

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»
(РУТ (МИИТ))**

Одобрено кафедрой
«ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ВОДОСНАБЖЕНИЕ НА ЖД ТРАНСПОРТЕ»
Протокол № 2.09 от 08 сентября 2018 г.
Автор: Лосавио Н.Г., к.т.н., доцент

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ С МЕТОДИЧЕСКИМИ
УКАЗАНИЯМИ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ С ОСНОВАМИ ТЕПЛОТЕХНИКИ

Уровень ВО: *Бакалавриат*

Форма обучения: *Заочная*

Курс: *3*

Специальность/Направление: *08.03.01 Строительство (СТб)*

Специализация/Профиль/Магистерская программа: *(ВВ) Водоснабжение и водоотведение*

Москва

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

Студенты выполняют 1 контрольную работу. Темой контрольной работы является: «Расчет теплозащиты, системы отопления и вентиляции здания».

Контрольная работа включает четыре задачи.

1. Расчет теплопотерь через наружные ограждения здания.
2. Расчет потребной тепловой мощности отопительных приборов в помещениях.
3. Гидравлический расчет системы отопления.
4. Расчет воздухообмена в одном из помещений здания.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выполнению контрольной работы должно предшествовать изучение соответствующих разделов дисциплины "Инженерные системы зданий и сооружений. Теплогазоснабжение с основами теплотехники".

При принятии технических решений и выполнении расчетов студенты должны руководствоваться заданными исходными данными согласно своему варианту задания и строительными нормами, и правилами (официальные издания СНиП по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха).

Объем и последовательность расчетов приведены в методических указаниях к выполнению данной контрольной работы.

Контрольную работу выполняют в виде расчетно-пояснительной записки с графической частью, включающей планы первого и второго этажей и вертикальный разрез здания.

На планах должны быть обозначены и пронумерованы все стояки с присоединенными к ним отопительными приборами.

Для выполнения гидравлического расчета системы отопления следует изобразить ее аксонометрическую схему с указанием расчетных тепловых мощностей (Вт) всех отопительных приборов.

Допускается выполнение графической части контрольной работы на отдельных листах (включая миллиметровку) формата А-3 и А-4.

При выполнении расчетов обязательно дать словесное название определяемой величины (в именительном падеже), привести расчетную формулу, подстановку числовых значений величин (в строгом соответствии с формулой) и результат расчета с указанием единиц измерения. Далее следуют необходимые пояснения.

На числовые значения используемых справочных величин даются ссылки на литературные источники. Все расчеты выполняют в единицах системы СИ.

Контрольную работу выполняют на основании исходных данных по варианту задания, согласно учебному шифру студента, применительно к климатическим условиям района его постоянного проживания.

С академической точки зрения расчеты целесообразно выполнять в традиционной форме, используя для вычислений микрокалькуляторы. Студентам, владеющим компьютерной техникой и основами программирования рекомендуется на основе приведенных в методических указаниях алгоритмов расчета составить программы машинного счета с выводением в печать значений основных промежуточных величин. При многократных расчетах, например, с целью нахождения оптимальных технических решений, использование ПЭВМ становится необходимым.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Географический район строительства здания (пункт постоянного проживания студента).
Климатические данные района (табл. 11):

- а) расчетная зимняя температура наружного воздуха для проектирования системы отопления $t_n^p = \underline{\hspace{2cm}}$ °С ;
- б) средняя температура наружного воздуха за отопительный сезон $t_{от}^{cp} = \underline{\hspace{2cm}}$ °С ;
- в) продолжительность отопительного сезона $n_{от} = \underline{\hspace{2cm}}$ сут.
- г) расчетная зимняя температура наружного воздуха для проектирования систем вентиляции $t_{вент}^p = \underline{\hspace{2cm}}$ °С ;
3. Влажностный режим помещений - нормальный ($\varphi_B = 50-60\%$)
4. Основные характеристики здания (рис. 1).

Наружные стены - из кирпича без наружной облицовки, с внутренней известково-песочной штукатуркой толщиной $\delta_{шт} = 0,02$ м. Тип кирпичной кладки наружных стен принять по табл. 1.

Таблица 1

Типы кирпичной кладки для наружных стен

Характеристика наружных стен	Последняя цифра учебного шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тип кирпичной кладки	Из глиняного кирпича					Из силикатного кирпича				
Коэффициент теплопроводности кладки $\lambda_{к, Вт/(мК)}$	0,82		0,814		0,812		0,871		0,842	

Коэффициент теплопроводности штукатурки $\lambda_{шт} = 0,815$ Вт(м·К).

Подвал под полами первого этажа - неотапливаемый, без окон.

Окна - с двойным остеклением на деревянных переплетах. Входная дверь - двойная, с тамбуром, без тепловой завесы.

Размеры здания, помимо указанных на чертежах (см. рис.1) и ориентацию главного фасада здания относительно стран света принять по табл. 2.

Площадь одного оконного проема $F_{до} = 3,0$ м².

Площадь одного дверного проема $F_{дд} = 4,0$ м².

Таблица 2

Размеры здания и ориентация главного фасада

Размеры здания	Последняя цифра учебного плана									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Полная ширина здания, А, м	16	14	12	13	14	15	16	13	15	12
Высота этажей, Н, м	3,5	3,4	3,3	3,3	3,4	3,5	3,5	3,3	3,2	3,4
Ориентация главного фасада	С	С-В	В	С-В	Ю	Ю-З	З	С-З	С	Ю-В

5. Расчетные температуры воздуха внутри помещений t_B , °С :

в вестибюле (помещение 105) 12 °С ;

на лестничной клетке, в санузлах 16 °С ;

во всех остальных помещениях 18 °С.

7. Расчетная температура воды в системе отопления:

горячей $t_{\Gamma} = 95^{\circ}\text{C}$;

обратной $t_0 = 70^{\circ}\text{C}$.

8. Отопительные приборы:

чугунные двухколбовые радиаторы МС-140 и МС-90 (принимаются по выбору студентом).

Основные теплотехнические характеристики указанных отопительных приборов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики отопительных приборов типа МС

Тип, марка отопительного прибора	Площадь теплообменной поверхности секции f_c , м^2	Номинальная плотность теплового потока $q_{\text{ном}}$, $\text{Вт}/\text{м}^2$	Полная высота H , мм	Строительная линия секции l_c , мм
МС – 140 – 180	0,244	758	588	108
МС – 140 - 98	0,240	725	588	98

Схема присоединения отопительных приборов к стоякам - сверху вниз.

9. Основные исходные данные для расчета воздухообмена двухсветного зала (помещение 101) приведены в табл. 4.

Система вентиляции - приточно-вытяжная с механическим притоком и естественной вытяжкой, не связанная с отоплением. Подача приточного воздуха производится в верхнюю зону.

Продолжительность работы калорифера системы вентиляции $\tau_{\text{кф}} = 1200$ ч/год, средний коэффициент тепловой нагрузки $\phi_{\text{кф}} = 0,3$.

Таблица 4

Исходные данные для расчета вентиляции

Последняя цифра учебного плана											
Исходные данные	Единицы измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Расчетное число людей в зале n	Чел.	140	130	110	120	100	90	120	100	140	120
Допустимая концентрация CO_2 в воздухе помещения $b_{\text{вд}}$	$\text{л}/\text{м}^3$	1,2	0,8	0,7	1,2	0,8	0,7	1,5	2	1,5	2
Допустимая относительная влажность воздуха $\phi_{\text{доп}}$	%	60	50	55	50	60	55	60	50	55	60
Концентрация CO_2 в наружном воздухе $b_{\text{пр}}$	$\text{л}/\text{м}^3$	0,3					0,4				

* Значение $b_{\text{вд}}$, $\text{л}/\text{м}^3$ заданы условно.

Система вентиляции - приточно-вытяжная с механическим притоком и естественной вытяжкой, не связанная с отоплением. Подача приточного воздуха производится в верхнюю зону.

Продолжительность работы калорифера системы вентиляции

$$\tau_{\text{кф}} = 1200 \text{ ч/год};$$

средний коэффициент тепловой нагрузки

$$\varphi_{\text{кф}} = 0,3$$

Недостающие значения величин студент выбирает самостоятельно в соответствии с имеющимися в литературе рекомендациями.

