

Комплект методические указания для курсовой работы

ЗАДАНИЕ

к выполнению курсовых работ

"Анализ теплотехнических качеств

наружных ограждений" и

"Отопление и вентиляция реконструируемого здания"

студенту _____

курса ____ группы ____ отделения _____

факультета ГСХ

Дата выдачи _____ 200__ г.

Срок окончания работы _____ 200__ г.

Консультант _____

Составитель

профессор, кандидат технических наук Е.В.Казнин

I. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1. Планировка здания: вариант ____, число этажей ____, ориентация входа на ____, строительные размеры: $a =$; $b =$; $H_{эт} =$; $H_{щ} =$ (прил.1).

2. Характеристика ограждающих конструкций здания (прил.2):

наружные стены, вариант _____;

кровля из рулонных материалов;

чердачное перекрытие - по R_0 , равному $R_{гсоп}^{тр}$;

перекрытие над холодным подвалом по R_0 , равному $R_{гсоп}^{тр}$;

наружные двери - $R_{д} = R_{д}^{тр}$;

окна и балконные двери по СНиП 11-33-79*.

3. Район строительства, вариант ____ (прил. 3).

4. Относительная влажность воздуха в помещениях $\varphi_B =$ ____ %.

5. Система отопления - водяная двухтрубная (однотрубная) с верхним (нижним) расположением подающей магистрали.

6. Отопительные приборы - радиаторы типа М - _____.

7. Источник теплоснабжения - городская тепловая сеть.

Теплоноситель - вода с параметрами: $T_r =$ ____ °C; $T_0 =$ ____ °C.

Перепад давления в наружных тепловых сетях на вводе в здание ____ кПа.

II. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций

Определить требуемое сопротивление теплопередаче наружной стены, исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий, а также условий энергосбережений. Определить сопротивление теплопередаче заданной конструкции наружной стены. При необходимости предусмотреть дополнительный слой теплоизоляционного материала, обеспечивающий требуемое сопротивление теплопередаче. Проверить отсутствие конденсации водяных паров на внутренних поверхностях гласи стены наружного угла, теплопроводного включения, а также накопление влаги в толще ограждения, определить коэффициент теплопередачи наружной стены.

Определить требуемое сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия и пола первого этажа над неотапливаемым подвалом без окон, рассчитать коэффициенты теплопередачи при условии, что $R_0 = R_{гсоп}^{тр}$.

Выбрать заполнение световых проемов, определить их фактические коэффициенты теплопередачи и сопротивление воздухопроницанию.

2. Расчет тепловой мощности системы отопления

Рассчитать подробно теплопотери для шести характерных помещений на всех этажах здания и лестничной клетки по указанию консультанта и ориентировочно - для остальных помещений.

Определить теплотраты на подогрев вентиляционного и инфильтрационного воздуха и бытовые тепловыделения.

Составить сводную таблицу тепловой мощности отопительных приборов по помещениям. Определить тепловую характеристику здания.

3. Конструирование и расчет системы водяного отопления

Выбрать схему движения воды в магистралях системы отопления и обосновать это решение, предварительно согласовав его с консультантом. На планах этажей в масштабе 1:100 разместить стояки и отопительные приборы, нанести подающие и обратные магистрали. Сконструировать элеваторный узел и разместить его в помещении теплового пункта. Вычертить аксонометрическую схему системы отопления в масштабе 1:100, решив вопросы воздухоудаления и опорожнения системы. Выполнить гидравлический расчет одной ветви системы отопления с увязкой потерь давления в циркуляционных кольцах. Рассчитать необходимую поверхность нагрева и число секций радиаторов для ветви стояков. Составить спецификацию оборудования системы отопления.

4. Конструирование и расчет системы вентиляции

В соответствии с действующими нормами определить воздухообмены в квартирах жилого здания. Разместить вентиляционные каналы, короба, жалюзийные решетки и шахты. Вычертить аксонометрическую схему одной вытяжной системы вентиляции в масштабе 1:100. Провести аэродинамический расчет вычерченной схемы системы вентиляции.

5. Графическая часть работы

Графическая часть работы выполняется на двух листах ватмана формата А1. На планах этажей, чердака и подвала указать номера стояков системы отопления и номера систем вентиляции, рассчитанные диаметры магистралей, размеры вентиляционных решеток, каналов, коробов и шахт, количество секций отопительных приборов. На аксонометрических схемах систем отопления и вентиляции указать номера систем, стояков, расчетных участков и их длины, нагрузки, уклоны и диаметры труб, размеры каналов согласно выполненному расчету, а также уклоны теплопроводов. На схемах элеваторных узлов указать контрольно-измерительную арматуру. Разработать узел отопительной или вентиляционной системы (установка радиатора, вентиляционного канала, короба, шахты или другого оборудования) по согласованию с консультантом.

Чертежи выполняются карандашом или тушью, а так же с использованием машинной графики.

План выполнения курсовой работы «Анализ теплотехнических качеств наружных ограждений»

Наименование этажа	Трудоемкость, %	Срок выполнения
--------------------	-----------------	-----------------

Выбор исходных нормативных данных, заготовка чертежей	20	28.02
Теплотехнический расчет ограждающих конструкций, выбор заполнения оконных и дверных проемов	40	30.03
Расчет тепловой мощности систем отопления	40	30.04

План выполнения курсовой работы «Отопление и вентиляция жилого дома»

Наименование этапа	Трудоемкость, %	Срок выполнения
Расчет отопительных приборов, подбор элеватора	10	30.09
Конструирование и расчет системы отопления	30	30.10
Конструирование и расчет систем вентиляции	30	30.11
Графическое оформление проекта отопления и вентиляции, оформление пояснительной записки	30	30.12

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кувшинов Ю.Я. "Теоретические основы обеспечения микроклимата помещения" - М.: Издательство АСВ, 2007 г.
2. Гусев Е.В., Ковалев Н.И., Попов В.П. и др. "Теплотехника, вентиляция и кондиционирование воздуха. Учебник для вузов. - Л.: Стройиздат, 1981, 343 с.

1. Варианты планировки зданий

The image displays two architectural floor plans side-by-side. The left plan, labeled 'I этаж' (1st floor), shows a building footprint with overall dimensions of 6000 (width) and 4800 (depth). A section on the left is 1200 wide. It features a central staircase and several rooms, some numbered '98'. The right plan, labeled 'Типовой этаж' (Typical floor), shows a similar layout with a central staircase and rooms. Dimensions of 3000 and 6000 are indicated at the top. Both plans use standard architectural symbols for walls, doors, and stairs.

1200

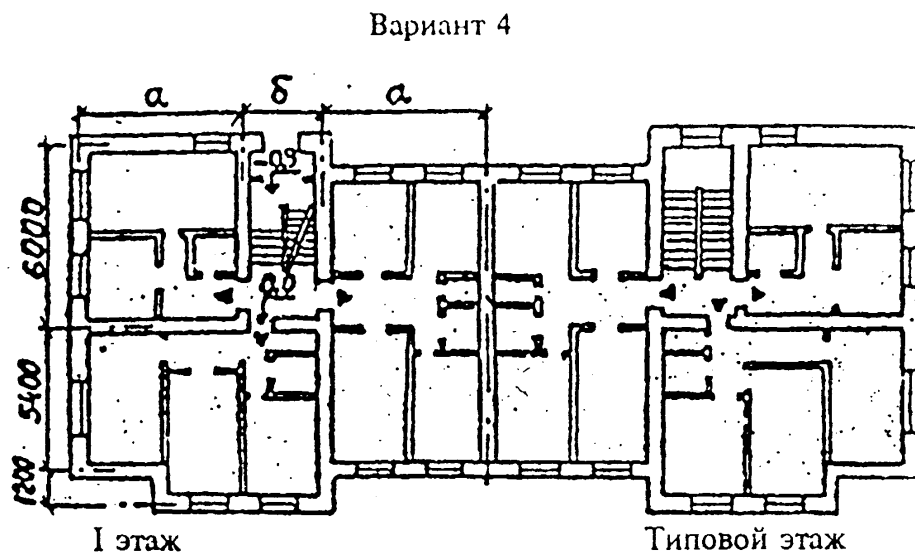
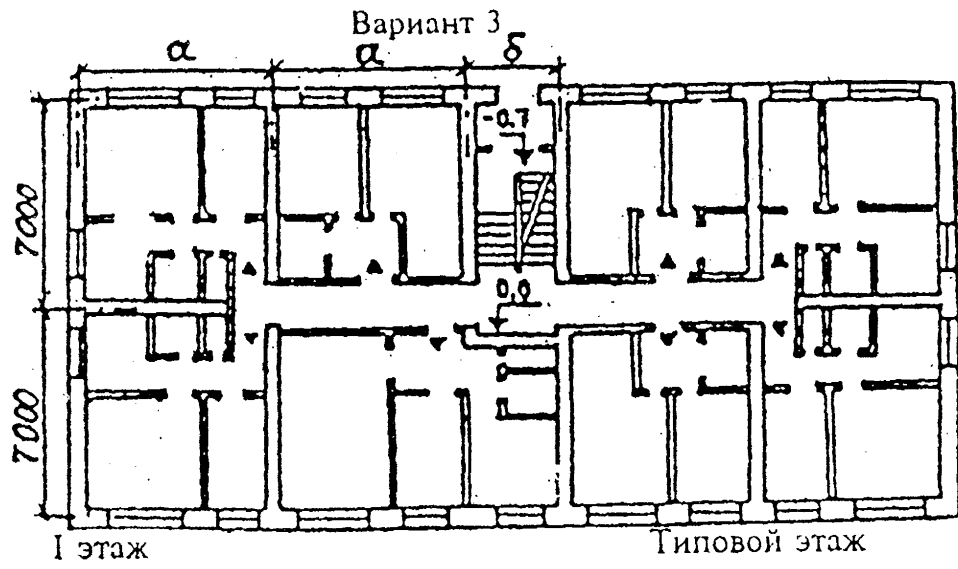
a δ a

5400

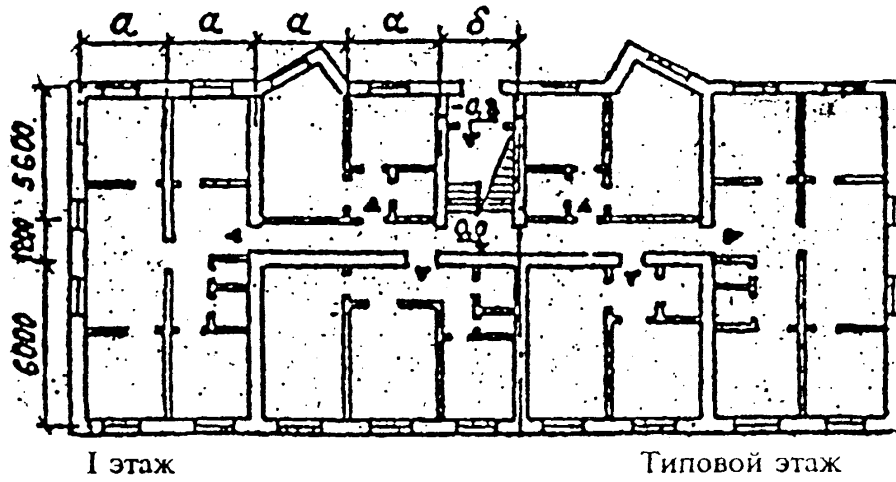
6000

I этаж

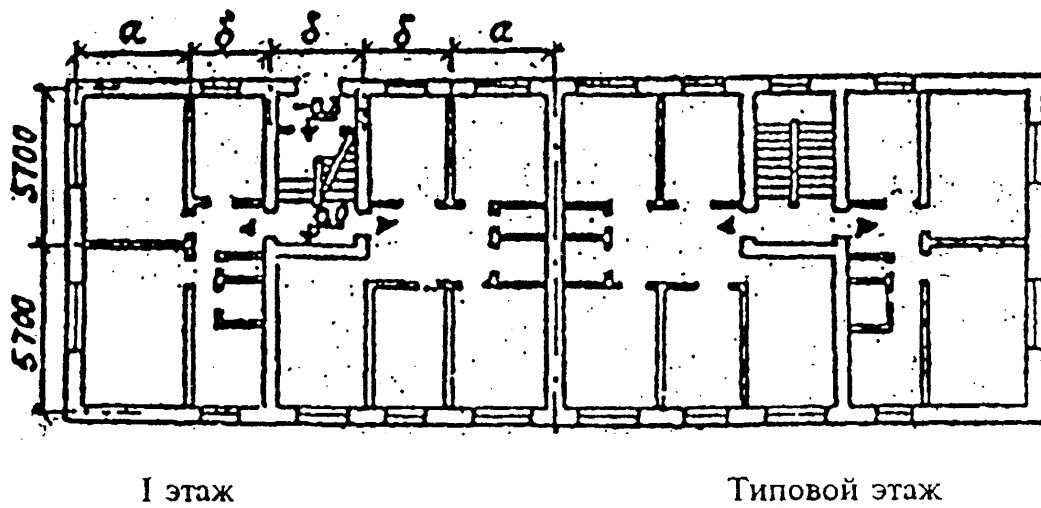
Типовой этаж



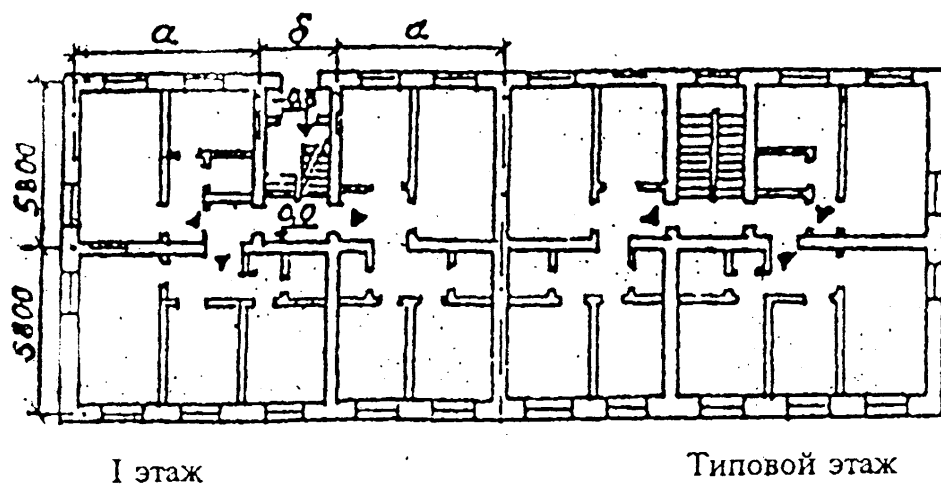
Вариант 5



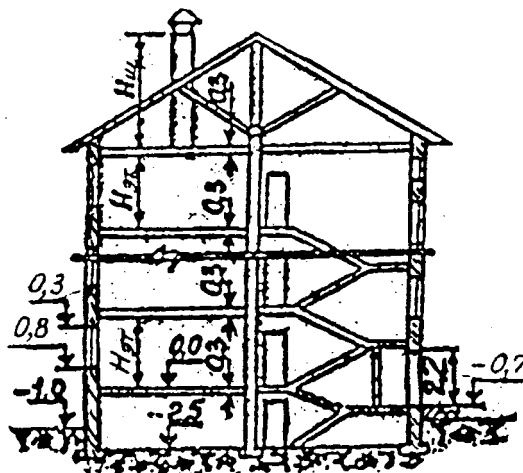
Вариант 6



Вариант 7



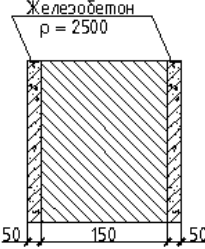
Типовой разрез здания



Вариант	Значение а для варианта плана, м.		δ, м	Н _{эт} , м	Н _ш , м
	1,5,6	2,3,4,7			
1	2,8	6,0	3,1	2,9	4,8
2	2,9	6,1	3,2	2,8	4,7
3	2,8	6,2	3,3	2,7	4,6
4	3,0	6,3	3,0	2,6	4,5
5	3,1	6,4	2,9	2,7	4,4
6	3,2	6,5	3,2	2,9	4,3
7	3,3	5,8	3,0	2,8	4,0
8	3,4	5,6	3,1	2,6	3,8

2. Варианты конструкций наружной стены здания.

