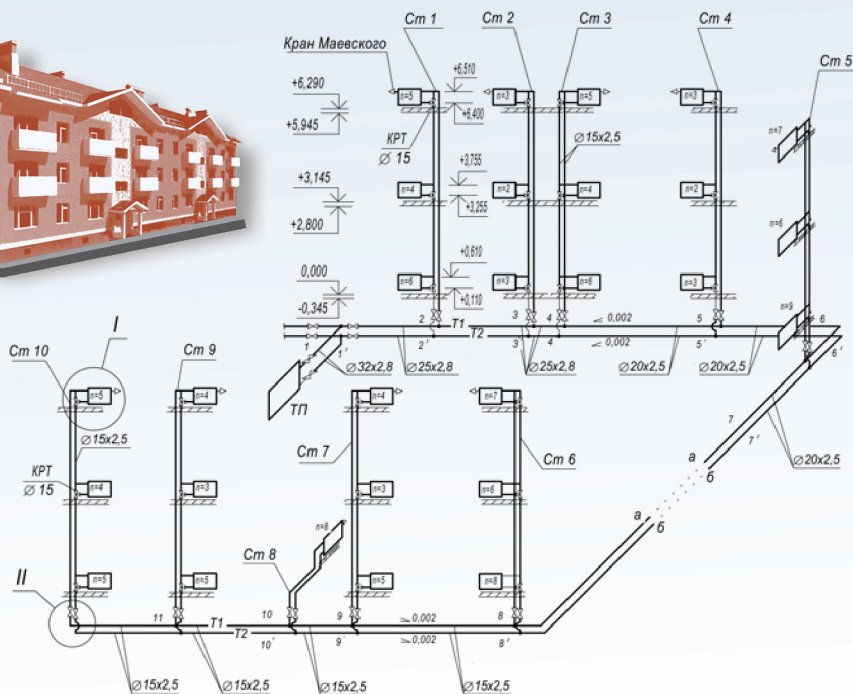


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет  
Архитектурно-строительный институт  
Кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция,  
водоснабжение и водоотведение»

Е.В. Одокиенко

# ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ Трёхэтажного жилого дома

Электронное учебно-методическое пособие



© ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», 2017

ISBN 978-5-8259-1176-2

УДК 697(61.14)

ББК 38.762я73

Рецензенты:

д-р техн. наук, доцент кафедры «Отопление и вентиляция»  
Нижегородского государственного архитектурно-строительного  
университета *М.В. Бодров*;

канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение,  
вентиляция, водоснабжение и водоотведение»

Тольяттинского государственного университета *В.М. Филенков*.

Одокиенко, Е.В. Отопление и вентиляция трехэтажного жилого дома : электрон. учеб.-метод. пособие / Е.В. Одокиенко. — Тольятти : Изд-во ТГУ, 2017. — 1 оптический диск.

В учебно-методическое пособие включен материал для определения состава, объёма и последовательности выполнения расчётно-графической работы «Отопление и вентиляция трёхэтажного жилого дома»: краткое содержание отдельных глав расчётно-пояснительной записки, разъяснения по выполнению необходимых расчётов, основные рекомендации по оформлению расчётно-пояснительной записки и чертежей.

Предназначено для студентов всех форм обучения по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство».

Текстовое электронное издание

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; ПИИ 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

Редактор *А.И. Евсейчев*  
Корректор *О.В. Горбань*  
Техническое редактирование: *О.В. Горбань*  
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*  
Художественное оформление,  
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 30.06.2017.

Объем издания 4,09 Мб.

Комплектация издания:

компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-46-16.

Издательство Тольяттинского государственного университета

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,

тел. 8 (8482)53-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)

## Содержание

Структура и объём расчётно-графической работы .....	6
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ .....	7
1.1. Параметры наружного воздуха .....	7
1.2. Параметры внутреннего воздуха .....	7
1.3. Архитектурно-планировочное описание объекта .....	8
1.4. Источник теплоснабжения .....	8
2. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЯ.....	9
2.1. Теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций .....	9
2.2. Проверка внутренних поверхностей ограждающих конструкций на вероятность выпадения конденсата .....	11
2.3. Построение графиков распределения температур в толще ограждений .....	13
2.4. Определение теплотерь здания .....	13
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ .....	18
3.1. Конструирование системы отопления .....	18
3.2. Гидравлический расчёт системы отопления .....	20
3.3. Тепловой расчёт отопительных приборов .....	24
3.4. Подбор оборудования теплового пункта .....	25
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЯ .....	27
4.1. Описание системы вентиляции .....	27
4.2. Аэродинамический расчёт системы вентиляции .....	27
Требования к оформлению пояснительной записки и графической части .....	29
Порядок защиты .....	31
Библиографический список .....	32