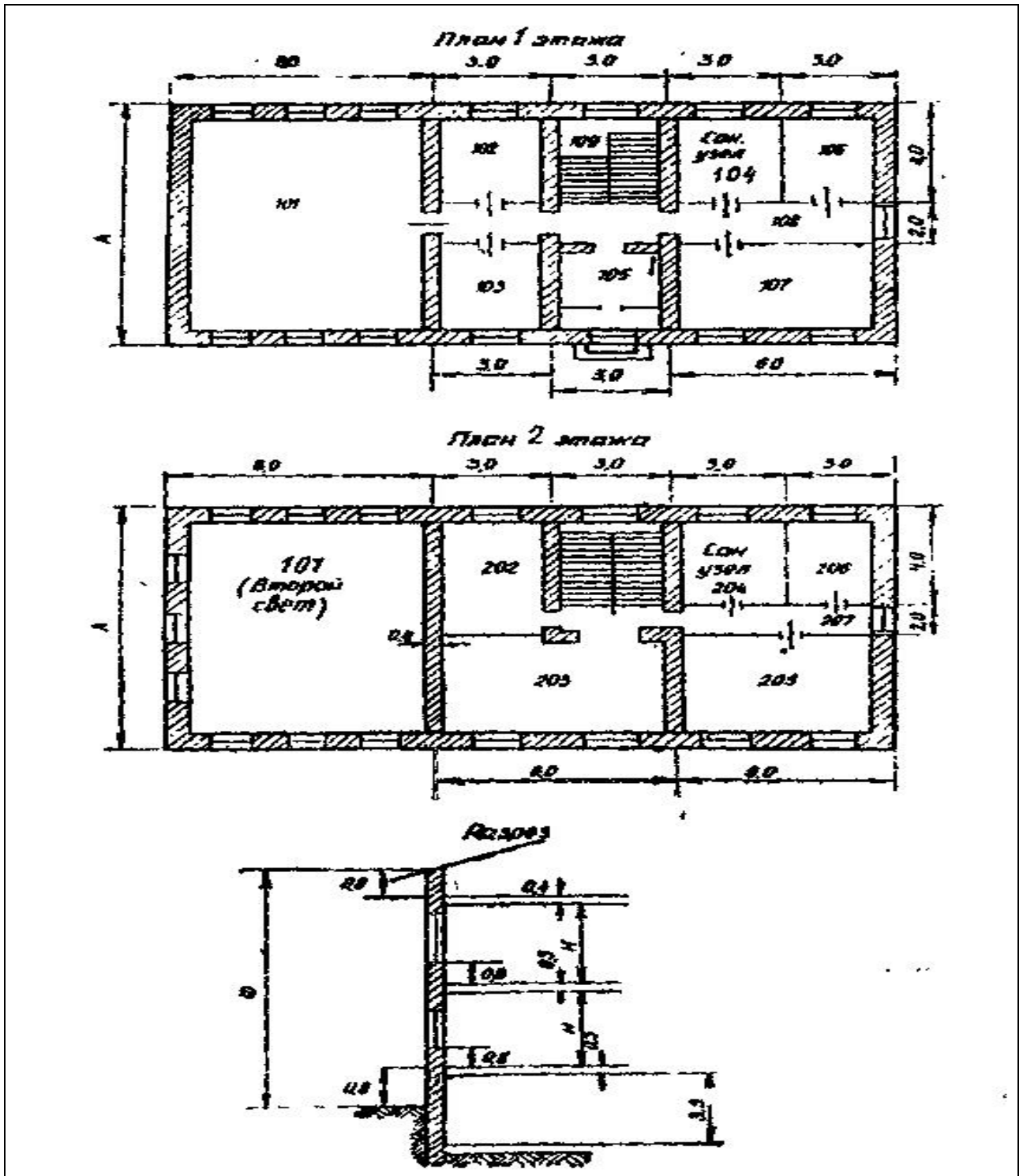


Рис. 1. Основные характеристики здания

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задача 1. Расчет теплопотерь через наружные ограждения здания

Назначение системы отопления состоит в обеспечении требуемого теплового режима во всех помещениях здания в холодный период года. Для этого устанавливают отопительные приборы, суммарная теплоотдача которых в каждом помещении компенсирует тепловые потери через наружные ограждения. Систему отопления проектируют на расчетную температуру наружного воздуха наиболее холодного периода года (средняя температура t_n^p наиболее холодной пятидневки в данном населенном пункте из восьми зим за 50-летний период).

Для города..... $t_n^p =$ °С (табл.11).

1.1. Максимально допустимая плотность теплового потока через наружное ограждение, Вт/м²,

$$q_{\max} = \alpha_e \Delta t^h,$$

где $\alpha_e \approx 8,7$ Вт/(м² К) - средний коэффициент теплоотдачи от воздуха к внутренней поверхности ограждающей конструкции;

$\Delta t^h = t_e - t_{cm}^i$ - нормируемая (по санитарно-гигиеническим требованиям) разность температур воздуха внутри помещения t_e и внутренней поверхности ограждения t_{cm}^i (табл. 6).

Таблица 6

Нормируемая разность температур воздуха и внутренней поверхности помещения

Назначение здания	Наружные стены	Покрытия и чердачные перекрытия	Покрытия над подвалами и подпольями
Общественные здания, помещения промышленных предприятий и вспомогательные помещения	$\Delta t_{nc}^h = 7 \text{ } ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{nm}^h = 5,5 \text{ } ^\circ\text{C}$	$\Delta t_{nl}^h = 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

1.2. Максимально допустимый коэффициент теплопередачи для ограждающей конструкции, Вт/(м² К),

$$k_{\max} = q_{\max} / (t_e - t_n^p) \psi,$$

где ψ - поправочный коэффициент на расчетную разность температур $(t_e - t_n^p)$, (учитывает положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху).

Значения коэффициента ψ принимают:

а) для наружных стен $\psi_{nc} = 1$;

б) для чердачных перекрытий $\psi_{nm} = 0,9$;

в) для перекрытий над не отапливаемыми подвалами без световых проемов, расположенные выше уровня земли, $\psi_{nl} = 0,6$.

1.3. Требуемое минимальное по санитарно-гигиеническим условиям термическое сопротивление в процессе теплопередачи для каждой ограждающей конструкции, м² К/Вт,

$$R_{\min} = 1 / k_{\max}.$$

1.4. Необходимая минимальная толщина наружных стен $\delta_{кл}^{\min}$, м. Из выражения для термического сопротивления в процессе передачи теплоты через плоскую стенку

$$R_{\min}^{nc} = 1/\alpha_g + \delta_{кл}^{\min} / \lambda_{кл} + \delta_{шт} / \lambda_{шт} + 1/\alpha_n^{nc}$$

находят $\delta_{кл}^{\min}$.

Значения коэффициентов теплопроводности $\lambda_{кл}$ и $\lambda_{шт}$, Вт/(мК) см. в табл. 1

$\alpha_n^{nc} \approx 23,2$ Вт/(м² К) - коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности стен к наружному воздуху.

Найденное значение $\delta_{шт}$ округляют до стандартной толщины кладки $\delta_{кл}$ (полтора, два, два с половиной, три кирпича).

1.5. Расчетный коэффициент теплопередачи для наружных стен, Вт/(м² К),

$$k_{расч.}^{nc} = 1/(1/\alpha_g + \delta_{кл} / \lambda_{кл} + \delta_{шт} / \lambda_{шт} + 1/\alpha_n^{nc}).$$

1.6. Расчетное термическое сопротивление теплопередаче, м² К/Вт,

$$R_{расч.}^{nc} = 1/k_{расч.}^{nc}.$$

Предпочтительнее, когда $k_{расч.}^{nc} < k_{\max}^{nc}$, т.е. $R_{расч.}^{nc} > R_{\min}^{nc}$. Однако запас не должен превышать 15%. Допускается и $k_{расч.}^{nc} < k_{\max}^{nc}$, но не более чем на 5%.

Аналогичные расчеты следует проводить и для прочих ограждающих конструкций (ПТ, ПЛ и др.). Поскольку в задании на-курсовую работу указанные ограждения не конкретизированы, то принимают.

а) для пола первого этажа

$$k_{расч.}^{nl} = k_{\max}^{nl};$$

б) для потолка второго этажа

$$k_{расч.}^{nm} = k_{\max}^n,$$

т.е. найденные ранее максимально допустимые значения этих величин (см. п. 2).

Для окон и наружной двери принять'

$$k^{oo} = 2,9 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}; \quad k^{dd} = 2,33 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}.$$

1.7. Основные теплопотери через наружные ограждения. Основные теплопотери через каждое наружное ограждение находят по уравнению теплопередачи:

$$Q_{осн} = k_{расч.} F (t_g - t_n^p) \psi,$$

где F - площадь поверхности соответствующего наружного ограждения, м².