№ вари- анта	Конструкция	Материал утепляющего слоя	ρ, кг/м ³	№ ва- ри- анта	Конструкция	Материал утепляю- щего слоя	ρ, кг/м ³
1		Кирпич ГОСТ 530-71	1800	12		Керамзи- тобетон	1200
2			1700	13			1000
3			1600	14		Вермику- литобетон	800

4		ГОСТ 648-73	1200	15		Газобетон	600
5			1000	16		Аглопи- ритобетон	1000
6		керамический пустотный	1600	17			Плиты минерало- ватные ГОСТ 9573-82
7			1400	18		350	
				19		300	
				20		200	
8		силикатный	1200	21		100	
				22		50	
9		Керамзито- бетон	1600	23		Пенопо- листерол	150
10			1400	24		Газо- и пенобетон	400
11			800	25			300

3. Варианты района строительства зданий

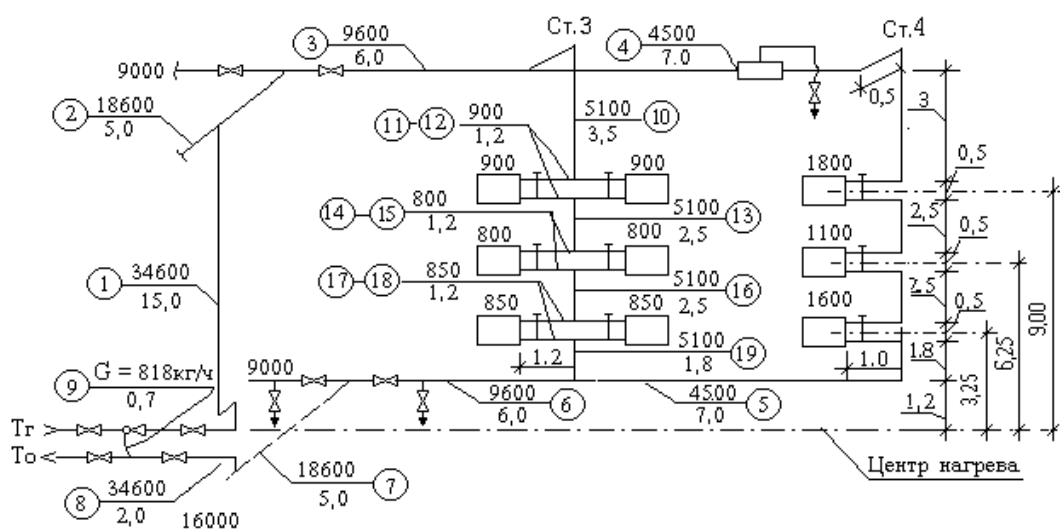
Вариант	Район строительства	Вариант	Район строительства
1	Брянск	9	Новгород
2	Владимир	10	Орел
3	Иваново	11	Псков
4	Тверь	12	Рязань
5	Калуга	13	Саратов

6	Санкт-Петербург	14	Смоленск
7	Минск	15	Ярославль
8	Москва	16	

Гидравлический расчет однотрубной проточнорегулируемой системы водяного отопления с верхней разводкой магистралей воды, тупиковой

Исходные данные: Здание трехэтажное, присоединение к тепловым сетям через водоструйный элеватор при параметрах теплоносителя на вводе в здание $T_{\Gamma} = 150^{\circ}\text{C}$, $T_0 = 70^{\circ}\text{C}$. Перепад давления на вводе в здание $\Delta P_{\text{ТС}} = 60,6 \text{ кПа}$. Теплоноситель системы отопления - вода $t_{\Gamma} = 95^{\circ}\text{C}$, $t_0 = 70^{\circ}\text{C}$.

АксонOMETрическая схема расчетной ветви системы отопления



1. Выбирается основное циркуляционное кольцо, которое разбивается на расчетные участки. Они нумеруются и около каждого участка проставляются: в числителе - тепловая нагрузка, в Вт; в знаменателе - длина, в м. Расчетный участок характеризуется постоянством расхода и скорости теплоносителя.

2. Определяется расход воды на каждом участке, кг/ч

$$G_{y-ka} = \frac{3,6 * Q_{y-ka}}{4,187 * (t_{\Gamma} - t_0)} = \frac{3,6 * Q_{y-ka}}{4,187 * (95 - 70)} = 0,034 Q_{y-ka},$$

где Q_{y-ka} - тепловая нагрузка соответствующего участка, Вт.

Расход воды, подмешиваемой в элеваторе (участок 9) определяется как разность расходов воды, циркулирующей в системе отопления и поступающей из теплосети с па-

параметрами $T_{\Gamma} = 150^{\circ}\text{C}$, $T_0 = 70^{\circ}\text{C}$.

$$G_9 = G_{c.o} - G_{t.c} = \frac{3,6}{4,187} \left(\frac{G_{c.o}}{(t_{\Gamma} - t_0)} - \frac{G_{c.o}}{(T_{\Gamma} - T_0)} \right) = \frac{3,6}{4,187} \left(\frac{34600}{(95 - 70)} - \frac{34600}{(150 - 70)} \right) =$$

$$= 0,86 (1384 - 433) = 1190 - 372 = 818 \text{ кг/ч.}$$

Заполняем первые четыре графы таблицы (стр.7).

3. Подбирается элеватор и рассчитывается насосное циркуляционное давление ΔP_H после элеватора для системы отопления.

Коэффициент смешения элеватора:

$$U = \frac{T_{\Gamma} - t_{\Gamma}}{t_{\Gamma} - t_0} = \frac{150 - 95}{95 - 70} = 2,2.$$

Насосное циркуляционное давление для системы:

$$\Delta P_H = \frac{\Delta P_{t.c}}{1,4 (1 + U)^2} = \frac{60,6 * 1000}{1,4 (1 + 2,2)^2} = 4300 \text{ Па.}$$

Диаметр горловины элеватора (мм)

$$d_{\Gamma} = 87,4 \sqrt{\frac{G_{c.o}}{1000 * \sqrt{\Delta P_H}}} = 87,4 \sqrt{\frac{1190}{1000 * \sqrt{4300}}} = 11,77 \text{ мм.}$$

По таблице 6[1] выбираем элеватор № 1 с диаметром горловины $d = 15 \text{ мм}$.

$$\text{Диаметр сопла: } d_c = \frac{d_{\Gamma}}{1 + U} = \frac{15}{1 + 2,2} = 4,5 \text{ мм} \sim 5 \text{ мм.}$$

4. Определяется расчетное циркуляционное давление (для основного циркуляционного кольца через стояк Ст. 4):

$$\Delta P_p = \Delta P_H + B(\Delta P_{e.pr} + \Delta P_{e.tr}),$$

где B - коэффициент, для однетрубных систем отопления принимается равным 1,0;

$\Delta P_{e.pr}$ - естественное давление от остывания воды в отопительных приборах, Па;

$$\Delta P_{e.pr} = 6,3 \frac{t_d - t_0}{Q_{ст4}} \Sigma(Q_i * h_i) =$$

$$= 6,3 \frac{95 - 70}{4500} \Sigma(1800 * 9,25 + 1100 * 6,25 + 1600 * 3,25) = 1037 \text{ Па}$$

$\Delta P_{e.tr}$ - естественное давление от остывания воды в трубах, Па.

По таблице 3 [1]

$$\Delta P_{e.tr} = 250 * 0,5 * 0,4 = 50 \text{ Па. } \Delta P_p = 4300 + 1037 + 50 = 5387 \text{ Па.}$$

5. Определяются ориентировочные удельные потери давления на 1 п.м. длины основного кольца

$$R_{OP} = \frac{0,65 * P_p}{\Sigma l} = \frac{0,65 * 5387}{64} = 55 \text{ Па/п.м.}$$

где 0,65 - предполагаемая доля потерь давления по длине.

Σl - длина участков основного циркуляционного кольца, м.п.

6. По вычисленным расходам теплоносителя на участках и величине R_{OP} подбираем диаметры труб (по табл. 26 [1]) и находим фактические удельные потери на трение R на 1 п.м. длина и соответствующую скорость воды, затем общие потери давления на трение R_l , заполняем графы 6,7,8 таблицы.

7. Определяем потери давления в местных сопротивлениях каждого участка, Па.

$$Z = \Sigma \zeta * P_d$$

где $\Sigma \zeta$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений, (табл.9,19 [1]);

ΔP_d - динамическое давление на участке, Па,

$$\Delta P_d = \frac{V^2}{2} \rho, \text{ (табл.20 [1]);}$$

V - скорость движения теплоносителя на участке, м/с;

ρ - плотность воды при $95 \div 70^\circ \text{C}$, кг/м³.

Заполняются графы 9.10.11.12 таблицы гидравлического расчета (стр.7).

Коэффициенты местных сопротивлений

Участок 1 $d = 32 \text{ } d = 40$

Задвижка - $1 \zeta = 0,5 * 1 = 0,5$ $0,5 * 1 = 0,5$

Отвод 90° - $3 \zeta = 1,0 * 3 = 3,0$ $0,5 * 1 = 1,5$

$$\Sigma \zeta = 3,5 = 2,0$$

Участок 2 $d = 25 \text{ } d = 32$

 Тройник противоточный. - $1 \zeta = 3,0 * 1 = 3,0$ $3,0 * 1 = 3,0$

$$\Sigma \zeta = 3,0 = 3,0$$

Участок 3 $d = 20$

Вентиль проходной. - $1 \zeta = 3,0 * 1 = 3,0$

 Тройник противоточный. - $1 \zeta = 3,0 * 1 = 3,0$

$$\Sigma \zeta = 6,0$$

Участок 4 $d = 15$

 Тройник проходной. - $1 \zeta = 1 * 1 = 1$

Воздухосборник - $1 \zeta = 1,5 * 1 = 1,5$

$$\Sigma \zeta = 2,5$$

Участок 5 $d = 15$ Отвод 90° - 1 $\zeta = 1,5 * 1 = 1,5$

 Тройник проходной. - 1 $\zeta = 1 * 1 = 1,0$
 $\Sigma \zeta = 2,5$
Участок 6 $d = 20$

 Тройник проходной - 1 $\zeta = 1 * 1 = 1,0$
Вентиль проходной - 1 $\zeta = 3,0 * 1 = 3,0$ Тройник противоточный. - 1 $\zeta = 3,0 * 1 = 3,0$
 $\Sigma \zeta = 7,0$ **Участок 7** $d = 25, 32$

 Тройник противоточный. - 1 $\zeta = 3,0 * 1 = 3,0$
 $\Sigma \zeta = 3,0$
Участок 8 $d = 32$ $d = 40$ Отвод 90° - 1 $\zeta = 1 * 1 = 1,0$ $0,5 * 1 = 0,5$ Задвижка - 1 $\zeta = 0,5 * 1 = 0,5$ $0,5 * 1 = 0,5$ $\Sigma \zeta = 1,5 = 1,0$ **Участок 9** $d = 32$ Тройник поворот. - 1 $\zeta = 1,5 * 1 = 1,5$ $\Sigma \zeta = 1,5$ **Стояк 4** $d = 32$ Отвод $\angle 45^\circ$ - 2 шт (Отвод 90° - 1 шт) $\zeta = 1,5 * 1 = 1,5$ Отвод 90° - 6 шт $\zeta = 1,5 * 6 = 9,0$ Кран КРТ - 3 шт $\zeta = 3,5 * 3 = 10,5$ Радиатор чугунный секционный. - 3 шт $\zeta = 2,0 * 3 = 6,0$ Тройник проходной. - 3 $\zeta = 1 * 3 = 3,0$ $\Sigma \zeta = 30$

8. Сравниваются полученные значения $\Sigma(RI + Z)_{1-9}$ - основного циркуляционно-го кольца (графа 12) с расчетным давлением в этом кольце ΔP_p ; запас должен составлять около 10 %, в противном случае изменяются сечения некоторых участков до достижения данного условия.

Запас по предварительному расчету в %

$$\frac{\Delta P_p - \Sigma(RI + Z)_{1-9}}{\Delta P_p} 100 = \frac{5387 - 6156}{5387} 100 = -14,2 \%$$

Перерасход $\sim 14 \%$, меняем сечения труб участков 1,2,7,8 в большую сторону

на один сортамент.

Запас по окончательному расчету в %

$$\frac{5387 - 4752}{5387} 100 = \sim 12\%.$$

9. Рассчитывается второстепенное циркуляционное кольцо (через первый по ходу теплоносителя стояк, в данном случае стояк Ст.3).

Гидравлические потери давления на участках данного кольца с 10 по 19 должны быть равны потерям давления в параллельных уч. № 4, Ст.4 и 5 уже рассчитанного циркуляционного кольца.

Расчетное давление для участков 10-19 составит:

$$\Delta P_{P(10-19)} = \Sigma(l R + Z)_{4, \text{Ст.4, 5}} = 591,5 + 1570 + 591,5 = 2753 \text{ Па.}$$

Ориентировочные удельные потери давления на участках 10 - 19:

$$R_{OP(10-19)} = \frac{0,65 * \Delta P_{P(10-19)}}{\Sigma l_{(10-19)}} = \frac{0,65 * 2753}{24,3} = 74 \text{ Па/м.}$$

Подбираем сечения участков 10-19 с учетом R_{OP} и расхода теплоносителя на каждом участке.

По результатам предварительного расчета невязка в потерях давления и расчетного давления составит:

$$\frac{\Delta P_{P(10-19)} - \Sigma(Rl + Z)_{(10-19)}}{\Delta P_{P(10-19)}} * 100 = \frac{2753 - 2075}{2753} * 100 = 27\%,$$

что превышают допустимую невязку $\pm 15\%$

Для достижения данного условия необходимо увеличить потери давления в рассчитываемых участках, уменьшая сечения некоторых из них.

Местные сопротивления на участках 10-19

Участок 10 $d = 15$



Тройник поворотный - $1 \zeta = 1,5 * 1 = 1,5$

Отвод $\angle 45^\circ$ - $1 \zeta = 1,5 / 2 * 1 = 0,75$

$$\Sigma \zeta = 2,25$$

Участок 11,14, 17 $d = 10$



Тройник противоточный - $1 \zeta = 3 * 1 = 3$

Кран КРТ - $1 \zeta = 4 * 1 = 4$

Отопительный прибор - $1/2 \zeta = 2 / 2 * 1 = 1$

$$\Sigma \zeta = 8$$

Участок 12,15,18 $d = 10$



Отопительный прибор - $1/2 \zeta = 2 / 2 * 1 = 1$

Тройник проходной. - $1 \zeta = 1 * 1 = 1$



Тройник противоточный - $1 \zeta = 3 * 1 = 3$

$$\Sigma \zeta = 5$$

Участок 13,16 d = 15

$$\Sigma \zeta = 0$$

Участок 19 d = 15

$$\begin{array}{c} \text{Тройник поворотный} - 1 \zeta = 1,5 * 1 = 1,5 \\ \Sigma \zeta = 1,5 \end{array}$$

Определение расхода теплоносителя через прибор Ст.3.

Для данного стояка с двухсторонним присоединением отопительных приборов принимаем коэффициент затекания воды в прибор

$$\alpha = 0,5 \quad G_{\text{ПР}} = \alpha G_{\text{СТ}} = 0,5 * 173,4 = 86,7 \text{ кг/ч.}$$

Вариант 1. Принимаем диаметр сечения участка 19 вместо 15 мм - 10 мм.

$$\text{Невязка} \frac{2753 - 2419}{2753} 100 \approx +10\%.$$

Вариант 2. Принимаем диаметр сечения участков 13,16 равным - 10 мм.

$$\text{Невязка} \frac{2753 - 2875}{2753} 100 \approx -5\%.$$

Принимаем в окончательном расчете второй вариант, как имеющий меньшую невязку.

Таблица 7

Результаты гидравлического расчета

Данные расчета																			
№	Q Вт/ч	G кг/ч	l м	предварительного								окончательного							
				d мм	v м/с	R Па/м	Rl Па	Σζ	P _д Па	Z Па	Rl+Z Па	d мм	v м/с	R Па/м	Rl Па	Σζ	P _д Па	Z Па	Rl+Z Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Основное циркуляционное кольцо

1	34600	1190	15,0	32	0,34	56	840	3.5	56,9	199,1	1039,1	40	0,25	25	375	2,0	30,4	61,0	436,0	
2	18600	640	5,0	25	0,31	71	355	3,0	47,1	141,3	496,3	32	0,18	17	85	3,0	15,3	45,9	131,0	
3	9600	330	6,0	20	0,25	62	372	6,0	32,0	192,0	564,0									
4	4500	155	7,0	15	0,23	75	525	2,5	26,6	6,5	591,5									
Ст 4	4500	155	10,0	15	0,23	75	772	30,0	26,6	798,9	1570,0									
5	4500	155	7,0	15	0,23	75	525	2,5	26,6	66,5	591,5									
6	9600	330	6,0	20	0,25	62	372	7,0	32,0	224,0	596,0									
7	18600	640	5,0	25	0,31	71	355	3,0	41,1	123,3	478,3	32	0,18	17	85	3,0	15,3	45,9	131,0	
8	34600	1190	2,0	32	0,34	56	112	1,0	56,9	56,9	168,9	40	0,25	25	50	1,0	30,4	230,4	80,4	
9		818	0,7	32	0,24	26	18	1,5	28,4	42,7	60,7									
							4246				1910	6156								4752,0

$$\text{Запас} = \frac{5387 - 6156}{5387} 100 = -14,2\% \quad \text{Запас} = \frac{5387 - 4752}{5387} 100 = 11,8\%.$$

Второстепенное циркуляционное кольцо

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10	5100	173,43,5	15	0,25	90	315	2,25	30,4	68,4	383,4									
11	900	86,7 1,2	10	0,18	59	71	8,0	15,9	127,2198,2										
12	900	86,7 1,2	10	0,18	59	71	5,0	15,9	75,5	146,5									
13	5100	173,41,5	15	0,25	90	225	0	30,4	0	225	10	0,37	250	625	0	67,7	0	625*	
14	800	86,7 1,2	10	0,18	59	71	8,0	15,9	127,2198,2										
15	800	86,7 1,2	10	0,18	59	71	5,0	15,9	75,5	146,5									
16	5100	173,41,5	15	0,25	90	225	0	30,4	0	225	10	0,37	250	625	0	67,7	0	625*	
17	850	86,7 1,2	10	0,18	59	71	8,0	15,9	127,2198,2										
18	850	86,7 1,2	10	0,18	59	71	5,0	15,9	75,5	146,5									
19	5100	173,41,8	15	0,25	90	162	1,5	30,4	45,6	207,6								101,5557,5	
																		*	
						1354			722	2075			** Вариант 2						2875

* Вариант 1 2419

$$\text{Невязка} = \frac{2753 - 2075}{2753} 100 = 27 \%. \quad ** \text{Невязка} = \frac{2753 - 2875}{2753} 100 = -5 \%.$$

$$* \text{Невязка} = \frac{2753 - 2875}{2753} 100 = 12 \%$$

ЛИТЕРАТУРА

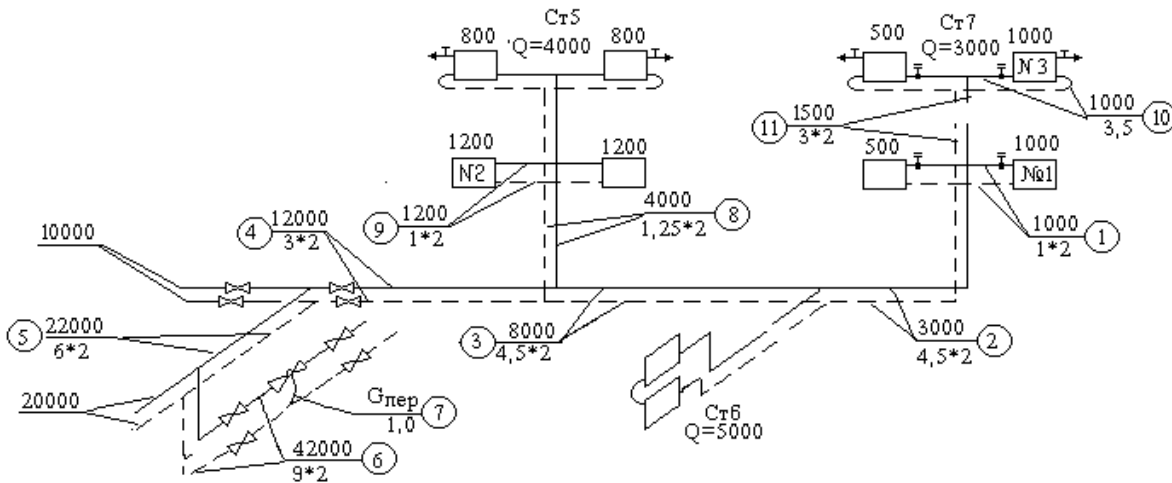
1. Нормативные и справочные материалы по расчету систем отопления, для студентов специальности 1218 "Техническая эксплуатация зданий, оборудования и автоматических систем". МИСИ, Москва 1988. Е.В.Казнин
2. Отопление и вентиляция гражданского здания. М.У. для ПГС. МИСИ, Москва 1993. В.С.Тишкин.