Приложение 1 .....	34
Приложение 2 .....	35
Приложение 3 .....	36
Приложение 4 .....	40
Приложение 5 .....	41
Приложение 6 .....	42
Приложение 7 .....	43
Приложение 8.....	44
Приложение 9 .....	45
Приложение 10 .....	46
Приложение 11 .....	48
Приложение 12 .....	55
Приложение 13 .....	65

## **Структура и объём расчётно-графической работы**

Целью расчётно-графической работы является закрепление теоретических знаний, полученных студентами при изучении дисциплины «Теплогазоснабжение и вентиляция», а также приобретение практических навыков по расчётам систем отопления и вентиляции жилого дома. Расчётно-графическая работа состоит из пояснительной записки и графического материала. Задание на расчётно-графическую работу выдаётся преподавателем в начале семестра. В нём указаны варианты для выполнения, а также объём и содержание расчётной и графической части работы (см. прил. 1).

# 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

---

## 1.1. Параметры наружного воздуха

Параметры наружного воздуха определяются сводом правил (далее – СП) по строительной климатологии [15] для заданного города. Для холодного периода года по табл. 1 и 3 выбираются следующие параметры:

- зимняя температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью  $0,92 - t_n$ ;
- количество дней со среднесуточной температурой наружного воздуха меньше  $8\text{ }^{\circ}\text{C} - Z_{от}$ ;
- средняя температура периода с температурой наружного воздуха меньше  $8\text{ }^{\circ}\text{C} - t_{от}$ ;
- средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца –  $\varphi_n$ ;
- максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь –  $v_n$ ;
- средняя месячная температура наружного воздуха за январь –  $t_1$ ;
- зона влажности района строительства [16].

## 1.2. Параметры внутреннего воздуха

Параметры воздуха внутри помещения определяются согласно ГОСТу [3]:

- расчётная температура воздуха внутри помещения –  $t_b$ ;
- расчётная относительная влажность воздуха внутри помещения –  $\varphi_b$ .

Выбираются влажностный режим помещений [16, табл. 1] и условия эксплуатации ограждающих конструкций [16, табл. 2].

### **1.3. Архитектурно-планировочное описание объекта**

Описывается здание, выбранное согласно варианту задания: его этажность, ориентация фасада, высота помещения, размеры в плане и площадь застройки, наличие подвала и чердака. Описываются конструкции наружных ограждающих устройств, дверей, выбранных оконных заполнений. Рассчитываются высота здания и его строительный объём.

### **1.4. Источник теплоснабжения**

Указываются источник теплоснабжения, параметры теплоносителя.



## 2. ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЯ

---

### 2.1. Теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций

Выполняется согласно методике СП и СНИП [16;14]. Теплотехнический расчёт ограждающих конструкций выполняется с условием, что приведённое сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций следует принимать не меньше нормируемого значения, то есть

$$R_0 \geq R_0^{TP}, \quad (1)$$

где  $R_0$  – приведённое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ;  $R_0^{TP}$  – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ , приводится в зависимости от градусо-суток отопительного периода, (ГСОП,  $\text{°C} \cdot \text{сут}/\text{год}$ ) в районе строительства и определяется по СП 50.13330.2012 [16, с. 5].

Градусо-сутки отопительного периода, ГСОП,  $\text{°C} \cdot \text{сут}/\text{год}$ , определяют по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}}, \quad (2)$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода,  $\text{°C} \cdot \text{сут}/\text{год}$ ;  $t_{\text{в}}$  – расчётная температура внутреннего воздуха здания,  $\text{°C}$ ;  $t_{\text{от}}$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период,  $\text{°C}$ ;  $z_{\text{от}}$  – продолжительность, сут, отопительного периода.

Приведённое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций находится по следующей формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_{\text{к}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (3)$$

где  $\alpha_{\text{в}}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , принимается по СП 50.13330.2012 [16, с. 8];  $R_{\text{к}}$  – сумма термических сопротивлений слоев конструкции,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ;  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , принимается по СП 50.13330.2012 [16, с. 10].