Измерение площади поверхности наружного ограждения F , м², производят по чертежам плана и разреза здания (см. рис. 1).

Величину F для потолков и пола определяют по размерам между осями внутренних стен и от внутренней поверхности наружных стен; для окон и двери - по наименьшим размерам строительных проемов в свету (площади приведены в задании).

Высоту стен первого этажа определяют по размеру от уровня чистого пола первого этажа до уровня чистого пола второго. Высоту стен второго этажа - по размеру от уровня чистого пола второго этажа до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия.

Длину наружных стен неугловых помещений определяют по размерам между осями внутренних стен, а угловых помещений – по размеру от внешних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен.

Основные теплопотери через наружные ограждения $Q_{осн}$, Вт, определяют для каждого помещения здания. Для этого подсчитывают $Q_{осн}$, Вт, через каждую наружную ограждающую конструкцию, имеющуюся в этом помещении, а именно через наружные стены (НС)*, пол (ПЛ)** , потолок (ПТ)***, двойные окна (ДВ), двойную дверь (ДД) Для помещения 101 и

лестничной клетки подсчитывают $Q_{осн}$ через стены, пол, окна и потолок.

Примечания:

- * Для всех помещений
- ** Для всех помещений первого этажа
- *** Для помещений второго этажа

Теплопотери через внутренние стены не определяют, так как разность температур воздуха в смежных помещениях не превышает 5°C

1.8. Полные теплопотери через наружные ограждения

$$Q_{полн} = Q_{осн} + Q_{доб},$$

где $Q_{доб}$ - добавочные теплопотери, Вт

$Q_{доб}$ определяют в процентах к основным теплопотерям в зависимости от ориентации ограждения по странам света (рис. 2), от скорости обдувания их ветром (на ветер), на угловые помещения, на поступление холодного воздуха (для наружных дверей с кратковременным открыванием), на высоту.

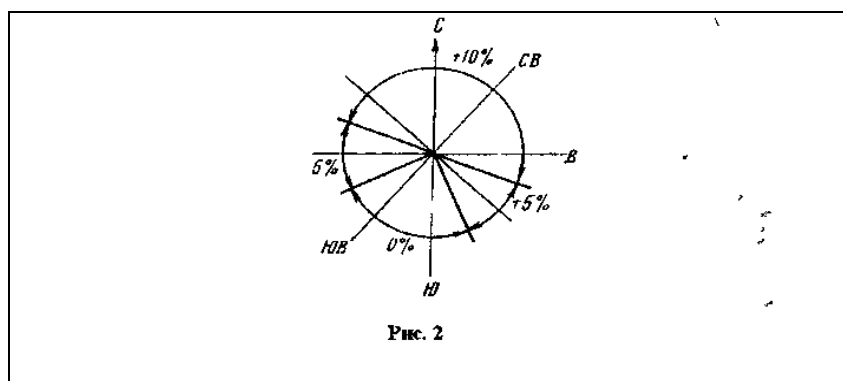


Рис. 2

Добавку на высоту вводят для помещений общественных зданий высотой более 4 м; она составляет 2% на каждый метр высоты свыше 4 м, но не более 15%. Добавку на высоту следует учесть для двусветного зала (помещение 101). Добавка на высоту не распространяется на лестничные клетки.

При определении основных и добавочных теплопотерь через наружные ограждения помещений пользуются бланком, имеющим форму табл. 7.

Теплопотери подсчитывают отдельно для каждого помещения и для здания в целом.

Основные и добавочные теплопотери суммируют. Полные теплопотери суммируют для здания в целом и для каждого отдельного помещения*.

При определении теплопотерь через наружные стены площадь последних вписывают в графу 6 (табл.7) полностью, без вычета площади оконных и дверных проемов. Поэтому в графу 9 вместо $k^{до}$ и $k^{дд}$ вписывают разности $k^{до} - k_{расч.}^{до}$ и $k^{дд} - k_{расч.}^{дд}$.

В самом деле, при включении оконных проемов в площадь наружных стен теплопотери от последних завышаются на величину

$$k_{расч.}^{нс} \cdot F_{до} (t_e - t_n^p) \psi.$$

Поэтому ее надо вычесть при расчете теплопотерь через окна т.е. вычислять $Q_{до}$ по формуле

$$k^{до} \cdot F_{до} (t_e - t_n^p) \psi - k_{расч.}^{нс} \cdot F_{до} (t_e - t_n^p) \psi = (k^{до} - k_{расч.}^{нс}) F_{до} (t_e - t_n^p) \psi.$$

9. Удельная тепловая характеристика здания, $\text{Вт}/\text{м}^3 \text{K}$,

$$q_{до} = Q_{полн} / V_{зд} (t_e - t_n^p),$$

где $Q_{полн.}$ - полные теплопотери через наружные ограждения для здания в целом, Вт ,

$V_{з0}$ - объем здания по наружному обмеру, м³, определяют умножением площади здания по внешнему очертанию стен на его высоту от уровня земли до карниза (размер Φ на рис. 1).

Полученное значение $q_{от}$ рекомендуется сопоставить с нормативной величиной для здания аналогичного типа (для соответствующего климатического пояса).

Этой характеристикой пользуются для ориентировочных подсчетов потерь тепла и требуемой тепловой мощности от источников теплоснабжения в проектных заданиях.

1.10. Расчетная тепловая мощность системы отопления здания, Вт

$$Q_{от} = Q_{полн} + Q_{нев},$$

где $Q_{нев}$, - расход тепла на нагревание воздуха, поступающего в помещения при инфильтрации, Вт

В целях упрощения расчета в курсовом проекте можно условно принять $Q_{нев} = 0$ т. е.

$$Q_{от} = Q_{полн}.$$

1.11. Годовой расход тепла на отопление, кВт·ч/год,

$$Q_{от}^{год} = \varphi_{от} Q_{от} \tau_{от},$$

где $\varphi_{от} = (t_e - t_{от}^{cp}) / (t_e - t_n^p)$ - относительная отопительная нагрузка, средняя за отопительный период;

$t_{от}^{cp}$ - средняя за отопительный период температура наружного воздуха, °С (см табл.11);

$Q_{от}$ - расчетная тепловая мощность системы отопления здания, кВт,

$\tau_{от} = 24 n$ - продолжительность отопительного периода, ч/год (значение n см. в табл. 11).

Рекомендуется выразить расход тепла на отопление в МДж/год

Так как 1кВт = 1кДж/с, то 1кВт·ч = 3600кДж - 3,6 МДж.

1.12. Годовой расход топлива на отопление, т/год (для твердого и жидкого топлива), тыс. м³/год (для газообразного топлива)

$$B_{от}^{год} = Q_{от}^{год} / Q_n^p \cdot \eta_{ку} \cdot \eta_{мс},$$

где $Q_{от}^{год}$ - расход тепла на отопление, МДж / год;

Q_n^p - низшая теплота сгорания топлива, кДж / кг (МДж / т) - для твердого и жидкого топлива, кДж / м³ (МДж / тыс м³) - для газообразного топлива;

$\eta_{ку}$ - КПД теплогенерирующей установки;

$\eta_{мс}$ - коэффициент, учитывающий потери тепла в тепловых сетях.

В настоящей задаче можно принять: $\eta_{ку} \cdot \eta_{мс} \approx 0,75$ - для центральных котельных, работающих на жидком и газообразном топливах; $\eta_{ку} \cdot \eta_{мс} \approx 0,65$ - для центральных котельных, работающих на твердом топливе.

Для удобства учета расхода и нормирования топлива введена условная теплоэнергетическая единица - 1 кг условного топлива. Расход 1 кг условного топлива эквивалентен 7000 ккал, что составляет 29330 кДж, т.е. " теплота сгорания" условного топлива $Q_{усл} = 29330$ кДж / кг(у.т.) или (МДж / т (у.т.)

Расход условного топлива определяют по той же формуле, что и натурального:

$$B_{усл}^{год} = Q_{от}^{год} / Q_{усл} \eta_{ку} \eta_{мс}.$$

Для пересчета расхода - условного топлива в натуральное используют тепловой эквивалент:

$$\mathcal{E}_m = Q_n^p / Q_{усл}.$$

Следовательно,

$$B_n = B_{усл} / \mathcal{E}_m.$$

Задача 2. Расчет потребной тепловой мощности отопительных приборов в помещениях.