Составил - к.т.н Е.В. Казнин

Гидравлический расчет двухтрубной тупиковой системы водяного отопления с нижней разводкой магистралей

Исходные данные: Здание двухэтажное, присоединение к тепловым сетям через водоструйный элеватор. Параметрах теплоносителя на вводе в здание $T_{\Gamma} = 150^{\circ}\text{C}$, $T_0 = 70^{\circ}\text{C}$. Перепад давления на вводе в здание $\Delta P_{\text{ТС}} = P_{\Gamma} - P_0 = 60,6 \text{ кПа}$. Теплоноситель системы отопления - вода $t_{\Gamma} = 95^{\circ}\text{C}$, $t_0 = 70^{\circ}\text{C}$. Тепловые нагрузки приборов и стояков указаны на схеме:

Аксонметрическая схема расчетной ветви системы отопления



1. Выбирается основное циркуляционное кольцо, которое разбивается на расчетные участки. Они нумеруются и около каждого участка проставляются: в числителе - его тепловая нагрузка, в знаменателе - длина. В участок входит часть горячей и обратной магистралей, стояков и подводов, имеющих постоянный расход и скорость теплоносителя.

2. Определяется расход воды на каждом участке, кг/ч

$$G_{y-ka} = \frac{3,6 * Q_{y-ka}}{4,187 * (95 - 70)},$$

где Q_{y-ka} - тепловая нагрузка соответствующего участка, Вт.

Расход воды, подмешиваемой в элеваторе (участок 7), определяется как разность расходов воды, циркулирующей в системе отопления и поступающей из теплосети с параметрами $T_{\Gamma} = 150^{\circ}\text{C}$, $T_0 = 70^{\circ}\text{C}$.

$$G_{C.O} - G_{T.C} = G_{\text{ПЕР}} = \frac{3,6}{4,187} \left(\frac{G_6}{(t_{\Gamma} - t_0)} - \frac{G_6}{(T_{\Gamma} - T_0)} \right) = \frac{3,6}{4,187} \left(\frac{42000}{(95 - 70)} - \frac{42000}{(150 - 70)} \right) =$$

$$= 1450 - 455 = 995 \text{ кг/ч.}$$

Заполняем первые четыре графы таблицы (стр.6).

3. Подбирается элеватор и рассчитывается насосное циркуляционное давление ΔP_H после элеватора для системы отопления.

Коэффициент смешения элеватора:

$$U = \frac{T_{\Gamma} - t_{\Gamma}}{t_{\Gamma} - t_0} = \frac{150 - 95}{95 - 70} = 2,2.$$

Насосное циркуляционное давление для системы:

$$\Delta P_H = \frac{\Delta P_{T.C}}{1,4 (1 + U)^2} = \frac{60,6 * 1000}{1,4 (1 + 2,2)^2} = 4300 \text{ Па.}$$

Диаметр горловины элеватора (мм)

$$d_{\Gamma} = 87,4 \sqrt{\frac{G_{\text{с.о}}}{1000 * \sqrt{\Delta P_{\text{H}}}}} = 87,4 \sqrt{\frac{1450}{1000 * \sqrt{4300}}} = 12,99 \text{ мм.}$$

По таблице 6 [1] выбираем элеватор № 1 с диаметром горловины $d = 15$ мм.

Диаметр сопла:

$$d_{\text{с}} = \frac{d_{\Gamma}}{1 + U} = \frac{15}{1 + 2,2} = 4,5 \text{ мм} \sim 5 \text{ мм.}$$

4. Определяется расчетное циркуляционное давление (для расчетного кольца прибора № 1 ст. 7):

$$\Delta P_{\text{р}}^7 = \Delta P_{\text{H}} + B(\Delta P_{\text{е.лр}} + \Delta P_{\text{е.тр}}),$$

где $\Delta P_{\text{е.лр}} = 0$ (для систем с нижней разводкой магистралей горячей воды).

$$\Delta P_{\text{е.лр}} = gh_1(\rho_0 - \rho_{\Gamma}) = gh_1\beta (t_{\Gamma} - t_0) = 9,81 * 1,8 * 0,64 (95 - 70) = 282 \text{ Па.}$$

$\beta = 0,64$ - изменение плотности воды при $t_{\Gamma} = 95$ °С, $t_0 = 70$ °С на 1 °С.

$h_1 = 1,8$ - расстояние от центра расчетного прибора до центра элеватора, м.

$B = 0,4$ - коэффициент для двухтрубных систем отопления.

$$\Delta P_{\text{р}}^7 = 43000 + 0,4 * 282 = 4412 \text{ Па.}$$

5. Определяем ориентировочные удельные потери давления на 1 п.м. длины основного кольца

$$R_{\text{ор}} = \frac{0,65 * \Delta P_{\text{р}}^7}{\sum l} = \frac{0,65 * 4412}{57} = 50,37 \text{ Па/п.м.}$$

где 0,65 - предполагаемая доля потерь давления по длине.

$\sum l$ - длина участков основного циркуляционного кольца, м.п.

6 . По заданным расходам теплоносителя на участках и величине $R_{\text{ор}}$ подбираем возможные диаметры труб (по табл. 26 [1]) и находим фактические удельные потери на трение R на 1 п.м. длины и соответствующую скорость воды, затем общие потери давления на трение Rl , заполняем графы 6,7,8 таблицы.

7. Определяем потери давления в местных сопротивлениях каждого участка, Па.

$$Z = \sum \zeta * P_{\text{д}},$$

где ζ - коэффициент местного сопротивления, (табл.9,19 [1]);

$P_{\text{д}}$ - динамическое давление на участке, Па,

$$P_{\text{д}} = \frac{v^2}{2} \rho, \text{ (табл.20 [1]);}$$

v - скорость движения теплоносителя на участке, м/с;

ρ - плотность воды при $95 \div 70$ °С, кг/м³ равна ~ 1000 кг/м³.

Заполняются графы 9, 10, 11, 12 таблицы гидравлического расчета.(стр.6).

Коэффициенты местных сопротивлений

Участок 1

Отопительный прибор = 2

 Крестовина (2 шт) на ответвлении $3 * 2 = 6,0$

Кран двойной регулировки $d = 15 = 4,0$

Скоба $d = 15 = 3,0$

$\Sigma \zeta = 15,0$

Участок 2

2 отвода $90^\circ d = 20 (d = 15) 1,5 * 2 = 3,0$

 2 тройника на проход $d = 20 1 * 2 = 2,0$

$\Sigma \zeta = 5,0$

Участок 3

 2 тройника на проход $d = 25 1 * 2 = 2,0$

$\Sigma \zeta = 2,0$

Участок 4

 2 тройника на противотоке $3 * 2 = 6,0$

2 вентиля $d = 25 3 * 2 = 6,0$

$\Sigma \zeta = 12,0$

Участок 5

 2 тройника на ответвлении $d = 25 1,5 * 2 = 3,0$

$\Sigma \zeta = 3,0$

Участок 6

2 отвода $d = 32 1,0 * 2 = 2,0$

2 задвижки $d = 32 0,5 * 2 = 1,0$

$\Sigma \zeta = 3,0$

Участок 7

 Тройник на ответвлении $d = 32 = 1,5$

$\Sigma \zeta = 1,5$

Участок 8

 2 тройника на ответвлении $d = 25 (10) 1,5 * 2 = 3,0$

$\Sigma \zeta = 3,0$

Участок 9

 2 крестовины на ответвлении $d = 15 (10) 3,0 * 2 = 6,0 (6,0)$

Отопительный прибор = 2,0 (2,0)

Скоба $d = 15 (10) = 3,0 (4,0)$

Кран двойной регулировки $d = 15 (10) = 4,0 (5,0)$

$\Sigma \zeta = 15,0 (17,0)$

8. Сравниваются полученные значения $\Sigma(R I + Z)$ - основного циркуляционного кольца (графа 12) с расчетным давлением в этом кольце ΔP_p .

$$\text{Запас} \frac{\Delta P_p - \Sigma(R I + Z)}{\Delta P_p} 100 = \frac{4412 - 4064,08}{4412} 100 = 7,88 \%$$

Запас должен составлять около 10 %, в противном случае должны быть изменены

сечения некоторых участков до достижения данного условия.

9. Рассчитывается второстепенное циркуляционное кольцо (через нижний при-бор № 2 стояка 5).

Расчетное циркуляционное давление для участков 8, 9 составит:

$$\Delta P_p^5 = \Sigma(Rl + Z)_{1,2,3} = 26,45 + 383 + 154,22 = 563,67 \text{ Па.}$$

$$R_{OP}^5 = \frac{0,65 * \Delta P_p^5}{\Sigma l_{(8-9)}} = \frac{0,65 * 563,67}{2,5 + 2} = 81,42 \text{ Па/м.}$$

Заносим расчетные данные в таблицу 1.

$$\text{Невязка} \frac{\Delta P_p^5 - \Sigma(Rl + Z)_{8,9}}{\Delta P_p^5} 100 = \frac{563,67 - 580,77}{563,67} 100 = - 3,03 \text{ \%}.$$

Невязка допускается в пределах $\pm 15\%$, в противном случае, меняются диаметры участков 8, 9 или при невозможности изменить диаметры устанавливают дроссельшайбы.

$$\text{Диаметр дроссельшайбы } d_{ш} = 3,16 \sqrt{\frac{G_{СТ}^2}{\Delta P_{ш}}}, \text{ см.}$$

где $G_{СТ}$ - расход воды по стояку, где устанавливается шайба, в т/ч;

$\Delta P_{ш}$ - давление, которое должно быть погашено шайбой, в кПа.

10. Рассчитываются участки 10 и 11 циркуляционного кольца (через прибор верхнего этажа № 3 стояка Ст 7).

Расчетное циркуляционное давление для участков 10, 11 составит:

$$\Delta P_p^{10,11} = \Sigma(Rl + Z)_1 + g h * 0,64(t_{Г} - t_0) = 26,45 + 9,81 * 3 * 0,64 * (95 - 70) = 26,45 + 471 = 497,45 \text{ Па.}$$

$$\Delta R_{OP}^{10,11} = \frac{0,65 * \Delta P_p^{10,11}}{\Sigma l_{10,11}} = \frac{0,65 * 497,45}{3,5 + 6,0} = 34,04 \text{ Па/м.}$$

Коэффициенты местных сопротивлений на участках 10, 11

Участок 10 $d = 10$

Отопительный прибор = 2,0

Кран двойной регулировки = 5,0

Тройник противоточный - $2 * 3 * 2 = 6,0$

2 отвода $90^\circ 2 * 2 = 4,0$

Скоба = 4,0

$\Sigma \zeta = 21,0$

Участок 11 $d = 10$

2 крестовины на проход. $2 * 2 = 4,0$

$\Sigma \zeta = 4,0$

Заносим расчетные данные в таблицу.

$$\text{Невязка} = \frac{497,47 - 217,9}{487,45} 100 = 56 \, \%$$

Избытки давления гасятся краном двойной регулировки на подводке к прибору №3.

Таблица

Результаты гидравлического расчета

№	Q Вт/ч	G кг/ч	l м	d мм	Д а н н ы е р а с ч е т а						
					v м/с	R Па/м	RI Па	Σ ζ	Рд Па	Z Па	RI+Z Па
Главное циркуляционное кольцо (через прибор № 1)											
1	1000	35	2,0	15	0,050	4,0	8,0	15,0	1,23	18,45	26,45
2	3000	105	9,0	15	0,156	36,0	324,0	5,0	11,8	59,00	383,0
3	8000	280	9,0	25	0,140	15,0	135,0	2,0	9,61	19,22	154,22
4	12000	385	6,0	25	0,180	25,0	150,0	12,0	15,89	190,68	340,68
5	22000	755	12,0	25	0,369	100,0	1200,0	3,0	67,67	203,01	1403,01
6	42000	1445	18,0	32	0,400	79,0	1422,0	3,0	78,45	235,35	1657,35
7		995	1,0	32	0,28	40,0	40,0	1,5	38,25	57,37	97,35
Σ (RI + Z) = 4064,08											
Запас = $\frac{4412 - 4064,08}{4412} 100 = 7,88 \%$.											
Кольцо через прибор № 2											
8	4000	140	2,5	10	0,3	150	375	3,0	44,13	132,39	507,39
9	1200	38,5	2,0	10	0,08	10	20	17	3,14	53,38	73,38

$$\Sigma (RI + Z)_{8,9} = 580,77$$

$$\Delta P_{P8,9} = \Sigma (RI + Z)_{1,2,3} = 563,67$$

$$\text{Невязка} = \frac{563,67 - 580,77}{563,67} 100 = - 3,03 \, \%$$

Кольцо через прибор № 3 (верхний этаж)

10	1000	35	3,0	10	,075	8,5	25,5	21,0	2,8	58,8	84,3
11	1500	47,5	6,0	10	0,10	19,0	114,0	4,0	4,9	19,6	133,6

ХАРАКТЕРИСТИК СОПРОТИВЛЕНИЯ

Гидравлический расчет однотрубной системы водяного отопления с верхней разводкой подающих магистралей

Система отопления предназначена для трехэтажного жилого здания. В качестве отопительных приборов приняты чугунные радиаторы типа МС-140.

Расчетная схема отопления дана на рис. 1

Система отопления присоединена к тепловым сетям с параметрами теплоносителя:

- температура горячей воды $T_{\Gamma} = 150^{\circ}\text{C}$,

- температура обратной воды $T_{\text{O}} = 70^{\circ}\text{C}$

по зависимой схеме через элеватор.

Параметры теплоносителя в системе отопления:

- в подающей магистрали $t_{\Gamma} = 95^{\circ}\text{C}$;

- в обратной магистрали $t_{\text{O}} = 70^{\circ}\text{C}$.

Разность давлений в наружных тепловых сетях на вводе в здание перед элеватором составляет $\Delta P_{\text{ТС}} = 100 \text{ кПа}$.

1. Определение расчетного циркуляционного давления в системе отопления

Расчетное циркуляционное давление ΔP_{P} для системы с верхней разводкой магистралей определяется по формуле:

$$\Delta P_{\text{P}} = \Delta P_{\text{H}} + \Delta P_{\text{е.лр}} + \Delta P_{\text{е.тр}}$$

Насосное давление, передаваемое элеватором в систему отопления, ΔP_{H} , рассчитывается по формуле:

$$\Delta P_{\text{H}} = \frac{\Delta P_{\text{ТС}}}{1,4(1+U)^2} = \frac{100 \cdot 100}{1,4(1+2,2)^2} = 6975 \text{ Па.}$$

Коэффициент смешения, U , вычисляется по формуле:

$$U = \frac{T_{\Gamma} - t_{\Gamma}}{t_{\Gamma} - t_{\text{O}}} = \frac{150 - 95}{95 - 70} = 2,2.$$

Естественное циркуляционное давление, $\Delta P_{\text{е.лр}}$, возникающего от остывания воды в приборах, определяется из выражения:

$$\Delta P_{\text{е.лр}} = \frac{g \cdot \beta \cdot 3,6 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot G_{\text{СТ}}} \sum_{i=1}^n (Q_{i\text{СТ}} \cdot h_i)$$

где: β - среднее увеличение плотности воды при уменьшении температуры на 1°C , в пределах изменения температуры воды ($70 - 95^{\circ}\text{C}$), принимается равным $0,64 \text{ кг/м}^3$;
 c - массовая теплоемкость воды, $4,2 \text{ кДж/кг}^{\circ}\text{C}$;

β_1 - поправочный коэффициент, учитывающий теплоотдачу через дополнительную, сверх расчетной, площадь поверхности принимаемых к установке приборов для: радиаторов - 1,04, конвекторов - 1,02, табл.9.4(1);

β_2 - поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные потери, связанные с размещением отопительных приборов у наружной стены, для чугунных приборов равный 1,02, табл.9.5(1);

$Q_{i\text{СТ}} \cdot h_i$ - соответственно тепловая нагрузка, Вт и высота от центра нагрева до центра охлаждения каждого прибора стояка, м.

