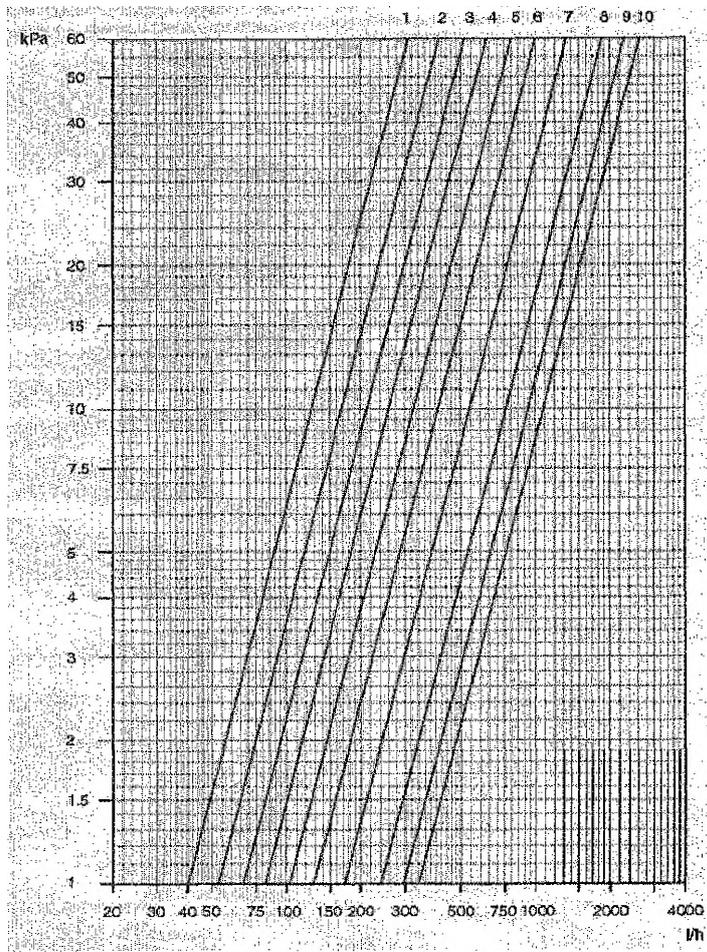
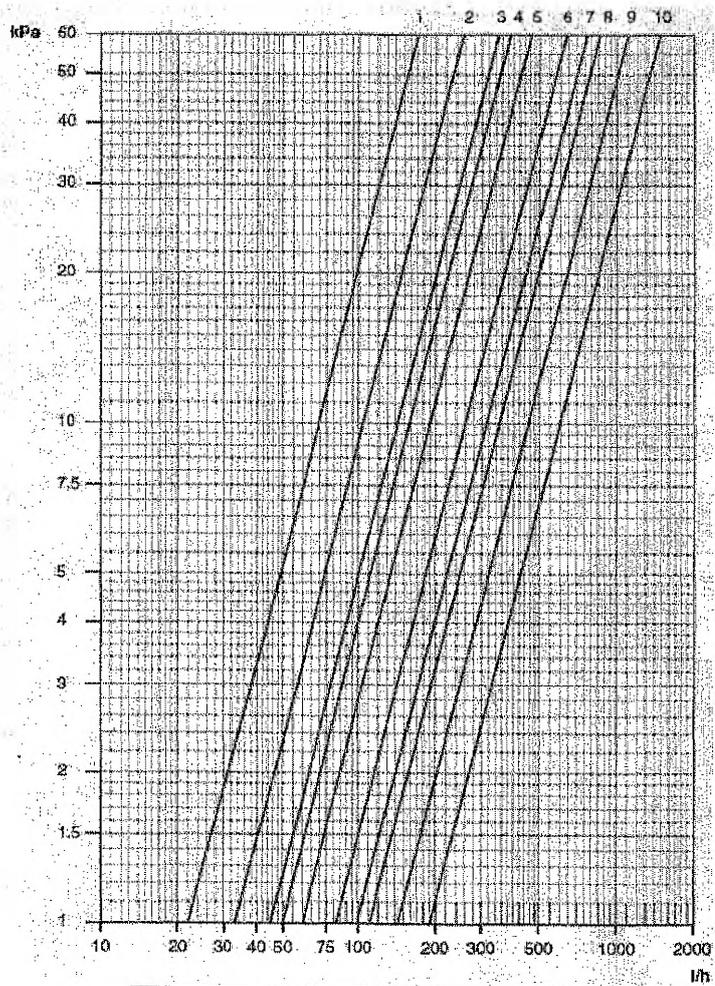


Диаграмма для подбора ручного балансировочного клапана TBV L F (низкий расход)
 (диаметром 15мм)