С теплофизической точки зрения отопительные приборы рассматриваемой системы водяного отопления представляют собой рекуперативные теплообменные аппараты, в которых теплота от греющего теплоносителя (горячей воды) передается нагреваемому теплоносителю (воздуху внутри помещения) через разделяющую их металлическую стенку, именуемую теплообменной поверхностью $F, \text{ м}^2$.

Расчетную тепловую мощность отопительных приборов $Q_{np(i)}$, Вт определяют, исходя из полных потерь теплоты Q_i , Вт, для каждого i -го помещения. Из уравнения теплового баланса следует:

$$\sum Q_{np(i)} = Q_i - 0,9Q_{i(mp)},$$

где $Q_{i(mp)}$ - теплоотдача открыто расположенных в пределах помещения труб системы отопления, Вт (в курсовом проекте величину $Q_{i(mp)}$ можно не учитывать).

Если в помещении устанавливают отопительные приборы одинаковой мощности, то

$$Q_{np(i)} = \sum Q_{np(i)} / m_i,$$

где m_i - число отопительных приборов устанавливаемых в i -м помещении.

Выбор типа отопительных приборов (из предлагаемых в табл.4 задания), их размещение в помещениях, способ присоединения их к стоякам студенту следует выполнить самостоятельно в соответствии с имеющимися в литературе рекомендациями.

Расчетную площадь теплообменной поверхности отопительного прибора $F_{np(i)}^p$, м^2 , определяют по уравнению теплопередачи

$$Q_{np(i)} = k_{np(i)} F_{np(i)}^p \Delta t_{cp},$$

где $k_{np(i)}$ - коэффициент теплопередачи отопительного прибора, $\text{ Вт}/(\text{ м}^2 \text{ К})$;

Δt_{cp} - средняя разность температур греющей воды и нагреваемого воздуха (средний температурный напор), К.

Расчет ведут в следующей последовательности:

2.1. Расчетный расход воды через отопительный прибор G_{np} , кг/с (из уравнения теплового баланса)

$$G_{np} = Q_{np} / c_w (t_z - t_o),$$

где $c_w \approx 4190 \text{ Дж}/(\text{ кг К})$ – средняя теплоемкость воды в интервале температур $t_o \div t_z$; $t_z = 95^\circ\text{C}$ и $t_o = 70^\circ\text{C}$ - расчетные температуры горячей и обратной воды (на входе в прибор и выходе из него);

2.2. Средний температурный напор

$$\Delta t_{cp} = (t_z + t_o) / 2 - t_e;$$

2.3. Расчетная плотность теплового потока $q_{np} = Q_{np} / F_{np}$, $\text{ Вт}/\text{ м}^2$

$$q_{np} \approx 1,04 (\Delta t_{cp} / 70)^{1,3} \cdot (G_{np} / 0,01)^{0,02} \cdot q_{ном},$$

где $q_{ном}$ - номинальная плотность теплового потока, $\text{ Вт}/\text{ м}^2$ (см табл.4).

Например, для отопительного прибора МС - 140 - 108 согласно табл. 4 $q_{ном} = 758 \text{ Вт}/\text{ м}^2$.

Для требуемой тепловой мощности, например $Q_{np} = 1000 \text{ Вт}$:

$$G_{np} = Q_{np} / c_w (t_z - t_o) = 1000 / 4190 (95 - 70) = 0,00955 \text{ кг}/\text{ с};$$

при $\Delta t_{cp} = (t_m + t_o) / 2 - t_e = (95 + 70) / 2 - 18 = 64,5 \text{ К}$. Расчетная плотность теплового потока $q_{np} = 1,04 (64,5/70)^{1,3} (0,00955/0,01)^{0,02} 758 = 681 \text{ Вт}/\text{ м}^2$.

Коэффициент теплопередачи

$$k_{np} = q_{np} / \Delta t_{cp} = 681/64,5 = 10,56 \text{ Вт/м}^2 \text{ К.}$$

Для упрощения расчетов в контрольной работе значение $k_{np} \approx 10,3$ Вт/(м²К) можно принять одинаковым для этого типа отопительного прибора независимо от расхода теплоносителя Q_{np} .

2.4. Требуемая площадь теплообменной поверхности отопительного прибора, м²

$$F_{np(i)} = (Q_{np(i)} / k_{np(i)} \Delta t_{cp}) \beta_1 \beta_2,$$

где β_1 - поправочный коэффициент на число секций в приборе (уточняется в конце расчета, когда известно число секций, по табл. 8);

β_2 - коэффициент, учитывающий характер установки отопительного прибора.

Для чугунных, секционных радиаторов, устанавливаемых у наружных стен, в том числе под световым проемом, $\beta_2 = 1,02$.

Таблица 8

Определение коэффициента β_2

Поправочный коэффициент β_1	Число секций в приборе
0,95	До 5
1	6 – 10
1,05	11-20
1,1	Более 20

2.5. Требуемое число секций в отопительном приборе

$$n_{o(i)} = F_{np(i)} / f_c,$$

где f_c - площадь теплообменной поверхности одной секции, м² (табл. 4).

Для двусветного зала 101 целесообразно установить отопительные приборы в два яруса. При этом принимают:

$$Q_{101}^{нижн} = 0,65 \cdot Q_{101},$$

$$Q_{101}^{верх} = 0,35 \cdot Q_{101}.$$

В остальном расчет аналогичен вышеизложенному.

Результаты расчетов по определению тепловой мощности отопительных приборов и числу секций в каждом из них для всех помещений здания сводят в таблицу.

Значения Q_{np} следует указать на планах этажей здания.

Задача 3. Гидравлический расчет системы отопления

Приступая к гидравлическому расчету системы отопления, необходимо предварительно выполнить следующее:

3. 1. Разместить на планах этажей нагревательные приборы, а также горячие и обратные стояки; на каждом нагревательном приборе проставить тепловые нагрузки в зависимости от теплопотерь помещений и числа устанавливаемых в них приборов. Пронумеровать стояки.

3.2. Вычертить аксонометрическую схему трубопроводов отопления, указав расположение запорно-регулирующей арматуры.

3.3. Определить наиболее невыгодное (основное) циркуляционное кольцо.

3.4. Обозначить на аксонометрической схеме трубопроводов отопления расчетные участки основного циркуляционного кольца, указав для каждого участка тепловую нагрузку $Q_{уч}$, Вт (над выносной чертой) и длину (под выносной чертой).

3.5. Изобразить принципиальную схему присоединения системы отопления к внешним

тепловым сетям.

Самым невыгодным циркуляционным кольцом для тупиковых систем является кольцо через наиболее удаленный стояк. Это кольцо является основным (расчетным) и его рассчитывают в первую очередь.

Расчетным участком расчетного циркуляционного кольца считают часть трубопровода магистрали и ответвлений с постоянным расходом и скоростью теплоносителя.

Порядковые номера расчетных участков обычно проставляют по ходу теплоносителя от теплового пункта до конечного нагревательного прибора и обратно.

Далее выполняют гидравлический расчет одного основного циркуляционного кольца, в следующей последовательности :

Находят расчетное циркуляционное давление в кольце $\Delta P_{pc} = gh(\rho_o - \rho_r) + \Delta P_{emp}$:

а) Для систем отопления с естественной циркуляцией (гравитационных)

$$\Delta P_{pc} = gh(\rho_o - \rho_r) + \Delta P_{emp},$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение свободного падения;

h - расстояние по вертикали от центра подогревателя, расположенного в подвале, до центра нагревательного прибора нижнего яруса, присоединенного к стояку, через который проходит расчетное циркуляционное кольцо, м;

ρ_o - плотность обратной воды (при $t_o = 70^\circ\text{C}$; $\rho_o = 977,8 \text{ кг/м}^3$);

ρ_r - плотность горячей воды (при $t_r = 95^\circ\text{C}$; $\rho_r = 961,9 \text{ кг/м}^3$);

ΔP_{emp} - естественное дополнительное давление от охлаждения в трубах, Па; ΔP_{emp} - учитывают только при верхней разводке трубопроводов.

Принять $\Delta P_{emp} = 100$.

б) Для систем отопления с насосной циркуляцией

$$\Delta P_{pc} = \Delta P_n + E(\Delta P_{emp} + \Delta P_{emp}).$$

Здесь ΔP_n - давление, создаваемое насосом (или элеватором), Па; E - коэффициент, принимаемый равным 0,4 - 0,5; ΔP_{emp} - естественное дополнительное давление от остывания в приборах, Па, ΔP_{emp} - дополнительное давление от остывания воды в трубах, Па.