Расход воды в дальнем стояке G (на схеме Ст.1.) при заданном перепаде температур $95-70 = 25^\circ\text{C}$ составит:

$$G_{\text{Ст.1}} = \frac{3,6 * Q_{\text{Ст.1}} * \beta_1 * \beta_2}{c_B (t_{\text{Г}} - t_{\text{О}})} = \frac{3,6 * (1200 + 1000 + 1300) * 1,04 * 1,02}{4,2(95 - 70)} = 128,5 \text{ кг/ч.}$$

$$\Delta P_{\text{е.лп}} = \frac{9,81 * 3,6 * 0,64 * 1,04 * 1,02}{4,2 * 128,5} (1,6 * 1200 + 4,8 * 1000 + 8,0 * 1300) = 0,045 * 17768 = 799,56 \approx 800 \text{ Па.}$$

Естественное циркуляционное давление $\Delta P_{\text{е.тр}}$, возникающее от охлаждения воды в трубах, для двухтрубной системы и естественной циркуляции по табл.3(2) принимается 250 Па;

с учетом примечаний 2 и 3 для однетрубных систем с насосной циркуляцией

$$\Delta P_{\text{е.тр}} = 250 * 0,5 * 0,4 = 50 \text{ Па.}$$

Расчетное циркуляционное давление составит:

$$\Delta P_{\text{р}} = 6975 + 800 + 50 = 7825 \text{ Па.}$$

2. Расчет элеватора

Диаметр горловины элеватора (мм) определяется по формуле:

$$d_{\text{Г}} = 87,4 \sqrt{\frac{G_{\text{с.о}}}{1000 * \sqrt{\Delta P_{\text{Н}}}}} = 87,4 \sqrt{\frac{1963}{1000 * \sqrt{6975}}} = 13 \text{ мм.}$$

Расход воды в системе отопления:

$$G_{\text{с.о}} = \frac{3,6 * Q_{\text{с.о}} * \beta_1 * \beta_2}{c_B (t_{\text{Д}} - t_{\text{О}})} = \frac{3,6 * 53400 * 1,04 * 1,02}{4,2(95 - 79)} = 1963 \text{ кг/ч.}$$

Диаметр сопла элеватора, в мм определяется по формуле:

$$d_{\text{С}} = \frac{d_{\text{Г}}}{1 + U} = \frac{13}{1 + 2,2} = 4 \text{ мм.}$$

По таблице 6(2) подбираем корпус элеватора №1 с диаметром горловины $d = 15 \text{ мм}$.

3. Определение сечения труб на участках

Определяем ориентировочную удельную характеристику:
для расчетного стояка Ст.1

$$S_{\text{уд}} = \frac{(1 - \kappa) * \Delta P_{\text{р}} * 0,7}{G_{\text{Ст.1}}^2} = \frac{(1 - 0,35) * 7825 * 0,7}{G_{\text{Ст.1}}^2 * 14,95} = \frac{245}{G_{\text{Ст.1}}^2}.$$

для магистрали:

$$S_{\text{уд}} = \frac{(1 - \kappa) * \Delta P_{\text{р}} * 0,3}{G_{\text{М}}^2 * \Sigma l_{\text{М}}} = \frac{(1 - 0,35) * 7825 * 0,3}{G_{\text{М}}^2 * 45,4} = \frac{42}{G_{\text{М}}^2}.$$

где κ - коэффициент, учитывающий долю потерь давления в местных сопротивлениях, (табл. 7[2]); для однетрубных систем $\kappa = 0,35$;
0,7 и 0,3 - соответственно доля потерь давления в стояках и участках магистрали.

По $S_{уд}$ подбираем диаметры участков с ближайшим значением $S_{уд}$ по табл. 8[2],
в пределах допустимых скоростей воды в трубах из условия шумообразования, табл. 5[2].

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ НА УЧАСТКАХ

В соответствии с конструктивным решением системы отопления (рис. 1) для каждого участка (стояка) определяем значения коэффициентов местных сопротивлений и их сумму.

Стояк 1

По $S_{уд} = 135 \cdot 10^{-4}$ подбираем стояк диаметром 10 мм с $S_{уд} = 94,0 \cdot 10^{-4} \text{ Па/м(кг/ч)}^2$, ближайший по значению $S_{уд}$.

Отвод 90° , 8 шт. (табл. 19[2]) $2 \cdot 8 = 16,0$

Тройник проходной, 5 шт. (табл. 19[2]) $1 \cdot 5 = 5,0$

Радиаторы, 3 шт. (табл. 19[2]) $2 \cdot 3 = 6,0$

Кран трехходовой при прямом проходе

3 шт. (табл. 19[2]) $4 \cdot 3 = 12,0$

Вентиль проходной (табл. 19[2]) $20 \cdot 1 = 20,0$

Кран пробочный (табл. 19[2]) $4 \cdot 1 = 4,0$

Сумма коэффициентов	$\Sigma \zeta = 63,0$
---------------------	-----------------------

Участок 1- 2; 1'-2' (магистраль горячей и обратной воды между стояками 1 и 2).

По $S_{уд} = 18,6 \cdot 10^{-4}$ подбираем диаметр участка 15 мм с $S_{уд} = 28,62 \cdot 10^{-4} \text{ Па/м(кг/ч)}^2$, ближайший по значению $S_{уд}$.

Отвод 45° $1,5 \cdot 0,5 = 0,75$

Тройник на проходе, 2 шт. $1 \cdot 2 = 2,0$

Сумма коэффициентов	$\Sigma \zeta = 2,75$
---------------------	-----------------------

Стояк 2

При диаметре стояка 10 мм и одинаковом конструктивном решении к сумме коэффициентов местных сопротивлений стояка 1 добавляется:

Тройник на ответвлении, 2 шт. $1,5 \cdot 2 = 3,0$

Сумма коэффициентов	$\Sigma \zeta 63+3 = 66,0$
---------------------	----------------------------

Участок 2 - 3; 2'-3'

(магистраль горячей и обратной воды между стояками 2 и 3).

По $S_{уд} = 4,3 \cdot 10^{-4}$ подбираем диаметр участка 20 мм с $S_{уд} = 5,42 \cdot 10^{-4} \text{ Па/м(кг/ч)}^2$, ближайший по значению $S_{уд}$.

Тройник проходной, 2 шт. $1,0 \cdot 2 = 2,0$

Воздухосборник:

внезапное расширение $1,0 \cdot 1 = 1,0$

внезапное сужение $0,5 \cdot 1 = 0,5$

Сумма коэффициентов	$\Sigma \zeta = 3,5$
---------------------	----------------------

Стояк 3

При диаметре стояка 10 мм и одинаковом конструктивном решении 2 и 3 стояков суммы коэффициентов местных сопротивлений для 2-3 стояков равны:
следовательно

Сумма коэффициентов	$\Sigma \zeta 63+3 = 66,0$
---------------------	----------------------------

Участок 3 - А; 3'-А'

(магистраль горячей и обратной воды между стояком 3 и точкой А).

По $S_{уд} = 1,7 \cdot 10^{-4}$ подбираем диаметр участка 25 мм с $S_{уд} = 1,53 \cdot 10^{-4} \text{ Па/м(кг/ч)}^2$, ближайший по значению $S_{уд}$.

Тройник проходной, 1 шт. $1,0 * 1 = 1,0$
 Тройник на противотоке, 2 шт. $3,0 * 2 = 6,0$
 Кран проходной, 2 шт. $2,0 * 2 = 4,0$

Сумма коэффициентов $\Sigma \zeta = 11,0$

Участок А - Б; А'-Б'

По $S_{уд} = 0,32 * 10^{-4}$ подбираем диаметр участка 32 мм с $S_{уд} = 0,353 * 10^{-4}$ Па/м(кг/ч)², ближайший по значению $S_{уд}$.

Отвод 90° 1,0 * 1 = 1,0

Тройник на противотоке, 2 шт. $3,0 * 2 = 6,0$

Сумма коэффициентов $\Sigma \zeta = 7,0$

Участок Б - В; Б'-В'

По $S_{уд} = 0,07 * 10^{-4}$ подбираем диаметр участка 50 мм с $S_{уд} = 0,043 * 10^{-4}$ Па/м(кг/ч)², ближайший по значению $S_{уд}$.

Отвод 90° 4 шт. $1,0 * 4 = 4,0$

Задвижка параллельная, 2 шт. $0,5 * 2 = 1,0$

Сумма коэффициентов $\Sigma \zeta = 5,0$

Результаты гидравлического расчета системы отопления сведены в таблице на стр.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ В ЦИРКУЛЯЦИОННОМ КОЛЬЦЕ, РАСХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ И ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР В СТОЯКЕ

Гидравлические потери давления в циркуляционном кольце состоят из суммы гидравлических потерь давления на участках циркуляционного кольца.

Потери давления на каждом участке определяется по формуле:

$$\Delta P = \left(\frac{\lambda}{d_f} l + \Sigma \zeta \right) * A * G^2 = S G^2,$$

где $\frac{\lambda}{d_f}$ - приведенный коэффициент гидравлического трения, 1/м;

l - длина участка, м;

$\Sigma \zeta$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке, б/р;

A - удельное динамическое давление на участке, Па/(кг/ч);

G - расход теплоносителя на участке кг/ч;

S - характеристика сопротивления, Па/(кг/ч)².

Приведенный коэффициент гидравлического трения λ/d_f и удельное динамическое давление A определяются для каждого расчетного участка в зависимости от принятого диаметра участка по таблице 8.2

Расчет осуществляется последовательно от дальнего стояка с определением потерь давления и расхода теплоносителя по параллельно и последовательно соединенным участкам (стояка) с последующей проверкой перепада температуры теплоносителя в стояках в пределах $\pm 15\%$.

Так для теплоносителя с параметрами воды 95 -70 °С температура обратной воды в стояке может быть в пределах:

$$95 - \left(25 \pm \frac{25 * 15}{100} \right) = 95 - (25 \pm 3,75) = 66,25 \div 73,75 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Расчет считается окончательным при условии, когда величина потерь давления в циркуляционном кольце не превышает 90 % от расчетного давления в кольце ΔP_p .

При расчете системы (рис.1) использовались формулы:

- потери давления в последовательно соединенных участках,

$$\Delta P_{1+2} = \Delta P_1 + \Delta P_2 \text{ Па.}$$

- потери давления в параллельных участках,

$$\Delta P_1 = \Delta P_2 \text{ Па.}$$

- расход теплоносителя в последовательно соединенных участках,

$$G_1 = G_2 \text{ Па.}$$

- расход теплоносителя в параллельных участках,

$$G_{1+2} = G_1 + G_2 \text{ Па.}$$

Потери давления в стояке 1 определены при условии перепада температуры теплоносителя в стояке $95 - 70 = 25^\circ\text{C}$ и расходе $G_{\text{СТ.1}} = 128,5 \text{ кг/ч}$, (см.стр.3)

$$\Delta P_{\text{СТ.1}} = S_{\text{СТ.1}} * G_{\text{СТ.1}}^2 \text{ Па}$$

- потери давления в стояке 2

$$\Delta P_{\text{СТ.2}} = \Delta P_{\text{СТ.1}} + \Delta P_{1-2,1'-2'} \text{ Па}$$

- расход теплоносителя в стояке 2

$$G_{\text{СТ.2}} = \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{СТ.2}}}{S_{\text{СТ.2}}}} \text{ кг/ч;}$$

- расход на участке 2 - 3

$$G_{2-3} = G_{\text{СТ.1}} + G_{\text{СТ.2}};$$

- температура теплоносителя на выходе из стояка

$$t_0 = 95 - \frac{3,6 * Q_{\text{СТ}} * \beta_1 * \beta_2}{C_b * G_{\text{СТ}}} \text{ }^\circ\text{C.}$$

Номера таблиц данного примера соответствуют номерам таблиц в указанном литературном источнике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства, Ч.1. Отопление. М. Стройиздат, 1990 г.
2. Нормативные и справочные материалы по расчету систем отопления, МИСИ, Москва 1988. Е.В. Казнин

Составил - к.т.н Е.В. Казнин

Таблица

Результаты гидравлического расчета системы отопления

№№												Действительные величины
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----------------------------

уча- ст- ков	Q Вт	G кг/ч	l м	S _{уд} *10 ⁻⁴ $\frac{\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})}{2}$ п.м.	d мм	λ/d м ⁻¹	$\lambda/d*$ л	$\Sigma\zeta$	$\lambda/d*l$ + $\Sigma\zeta$	A*10 ⁻⁴ Па (кг/ч) ²	S*10 ⁻⁴ Па (кг/ч) ²			
												G кг/ч	Δt °C	ΔP =SG ² Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
СТ1	3500	128,5	12,2	135,0	10	3,5	42,7	63,0	105,7	26,5	2801,0	128,5	5,0	4625
1-2														
1'-2'	3500	128,5	7,0	18,0	15	2,6	18,2	2,75	20,95	10,6	222,1	128,5		367
СТ2	3800	140,0	12,2	114,0	10	3,5	42,7	66,0	108,7	26,5	2880,5	131,7	26,5	4992

$$\Delta P_{CT.2} = \Delta P_{CT.1} + \Delta P_{1-2} = 4625 + 367 = 4992 \text{ Па}$$

$$G_{CT.2} = (\Delta P/S)^{1/2} = (4992/2880,5)^{1/2} = 131,7 \text{ кг/ч}$$

$$\Delta t_2 = \frac{3,6 * 3800 * 1,04 * 1,02}{4,2 * 131,7} = 26,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2-3														
2'-3'	7300	268,5	7,0	4,3	20	1,7	11,9	3,5	105,7	15,4	3,19	260,2	-	332

$$G_{2-3} = G_{1-2} + G_{CT.2} = 128,5 + 131,7 = 260,0 \text{ кг/ч}$$

СТ3	1100	150,5	12,2	99,2	10	3,5	42,7	66,0	108,7	26,5	2880,5	136,2	27,6	5324
3-A														
3'-A'	1140	419,0	6,0	1,7	25	1,25	7,5	11	18,5	1,23	22,8	396,4	-	365
	0													
A-B														
A'-B'	2640	930,3	6,5	0,3	32	0,9	5,85	7	12,85	0,39	5,0	930,3	-	433
	0													

$$\Delta P_{CT.3} = \Delta P_{CT.2} + \Delta P_{2-3} = 4992 + 332 = 5324 \text{ Па}$$

$$G_{CT.3} = (\Delta P/S)^{1/2} = (5324/2880,5)^{1/2} = 136,2 \text{ кг/ч}$$

$$\Delta t_3 = \frac{3,6 * 4100 * 1,02 * 1,04}{4,2 * 136,2} = 27,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Б-В	53400	1963,0	18,5	0,07	50	0,52	9,62	5	14,62	0,082	1,2	1963,0	-	385
Б'-В'														
В-В'		1308,0	0,7	0,17	40	0,75	0,52	1,5	2,02	2,23	0,5	1308,0	-	85

$$\Sigma \Delta P_{CT.3}, 3 \div B' = 6591 \text{ Па}$$

$$\Delta t_{CT.доп} = \frac{95 - 70}{100} * 15 = \pm 3,75 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{т.е. в пределах } 21, 25 \div 28,75 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Запас} \quad \frac{7825 - 6591}{7825} * 100 \approx 15\%$$

Изменим диаметр участка 3-A, 3'-A' на 20 мм

3-A														
3'-A'	1140	419,0	6,0	1,7	20	1,7	10,2	11	21,2	3,19	67,6	396,4	-	1062
	0													

$$\Sigma \Delta P_{CT.1}, 3 \div B' = 7289 \text{ Па}$$

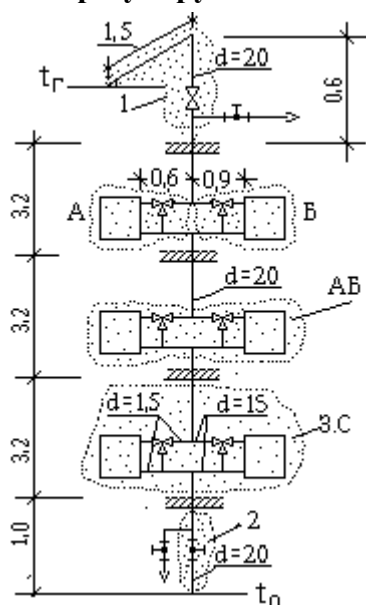
$$\text{Запас } \frac{7825 - 7289}{7825} * 100 \approx 7\%$$

Расход других ветвей системы учтен при $\Delta t = 25^\circ\text{C}$.

Пример

определения гидравлической характеристики сопротивления стояка однетрубной системы водяного отопления

1. Стояк с двухсторонним присоединением отопительных приборов, проточно - регулируемой системы, $d = 20$



Стояк (рис.1) можно представить как узлы 1, ЭС, 2, соединенные последовательно. Характеристика сопротивления стояка определяется суммой характеристик узлов;

$$S_{\text{СТ}} = S_1 + 3S_{\text{Э.С}} + S_2,$$

где S_1 , S_2 , $S_{\text{Э.С}}$ - соответственно характеристики сопротивления узлов: присоединения стояка к подающей и обратной магистралям и этажестояка с двухсторонним присоединением приборов.

1.1 Определение характеристики узла присоединения стояка к подающей магистрали, S_1 .

При $d = 20$ мм (табл.8[2]), $\lambda/d = 1,7$,
 $A = 3,19 * 10^{-4}$,
 длина труб $l = 1,5 + 0,6 = 2,1$ м.