Термическое сопротивление  $i$ -го однородного слоя ограждающей конструкции определяется по формуле

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (4)$$

где  $\delta_i$  – толщина  $i$ -го слоя ограждающей конструкции, м;  $\lambda_i$  – расчётный коэффициент теплопроводности материала  $i$ -го слоя ограждающей конструкции, Вт/(м · °С), принимается по СП 50.13330.2012 [16, с. 101] согласно условиям эксплуатации.

После определения приведённого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций  $R_0$ , (м<sup>2</sup> · °С)/Вт, определяют коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций  $k$ , Вт/(м<sup>2</sup> · °С), по формуле

$$k = \frac{1}{R_0^{\phi}}, \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);  $R_0^{\phi}$  – фактическое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, (м<sup>2</sup> · °С)/Вт.

**Нормируемое значение сопротивления теплопередаче окон и балконных дверей** определяется также по градусо-суткам отопительного периода [16]. Выбирается конструкция окна и фактическое сопротивление теплопередаче. Приведённое значение сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций принимается по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных оно оценивается по методике [16, с. 63].

**Нормируемое значение сопротивления теплопередаче наружных дверей** должно быть не менее  $0,6 \cdot R_0^{\text{норм}}$  стен зданий, определяемого по формуле:

$$R_0^{\text{норм}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\alpha_{\text{в}} \cdot \Delta t^{\text{н}}}, \quad (6)$$

где  $\Delta t^{\text{н}}$  – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С, определяется по СП 50.13330.2012 [16, с. 8];  $\alpha_{\text{в}}$  – то же, что и в формуле (3);  $t_{\text{в}}$  – расчётная температура внутреннего воздуха здания, °С;  $t_{\text{н}}$  – расчётная температура наружного воздуха в холодный период года, °С.

Результаты теплотехнического расчёта сводятся в табл. 1.

Теплотехнические характеристики наружных  
ограждающих конструкций

Наименование ограждающей конструкции	Толщина утепляющего слоя, $\delta_{\text{ут.сл}}$ , м	Толщина ограждающей конструкции, $\delta$ , м	Приведённое сопротивление теплопередаче, $R_0^{\phi}$ , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$	Коэффициент теплопередачи, $k$ , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
Наружная стена				
Бесчердачное (чердачное) покрытие				
Перекрытие над подвалом				
Окно	Конструкция окна			
Наружная дверь	Конструкция наружной двери			

## 2.2. Проверка внутренних поверхностей ограждающих конструкций на вероятность выпадения конденсата

Выполняется согласно методике СП и СНиП [16; 14]. Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции в зоне теплопроводных включений, в углах и оконных откосах должна быть не менее точки росы внутреннего воздуха при расчётной температуре наружного воздуха.

Расчётный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемых величин [14], т. е.

$$\Delta t_0 \leq \Delta t^{\text{н}}, \quad (7)$$

где  $\Delta t_0$  – расчётный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $^\circ\text{C}$ ;  $\Delta t^{\text{н}}$  – то же, что и в формуле (6).

Расчётный температурный перепад  $\Delta t_0$ ,  $^\circ\text{C}$ , находится по формуле

$$\Delta t_0 = \frac{n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\alpha_{\text{в}} \cdot R_0}, \quad (8)$$

где  $n$  – коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;  $t_b$  – то же, что и в формуле (2);  $t_n$  – то же, что и в формуле (6);  $\alpha_b$  – то же, что и в формуле (3);  $R_0$  – приведённое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ )/Вт (см. табл. 1).

Температура внутренней поверхности **остекления окон** жилых зданий должна быть не ниже плюс 3 °С, т. е.

$$\tau_b^{\text{OK}} \geq 3 \text{ °C}, \quad (9)$$

где  $\tau_b^{\text{OK}}$  – температура внутренней поверхности остекления окон зданий, °С.

Температура внутренней поверхности окон определяется по формуле:

$$\tau_b^{\text{OK}} = t_b - \frac{t_b - t_n}{R_0 \cdot \alpha_b}. \quad (10)$$

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции **в зоне наружных углов** определяется в соответствии с рекомендациями [11]

$$\tau_b^{\text{НУ}} = t_b - \frac{A \cdot (t_b - t_n)}{(\alpha_b \cdot R_0^{\text{HC}})^{2/3}}, \quad (11)$$

где  $R_0^{\text{HC}}$  – сопротивление теплопередаче наружной стены;  $A = 1$  – для однослойных конструкций;  $A = 0,75$  – при наличии эффективного утеплителя и внутреннего теплопроводного слоя.