Давление, создаваемое насосом, для систем произвольной протяженности

$$\Delta P_n \cong 80 \sum l,$$

где $\sum l$ - сумма длин участков расчетного кольца, м.

При обычной протяженности колец системы ($\sum l \approx 120 \text{ м}$) принимают

$$\Delta P_n = (10000 \div 12000) \text{ Па}.$$

в) Для систем отопления, присоединяемым к внешней тепловой сети через элеватор, определяют коэффициент смешения U - отношение количества подмешиваемой в элеватор обратной воды G_o из системы отопления (при температуре t_o) к количеству сетевой воды G_{nod} , подаваемой из трубопровода тепловой сети (с температурой t_{nod}), для получения требуемой температуры смеси $t_{cm} = t_r$ (горячей воды, подаваемой в систему отопления), т.е. $U = G_o / G_{nod}$.

Расчетную формулу для определения коэффициента смешения рекомендуется вывести самостоятельно, исходя из уравнений материального и теплового баланса при смешении двух потоков воды:

$$\begin{aligned} G_{nod} + G_o &= G_{cm}; \\ G_{nod} c_{nod} t_{nod} + G_o c_o t_o &= G_{cm} c_{cm} t_r. \end{aligned}$$

(Входящие в уравнение теплового баланса средние теплоемкости воды c_{nod} , c_o и c_{cm} в

соответствующих интервалах температур $0 \div t_z$ считать одинаковыми).

Давление, создаваемое элеватором, определяют в зависимости от коэффициента смешения U и располагаемого давления в трубопроводах тепловой сети на вводе в здание. (Так как последнее не задано, принять $\Delta P_s \approx 1,6 \cdot 10^4$ Па)

При определении суммы $(\Delta P_{епр} + \Delta P_{епр})$ для насосных систем отопления можно воспользоваться формулой:

$$\Delta P_{епр} + \Delta P_{епр} = 1,3 n_{эм} h_{эм} (t_z - t_o)$$

где $n_{эм}$ - число этажей в здании, $h_{эм}$ - высота одной этажа, м.

Если эта сумма меньше $0,1 \Delta P_u$, то ее не учитывают.

Тепловую нагрузку каждого расчетного участка $Q_{уч}$ определяют как требуемый тепловой поток теплоносителя $G_{уч} c_w (t_z - t_o)$, обеспечивающий теплоотдачу всех присоединенных к нему отопительных приборов. Если расчет вести от ввода горячей воды в систему (участок 1), то тепловая нагрузка каждого последующего участка меньше тепловой нагрузки предшествующего на величину отведенного теплового потока, а в обратной линии - больше на величину подведенного теплового потока.

Результаты гидравлического расчета участков циркуляционного кольца сводят в таблицу 10. Графы 1, 2 и 4 заполняют по данным расчетной схемы отопления. В графе 3 указывают расход теплоносителя для каждого участка, кг/ч,

$$G_{уч} = Q_{уч} \cdot 3600 / c_w (t_z - t_o),$$

где $c_w \approx 4190$ Дж/(кг К) - средняя теплоемкость воды в интервале температур $t_o \div t_z$.

Для заполнения граф 5, 6 и 7 необходимо предварительно определить среднюю для кольца удельную потерю давления на трение, Па/м

$$R_{cp} = \beta \cdot \Delta P_{rc} / \sum l,$$

где β - коэффициент, учитывающий долю потери давления на преодоление сопротивления трения от расчетного циркуляционного давления в кольце:

$\beta = 0,5$ - для двухтрубных систем отопления с естественной циркуляцией;

$\beta = 0,65$ - для насосных систем.

Фактическая удельная потеря давления на трение $R_{уч}$ (графа 7) должна быть близка к R_{cp} .

Гидравлический расчет одного расчетного кольца состоит в подборе диаметра трубы каждого участка, входящего в это кольцо (исходя из значения R_{cp}), определении фактических потерь давления на каждом участке и суммарных потерь давления в кольце. Для насосных систем отопления расчет заканчивается подбором насоса, а для гравитационных - сравнением суммарных потерь давления в кольце с расчетным циркуляционным давлением. При этом следует учесть следующее. Потери давления на участке трубопровода

$$\Delta P = \Delta P_{mp} + \Delta P_u = R_l + \Delta P_m,$$

где ΔP_{mp} - потери давления на трение, Па; ΔP_m - потери давления в местных сопротивлениях, Па; $R = \Delta P / l$ - удельная линейная потеря давления на трение, Па/м
Согласно известной формуле

$$R = \lambda_{mp} (1/d) (\rho w^2 / 2),$$

где λ_{mp} - коэффициент гидравлического сопротивления трения; d - гидравлический диаметр канала (трубы), м; ρ - плотность воды, кг/м³; w - средняя (по расходу) скорость воды, м/с.

Учитывая, что $w = G / \rho f$ (для труб $f = \pi d^2 / 4$), получим

$$R = 0,812 \lambda_{mp} G^2 / \rho d^5 \quad (**)$$

Аналитический метод определения величины R является весьма трудоемким, требует сложных расчетов, так как $\lambda_{mp} = f(G, \rho, d, \nu)$.

В данном проекте можно выполнить гидродинамический расчет кольца системы отопления, используя приведенную на рис. 3 номограмму либо табл. 12 и 13.

Расчет ведется в следующей последовательности.

3.1. По величинам R_{cp} и $G_{yч}$ определяют диаметр трубы участка $d_{yч}$ округляя его до ближайшего значения изготавливаемых труб (по ГОСТу) Следует обратить внимание на то, что номограмма (рис. 3) выполнена в единицах технической системы измерений, в которой "килограмм" обозначаемый кгс является единицей силы Так как $1 \text{ кгс} = 9,81 \text{ Н}$, то $1 \text{ кгс/м}^2 = 9,81 \text{ Н/м}^2$ (Па).

По выбранному диаметру $d_{yч}$ и расходу $G_{yч}$, пользуясь номограммой или табл. 12, находят фактическую (среднюю по расходу) скорость движения воды на участке $w_{yч}$, м/с, и соответствующую удельную потерю давления на участке $R_{yч}$ Па/м. Для определения $G_{yч}$ можно также воспользоваться формулой

$$w_{yч} = G_{yч} \cdot 4 / \rho_w \cdot \pi \cdot d_{yч}^2 \cdot 3600 .$$

При этом для насосных систем следует учитывать предельные скорости движения воды в трубах (табл. 9).

Таблица 9

Диаметр трубопровода d , мм	15	20	25	32	40	50	Более 50
Предельная скорость движения воды в трубопроводах w_{np} , м/с	0,3	0,5	0,8	1,0	1,5	1,5	1,5

3.2. Потери давления на трение, Па

$$\Delta P_{тр} = R_{yч} \cdot l_{yч}$$

3.3. Потери давления в местных сопротивлениях $\Delta P_m = Z_{yч}$, Па

для каждого участка определяют по формуле

$$Z_{yч} = \sum \xi_{yч} (\rho_w w_{yч}^2) / 2,$$

где $\sum \xi_{yч}$ - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке.

Значения ξ для различных видов местных сопротивлений в системах отопления (вентили, тройники, крестовины, скобы, внезапные расширения и сужения и др.) приведены в табл. 13.

Если местное сопротивление расположено на стыке двух смежных участков, его относят к участку с меньшим расходом теплоносителя.

3.4. Общие потери давления на участке, Па, составляют $(Rl + Z)_{yч}$.

Результаты расчетов представляют в виде табл. 10.

Таблица 10

Результаты гидравлического расчета системы отопления

Номер участка	$Q_{yч}$ Вт	$G_{yч}$ кг/ч	l , м	d , мм	w , м/с	R , Па/м	Rl , Па	$\sum \xi$	Z , Па	$R \cdot l + Z$ Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

В табл. 10 величины l, d, w, R, z условно приведены без индексов.