Рис.1

Сумма коэффициентов местных сопротивлений

1 тройник на ответвлении (табл. 19[2]) $\zeta = 1,5$ $1,5 * 1 = 1,5$

1 отвод 45° (табл. 19[2]) $\zeta = 1,5/2$ $0,75 * 1 = 0,75$

1 вентиль $d = 20$ мм (табл. 19[2]) $\zeta = 10,0$ $10,0 * 1 = 10,0$

1 тройник проходной (табл. 19[2]) $\zeta = 1,0$ $1,0 * 1 = 1,0$

Сумма коэффициентов	$\Sigma \zeta = 13,25$
---------------------	------------------------

$$S_1 = \left(\frac{\lambda}{d} l + \Sigma \zeta \right) * A = (1,7 * 2,1 + 13,25) * 3,19 * 10^{-4} = 53,7 * 10^{-4} \text{ Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2.$$

1.2. Определение характеристик этажестояка. Часть стояка, ограниченная одним этажом, состоит из вертикальных участков “а” и “б” в пределах этажа $d = 20$ мм и приборных узлов “А” и “В”, соединенных параллельно по отношению друг друга и оба последовательно по отношению участков “а” и “б”.

$$S_{\text{Э.С}} = S_a + S_{\text{А,В}} + S_b$$

где $S_{\text{а,б}}$ - характеристики сопротивления вертикальных труб стояка;

$S_{\text{А,В}}$ - характеристика двух параллельно соединенных приборных узлов.

$$S_a + S_b = S_{a,b} = [1,7 * (3,2 - 0,5)] * 3,19 * 10^{-4} = 14,6 * 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2 \text{ при } \xi = 0.$$

Характеристику сопротивления параллельно соединенных приборных узлов “А” и “Б” выразим через проводимость $S_{A,B} = 1/\sigma_{A,B}^2$

$$\sigma_{A,B} = \sigma_A + \sigma_B, \sigma = 1/S^{0,5}.$$

Определяем характеристики сопротивлений приборных узлов “А” и “Б” при сечении подводок $d = 15$ мм, $\lambda/d = 2,6$, $A = 10,6 * 10^{-4}$, $l_A = 0,6 * 2 = 1,2$ м, $l_B = 0,9 * 2 = 1,8$ м.

Сумма коэффициентов местных сопротивлений

2 тройника на противотоке $\zeta = 3,3 * 2 = 6,0$

1 кран КРТ при проходе $\zeta = 3,5 * 1 = 3,5$

1 радиатор МС140 $\zeta = 2,0 * 1 = 2,0$

1 тройник на проходе $\zeta = 1,0 * 1 = 1,0$

Сумма коэффициентов $\Sigma \zeta = 12,5$

$$S_A = (2,6 * 1,2 + 12,5) * 10,6 * 10^{-4} = 165,6 * 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2$$

$$S_B = (2,6 * 1,8 + 12,5) * 10,6 * 10^{-4} = 182,0 * 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2$$

$$\sigma_A = 1/S_A^{0,5} = 1/(165,6 * 10^{-4})^{0,5} = 7,8$$

$$\sigma_B = 1/S_B^{0,5} = 1/(182,0 * 10^{-4})^{0,5} = 7,4$$

$$\sigma_{A,B} = \sigma_A + \sigma_B = 7,8 + 7,4 = 15,2$$

$$S_{A,B} = 1/\sigma_{A,B}^2 = 1/15,2^2 = 43 * 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2$$

Коэффициент затекания прибора

$$\alpha_A = \sigma_A / (\sigma_A + \sigma_B) = 7,8/15,2 = 0,513$$

$$\alpha_B = \sigma_B / (\sigma_A + \sigma_B) = 7,4/15,2 = 0,487.$$

Характеристика этажестояка:

$$S_{эс} = S_{a,b} + S_{A,B} = (14,6 + 43) * 10^{-4} = 57,6 * 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2$$

1.3 Определение характеристики узла присоединения стояка к обратной магистрали, S_2 . При $d = 20$ мм, $\lambda/d = 1,7$, $A = 3,19 * 10^{-4}$, $l = 1,0$ м.

Сумма коэффициентов местных сопротивлений

1 тройник на проходе $\zeta = 1,0 * 2 = 1,0$

1 кран пробочный $\zeta = 1,5 * 1 = 1,5$

1 тройник на повороте $\zeta = 1,5 * 1 = 1,5$

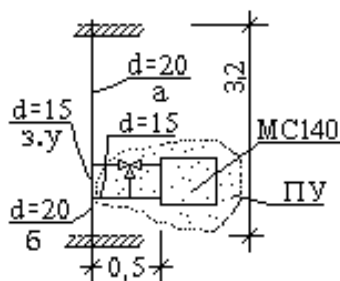
Сумма коэффициентов $\Sigma \zeta = 4,0$

$$S_2 = (1,7 * 1,0 + 4,0) * 3,19 * 10^{-4} = 18,2 * 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2.$$

Характеристика сопротивления стояка составит

$$S_{CT} = S_1 + 3S_{\Sigma C} + S_2 = (53,7 + 3 * 57,6 + 18,2) * 10^{-4} = 244,7 * 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2.$$

2. Определение гидравлической характеристики этажестояка однотрубной с осевым замыкающим участком системы отопления



Этажестояк состоит из вертикальных участков “а” и “б”, и узла замыкающего участка и отопительного прибора. Участки “а” и “б”, и узел соединены последовательно, поэтому

$$S_{\Sigma C} = S_a + S_{\Sigma \text{у.п.у}} + S_b$$

Замыкающий участок и приборный узел соединены между собой параллельно, следовательно

$$\sigma_{\Sigma \text{у. п.у.}} = \sigma_{\Sigma \text{у}} + \sigma_{\text{п.у.}}; \sigma = 1/S^{0,5}.$$

Определяем характеристику сопротивления приборного узла:

$$d = 15 \text{ мм}, \lambda/d = 2,6, A = 10,6 * 10^{-4}, l = 0,5 * 2 \text{ м.}$$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений

$$2 \text{ тройник на повороте } \zeta = 1,5 \cdot 1,5 * 2 = 3,0$$

$$1 \text{ кран двойной регулировки } \zeta = 4,0 \cdot 1 = 4,0$$

$$1 \text{ радиатор MC140 } \zeta = 2,0 \cdot 1 = 2,0$$

Сумма коэффициентов

$$\Sigma \zeta = 9,0$$

$$S_{\text{п.у.}} = (2,6 * 1,0 + 9,0) * 10,6 * 10^{-4} = 123 * 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2;$$

$$\sigma_{\text{п.у.}} = 1/S^{0,5} = 1/(123 * 10^{-4})^{0,5} = 9 \text{ кг/ч. Па}^{0,5}.$$

Характеристика сопротивления замыкающего участка:

$$d = 15 \text{ мм}, \lambda/d = 2,6, A = 10,6 * 10^{-4}, l = 0,5 \text{ м.}$$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений

$$2 \text{ тройник на проходе } \zeta = 1 \cdot 1 * 2 = 2,0$$

$$\Sigma \zeta = 2,0$$

$$S_{\Sigma \text{у.}} = (2,6 * 0,5 + 2,0) * 10,6 * 10^{-4} = 35 * 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2;$$

$$\sigma_{\Sigma \text{у.}} = 1/S^{0,5} = 1/(35 * 10^{-4})^{0,5} = 17 \text{ (кг/ч.Па)}^{0,5}.$$

$$\sigma_{\Sigma \text{у. п.у.}} = \sigma_{\Sigma \text{у.}} + \sigma_{\text{п.у.}} = 17 + 9 = 26 \text{ (кг/ч.Па)}^{0,5}.$$

Характеристика сопротивления $S_{\Sigma \text{у. п.у.}}$

$$S_{\Sigma \text{у. п.у.}} = 1/\sigma_{\Sigma \text{у. п.у.}}^2 = 1/26^2 = 14,8 * 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2;$$

Коэффициент затекания в прибор

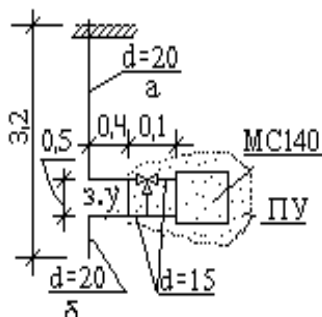
$$\alpha = \sigma_{\text{п.у.}} / (\sigma_{\text{п.у.}} + \sigma_{\Sigma \text{у.}}) = 9/26 = 0,346.$$

Характеристику сопротивления этажестояка

$$\text{при } S_{a\delta} = S_a + S_b = [1,7(13,2 - 0,5) + 0] \cdot 3,19 * 10^{-4} = 14,6 * 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2.$$

$$S_{\Sigma T} = S_{a\delta} + S_{\Sigma \text{у. п.у.}} = (14,6 + 14,8) * 10^{-4} = 29,4 * 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2.$$

3. Определение гидравлической характеристики этажестояка однетрубной со смещенным замыкающим участком системы отопления



Этажестояк состоит из вертикальных участков “а” и “б”, отводов по 0,4 м к узлам приборов, узла замыкающего участка и отопительного прибора. Участки “а” и “б”, и узел соединены последовательно, поэтому $S_{эс} = S_a + S_{з.у.п.у} + S_б$. Характеристика сопротивления стояка и горизонтальных отводов $S_{аб} = S_a + S_б$ при $d = 20$ мм, $\lambda/d = 1,7$, $A = 3,19 \cdot 10^{-4}$, $l = 3,2 - 0,5 + 2 \cdot 0,4 = 3,5$ м.

Сумма коэффициентов местных сопротивлений

2 отвода $90^\circ \zeta = 1,5$ $1,5 \cdot 2 = 3,0$

$$S_{а.б.} = (1,7 \cdot 3,5 + 3,0) \cdot 3,193 \cdot 10^{-4} = 28,55 \cdot 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2;$$

Замыкающий участок и приборный узел соединены параллельно, следовательно

$$\sigma_{з.у. п.у.} = \sigma_{з.у.} + \sigma_{п.у.}; \sigma = 1/S^{0,5}.$$

Определяем характеристику сопротивления приборного узла:

$$d = 15 \text{ мм}, \lambda/d = 2,6, A = 10,6 \cdot 10^{-4}, l = 0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ м.}$$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений

2 тройника на проходе $\zeta = 1$ $1,0 \cdot 2 = 2,0$

1 кран двойной регулировки $\zeta = 4,0$ $4,0 \cdot 1 = 4,0$

1 радиатор МС140 $\zeta = 2,0$ $2,0 \cdot 1 = 2,0$

Сумма коэффициентов

$$\Sigma \zeta = 8,0$$

$$S_{п.у.} = (2,6 \cdot 0,2 + 8,0) \cdot 10,6 \cdot 10^{-4} = 90,3 \cdot 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2;$$

$$\sigma_{п.у.} = 1/S^{0,5}_{п.у.} = 1/(90,3 \cdot 10^{-4})^{0,5} = 10,5 \text{ (кг/(ч.Па}^{0,5}\text{))}.$$

Определяем характеристику сопротивления замыкающего участка:

$$d = 15 \text{ мм}, \lambda/d = 2,6, A = 10,6 \cdot 10^{-4}, l = 0,5 \text{ м.}$$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений

2 тройника на ответвлении $\zeta = 1,5$ $1,5 \cdot 2 = 3,0$

$$\Sigma \zeta = 3,0$$

$$S_{з.у.} = (2,6 \cdot 0,5 + 3,0) \cdot 10,6 \cdot 10^{-4} = 45,9 \cdot 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2;$$

$$\sigma_{з.у.} = 1/S^{0,5}_{з.у.} = 1/(45,9 \cdot 10^{-4})^{0,5} = 14,75 \text{ кг/(ч.Па}^{0,5}\text{)},$$

$$\sigma_{з.у. п.у.} = \sigma_{з.у.} + \sigma_{п.у.} = 10,5 + 14,75 = 25,25 \text{ кг/(ч.Па}^{0,5}\text{)}.$$

Характеристика сопротивления $S_{з.у.п.у.}$

$$S_{з.у. п.у.} = 1/\sigma^2_{з.у. п.у.} = 1/25,25^2 = 15,68 \cdot 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2;$$

Характеристика сопротивления этажестояка

$$\text{при } S_{з.с} = S_{а.б.} + S_{з.у. п.у.} = (28,55 + 15,68) \cdot 10^{-4} = 44,23 \cdot 10^{-4} \text{ Па/(кг/ч)}^2;$$

$$\text{Коэффициент затекания в прибор } \alpha = \sigma_{п.у.} / (\sigma_{п.у.} + \sigma_{з.у.}) = 10,5/25,5 = 0,415.$$

Таблица 3 (2)

Дополнительные давления от охлаждения воды в трубопроводах системы водяного отопления при верхней разводке и естественной циркуляции

Горизонтальное протяжение системы, м	Высота нагревательного прибора над котлом, м	Расстояние от подающей трубы до стояка, м					
		до 10	от 10 до 20	от 20 до 30	от 30 до 50	от 50 до 75	от 75 до 100
		Величина ΔP , Па					

для трех-четырёхэтажных зданий

до 25	до 15	250/180	250/180	350/280			
от 25 до 50		250/180	250/200	300/250	350/300		
от 50 до 70		250/150	250/180	250/200	300/250	350/300	
от 70 до 100		250/150	250/150	250/180	300/230	350/280	400/380

для зданий с числом этажей более четырех

до 25	до 7	450/300	500/350	550/380			
до 25	более 7	300/370	350/250	450/300			
от 25 до 50	до 7	500/370	600/400	650/430	750/550		
от 25 до 50	более 7	400/250	450/300	500/330	350/380		
от 50 до 75	до 7	550/350	550/350	600/400	650/430	750/550	
от 50 до 75	более 7	400/250	400/250	450/300	500/330	550/380	
от 75 до 100	до 7	550/350	550/350	550/350	600/400	650/480	700/530
от 75 до 100	более 7	400/250	400/280	400/280	450/300	500/350	650/450

Примечание:

1. При нижней разводке трубопроводов к величине циркуляционного давления добавка на охлаждение воды в трубопроводах не делается.
2. Для однетрубных систем величины добавок следует принимать в размере 50% соответствующих значений, указанных в таблице.
3. Для систем с насосной циркуляцией величины добавок следует принимать в размере 40% соответствующих значений, указанных в таблице.
4. Величина ΔP в числителе относится к открытым стоякам без изоляции, в знаменателе - к стоякам без изоляции в бороздах (скрытая прокладка).

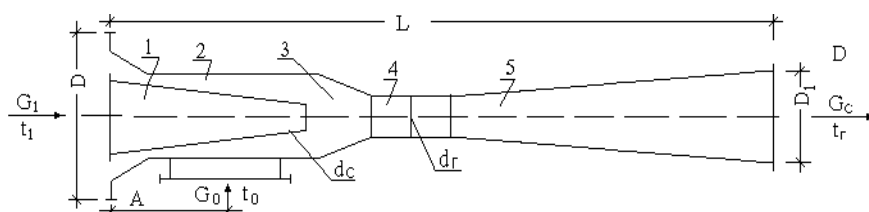
Таблица 9.4 (1)

Значение коэффициента β_1

Шаг номенклатурного ряда отопительных приборов, Вт (ккал/ч)	β_1
120 (103)	1,02
150 (126)	1,03
180 (150)	1,04
210 (181)	1,06
240 (206)	1,08
300 (258)	1,13

Таблица 6(2)
Основные размеры элеваторов конструкций
ВТИ-теплосети Мосэнерго, мм

№ эле- ватора	L	A	C	dr	D	D ₁
1	425	90	110	15	145	160
2	425	90	100	20	145	160
3	425	135	145	25	160	195
4	625	135	135	30	160	195
5	625	135	125	35	160	195
6	720	180	175	47	195	215
7	720	180	155	59	195	215



Принципиальная схема водоструйного элеватора:

1 - сопло; 2 - камера всасывания; 3 - смесительный конус;
4 - горловина; 5 - диффузор; G, t - расход и температура воды

Таблица 7(2)

Доли потерь давления на местные сопротивления и
на трение в системах отопления

Характеристика систем	Доля потерь	
	на местные со- противления, К	на трения 1-К
1	2	3
Системы водяного отопления с естественной циркуляцией воды (независимо от протяжен- ности по вертикали и горизонтали)	0,5	0,5
То же, с насосной циркуляцией воды	0,35	0,65
Районные теплопроводы со средним расстоянием от источника теплоснабжения до здания около 50 м	0,2	0,8
То же, 100 и более	0,1	0,9
Системы парового отопления низкого давления	0,35	0,65
То же, высокого давления внутри здания	0,2	0,9
То же, в наружных сетях	0,1	0,9
Конденсационные магистрали наружных сетей	0,1	0,9
Конденсационные трубопроводы систем наружных	0,2	0,8

Таблица 8 (2)

Динамические характеристики труб насосных систем водяного отопления

ГОСТ на трубы	Диаметр труб, мм		Удельное динамическое давление, $10^4 \cdot A$, Па/м(кг/ч)^2	Приведенный коэффициент гидравличес- кого трения $\lambda/d_B, \text{м}^{-1}$	Расход воды (кг/ч при скорости 1 м/с) G/w	Удельная харак- теристика сопро- тивления трения $S_{уд} \cdot 10^4$ Па/м(кг/ч)^2
	d_y	d_B				
3262-75 (обык- новен- ные)	10	12,6	26,5	3,5	425	94,0
	15	15,7	10,6	2,6	690	27,6
	20	21,2	3,19	1,7	1250	5,42
	25	27,1	1,23	1,25	2000	1,53
	32	35,9	0,39	0,9	3500	0,357
	40	41	0,23	0,75	4650	0,173
10704-75	50	53	0,082	0,52	7800	0,043
	50	49	0,113	0,58	6600	0,0655
	70	70	0,0269	0,37	14300	0,00985
	80	82	0,0142	0,3	18400	0,00426
	100	100	0,00642	0,23	27600	0,00148
	125	125	0,00256	0,18	43000	0,000477
	150	149	0,00135	0,15	61000	0,000203