Температура точки росы внутреннего воздуха определяется по формуле:

$$t_p = 20,1 - (5,75 - 0,00206 \cdot e_b)^2, \quad (12)$$

где  $e_b$  – парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па, при расчетной температуре и влажности этого воздуха определяется по формуле

$$e_b = (\varphi_b / 100) E_b, \quad (13)$$

где  $E_b$  – парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре внутреннего воздуха помещения принимается по прил. 2;  $\varphi_b$  – относительная влажность внутреннего воздуха, %, принимаемая 55 % согласно требованиям СП [16].

### 2.3. Построение графиков распределения температур в толще ограждений

Для оценки теплотехнических качеств ограждения необходимо знать не только величину  $R_0$ , но и температуры в любой плоскости ограждения при заданных значениях температур воздуха с одной и с другой стороны ограждения. Это даёт возможность определить целесообразность того или иного порядка расположения слоёв в заданной конструкции [1].

Рассчитать температуру в любом слое ограждения можно по формуле

$$\tau = t_{\text{в}} - \left[ (t_{\text{в}} - t_{\text{расч}}) / R_0^{\phi} \right] \cdot (R_{\text{в}} + \sum R), \quad (14)$$

где  $t_{\text{в}}$  — то же, что и в формуле (2);  $t_{\text{расч}}$  — расчётная температура наружного воздуха, °С;  $R_0^{\phi}$  — фактическое сопротивление теплопередаче наружной ограждающей конструкции (см. табл. 1);  $R_{\text{в}}$  — сопротивление теплопередаче внутренней поверхности ограждающей конструкции, (м<sup>2</sup> · °С)/Вт;  $\sum R$  — сумма термических сопротивлений слоёв конструкции, (м<sup>2</sup> · °С)/Вт.

На горизонтальной оси, соответствующей нулевой температуре, откладывают последовательно в масштабе 1 : 5 все конструктивные слои ограждающей конструкции, начиная со слоя, непосредственно соприкасающегося с воздухом помещения. На оси ординат — температуры на поверхностях соответствующих слоёв. Изменение температуры в каждом слое ограждения происходит по линейному закону, но с различным углом наклона, соответствующим термическому сопротивлению слоя. Таким образом, график распределения температуры в слоистом ограждении получает характер ломаной линии, отрезки которой, проходящие через слои с более высоким термическим сопротивлением, имеют больший угол наклона к горизонту.

### 2.4. Определение теплопотерь здания

Основные потери теплоты через наружные ограждения (трансмиссионные теплопотери) рассчитываются по формуле:

$$Q = kF(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})n(1 + \sum \beta), \quad (15)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);  $n$  – то же, что и в формуле (8);  $F$  – расчётная площадь ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>;  $\beta$  – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь.

Для удобства расчёта теплопотерь необходимо пронумеровать все помещения здания. Нумерацию следует производить поэтажно, по часовой стрелке, начиная с верхней левой угловой комнаты 101, 102, 201, 20 и т. д. Расчёт производится для каждой комнаты в отдельности. Трансмиссионные теплопотери каждого помещения рассчитываются суммированием потерь теплоты через каждое теплоотражающее ограждение, определяемых по формуле (15): через наружные стены (НС), окна двойные (ДО) или тройные (ТО), перекрытия над неотапливаемым подвалом (Пл), потолок (Пт), балконные двери (БД), наружные входные двери (НД).

При расчете теплопотерь ограждающие конструкции измеряются по наружному обмеру (рис. 1) с соблюдением следующих правил обмера.

1. Площадь окон, дверей и фонарей измеряют по наименьшему строительному проему.

2. Площадь потолка и пола измеряют между осями внутренних стен и внутренней поверхностью наружной стены.

3. Площадь наружных стен измеряют:

- в плане – по наружному периметру между осями внутренних стен и наружным углом стены;
- по высоте – на всех этажах, кроме нижнего: от уровня чистого пола до пола следующего этажа. На последнем этаже верх наружной стены совпадает с верхом покрытия или чердачного перекрытия. На нижнем этаже в зависимости от конструкции пола: а) от внутренней поверхности пола по грунту; б) от поверхности подготовки под конструкцию пола на лагах; в) от нижней грани перекрытия над неотапливаемым подпольем или подвалом.