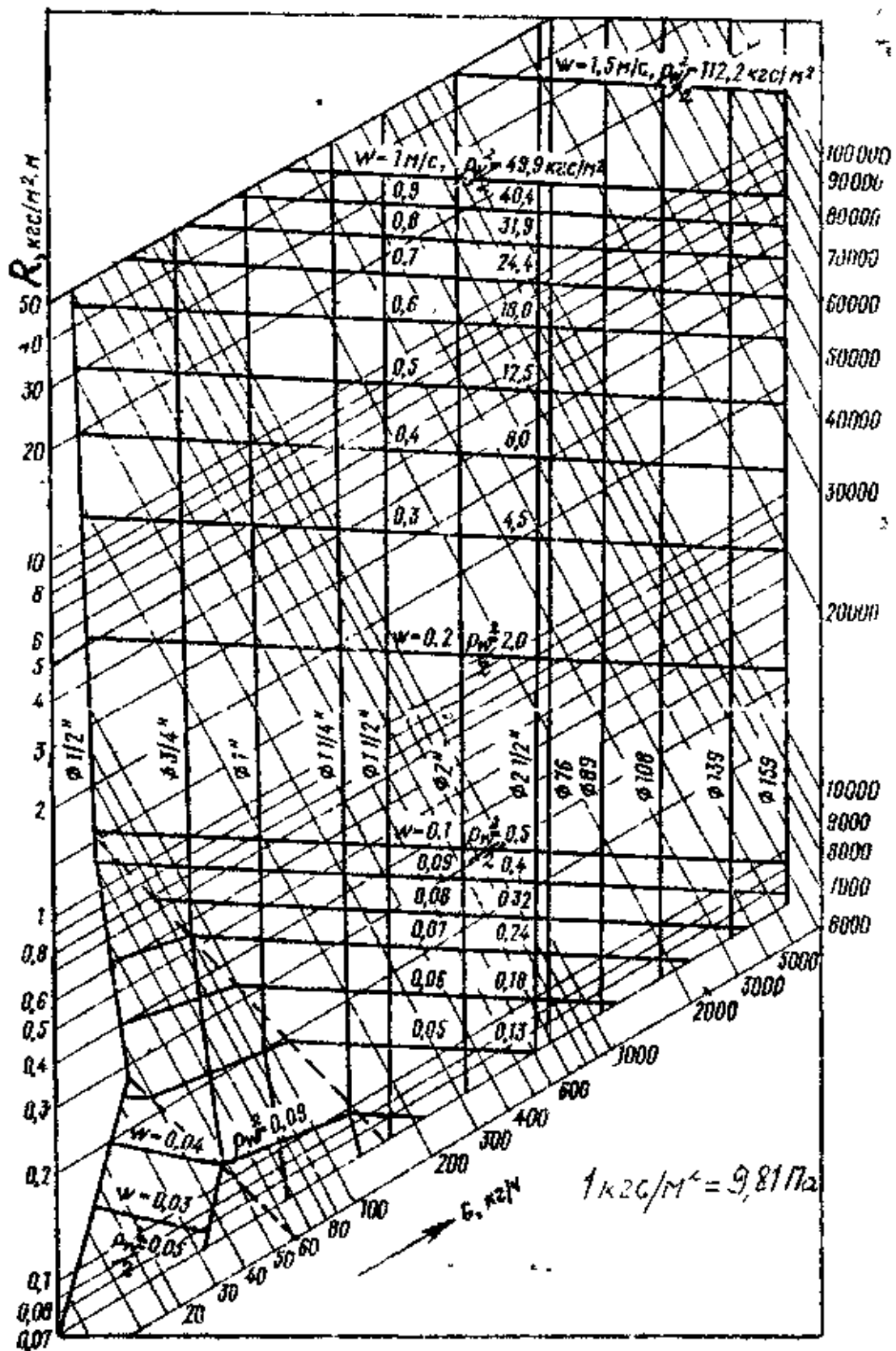


Рис 3

Удельные потери давления R_l удобно определять по таблицам гидравлического расчета трубопроводов систем отопления (см. табл. 12). Для нахождения промежуточных значений R_l , Па/м, G , кг/ч и w , м/с (в интервалах указанных в таблице значений) можно использовать формулы (*) и (**), согласно которым (при $\rho = \text{idem}$, $d = \text{idem}$ и $\lambda \approx \text{idem}$) величина R пропорциональна квадрату расхода G^2 или скорости w^2 .

3.5. Сравнивают общие потери давления в кольце $\sum (R \cdot l + Z)_{yc}$ с расчетным циркуляционным давлением в этом кольце ΔP_{pc} . Должно быть выполнено условие

$$\sum (R \cdot l + Z)_{yc} \leq \Delta P_{pc}$$

На неучтенные местные сопротивления и неточности в монтаже системы можно оставлять некоторый запас, но не более 10%. Если этот запас окажется большим или общие потери давления в кольце превысят циркуляционное давление, то следует произвести перерасчет циркуляционного кольца, изменив соответственно диаметры некоторых участков. Поэтому бланк гидравлического расчета (табл. 10) должен содержать графы предварительного подбора диаметров труб и графы корректировки диаметров для увязки $\sum (R \cdot l + Z)_{yc}$

Задача 4. Расчет воздухообмена в одном из помещений здания.

4.1. Необходимый воздухообмен по теплоизбыткам для зимнего и переходного периодов, м³/ч,

$$L_Q^{зимн} = 3,6 Q_{изб}^{зимн} / c_v \rho_v (t_{yd}^{зимн} - t_{np}^{зимн}),$$

где $Q_{изб}^{зимн}$ - теплоизбытки в помещении в зимний и переходный периоды, Вт;

c_v - средняя массовая теплоемкость воздуха при постоянном давлении, в интервале температур $(t_{yd}^{зимн} - t_{np}^{зимн})$ кДж/(кг К);

ρ_v - плотность воздуха, поступающего в помещение, кг/м³ (при t_{np});

$t_{yd}^{зимн}$ - температура воздуха, удаляемого из помещения, °С;

$t_{np}^{зимн}$ - температура приточного воздуха, °С.

Величину $Q_{изб}^{зимн}$ определяют из уравнения теплового баланса помещения

$$Q_{изб}^{зимн} = Q_{вых} - Q_{расх},$$

где $Q_{вых}$ - тепловыделения в помещении, Вт;

$Q_{расх}$ - потери тепла помещением, Вт.

В общественных помещениях основным источником тепловыделений (кроме системы отопления) являются люди, т.е.

$$Q_{вых} = Q_{янев} + Q_{от},$$

где $Q_{янев}$ - явные тепловыделения от людей, Вт;

$Q_{от}$ - тепловая мощность системы отопления, Вт.

Потери тепла в жилых и общественных помещениях - это в основном потери тепла через наружные ограждения

$$Q_{расх} = \sum Q_{огр} = Q_{полн}$$

Тогда

$$Q_{изб}^{зимн} = Q_{янев} + Q_{от} - \sum Q_{огр}$$

Так как при проектировании системы отопления помещения 101 не учитывались

явные тепловыделения от людей и принимались, что $Q_{от} = \sum Q_{озр}$ то тепловыделения от людей являются теплоизбытками $Q_{изб}^{зимн} = Q_{янев}^{зимн}$

$Q_{янев}$ учитывают, если объем помещения на одного человека не превышает 50 м^3

$$Q_{янев}^{зимн} = q_{янев} n_{чел}$$

где $q_{янев}$ - явные тепловыделения от одного человека в состоянии покоя, Вт/чел.;

$n_{чел}$ - число людей в зале, чел.

Значения $q_{янев}$ при различных характерах работы и в зависимости от внутренней температуры помещения $t_в$ приведены в справочниках.

В состоянии покоя при $t_в = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ $q_{янев} = 102 \text{ Вт/чел.}$

Значение изобарной теплоемкости воздуха можно принять $c_в \approx 1,0 \text{ кДж/(кг К)}$

Плотность воздуха $\rho_в$, поступающего в помещение (приточного), следует определить из уравнения состояния

$$\rho_в = B / R_в T_{np}$$

Здесь B - атмосферное давление воздуха, Па;

$$R_в = 287 \text{ Дж/(кг К)};$$

$$T_{np} = t_{np} + 273, \text{ К. При } B \cong 1 \cdot 10^5 \text{ Па и } t_{np} = 10 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\rho_в \approx 1,24 \text{ кг/м}^3$$

Температура воздуха, удаляемого из помещения, $t_{уд}^{зимн}$, $^\circ\text{C}$, определяют в зависимости от места забора удаляемого воздуха. При извлечении воздуха из нижней зоны $t_{уд}^{зимн} = t_в$, при извлечении воздуха из верхней зоны $t_{уд}^{зимн} = t_в + 0,5 (H - 2)$. (Здесь H - высота помещения, м). Температуру приточного воздуха t_{np} , $^\circ\text{C}$, определяют в зависимости от периода года и места подачи воздуха в помещение. Так, для зимнего и переходного периодов, при подаче воздуха в верхнюю зону принимают $t_{np}^{зимн} = t_в - (5 \div 10) \text{ }^\circ\text{C}$. Можно принять $t_{np}^{зимн} = 1 - 8 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$.