Таблица 9.5 (1)

Значение коэффициента β_2

Отопительный прибор	Значение β_2 при установке прибора	
	у наружной стены в т.ч. под световым проемом	у остекления светового проема
Радиатор: чугунный секцион- ный	1,02	1,07
стальной панельный	1,04	1,1
Конвектор: с кожухом	1,02	1,05
без кожуха	1,03	1,07

Таблица 5(2)

Допустимые максимальные скорости воды в трубах

Диаметр труб d, мм	15	20	25	32	40 и бо- лее
Максимальная скорость, м/с	0,5	0,65	0,8	1,0	1,5

Таблица 19(2)

Коэффициент ζ местных сопротивлений (приближенные значения)

Местное сопротивление	Значение ζ при условном проходе труб						
	10	15	20	25	32	40	50 и более
Радиаторы двухколонные	2	2	2	2	2	2	2
Котлы:							
чугунные	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
стальные	2	2	2	2	2	2	2
Внезапное расширение (относится к большой скорости)	1	1	1	1	1	1	1
Внезапное сужение (относится к большой скорости)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Отступы	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Тройники:							
 проходные (схема I)	1	1	1	1	1	1	1
 поворотные на ответвлении (схема II)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
 на противотоке (схема III)	3	3	3	3	3	3	3
Крестовины:							
 проходные (схема IV)	2	2	2	2	2	2	2
 проходные (схема V)	3	3	3	3	3	3	3
Компенсаторы:							
П-образные и лирообразные	2	2	2	2	2	2	2
сальниковые	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Вентили:							
обыкновенные	20	16	10	9	9	8	7
прямоточные	3	3	3	3	2,5	2,5	2
Краны:							
КРТ при проходе	4	3,5	3	-	-	-	-
КРТ при повороте	4,5	4	3	-	-	-	-
проходные	5	4	2	2	2	-	-
двойной регулировки с цилиндрической пробкой	5	4	2	2	2	-	-
Задвижки параллельные	-	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5
Отводы:							
90° и угта	2	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
двойные узкие	2	2	2	2	2	2	2
двойные широкие	1	1	1	1	1	1	1
Скобы	4	3	2	2	2	2	2
Воздухосборник	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

1. Определение теплового потока от единицы отопительного прибора в расчетных условиях

Тепловой поток от секции чугунного радиатора или единицы другого типа отопительного прибора определяется по формуле:

$$Q_{Т.П} = Q_{Н.У} (\Delta t_{СР} / 70)^{1+n*} (G_{ПР} / 360)^P * v * \psi * c, (1)$$

где $Q_{Н.У}$ - номинальный условный тепловой поток прибора Вт (табл.9.10) *;

$\Delta t_{СР}$ - температурный напор, или разность средней температуры воды $t_{СР}$ в приборе и температуры окружающего воздуха, t °С;

$$\Delta t_{СР} = (t_{ВХ} + t_{ВЫХ}) / 2 - t_{В} = t_{СР} - t_{В} (2)$$

$t_{ВХ}$ и $t_{ВЫХ}$ - соответственно температура воды, входящий в прибор и выходящей из него, °С;

70 - номинальный температурный напор, °С;

$G_{ПР}$ - расход воды в приборе, кг/ч;

360 - номинальный расход воды в приборе, кг/ч;

v - коэффициент учета атмосферного давления в данной местности (табл.9.1);

ψ - коэффициент учета направления движения теплоносителя в приборе:

снизу - вверх (табл.9.11), при других схемах присоединения $\psi = 1$;

n, p, c - экспериментальные числовые показатели (табл.9.2);

2. Определение средней температуры воды в приборе

Средняя температура воды в приборе одноконтурных систем отопления определяется по формуле

$$t_{СР} = t_{Г} - (\sum Q_{П i-1} + 0,5 Q_{П i} / \alpha) * 3,6 * \beta_1 * \beta_2 / (c G_{СТ}), (3)$$

где $t_{Г}$ - температура воды, поступающей в стояк, °С;

$\sum Q_{П i-1}$ - суммарная тепловая нагрузка отопительных приборов стояка до расчетного прибора, Вт;

$Q_{П i}$ - тепловая нагрузка рассчитываемого прибора, Вт;

α - коэффициент затекания воды в отопительный прибор. Для проточно-регулируемого стояка с односторонним подсоединением прибора $\alpha = 1,0$, для стояков другой конструкции α определяется по табл. 9.2;

β_1 - поправочный коэффициент, учитывающий теплоподачу через дополнительную, сверх расчетной, площадь принимаемых к установке приборов, табл.9.4);

β_2 - поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные потери, связанные с размещением отопительных приборов у наружной стены, (табл.9.5);

$G_{СТ}$ - действительный расход воды в стояке, кг/ч.

* Номера таблиц здесь и далее соответствуют приведенным в справочнике проектировщика

3. Определение минимально допустимого числа секций

Предварительно определяется количество секций отопительного без учета поправочного коэффициента число секций по формуле:

$$N' = Q_{\text{П}} * \beta_4 / Q_{\text{Т.П}} (4), N = N' / \beta_3 (5)$$

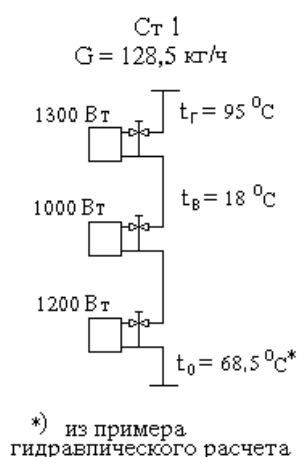
β_3 - поправка на количество секций в приборе для МС-140 принимается равным:
до 15 секций - 1,0; 16 - 20 секций - 0,98; 21 - 25 секций - 0,96;
Для радиаторов другого типа определяется по формуле

$$\beta_3 = 0,97 - 34 / N' * Q_{\text{Н.У}}$$

β_4 - коэффициент учета способа установки радиатора (табл.9.12) при открытой установке $\beta_4 = 1$.

Пример

Определить число секций чугунного радиатора МС-140-108, установленного у наружной стены без ниши, стояка однострунной системы отопления с верхней разводкой магистралей горячей воды. Тепловая нагрузка приборов, расход теплоносителя и конструкция стояка приведены на рисунке и соответствует стояку Ст-1 системы отопления для которой выполнен выше гидравлический расчет.



Температура воды, поступающей в стояк, $t_r = 95^\circ\text{C}$, температура обратной воды $t_0 = 68,5^\circ\text{C}$, при $\Delta t_{\text{СТ}} = 26,5^\circ\text{C}$ (см. графу 14 таблицы гидравлического расчета системы).

Характеристика радиатора МС-140-108 (табл.9.10)

Площадь нагревательной поверхности одной секции $A_c = 0,244 \text{ м}^2$.

Номинальный тепловой поток $Q_{\text{Н.У}} = 185 \text{ Вт}$.

Масса $M = 7,62 \text{ кг}$.

1. Определение средней температуры воды в приборе

Средняя температура воды в отопительных приборах определяется по формуле (3) для заданных условий при значениях $\alpha = 1$ для проточно-регулируемого стояка (с односторонним присоединением прибора); $\beta_1 = 1,04$ при шаге номенклатурного ряда радиатора 185 Вт;

$\beta_2 = 1,02$ при установке чугунного радиатора у стены без ниши.

$$t_{\text{CP}} = t_r - (\sum Q_{\text{П}} + 0,5 Q_{\text{П}} / \alpha) * 3,6 * \beta_1 * \beta_2 / (c * G_{\text{СТ}})$$

Прибор 3 этажа

$$t_{\text{CP3}} = 95 - (0,5 + 1300 / 1) * 3,6 * 1,04 * 1,02 / (4,2 * 128,5) = 90,4^\circ\text{C}.$$

Прибор 2 этажа

$$t_{\text{CP2}} = 95 - (1300 + 0,5 * 1000 / 1) * 3,6 * 1,04 * 1,02 / (4,2 * 128,5) = 82,4^\circ\text{C}.$$

Прибор 1 этажа

$$t_{\text{CP1}} = 95 - (1300 + 1000 - 0,5 * 1200 / 1) * 3,6 * 1,04 * 1,02 / (4,2 * 128,5) = 74,4^\circ\text{C}.$$

2. Определение разности средней температуры воды в приборе и температуры окружающего воздуха

Прибор 1 этажа $\Delta t_{CP3} = 90,4 - 18 = 72,4$ °С

Прибор 2 этажа $\Delta t_{CP2} = 82,4 - 18 = 64,4$ °С

Прибор 3 этажа $\Delta t_{CP1} = 74,4 - 18 = 56,4$ °С

3. Определение теплового потока

Тепловой поток от секции радиатора МС-140-108 определяется по формуле (1)

при значениях $Q_{н.у} = 185$ Вт (табл.9.10);

$n = 0,3$, $p = 0$, $c = 1$ (табл.9.2) для радиатора с расходом 54 - 536 кг/ч и направлением движения воды сверху - вниз;

$v = 1$ для района с атмосферным давлением 760 мм.рт.ст;

$\psi = 1$ для всех схем присоединения приборов кроме снизу-вверх

$$Q_{Т.П} = 185 * (\Delta t_{CP}/70)^{1+0,3} * (128,5 / 300)^0 * 1*1*1 = 185 * (\Delta t_{CP} / 70)^{1,3} * 1 * 1 * 1 * 1$$

Подставляя значения Δt_{CP} для каждого прибора (см.п.2) определим $Q_{Т.П}$

Прибор 1 этажа $Q_{Т.П3} = 185 * (72,4/70) * 1*1*1*1 = 185 * 1,07 = 198$ Вт/ секций

Прибор 2 этажа $Q_{Т.П3} = 185 * (64,4/70) * 1*1*1*1 = 185 * 0,92 = 165$ Вт/ секций

Прибор 3 этажа $Q_{Т.П3} = 185 * (56,4/70) * 1*1*1*1 = 185 * 0,745 = 145$ Вт/ секций

4.Определение количества секций отопительных приборов

Предварительное количество секций в приборе определяется без учета коэффициента β_3 по формуле (4) при $\beta_4 = 1$:

$$N' = (Q_{О.П} / Q_{Т.П}) * \beta_4$$

Прибор верхнего этажа $N' = (1300 / 198) * 1 = 6,5$ секций

Прибор второго этажа $N' = (1000 / 165) * 1 = 6,0$ секций

Прибор первого этажа $N' = (1200 / 145) * 1 = 8,2$ секций

Окончательное количество секций определяется с учетом коэффициента β_3 для радиаторов МС-140 -108 до 15 секций по формуле (5).

Прибор верхнего этажа $N_3 = N'_3 / \beta_3 = 6,5 / 1 = 6,5$ секций

Принимаем радиатор из 7 секций

Прибор второго этажа $N_2 = N'_2 / \beta_2 = 6,0 / 1 = 6,0$ секций

Принимаем радиатор из 6 секций

Прибор первого этажа $N_1 = N'_1 / \beta_1 = 8,2 / 1 = 8,2$ секций

Принимаем радиатор из 9 секций.

Литература

Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч.1. Отопление. М. Стройиздат, 1990 г.

Составил - профессор, к.т.н. Е.В.Казнин

Таблица 9.1

Значение коэффициента v , учитывающего атмосферное давление

Тип отопительного прибора	Значение коэффициента в, при атмосферном давлении гПа (мм.рт.с)						
	1040	1013,3	1000	987	973	960	947

	(790)	(760)	(750)	(740)	(730)	(720)	(710)
Конвектор с кожухом	1,015	1,0	0,992	0,983	0,975	0,968	0,961
Радиатор секционный	1,011	1,0	0,994	0,989	0,983	0,977	0,972

Таблица 9.2

Значение показателей n , p , c для определения теплового потока отопительных приборов

Тип отопительного прибора	Направление движения потока	Расход теплоносителя, G кг/ч	n	p	c
Радиатор чугунный секционный и стальной панельный однорядный и двухрядный типа РСВ -1	Сверху - вниз	18 - 50 51 - 536 537 - 900	0,3	0,02 0 0,01	1,039 1,0 0,996
	Снизу - вниз	18- 115 116 - 900	0,15	0,08 0	1,092 1,0
	Снизу - вверх	18 - 60 61 - 900	0,25	0,12 0,04	1,113 0,97
Конвектор с кожухом типов: “Комфорт”, “Ритм”, “Ритм-1500”	Любое	36 - 96 97 - 900	0,35	0,18 0,07	1
“Универсал” и “Универсал - С”		36 - 86 87 - 900	0,30	0,18 0,07	1

Таблица 9.3

Значение коэффициента β_1

Шаг номенклатурного ряда отопительных приборов, Вт, (ккал/ч)	β_1
120 (103)	1,02
150 (126)	1,03
180 (150)	1,04
210 (181)	1,06
240 (206)	1,08
300 (258)	1,13

Таблица 9. 4

Значение коэффициента затекания воды α в приборных узлах с радиаторами и панелями РСВ

Приборный узел	Присоединение приборов к стояку	Подводка с замыкающим участком	α
С трехходовым краном КРТ	одностороннее		1,0
	двухстороннее		0,50
С проходным краном КРП	одностороннее	смещенным осевым	0,50 0,33
	двухстороннее	смещенным осевым	0,20 0,17

Таблица 9.5

Значение коэффициента β_2

Отопительный прибор	Значение β_2 при установке прибора	
	у наружной стены в т.ч. под световым проемом	у остекления светового проема
Радиатор: чугунный секционный	1,02	1,07
стальной панельный	1,04	1,1
Конвектор: с кожухом	1,02	1,05
без кожуха	1,03	1,07

Таблица 9.10

Техническая характеристика отопительных приборов

Тип прибора	Обозначение прибора	Площадь поверхности A , м ² /ед	Номинальный тепловой поток $Q_{н.у.}$, Вт (ккал/ч)
Радиаторы чугунные секционные	МС - 140 - 108	0,244	185 (159)
	МС - 140 - 98	0,240	174 (150)
	М - 140 - АО	0,299	178 (153)
	М - 140А	0,254	164 (141)
	М - 90	0,200	140 (120)
	МС - 90 - 108	0,187	150 (129)
Конвектор настенный с кожухом “Универсал” с индексом “К”, концевой с индексом “П”, проходной	КН20 - 0,4К	0,952	400 (344)
	КН20 - 0,4П	1,12	400 (344)
	КН20 - 0,479К	1,14	479 (412)
	КН20 - 0,479П	1,34	479 (412)
	КН20 - 0,655	1,83	655 (563)*
	КН20 - 0,786	2,20	786 (676)
	КН20 - 0,918	2,57	918 (789)
	КН20 - 1,049	2,94	1049 (902)
	КН20 - 1,18	3,30	1180 (1015)
	КН20 - 1,311	3,67	1311 (1127)
	КН20 - 1,441	4,04	1442 (1240)
	КН20 - 1,573	4,41	1573 (1353)
	КН20 - 1,704	4,77	1704 (1465)
	КН20 - 1,835	5,14	1835 (1578)
	КН20 - 1,966	5,51	1966 (1691)

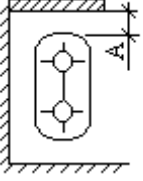
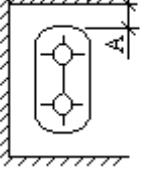
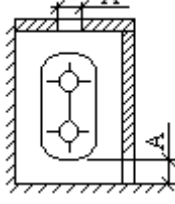
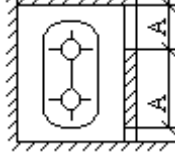
*) Для концевых и проходных для данного прибора и последующих

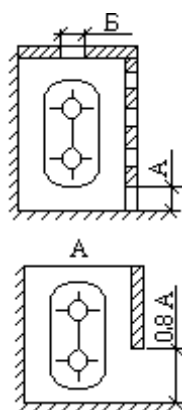
Таблица 9.11

Значение поправочного коэффициента ψ , учитывающего движение теплоносителя в приборе "снизу - вверх" для радиаторов и стальных панелей РСВ1																		
Тепловой поток прибора, Вт	Значение ψ при расходе воды в подводке к прибору $G_{пр}$ кг/ч																	
	30	35	40	45	50	60	70	100	140	180	225	275	335	400	470	600	800	1000
До 400	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0		
400 - 525	0,92	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0	
525 - 700	0,89	0,89	0,92	0,93	0,95	0,95	0,95	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,0
700 - 870	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
870 - 1000	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92	0,93	0,95	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
1000 - 1150		0,84	0,86	0,88	0,89	0,91	0,92	0,94	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
1150 - 1500				0,85	0,86	0,89	0,90	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
1500 - 1750						0,87	0,88	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
1750 - 2000							0,86	0,90	0,93	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
2000 - 2250								0,88	0,91	0,93	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99
2250 - 2500								0,88	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99
2500 - 2750								0,86	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99
2750 - 3000								0,86	0,89	0,92	0,93	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98

Таблица 9.12

Значение коэффициента β_4 , учитывающего способ установки отопительных приборов

Эскиз установки	Способ установки приборов	A	β_4
	У стены без ниши, перекрыт доской в виде полки	40 80 100	1,05 1,03 1,02
	В стенной нише	40 80 100	1,11 1,07 1,06
	У стены без ниши, закрыт деревянным шкафом со щелями в его передней стене, у пола и в верхней доске	260 220 180 150	1,12 1,13 1,19 1,25
	То же, но щель вырезана не в верхней части шкафа, а в верхней части передней доски	Щель открыта 130 Щель с сеткой	1,2 1,4
	Без ниши, закрыт шкафом, в верхней доске шкафа прорезана щель Б, ширина которой не менее глубины прибора. Спереди шкаф закрыт дере-	100	1,15



вянной решеткой, не доходящей до пола на расстояние А (не менее 100 мм)

У стены без ниши, закрыт экраном, не доходящим до пола на расстояние 0,8 А

0.9

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ С ЕСТЕСТВЕННЫМ ПОБУЖДЕНИЕМ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУХА В КАНАЛАХ

Пример 1

Расчет вытяжной системы вентиляции с естественным побуждением движения воздуха в каналах кирпичной кладки и сборных коробах из стандартных плит

Исходные данные:

Температура наружного воздуха для расчета естественного давления $t_H = +5^\circ\text{C}$.