Линейные размеры ограждающих конструкций следует определять с точностью до 0,01 м, а площадь ограждающих конструкций – с точностью до 0,1 м<sup>2</sup>.

Теплопотери лестничной клетки определяют в целом по всей её высоте как для одного помещения. Конструкция дверей лестничных клеток выбирается по СП [17].

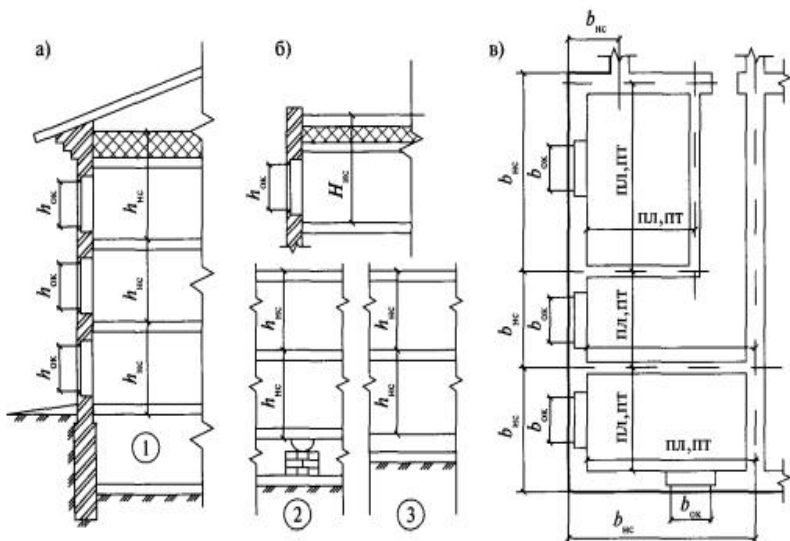


Рис. 1. Определение размеров ограждающих конструкций при расчёте теплопотерь помещениями (НС – наружных стен, Пл – пола, Пт – потолка, ОК – окон): 1 – неотапливаемый подвал; 2 – пол по лагам; 3 – пол на грунте

**Добавочные потери теплоты** учитываются следующие.

- Потери, связанные с ориентацией по сторонам света, составляют для стен, дверей и окон, обращённых:

- на север, восток, северо-восток и северо-запад – 10 %,
- запад и юго-восток – 5 %,
- юг и юго-запад – 0 %.

Для угловых помещений добавка принимается в размере 5 % [13].

- Через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте зданий  $H$  (м) от средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты в размере:

- $0,2 H$  – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;
- $0,27 H$  – для двойных дверей с тамбурами между ними;

- Затраты тепла на нагревание инфильтрационного воздуха.

Потери тепла на нагревание инфильтрационного воздуха в жилых помещениях при естественной вытяжной вентиляции определяются по формуле

$$Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot L \cdot c \cdot \rho \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \bar{k}, \quad (16)$$

где  $L$  – расход удаляемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, принимается равным 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> жилых комнат (без учёта коридоров); для кухонь и санузлов исходя из величины воздухообмена по санитарным нормам [17]. За расчётную величину принимается большая из них;

$c$  – удельная теплоёмкость воздуха, равная 1 кДж/кг °С;

$\rho$  – плотность воздуха в помещении, кг/м<sup>3</sup>;

$t_{\text{в}}$  – то же, что и в формуле (2);

$t_{\text{н}}$  – то же, что и в формуле (6);

$\bar{k}$  – коэффициент учёта влияния встречного теплового потока в светопрозрачных конструкциях, принимаемый согласно СНиП [14]: 0,7 – для стыков панелей стен и окон с тройными раздельными переплетами; 0,8 – для окон и балконных дверей с раздельными двойными переплетами; 0,9 – то же, со спаренными переплётами.

### ***Бытовые тепловыделения***

При определении тепловой мощности системы отопления учитывают бытовые тепловыделения (приготовление пищи, электробытовые приборы и т. п.), которые определяются для всех помещений, кроме лестничных клеток, в размере 17 Вт/м<sup>2</sup> площади пола жилых комнат при заселённости до 20 м<sup>2</sup> общей площади квартиры на человека с понижением до минимального значения 10 Вт/м<sup>2</sup> при заселённости 45 м<sup>2</sup>/чел. [16, с. 44].