4.2. Необходимый воздухообмен по влагоизбыткам $L_в$, $\text{м}^3/\text{ч}$, находят для переходного периода ($t_{np} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$)

$$L_в = D_1 n_{чел} / \rho_в (d_{уд} - d_{np}),$$

где D_1 - количество влаги, выделяемой одним человеком в зависимости от характера работы и температуры воздуха в помещении;

$d_{уд}$ - влагосодержание удаляемого воздуха, г/кг сухого воздуха;

d_{np} - влагосодержание приточного воздуха, г/кг сухого воздуха;

$\rho_в$ - плотность поступающего в помещение воздуха, кг/м^3 .

Значения D_1 приведены в справочниках. В состоянии покоя при $t_в = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ $D_1 = 37 \text{ г/ч.}$

Значение $d_{уд}$ определяют по Id - диаграмме влажного воздуха при $d_{уд}$ и $\varphi_{дон}$ ($\varphi_{дон}$ принимают по заданию, табл. 5).

Значение d_{np} определяют по Id - диаграмме влажного воздуха при $d_{np} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ и φ_{np} . Здесь φ_{np} - средняя относительная влажность воздуха для района строительства в переходный период. Принять $\varphi_{np} \approx 70\%$.

Значение $\rho_в$ находят при $t_{np} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

4.3. Необходимый воздухообмен по избыткам CO_2

$$L_{CO_2} = G_1 n / (b_{y\delta} - b_{np}),$$

где G_1 - количество углекислоты, выделяемой одним человеком, л/ч,

$b_{y\delta}$ - предельное допустимое содержание углекислого газа в удаляемом воздухе, л/м³,

b_{np} - содержание углекислого газа в приточном воздухе, л/м³.

Заданные значения $b_{y\delta}$ и b_{np} приведены в табл. 5. Для человека в спокойном состоянии $G_1 \approx 23$ л/ч.

4.4. Расчетный воздухообмен по притоку

$$L_{np} = 1,1 L_{расч},$$

где $L_{расч}$ - расчетный воздухообмен, м³/ч.

За величину $L_{расч}$ принимают наибольшее из найденных значений $L_q^{зимн}$, L_δ , L_{CO} .

Если в качестве расчетного должен быть принят воздухообмен по избыткам CO₂, то температуру приточного воздуха необходимо пересчитать из условия поглощения теплоизбытков (см.п. 1).

Расчетный воздухообмен по вытяжке $L_{выт}$, м³/ч,

$$L_{выт} = L_{расч} T_{y\delta} / T_{np}.$$

(Здесь $T = t + 273$.)

4.5. Секундный расход тепла на нагрев приточного воздуха в калорифере $Q_{кф}$, Вт, (расчетная тепловая мощность калорифера)

$$Q_{кф} = L_{np} \rho_a c_a \cdot (t_{np} - t_{вент}^p) / 3600,$$

где ρ_a - плотность воздуха при t_{np} , кг/м³ ($\rho_a \cong 1,24$ кг/м³ при $t_{np} = 10^\circ\text{C}$);

$t_{вент}^p$ - расчетная температура для проектирования вентиляции (см. табл.11)

4.6. Годовой расход тепла, и топлива на нагрев приточного воздуха в калориферной установке системы вентиляции

$$Q_{вент}^{год} = 0,001 \varphi_{кф} Q_{кф} \cdot \tau_{кф} \text{ кВт/год} = 3,6 \cdot 10^{-3} \varphi_{кф} Q_{кф} \tau_{кф}, \text{ МДж/год};$$

$$B_{вент}^{год} = Q_{вент}^{год} / Q_n^p \cdot \eta_{ку} \cdot \eta_{тс}, \text{ т/год (тыс. м}^3\text{/год)}.$$

Таблица 11.

Климатические данные населенных пунктов РФ для расчета
отопительно-вентиляционных нагрузок.

Населенный пункт	t_n^p , °С	t_{om}^{cp} , °С	n_{om} , с УТ	$t_{вент}^p$, °С	Населенный пункт	t_n^p , °С	t_{om}^{cp} , °С	n_{om} , с УТ	$t_{вент}^p$, °С
Архангельск	-31	-4,7	251	-19	Москва	-26	-3,6	213	-15
Астрахань	-23	-1,6	172	-8	Орел	-26	-3,3	207	-13
Белгород	-23	-2,2	196	-12	Оренбург	-31	-8,1	201	-20
Бийск	-38	-8,7	222	-24	Печера	-43	-8,0	267	-27
Брянск	-26	-2,6	206	-13	Ростов–на Дону	-22	-1,1	175	-8
Владимир	-28	-4,4	217	-16	Рязань	-27	-4,2	212	-16
Воркута	-41	-9,9	229	-26	Саратов	-27	-5,0	198	-16
Воронеж	-26	-3,4	199	-14	Смоленск	-26	-2,7	210	-13
Ниж. Новгород	-30	-4,7	218	-16	Сыктывкар	-39	-6,1	244	-20
Елец	-25	-3,4	201	-14	Котлас	-34	-5,5	237	-19
Иваново	-29	-4,4	217	-16	Самара	-30	-6,1	206	-18
Ижевск	-34	-6,0	223	-19	Волгоград	-25	-3,4	182	-13
Иркутск	-37	-8,9	241	-25	Тверь	-29	-3,7	219	-15
Казань	-32	-5,7	218	-18	Тула	-27	-3,8	207	-14
Калининград	-18	0,6	195	-7	Тюмень	-37	-7,5	220	-21
Калуга	-27	-3,5	214	-14	Тамбов	-28	-4,2	202	-15
Канаш	-32	-5,5	215	-18	Ульяновск	-31	-5,7	213	-18
Кемерово	-39	-8,8	232	-24	Уфа	-35	-6,6	214	-19
Киров	-33	-5,8	231	-19	Хабаровск	-31	-10,1	205	-23
Курск	-26	-3,0	198	-14	Челябинск	-34	-7,3	218	-21
Липецк	-27	-3,9	199	-15	Ярославль	-31	-4,5	222	-16

t_n^p - расчетная зимняя температура наружного воздуха для проектирования систем отопления зданий, °С;

t_{om}^{cp} - средняя температура наружного воздуха на отопительный период, °С;

n_{om} - продолжительность отопительного периода, сут;

$t_{вент}^p$ - расчетная зимняя температура наружного воздуха для проектирования систем вентиляции зданий, °С.

Таблица 12.

Данные для гидравлического расчета трубопроводов систем водяного отопления
(при $t_z = 95\text{ }^\circ\text{C}$, $t_o = 70\text{ }^\circ\text{C}$ и $R = 0,2\text{ мм}$).