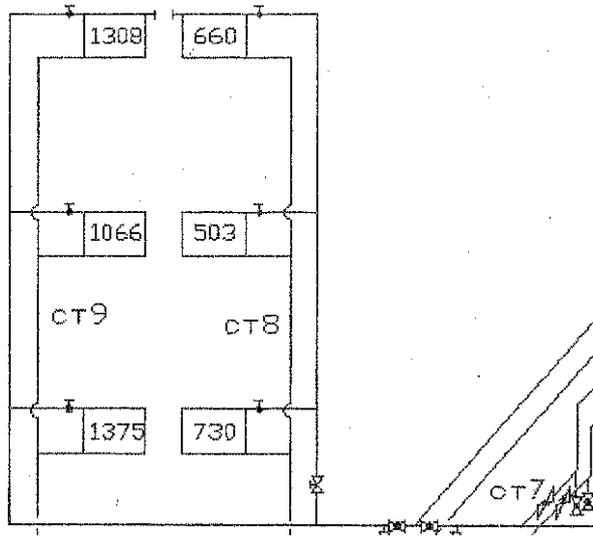
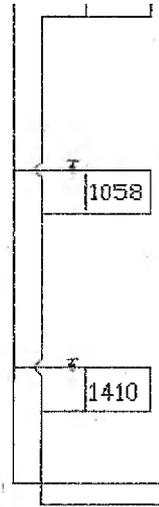
Position	1	2	3	4	5
Kv	0,40	0,53	0,67	0,82	1,03
	6	7	8	9	10
	1,29	1,72	2,40	2,96	3,40

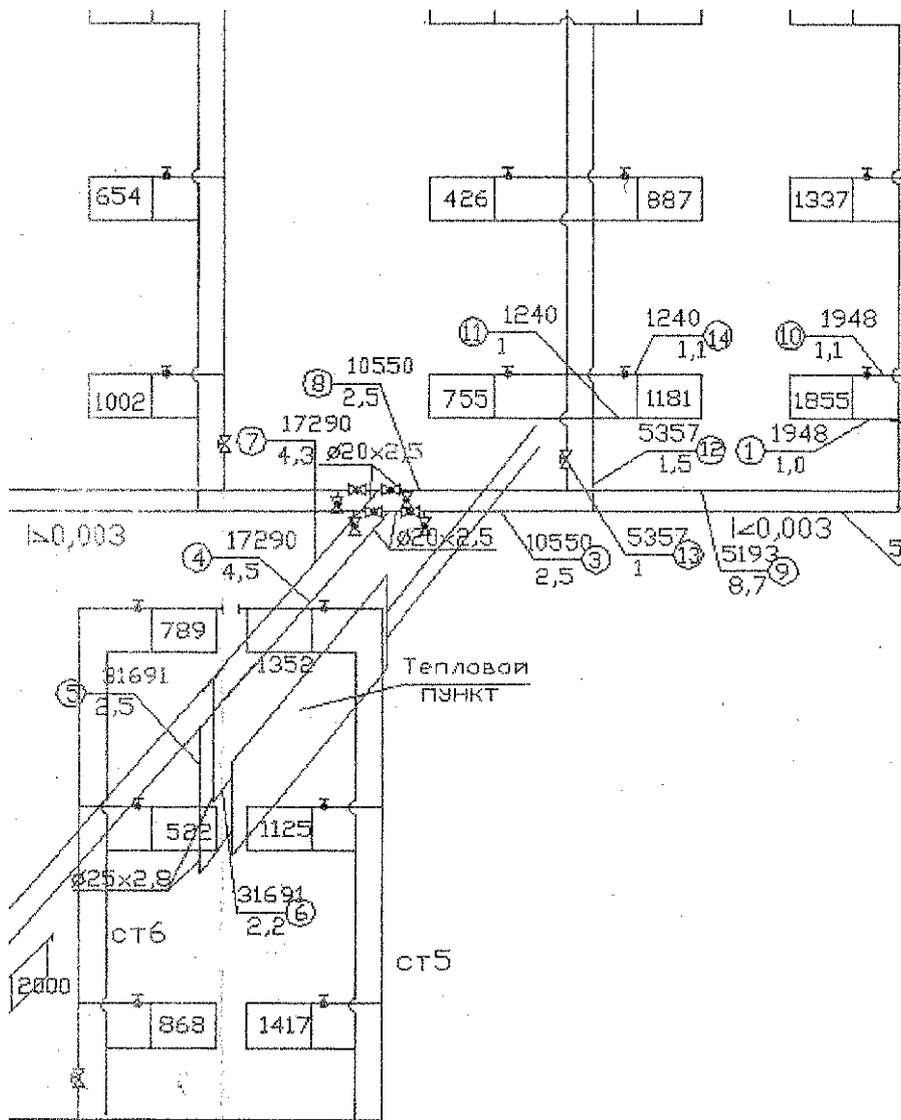
Диаграмма для подбора ручного балансировочного клапана TBV NF (диаметром 20мм)



Position	1	2	3	4	5
Kv	0,22	0,33	0,45	0,50	0,60
6	7	8	9	10	
	0,92	0,99	1,11	1,43	1,80

Диаграмма для подбора ручного балансировочного клапана TBV NF (нормальный расход)
(диаметром 15мм)





Учебное издание

Составители:
Владимир Геннадьевич Новосельцев
Дина Владимировна Новосельцева

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для курсового проектирования по дисциплине
"Отопление" на тему "Отопление гражданского здания"
для студентов специальности 1-70 04 02
"Теплогасоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна"
для всех форм обучения, слушателей ИПКиП специальности 1-70 04 71
"Теплогасоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна"

Ответственный за выпуск: Новосельцев В.Г.
Редактор: Боровикова Е.А.
Компьютерная вёрстка: Соколюк А.П.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано в печать 02.12.2016 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Performer».
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 3,0. Уч. изд. л. 3,25. Заказ № 1172. Тираж 50 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.