### ***Теплопотери помещения (тепловая мощность системы отопления)***

Тепловая мощность системы отопления [9] каждого помещения определяется по потерям теплоты через наружные ограждения и теплозатратам на нагревание инфильтрационного воздуха за вычетом бытовых тепловыделений и рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{о}} = \sum Q + Q_{\text{инф}} - Q_{\text{быт}} \quad (17)$$

Запись расчёта теплопотерь помещений следует производить в табличной форме (табл. 2).



## Расчёт теплопотерь помещений

№ помещения	Ограждающие конструкции					$Q$ , Вт	Добавки			$Q(1 + \Sigma\beta)$	$Q_{\text{быт}},$ Вт	$Q_{\text{инф}},$ Вт	$Q_o,$ Вт
	наименование	ориентация	размеры	$F$ , м <sup>2</sup>	$k$ , Вт/м <sup>2</sup> °С		$\Delta t$ , °С	на ориентацию	прочие				

## 3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

---

### 3.1. Конструирование системы отопления

Систему отопления, вид и параметры теплоносителя, а также типы нагревательных приборов принимают в соответствии с характером, назначением зданий и сооружений [18]. Выбор производят в соответствии с требованиями санитарных и противопожарных норм и технико-экономическими обоснованиями [20].

Понижение температуры теплоносителя от величины, указанной в задании (на вводе в здание), осуществляется в тепловом пункте, который следует разместить в подвале, выделяя для этого специальное помещение. Прокладка трубопроводов в помещениях – открытая [19].

Разработку схемы системы отопления следует вести в следующем порядке.

1. На планах типового этажа разместить нагревательные приборы, обозначив их в соответствии с условным обозначением. Нагревательные приборы – радиаторы и конвекторы следует располагать под окнами. Размеры подводок к отопительным приборам должны, как правило, унифицироваться. Длина подводки не должна превышать 1,25–1,5 м, уклон подводки – 5–10 мм на всю ее длину (при длине до 0,5 м допускается прокладка подводки без уклона) [12]. В лестничных клетках малоэтажных зданий используют отопительные приборы того же типа, которые приняты для отопления основных помещений. Эти приборы размещают на первом этаже при входе; отдельные приборы могут быть перенесены на промежуточную лестничную площадку между первым и вторым этажами. Установка отопительных приборов во входных тамбурах с наружными дверями недопустима.

2. При размещении стояков исходят из следующего: обособляют стояки для отопления лестничных клеток, помещают стояки в углах наружных стен, предусматривают их изгибы для компенсации теплового удлинения труб.

3. На планах чердака и подвала нанести стояки и магистральные трубопроводы системы отопления. В системах с верхней разводкой

подающие магистрали прокладываются на чердаке на расстоянии 1–1,5 м от наружных стен, обратные – в подвале или подпольном канале. Главный стояк размещают во вспомогательных помещениях (например, коридоре или лестничной клетке). В системах с нижней разводкой прокладку подающих и обратных трубопроводов магистралей систем отопления следует предусматривать совместную в подвалах, а при их отсутствии – в подпольном канале. Отопительную систему для лучшей увязки потерь давления в коротких и длинных циркуляционных кольцах рекомендуется разбить на две или четыре ветви приблизительно одинаковой длины. При этом желательно обеспечить пофасадное регулирование теплоотдачи нагревательных приборов. При конструировании системы необходимо учитывать правила производства монтажных работ. В частности, следует выдерживать расстояние 80 мм между осями двухтрубных неизолированных стояков  $D_y \leq 32$  мм, при этом подающие трубы располагать справа.

4. В соответствии с условными обозначениями расставить в системе отопления запорно-регулирующую арматуру. На подводках к отопительным приборам при двухтрубной системе отопления – регулирующие краны двойного регулирования (КРД) и шиберного типа (КРДШ), обладающие повышенным сопротивлением; при однотрубной системе – кран регулирующий трехходовой (КРТ). Регулирующие краны у отопительных приборов не устанавливаются в местах, где может замерзать циркулирующая вода, – это относится к приборам при входе в лестничные клетки. Запорно-регулирующая арматура должна обеспечивать регулирование и отключение отдельных колец, ветвей, стояков. Для опорожнения системы отопления от воды на каждом стояке устанавливаются тройники с пробкой. В качестве запорно-регулирующей арматуры используются: на трубах диаметром 50 мм и более – задвижки с латунными уплотнительными кольцами; на трубах диаметром менее 50 мм – краны проходные сальниковые, вентили прямоточные запорные.