Удельные потери давления на трение R_1 , Па/м	Количество проходящей воды G , кг/ч (над чертой), и скорость движения воды w , м/с (под чертой), по трубам стальным водогазопроводным (газовым) обыкновенным (ГОСТ 3262-75*) трение, условным проходом d , мм						
	15	20	25	32	40	50	70
1	<u>16,5</u> 0,23	<u>36</u> 0,028	<u>69</u> 0,034	<u>148</u> 0,041	<u>210</u> 0,045	<u>409</u> 0,052	<u>788</u> 0,06
1,2	<u>17,5</u> 0,025	<u>40</u> 0,031	<u>76</u> 0,037	<u>164</u> 0,045	<u>229</u> 0,048	<u>454</u> 0,059	<u>872</u> 0,067
1,4	<u>19</u> 0,027	<u>44</u> 0,034	<u>84</u> 0,041	<u>180</u> 0,049	<u>249</u> 0,052	<u>496</u> 0,064	<u>948</u> 0,073
1,6	<u>21</u> 0,03	<u>47</u> 0,037	<u>96</u> 0,045	<u>191</u> 0,053	<u>269</u> 0,057	<u>535</u> 0,069	<u>1016</u> 0,075
1,8	<u>22</u> 0,031	<u>50</u> 0,039	<u>108</u> 0,051	<u>197</u> 0,054	<u>287</u> 0,06	<u>571</u> 0,073	<u>1077</u> 0,082
2	<u>24</u> 0,037	<u>53</u> 0,042	<u>111</u> 0,054	<u>203</u> 0,057	<u>304</u> 0,064	<u>606</u> 0,078	<u>1137</u> 0,087
2,4	<u>26</u> 0,037	<u>59</u> 0,046	<u>120</u> 0,057	<u>223</u> 0,062	<u>338</u> 0,071	<u>671</u> 0,087	<u>1258</u> 0,096
2,8	<u>28</u> 0,041	<u>64</u> 0,05	<u>130</u> 0,064	<u>244</u> 0,068	<u>368</u> 0,077	<u>729</u> 0,096	<u>1377</u> 0,106
3,2	<u>31</u> 0,044	<u>72</u> 0,058	<u>140</u> 0,068	<u>263</u> 0,073	<u>396</u> 0,083	<u>774</u> 0,102	<u>1438</u> 0,114
3,6	<u>3</u> 0,047	<u>80</u> 0,062	<u>143</u> 0,071	<u>281</u> 0,078	<u>422</u> 0,089	<u>818</u> 0,108	<u>1576</u> 0,121
4	<u>35</u> 0,05	<u>85</u> 0,065	<u>146</u> 0,073	<u>299</u> 0,082	<u>448</u> 0,094	<u>861</u> 0,115	<u>1667</u> 0,128
5	<u>40</u> 0,057	<u>95</u> 0,073	<u>157</u> 0,074	<u>336</u> 0,093	<u>507</u> 0,107	<u>971</u> 0,13	<u>1898</u> 0,145
6	<u>44</u> 0,063	<u>103</u> 0,08	<u>169</u> 0,082	<u>373</u> 0,103	<u>559</u> 0,118	<u>1081</u> 0,144	<u>2090</u> 0,16
7	<u>48</u> 0,069	<u>111</u> 0,086	<u>184</u> 0,089	<u>406</u> 0,112	<u>601</u> 0,126	<u>1172</u> 0,152	<u>2260</u> 0,174
8	<u>55</u> 0,082	<u>113</u> 0,088	<u>199</u> 0,097	<u>434</u> 0,12	<u>642</u> 0,135	<u>1236</u> 0,161	<u>2470</u> 0,787
9	<u>57</u> 0,084	<u>119</u> 0,092	<u>212</u> 0,103	<u>463</u> 0,128	<u>684</u> 0,144	<u>1354</u> 0,171	<u>2593</u> 2,199
10	<u>59</u> 0,087	<u>126</u> 0,097	<u>225</u> 0,109	<u>490</u> 0,136	<u>726</u> 0,151	<u>1445</u> 0,182	<u>2744</u> 0,21

Продолжение таблицы 12.

Удельные потери давления на трение R_1 , Па/м	Количество проходящей воды G , кг/ч (над чертой), и скорость движения воды w , м/с (под чертой), по трубам стальным водогазопроводным (газовым) обыкновенным (ГОСТ 3262-75*) трение, условным проходом d , мм						
	15	20	25	32	40	50	70
12	<u>63</u> 0,093	<u>95</u> 0,073	<u>157</u> 0,074	<u>336</u> 0,093	<u>507</u> 0,107	<u>971</u> 0,13	<u>1898</u> 0,145
14	<u>67</u> 0,098	<u>151</u> 0,117	<u>269</u> 0,131	<u>579</u> 0,16	<u>876</u> 0,184	<u>1720</u> 0,218	<u>3246</u> 0,248
16	<u>70</u> 0,103	<u>163</u> 0,126	<u>289</u> 0,144	<u>621</u> 0,172	<u>937</u> 0,197	<u>1858</u> 0,236	<u>3428</u> 0,266
18	<u>74</u> 0,108	<u>174</u> 0,135	<u>309</u> 0,15	<u>663</u> 0,184	<u>997</u> 0,21	<u>1974</u> 0,251	<u>3718</u> 0,284
20	<u>77</u> 0,14	<u>184</u> 0,142	<u>332</u> 0,161	<u>705</u> 0,195	<u>1058</u> 0,222	<u>2090</u> 0,265	<u>3953</u> 0,302
24	<u>84</u> 0,124	<u>204</u> 0,157	<u>360</u> 0,175	<u>778</u> 0,215	<u>1106</u> 0,245	<u>2291</u> 0,291	<u>4327</u> 0,331
28	<u>91</u> 0,135	<u>221</u> 0,171	<u>391</u> 0,19	<u>840</u> 0,233	<u>1261</u> 0,265	<u>2645</u> 0,312	<u>4702</u> 0,35
32	<u>98</u> 0,145	<u>237</u> 0,183	<u>416</u> 0,202	<u>902</u> 0,25	<u>1357</u> 0,284	<u>2740</u> 0,334	<u>5043</u> 0,383
36	<u>106</u> 0,156	<u>256</u> 0,073	<u>157</u> 0,074	<u>336</u> 0,093	<u>507</u> 0,107	<u>971</u> 0,13	<u>1898</u> 0,145
40	<u>112</u> 0,164	<u>267</u> 0,206	<u>467</u> 0,226	<u>1026</u> 0,284	<u>1524</u> 0,321	<u>2073</u> 0,376	<u>5657</u> 0,433
50	<u>126</u> 0,186	<u>297</u> 0,23	<u>530</u> 0,257	<u>1149</u> 0,318	<u>1710</u> 0,36	<u>3336</u> 0,422	<u>6339</u> 0,485
60	<u>139</u> 0,205	<u>324</u> 0,25	<u>593</u> 0,288	<u>1270</u> 0,352	<u>1866</u> 0,393	<u>3699</u> 0,468	<u>6971</u> 0,533
70	<u>151</u> 0,223	<u>351</u> 0,271	<u>635</u> 0,308	<u>1369</u> 0,379	<u>2022</u> 0,426	<u>3988</u> 0,504	<u>7534</u> 0,576
80	<u>162</u> 0,239	<u>377</u> 0,291	<u>677</u> 0,328	<u>1467</u> 0,406	<u>2178</u> 0,458	<u>4276</u> 0,54	<u>8066</u> 0,618
90	<u>173</u> 0,255	<u>404</u> 0,312	<u>719</u> 0,348	<u>1554</u> 0,43	<u>2309</u> 0,486	<u>4543</u> 0,574	<u>8567</u> 0,655
100	<u>183</u> 0,269	<u>430</u> 0,332	<u>759</u> 0,369	<u>1632</u> 0,452	<u>2431</u> 0,512	<u>4788</u> 0,605	<u>9035</u> 0,691

Продолжение таблицы 12

Удельные потери давления на трение R_1 , Па/м	Количество проходящей воды G , кг/ч (над чертой), и скорость движения воды w , м/с (под чертой), по трубам стальным водогазопроводным (газовым) обыкновенным (ГОСТ 3262-75*) трение, условным проходом d , мм						
	15	20	25	32	40	50	70
120	<u>201</u> 0,295	<u>469</u> 0,362	<u>835</u> 0,405	<u>1786</u> 0,494	<u>2674</u> 0,563	<u>5250</u> 0,664	<u>9899</u> 0,757
140	<u>216</u> 0,318	<u>507</u> 0,392	<u>904</u> 0,438	<u>1939</u> 0,537	<u>2855</u> 0,609	<u>5686</u> 0,719	<u>10584</u> 0,81
160	<u>229</u> 0,338	<u>546</u> 0,422	<u>972</u> 0,471	<u>2079</u> 0,575	<u>3095</u> 0,651	<u>6093</u> 0,77	<u>11269</u> 0,862
180	<u>243</u> 0,358	<u>584</u> 0,451	<u>1028</u> 0,499	<u>2201</u> 0,609	<u>3294</u> 0,693	<u>6473</u> 0,818	<u>11953</u> 0,914
200	<u>256</u> 0,377	<u>614</u> 0,474	<u>1084</u> 0,526	<u>2325</u> 0,643	<u>3513</u> 0,739	<u>6823</u> 0,862	<u>12638</u> 0,967

Таблица 13

Примерные значения коэффициентов местных сопротивлений для различных элементов систем водяного отопления

Элементы систем отопления	ξ при условном проходе труб d , мм					
	15	20	25	30	40	50
Радиаторы двухколонковые	2	2	2	2	2	2
Внезапное расширение	1	1	1	1	1	1
Внезапное сужение	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Отводы: 90° и утки	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
двойные узкие	2	2	2	2	2	2
широкие	1	1	1	1	1	1
Скобы	3	2	2	2	2	2
Тройники: на проходе	1	1	1	1	1	1
на ответвление	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
на противотоке	3	3	3	0	3	3
Крестовины: на проходе	2	2	2	2	2	2
на ответвлении	3	3	3	3	3	3
Вентили: обыкновенные	16	10	9	9	8	7
прямоточные	3	3	3	2,5	2,5	2
Задвижки	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5
Краны: проходные	1	2	2	2	-	-
двойной регулировки	4	2	2	-	-	-
Трехходовой кран: При повороте потока	3	3	4,5	-	-	-
при прямом проходе	2	1,5	2	-	-	-