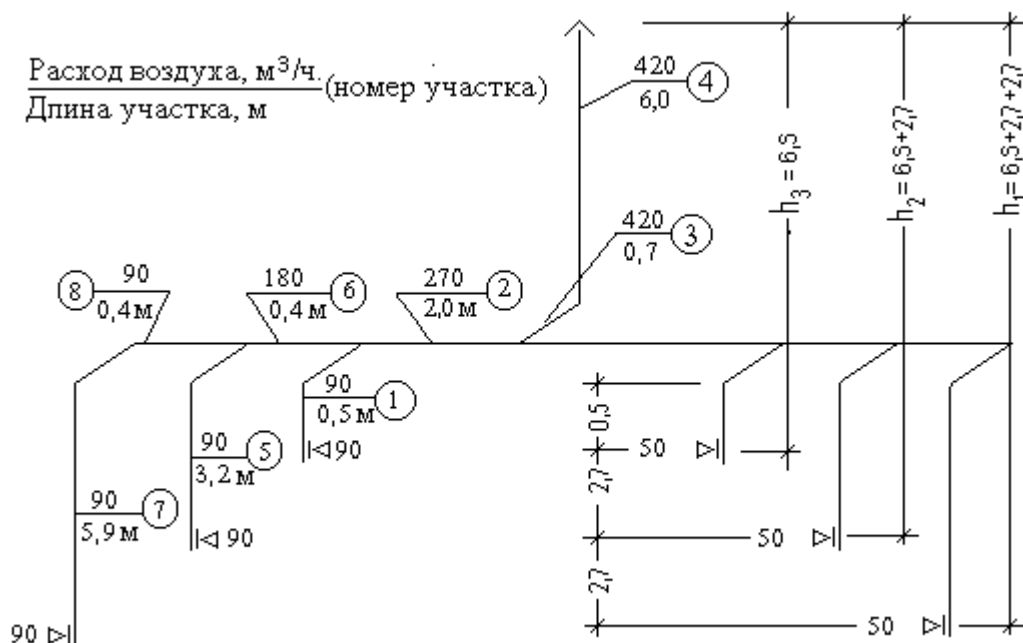
Температура внутреннего воздуха $t_B = +22^\circ\text{C}$.

Вертикальные каналы - в кирпичной кладке.

Короба на чердаке - сборные из стандартных плит.

Шахты стандартных размеров.

Аксонетрическая схема



1. Выбор расчетной ветви

Так как протяженность правой и левой ветвей одинакова, нагрузка большая в

левой ветви ($270 > 150$), расчет начинаем с левой ветви. Наименьшее естественное давление действует в ответвлении, удаляющем воздух из помещения третьего этажа. Следовательно расчет начинаем с данного ответвления т.е. участки 1,2,3,4.

2. Определение расчетного гравитационного давления для этажей

$$\Delta P_{ei} = h_i * g (\rho_n - \rho_v) \text{ Па.}$$

g - ускорение силы тяжести ($9,8 \text{ м/с}^2$).

$$\rho_n = \rho_{+5} = \frac{354}{273 + 5} = 1,27 \text{ кг/м}^3, \quad \rho_v = \rho_{+22} = \frac{354}{273 + 22} = 1,20 \text{ кг/м}^3.$$

$$\text{Этаж 3. } \Delta P_{e3} = 6,5 * 9,81 * (1,27 - 1,20) = 4,46 \text{ Па}$$

$$\text{Этаж 2. } \Delta P_{e2} = (6,5 + 2,7) * 9,81 * (1,27 - 1,20) = 6,32 \text{ Па}$$

$$\text{Этаж 1. } \Delta P_{e1} = (6,5 + 2,7 + 2,7) * 9,81 * (1,27 - 1,20) = 8,17 \text{ Па}$$

3. Подбор сечений каналов

В соответствии с рекомендациями принимаем скорость движения воздуха в каналах:

жалюзийная решетка - $0,6 \text{ м/с}$;

вертикальный канал - $0,8 \text{ м/с}$;

сборный короб и шахта - $1,0 \text{ м/с}$.

3.1. Определение расчетного сечения каналов

$$F = L / (3600 * v) \text{ м}^2.$$

Жалюзийная решетка участка 1 (третий этаж)

$$F_{ж.р} = 90 / (3600 * 0,6) = 0,0417 \text{ м}^2$$

Канал на участке 1,2,3,4

$$F_1 = 90 / (3600 * 0,8) = 0,0313 \text{ м}^2$$

$$F_2 = 270 / (3600 * 1,0) = 0,0938 \text{ м}^2$$

$$F_3 = 420 / (3600 * 1,0) = 0,117 \text{ м}^2$$

$$F_4 = 420 / (3600 * 1,0) = 0,117 \text{ м}^2$$

3.2. Подбираем стандартные сечения каналов, ближайшие к расчетным, и определяем действительную скорость (приложение 1, 4).

$$v = L / (3600 * F) \text{ м/с.}$$

Участок 1 - канал в кирпичной кладке сечением $140*270$, $F_1 = 0,0380 \text{ м}^2$;

$$v_1 = 90 / (3600 * 0,038) = 0,66 \text{ м/с.}$$

Участок 2 - канал сборный сечением $250*400$, из стандартных плит, $F_2 = 0,1 \text{ м}^2$;

$$v_2 = 270 / (3600 * 0,1) = 0,75 \text{ м/с.}$$

Участок 3 - канал сборный сечением $300*400$, из стандартных плит, $F_3 = 0,12 \text{ м}^2$;

$$v_3 = 420 / (3600 * 0,12) = 0,97 \text{ м/с.}$$

Участок 4 - шахта сечением $400*400$, $F_4 = 0,16 \text{ м}^2$:

$$v_4 = 420 / (3600 * 0,16) = 0,73 \text{ м/с.}$$

Результаты расчета заносятся в таблицу.

4. Определение потерь давления в каналах

4.1. На преодоление трения - Rl

4.2. На преодоление местных сопротивлений - $Z = \sum \zeta * (v^2/2) * \rho = \sum \zeta * R_d$

$$\Delta P = \sum (Rl + Z)_{1-4}.$$

Результаты расчета заносятся в таблицу.

Местные сопротивления (приложение 3)

Участок 1 Жалюзийная решетка $\zeta = 1,2$

2 отвода $90^\circ \zeta = 1,1 * 2 = 2,2$

 Тройник на ответвлении $\zeta = 1,5$

$$\sum \zeta = 3,7^*$$

*) без к.м.с. жалюзийной решетки.

Участок 2  Тройник на ответвлении $\zeta = 1,5$

Участок 3 Отвод $90^\circ \zeta = 1,1$

Участок 4 Зонт над шахтой $\zeta = 1,3$

5. Подбор жалюзийной решетки на участке 1(3-й этаж)

$$\sum (Rl + Z)_{1'-4} = 0,993 + 0,590 + 0,650 + 0,600 = 2,83 \text{ Па.}$$

Потери давления в жалюзийной решетке

$$\Delta P_{ж.р.3} = \Delta P_{е.3} - \sum (Rl + Z)_{1'} = 4,46 - 2,83 = 1,63 \text{ Па.}$$

Скорость воздуха в живом сечении решетки

$$V_{ж.р.3} = \sqrt{\frac{\Delta P_{ж.р.3} * 2}{\rho_B * \zeta_{ж.р.}}} = \sqrt{\frac{1,63 * 2}{1,2 * 1,2}} = 1,5 \text{ м/с.}$$

Принимаем решетку по живому сечению

$$F_{ж.р.3} = L / (3600 * V_{ж.р.3}) = 90 / (3600 * 1,5) = 0,016 \text{ м}^2.$$

Ближайшая по сечению решетка 120*200 с вкладышем № 0 имеет живое сечение

$$F_{ж.р.} = 0,18 \text{ м}^2, \text{ (приложение 2).}$$

Действительная скорость воздуха в решетке

$$V_{ж.р.3} = L / (3600 * F_{ж.р.3}) = 90 / (3600 * 0,018) = 1,39 \text{ м/с.}$$

Действительные потери давления в жалюзийной решетке

$$\Delta P_{ж.р.3} = \zeta \frac{v^2}{2} \rho_B = 1,2 \frac{1,39^2}{2} * 1,2 = 1,39 \text{ Па.}$$

Запас давления составляет в %

$$\frac{\Delta P_{е.3} - \sum (Rl + Z)_{1'-4}}{\Delta P_{ж.р.3}} 100 = \frac{4,46 - (2,83 + 1,39)}{1,39} 100 = 6 \text{ \%}.$$

6. Подбор жалюзийной решетки на участке № 5 (2-ой этаж)

Расчетное давление для участков 5 и 6

$$\Delta P_{5,6} = \Sigma(Rl + Z)_1 + (\Delta P_{e,2} - \Delta P_{e,3}) = 1,39 + 0,993 + (6,32 - 4,46) = 4,243 \text{ Па.}$$

Потери давления в жалюзийной решетке

$$\Delta P_{ж.р.2} = 4,243 - (1,170 + 0,081) = 2,992 \text{ Па.}$$

Скорость воздуха в решетке

$$v_{ж.р.2} = \sqrt{\frac{2,992 * 2}{1,2 * 1,2}} = 2,04 \text{ м/с.}$$

$$\text{Живое сечение решетки } F_{ж.р.2} = 90 / (3600 * 2,04) = 0,0122 \text{ м}^2.$$

Принимаем решетку 120 * 200 с вкладышем № 3, сечением

$$F_{ж.р.2} = 0,0126 \text{ м}^2.$$

Действительная скорость воздуха в решетке

$$v_{ж.р.2} = 90 / (3600 * 0,0126) = 2,88 \text{ м/с.}$$

7. Подбор жалюзийной решетки на участке № 7 (1-й этаж)

Расчетное давление для участков 7 и 8

$$\Delta P_{7,8} = \Sigma(Rl + Z)_5 + (\Delta P_{e,1} - \Delta P_{e,2}) = 2,88 + 1,17 + (8,17 - 6,32) = 5,9 \text{ Па.}$$

Потери давления в жалюзийной решетке

$$\Delta P_{ж.р.1} = 5,9 - (1,377 + 0,007) = 4,516 \text{ Па.}$$

Скорость воздуха в решетке

$$v_{ж.р.1} = \sqrt{\frac{4,516 * 2}{1,2 * 1,2}} = 2,5 \text{ м/с.}$$

$$\text{Живое сечение решетки } F_{ж.р.1} = 90 / (3600 * 2,5) = 0,01 \text{ м}^2.$$

$$\text{Принимаем решетку } 120 * 200 \text{ с вкладышем № 4, сечением } F_{ж.р.1} = 0,0108 \text{ м}^2.$$

Действительная скорость воздуха в сечении решетки

$$v_{ж.р.1} = 90 / (3600 * 0,0108) = 2,31 \text{ м/с.}$$

Действительные потери давления в решетке

$$\Delta P_{ж.р.1} = 1,2 * \frac{2,31^2}{2} * 1,2 = 3,84 \text{ Па.}$$

Результаты расчета сведены в таблицу на стр.6.

Тип и размеры вентиляционных каналов, жалюзийных решеток, значения коэффициентов местных сопротивлений, удельных потерь давления и динамических давлений приняты в соответствии с данными, приведенными в приложениях.

Результаты расчетов вентиляционных каналов

№№ учас тков	l м	L $\frac{3}{4}$	a^*b мм	F m^2	v м/с	R Па/м	Rl Па	$\Sigma\xi$	P_d Па	Z Па	$Rl+Z$ Па	При- меча- ние
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Третий этаж

Вкл. № 0

1 ж.р.	-	90	120*200	0,018	1,39	-	-	1,2	1,16	0,39	1,39	
1'	0,5	90	140*270	0,038	0,66	0,066	0,033	3,7	0,26	0,96	0,993	
2	2,0	270	250*400	0,100	0,75	0,042	0,080	1,5	0,34	0,51	0,590	
3	0,7	420	300*400	0,120	0,97	0,040	0,030	1,1	0,56	0,62	0,650	
4	6,0	420	400*400	0,160	0,73	0,030	0,180	1,3	0,32	0,42	0,600	

$$\Sigma(Rl + Z)_{1-4} = 4,223$$

$$\text{Запас} = \frac{4,46 - 4,223}{4,46} * 100 = \sim 5 \%$$

Второй этаж

Вкл. № 3

3 ж.р.	-	90	120*200	0,0126	1,98	-	-	1,2	2,40	2,88	2,880	
5'	3,2	90	140*270	0,038	0,66	0,066	0,210	3,7	0,26	0,96	1,170	
6	0,4	180	250*400	0,100	0,50	0,015	0,006	0,5	0,15	0,075	0,081	

$$\Sigma(Rl + Z)_{5-6} = 4,131$$

$$\text{Невязка} = 100 * \frac{\Delta P_{5-6} - \Sigma(Rl + Z)_{5-6}}{\Delta P_{5-6}} * 100 = \frac{4,243 - 4,243}{4,243} * 100 = \sim 2,6 \%$$

Первый этаж

Вкл. № 4

7 ж.р.	-	90	120*200	0,0108	2,31	-	-	1,2	3,20	3,840	3,840	
7'	5,9	90	140*270	0,038	0,66	0,066	0,389	3,3	0,26	0,858	1,247	
8	0,4	90	250*400	0,100	0,25	0,005	0,002	0,5	0,01	0,005	0,007	

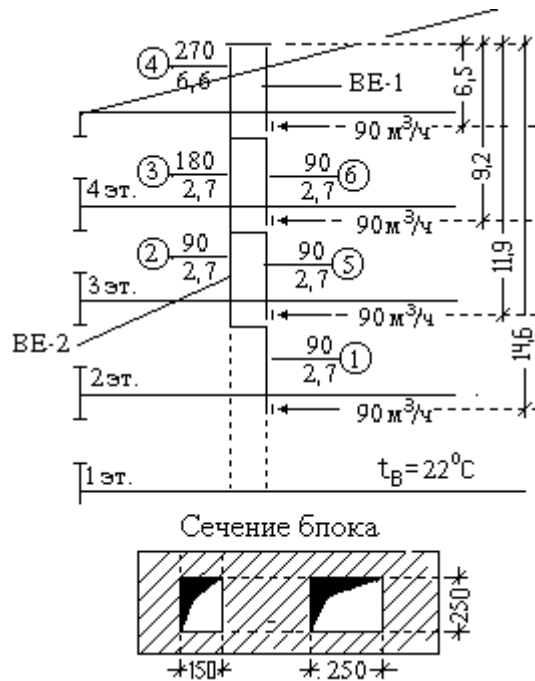
$$\Sigma(Rl + Z)_{7-8} = 5,094$$

$$\text{Невязка} = 100 * \frac{\Delta P_{7-8} - \Sigma(Rl + Z)_{7-8}}{\Delta P_{7-8}} * 100 = \frac{5,9 - 5,094}{5,9} * 100 = \sim 13 \%$$

1', 5', 7' - соответствующие номера участков без жалюзийных решеток.

Пример 2

Расчет вытяжной системы вентиляции с естественным побуждением движения воздуха в каналах вентиляционных блоков и панелей



1. Определение расчетного гравитационного давления

$$\Delta P_{ei} = h_i * g(\rho_{+5} - \rho_{+22}) \text{ Па.}$$

$$\text{4 этаж } h_4 = 6,5 \text{ м}$$

$$\Delta P_{e4} = 6,5 * 9,81(1,27 - 1,20) = 4,46 \text{ Па.}$$

$$\text{3 этаж } h_3 = 6,5 + 2,7 = 9,2 \text{ м}$$

$$\Delta P_{e4} = 9,2 * 9,81(1,27 - 1,20) = 6,32 \text{ Па.}$$

$$\text{2 этаж } h_2 = 9,2 + 2,7 = 11,9 \text{ м}$$

$$\Delta P_{e4} = 11,9 * 9,81(1,27 - 1,20) = 8,17 \text{ Па.}$$

$$\text{1 этаж } h_4 = 14,6 \text{ м}$$

$$\Delta P_{e4} = 14,6 * 9,81(1,27 - 1,20) = 10,02 \text{ Па.}$$

$$\rho_{+5} = \frac{354}{273 + 5} = 1,27 \text{ кг/м}^3,$$

$$\rho_{+22} = \frac{354}{273 + 22} = 1,20 \text{ кг/м}^3.$$

2. Определение сечения жалюзийной решетки для 4-го этажа

$$\Delta P_{ж,р,4} = \Delta P_{e,4} - \Sigma(Rl + Z)_1.$$

Скорость движения воздуха в сечении канала:

$$v_1' = \frac{L}{3600 * F_1} = \frac{90}{3600 * 0,15 * 0,25} = 0,66 \text{ м/с.}$$

Сумма коэффициентов местных сопротивлений, приложение 3

Колено $90^\circ \zeta = 1,1$

Зонт $\zeta = 1,3$

$\Sigma \zeta = 2,4.$

$$\Delta P_{ж,р,4} = 4,46 - 0,99 = 3,47 \text{ Па}$$

$$v_{ж,р,4} = \sqrt{\frac{\Delta P_{ж,р,4} * 2}{\rho_B * \zeta_{ж,р,4}}} = \sqrt{\frac{3,47 * 2}{1,2 * 1,2}} = 2,20 \text{ м/с.}$$

$$F_{ж,р,4} = \frac{L}{3600 * v_{ж,р.}} = \frac{90}{3600 * 2,20} = 0,012 \text{ м}^2.$$

Принимаем к установке решетку 120 * 200 с вкладышем № 3

$F_{ж,р.} = 0,0126 \text{ м}^2$, (приложение-2).