5. В верхних точках системы отопления предусматривается установка устройств для удаления воздуха.

### 3.2. Гидравлический расчёт системы отопления

На основании планов этажа, подвала и чердака с размещёнными на них нагревательными приборами, стояками и магистралями вычерчивается аксонометрическая схема системы отопления в масштабе 1 : 100.

Гидравлический расчёт трубопроводов в курсовой работе производится для наиболее протяжённой и нагруженной ветви системы отопления. Рассчитываемая ветвь разбивается на участки. Расчётным участком считается отрезок трубопровода с постоянным расходом теплоносителя (т. е. трубопровод между двумя ответвлениями). На расчётной аксонометрической схеме у каждого участка проставляются его номер, тепловая нагрузка и длина.

Целью гидравлического расчёта теплопроводов является подбор таких диаметров трубопроводов, при которых на всех расчётных участках системы расход теплоносителя обеспечивает заданные тепловые нагрузки приборов [13]. При этом сумма потерь давления в системе  $\Sigma\Delta P_{\text{сис}}$  не должна превышать 90–95 % расчётного циркуляционного давления, т. е.  $\Sigma\Delta P_{\text{сис}} = (0,9 - 0,95)\Delta P_p$ .

#### *Последовательность гидравлического расчета методом удельной потери давления на трение*

1. На аксонометрической схеме выбирается главное циркуляционное кольцо. В двухтрубных системах водяного отопления оно проходит при тупиковой разводке магистралей – через нижний отопительный прибор наиболее нагруженного и удалённого от теплового пункта стояка, а при попутном движении воды в магистралях – через нижний прибор наиболее нагруженного среднего стояка; в однотрубных системах отопления при тупиковой схеме – через наиболее нагруженный и удалённый от теплового пункта стояк, а при попутном движении – через наиболее нагруженный средний стояк [10; 6].

2. Главное циркуляционное кольцо разбивается на участки, обозначаемые порядковым номером (по ходу движения теплоносителя, начиная от узла ввода).

3. Определяется расчётное циркуляционное давление  $\Delta P_p$ , Па, по формуле

$$\Delta P_P = \Delta P_H + B \Delta P_E, \quad (18)$$

где  $\Delta P_H$  – давление, создаваемое насосом или элеватором. Для небольших систем его можно приблизительно принимать равным

$$\Delta P_H = 100 \sum l, \quad (19)$$

где  $\sum l$  – сумма длин участков главного циркуляционного кольца, м;  $\Delta P_E$  – естественное циркуляционное давление, возникающее в расчётном кольце от охлаждения воды в нагревательных приборах  $\Delta P_{E_{\text{ПР}}}$  и в трубах  $\Delta P_{E_{\text{ТР}}}$ ;  $B$  – поправочный коэффициент, учитывающий значение естественного циркуляционного давления в период поддержания расчётного гидравлического режима в системе; для двухтрубных систем  $B = 0,4$ ; для вертикальных однетрубных при качественном регулировании теплоносителя  $B = 1$ , при автоматическом качественно-количественном регулировании – 1.

Для двухтрубной системы

$$\Delta P_E = \beta \cdot g \cdot (h_1 + h_2 + h_3) \cdot (t_G - t_O), \quad (20)$$

для однетрубной системы отопления с верхней разводкой

$$\Delta P_E = \frac{3,6 g \beta \beta_1 \beta_2}{c G_{\text{СТ}}} \sum_1^n (Q_i h_i), \quad (21)$$

где  $\beta$  – среднее приращение плотности (объёмной массы) при понижении температуры воды на 1 °С (при разности  $t_G - t_O = 95^\circ - 70^\circ \text{С}$   $\beta = 0,64$ ; при  $t_G - t_O = 105^\circ - 70^\circ \text{С}$   $\beta = 0,66$ );  $Q_i h_i$  – произведение тепловой нагрузки прибора на вертикальное расстояние от его условного центра охлаждения до центра нагревания воды в системе отопления;  $\beta_1$  – коэффициент учёта дополнительного теплового потока при округлении сверх расчётной величины [13];  $\beta_2$  – коэффициент учёта дополнительных потерь теплоты отопительными приборами у наружных ограждений [13];  $c$  – удельная массовая теплоёмкость воды, равная 4,19 кДж/кг °С;  $G_{\text{СТ}}$  – расход воды в стояке по формуле (26).