Тогда

$$V_{ж,р,4} = 90 / (3600 * 0,0126) = 1,98 \text{ м/с.}$$

Потери давления в жалюзийной решетке

$$\Delta P_{\text{ж.р.4}} = \zeta_{\text{ж.р.}} \frac{v^2}{2} \rho_B = 1,2 \frac{1,98^2}{2} 1,2 = 2,83 \text{ Па.}$$

3. Расчет системы вентиляции 3-1 этажей ВЕ-2

Расчет сводится к определению сечения жалюзийных решеток на каждом этаже

$$F_{\text{ж.р.}} = \frac{L}{3600 * v_{\text{ж.р.}}}; v_{\text{ж.р.}} = \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{ж.р.}} * 2}{\rho_B \zeta_{\text{ж.р.}}}};$$

$$\Delta P_{\text{ж.р.и}} = 0,9 \Delta P_{\text{е.и}} - \Sigma(Rl + Z)_{\text{п.и}}; Z = \Sigma \zeta_{\text{ж.р.}} \frac{v^2}{2} \rho = \Sigma \zeta * P_{\text{Д.}}$$

1-й этаж

Участок 1 - 150*250 (без жалюзийной решетки), приложение 4.

$L = 90 \text{ м}^3/\text{ч}$; $F_1 = 0,0375 \text{ м}^2$; $v_1 = 0,66 \text{ м/с}$; $R_1 = 0,06$; $P_{\text{Д}} = 0,264 \text{ Па}$;

Местные сопротивления: 3 отвода 90° - $\Sigma \zeta = 1,1 * 3 = 3,3$.

Участок 2 - 250*250,

$L = 90 \text{ м}^3/\text{ч}$; $F_2 = 0,0625 \text{ м}^2$; $v_2 = 0,40 \text{ м/с}$; $R_2 = 0,01$; $P_{\text{Д}} = 0,096 \text{ Па}$;

Местные сопротивления: Тройник на проходе - $\Sigma \zeta = 0,5$.

Участок 3 - 250*250 ,

$L_3 = 180 \text{ м}^3/\text{ч}$;

Местные сопротивления: Тройник на проходе - $\Sigma \zeta = 0,5$.

Участок 4 - 250*250,

$L_4 = 270 \text{ м}^3/\text{ч}$;

Местные сопротивления: Зонт над шахтой $\Sigma \zeta = 1,3$.

Результаты расчета заносятся в таблицу.

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{ж.р.1}} &= 0,9 * 10,02 - \Sigma(Rl + Z)_{1-4} = \\ &= 0,9 * 10,02 - (1,032 + 0,075 + 0,354 + 1,978) = 5,587 \text{ Па} \end{aligned}$$

$$F_{\text{ж.р.1}} = \frac{90}{3600 * 2,78} = 0,0089 \text{ м}; v_{\text{ж.р.1}} = \sqrt{\frac{5,587 * 2}{1,2 * 1,2}} = 2,78 \text{ м/с.}$$

Устанавливаем жалюзийную решетку 120*200 с вкладышем № 5

$$F_{\text{ж.р.1}} = 0,009 \text{ м}^2.$$

$$\text{Действительная скорость } v_1 = \frac{90}{3600 * 0,009} = 2,77 \text{ м}^2.$$

$$\text{Действительные потери } \Delta P_{\text{ж.р.1}} = 1,2 \frac{2,77^2}{2} 1,2 = 5,52 \text{ Па.}$$

$$\text{Запас } \frac{10,02 - (3,439 + 5,52)}{10,02} 100 = \frac{106,1}{10,02} = 10,4 \%$$

2-й этаж

Участок 5 150*250.

$$L = 90 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$2 \text{ отвода } 90^\circ \zeta = 1,1 * 2 = 2,2$$

Тройник на ответвлении $\zeta = 1,5$

$$\Sigma \zeta = 3,7$$

$$\Delta P_{\text{ж.р.2}} = 0,9 * 8,17 - \Sigma(Rl + Z)_{3,4,5} =$$

$$= 0,9 * 8,17 - (0,354 + 1,978 + 1,152) = 3,859 \text{ Па.}$$

$$F_{\text{ж.р.2}} = \frac{90}{3600 * 2,32} = 0,0107 \text{ м}^2; v_{\text{ж.р.2}} = \sqrt{\frac{3,869 * 2}{1,2 * 1,2}} = 2,32 \text{ м/с.}$$

Устанавливаем жалюзийную решетку 120*200 с вкладышем № 4

$$F_{\text{ж.р.2}} = 0,108 \text{ м}^2.$$

Действительная скорость в жалюзийной решетке

$$v_{\text{ж.р.2}} = \frac{90}{3600 * 0,108} = 2,36 \text{ м/с};$$

$$\text{Потери составят } \Delta P_{\text{ж.р.2}} = 1,2 \frac{2,36^2}{2} 1,2 = 4,00 \text{ Па.}$$

$$\text{Запас } \frac{8,17 - (0,354 + 1,978 + 1,152 + 4,00)}{8,17} 100 = \frac{68,6}{8,17} = 8,4 \%$$

3-й этаж

$$\Delta P_{\text{ж.р.3}} = 0,9 * \Delta P_{\text{е.3}} - \Sigma(Rl + Z)_{6,4} =$$

$$= 0,9 * 6,32 - (1,152 + 1,978) = 2,558 \text{ Па.}$$

$$F_{\text{ж.р.3}} = \frac{90}{3600 * 1,89} = 0,013 \text{ м}^2; v_{\text{ж.р.3}} = \sqrt{\frac{2,558 * 2}{1,2 * 1,2}} = 1,89 \text{ м/с.}$$

Устанавливаем жалюзийную решетку 120*200 с вкладышем № 3

$$F_{\text{ж.р.}} = 0,0126 \text{ м}^2.$$

Действительная скорость в жалюзийной решетке

$$v_{\text{ж.р.3}} = \frac{90}{3600 * 0,0126} = 1,98 \text{ м/с.}$$

$$\text{Потери составят } \Delta P_{\text{ж.р.3}} = 1,2 \frac{1,98^2}{2} 1,2 = 2,83 \text{ Па.}$$

$$\text{Запас } \frac{6,32 - (1,978 + 1,152 + 2,83)}{6,32} 100 = \frac{0,36}{6,32} 100 = 5,7 \%$$

Результаты расчета сведены в таблицу (стр.11)

Тип и размеры вентиляционных каналов, жалюзийных решеток, значения коэффициентов местных сопротивлений, удельных потерь давления и динамических давлений приняты в соответствии с данными, приведенными в приложениях.

Составил - проф., к.т.н. Е.В. Казнин

Таблица к примеру № 2

Результаты расчета вентиляционных каналов
систем вентиляции ВЕ-1 и ВЕ-2 (вентблоков)

№ № учас- тков	l м	L м ³ /ч	a*в мм	F м ²	v м/с	R Па /м	Rl Па	Σξ	P _д Па	Z Па	Rl+ Z Па	При- меча- ние
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	

Система ВЕ-1 (четвертый этаж, верхний)

ж.р.	-	90	120*200	0,0126	1,98	-	0	1,2	2,36	2,83	2,83	
Вкл.№3												
канал	6,5	90	150*250	0,0375	0,66	0,06	0,39	2,4	0,26	0,63	1,02	

$$\text{Запас } \frac{4,46 - (2,83 + 1,02)}{4,46} * 100 = 13,6 \%$$

Система ВЕ-2 (первый - третий этажи)

ж.р.	-	90	120*200	0,009	2,77	-	0	1,2	4,60	5,52	5,520	
1 этаж	Вкл.№ 5											
1	2,7	90	150*250	0,0375	0,66	0,06	0,162	3,3	0,264	0,87	1,032	
2	2,7	90	250*250	0,0625	0,40	0,01	0,027	0,5	0,096	0,048	0,075	
3	2,7	180	250*250	0,0625	0,80	0,06	0,162	0,5	0,384	0,192	0,354	
4	6,6	270	250*250	0,0625	1,20	0,13	0,858	1,3	0,864	1,12	1,978	

Σ = 8,959

$$\text{Запас } \frac{10,02 - 8,959}{10,02} * 100 = 10,4 \%$$

Второй этаж

ж.р.	-	90	120*200	0,0106	2,36	-	-	1,2	3,30	4,00	4,00	
2 этаж	Вкл.№ 4											
5	2,7	90	150*250	0,0375	0,66	0,06	0,162	3,7	0,264	0,99	1,152	

$$\text{Запас } \frac{8,17 - (4,0 + 1,152 + 0,354 + 1,978)}{8,17} * 100 = 8,4 \%$$

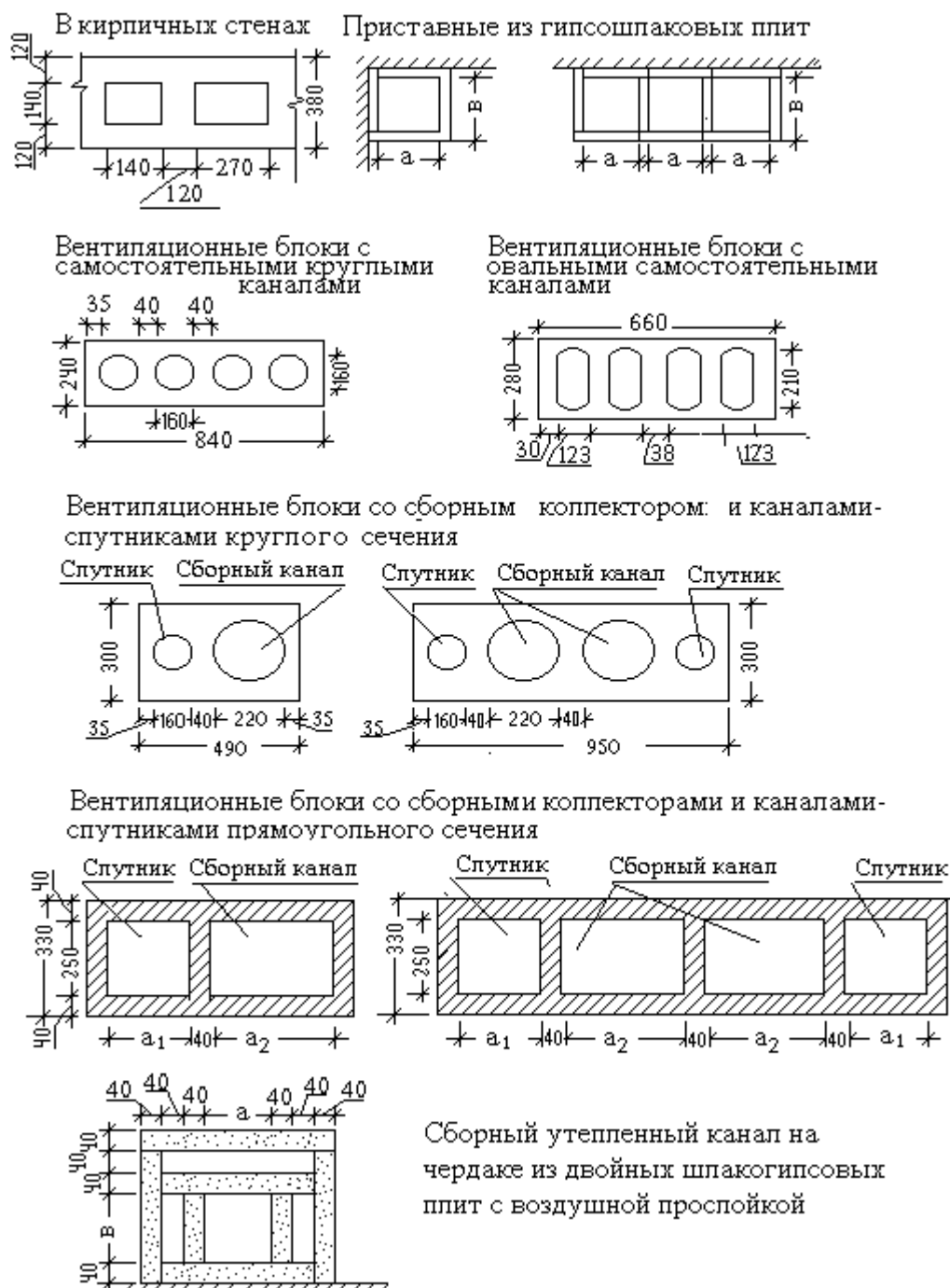
Третий этаж

ж.р.	-	90	120*200	0,0126	1,98	-	0	1,2	2,36	2,83	2,83	
3 этаж	Вкл.№ 3											
6	2,7	90	150*250	0,0375	0,66	0,06	0,162	3,7	0,264	0,99	1,152	

$$\text{Запас } \frac{6,32 - (2,83 + 1,152 + 1,978)}{6,32} * 100 = 5,7 \%$$

Приложение 1

Конструкция вытяжных каналов и вентиляционных блоков



Приложение 2

Характеристика пластмассовых вентиляционных решеток с монтажной регулировкой живого сечения (ГОСТ 13448-68)

Размер,	№ вкладыша	Живое сечение, м ²	Скорость воздуха, м/с, при расходе, м ³ /ч				
			25	50	60	75	90
120*200	0	0,018	0,37	0,77	0,93	1,16	1,39
То же	1	0,0162	0,43	0,86	1,03	1,27	1,54
“	2	0,0144	0,48	0,96	1,16	1,45	1,74

“	3	0,0126	0,55	1,10	1,32	1,65	1,98
“	4	0,0108	0,64	1,29	1,54	1,93	2,31
“	5	0,009	0,77	1,54	1,86	2,31	2,73
200*200	0	0,030	0,23	0,46	0,56	0,69	0,83
То же	1	0,027	0,26	0,52	0,62	0,77	0,93
“	2	0,024	0,29	0,58	0,69	0,87	1,04
“	3	0,021	0,33	0,66	0,79	0,99	1,19
“	4	0,018	0,37	0,77	0,93	1,16	1,39
“	5	0,015	0,46	0,92	1,11	1,39	1,67

Приложение 3

Значение коэффициентов местных сопротивлений
воздуховодов

Наименование местного сопротивления	Величина КМС
Вход в вентиляционную решетку	1,2
Колено (поворот) на 90°	1,1
Тройник на проходе	0,5
То же на ответвлении	1,5
Зонт над вытяжной шахтой	1,3

Приложение 4

Удельные потери на трение в каналах

Сечение и площадь канала, м²	Количество проходящего воздуха, м³/ч (верхняя строка) и потери давления, Па/м (нижняя строка) при скорости, м/с								
	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
*140x140	21	29	43	57	72	86	100	115	130
0,02	0,03	0,04	0,08	0,14	0,2	0,31	0,4	0,52	0,66
*140x270	42	58	86	114	144	172	200	230	260
0,038	0,01	0,03	0,05	0,1	0,16	0,23	0,3	0,38	0,49
150x150	24	32	49	65	81	97	113	130	146
0,0225	0,02	0,03	0,06	0,14	0,16	0,23	0,31	0,41	0,51
150x200	32	43	65	86	108	130	151	173	196
0,03	0,01	0,02	0,05	0,08	0,14	0,19	0,28	0,37	0,47
150x250	41	54	81	108	135	162	189	216	243
0,0375	0,01	0,02	0,05	0,08	0,14	0,19	0,23	0,3	0,37
300x200	43	58	86	115	144	173	202	230	260
0,04	0,01	0,02	0,05	0,07	0,11	0,16	0,22	0,28	0,35
200x300	65	86	130	173	216	260	302	346	389
0,06	0,009	0,01	0,04	0,06	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28
250x250	68	90	135	180	225	270	315	360	405
0,0625	0,009	0,01	0,04	0,06	0,09	0,13	0,17	0,21	0,27
250x300	81	108	162	216	270	324	378	432	480
0,075	0,008	0,010	0,03	0,05	0,07	0,11	0,15	0,18	0,23
200x400	86	115	173	230	288	346	403	461	518
0,08	0,008	0,01	0,02	0,05	0,07	0,11	0,16	0,18	0,23
250x400	108	144	216	288	360	432	504	576	648
0,1	0,007	0,01	0,02	0,05	0,06	0,09	0,11	0,16	0,21
300x300	97	130	194	259	324	389	454	518	583
0,09	0,007	0,01	0,02	0,05	0,06	0,11	0,11	0,16	0,21

300x400	130	173	259	346	432	518	605	691	778
0,12	0,006	0,01	0,02	0,04	0,04	0,08	0,1	0,13	0,17
400x400	173	230	346	461	576	690	806	922	1037
0,16	0,005	0,009	0,01	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15
0,2	0,004	0,008	0,01	0,03	0,04	0,06	0,08	0,11	0,13
500x500.	270	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620
0,25	0,004	0,007	0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11
Динамическое давление, Р _д , Па	0,054	0,096	0,216	0,384	0,6	0,864	1,18	1,54	1,94

*) Для вентиляционных каналов в кирпичных стенах