4. Находят средние удельные потери давления на трение (Па/м)

$$R_{\text{СР}} = \frac{0,65 \cdot \Delta P_P}{\sum l}, \quad (22)$$

где 0,65 – коэффициент, учитывающий, что 65 % располагаемого давления расходуется на преодоление линейных потерь.

5. Подсчитывается расход воды на участках (кг/ч):

$$G_{\text{уч}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{уч}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot (t_{\Gamma} - t_0)}, \quad (23)$$

где  $Q_{\text{уч}}$  – тепловая нагрузка соответствующего участка, Вт;  $c$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  – то же, что в формуле (21).

6. По  $R_{\text{ср}}$  и  $Q_{\text{уч}}$  (прил. 3) подбираются возможные диаметры трубопровода для расчётного кольца. Для этого диаметра при данном расходе устанавливается фактическое  $R$  и соответствующая данному режиму скорость. Диаметры труб желательно выбирать так, чтобы скорость не превышала допустимых значений:

$w$ , м/с	0,3	0,65	0,8	1,0	1,5	1,5
$d$ , мм	15	20	25	32	40	50 и более

7. Для каждого участка находится сумма коэффициентов местных сопротивлений ( $\Sigma\xi$ ) по прил. 4, а гидродинамическое давление  $P_{\text{дин}}$  – по прил. 5. В пояснительной записке вслед за таблицей гидравлического расчёта следует дать перечень местных сопротивлений и их коэффициенты  $\xi$  по участкам.

8. Определяются общие потери давления в расчётном кольце по формуле

$$P_{\text{уч}} = R \cdot l + Z, \quad (24)$$

$Z$  можно определить по формуле

$$Z = \Sigma\xi \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}. \quad (25)$$

9. Потери давления в главном циркуляционном кольце сравнивают с располагаемым перепадом давления

$$\frac{\Delta P_{\text{р}} - \Sigma P_{\text{уч}}}{\Delta P_{\text{р}}} \cdot 100 \% \leq (5 - 10) \%. \quad (26)$$

Запас располагаемого давления необходим на случай неучтённых в расчёте гидравлических сопротивлений. Если запас давления превышает эту величину, необходимо уменьшить диаметры одного-двух участков циркуляционного кольца. Если же запас давления оказался менее 5 % или отрицательным, то необходимо увеличить диаметры одного-двух участков. Изменённые участки пересчитать заново, чтобы получить нормальный запас давления (5–10 %).

10. Аналогично проводится расчёт малых циркуляционных колец (через нижний прибор ближнего к тепловому пункту стояка). Потери давления в главном и малом циркуляционных кольцах не должны отличаться более чем на  $\pm 15\%$  для систем с тупиковым движением воды,  $\pm 5\%$  – при попутном движении.

При невозможности увязки потерь давления путём изменения диаметра труб (обычно изменяют диаметр труб, соединяющих стояки с магистралями) прибегают к установке диафрагм на обратных стояках. Диаметр диафрагмы, мм, определяют по формуле

$$d_{\text{Д}} = 3,54 \cdot \left( \frac{G_{\text{СТ}}^2}{\Delta P_{\text{Д}}} \right)^{0,25}, \quad (27)$$

где  $G_{\text{СТ}}$  – расход воды в стояке, кг/ч;  $\Delta P_{\text{Д}}$  – необходимые для увязки потери давления в диафрагме, Па.

Диаметр диафрагмы должен быть не менее 5 мм. Часто вместо диафрагм устанавливаются балансировочные клапаны, которые применяются для поддержания постоянной разности давлений между подающим и обратным трубопроводами регулируемых систем, для обеспечения постоянного расхода или стабилизации температуры перемещаемой по трубопроводу воды. Подбор клапанов осуществляется по каталогам фирм-производителей [7].

Результаты гидравлического расчёта заносятся в табл. 3.

Таблица 3

Результаты гидравлического расчёта

№ участка	$Q_{\text{уч}},$ Вт	$G_{\text{уч}},$ кг/ч	$l,$ м	$d,$ мм	$w,$ м/с	$R_{\text{ф}},$ Па/м	$R_{\text{ф}} l,$ Па	$\Sigma \xi$	$Z,$ Па	$P_{\text{дин}},$ Па	$R_{\text{ф}} l + Z,$ Па	Примечание

При расчёте отдельных участков трубопровода необходимо иметь в виду следующее:

а) местное сопротивление тройников, крестовин относят лишь к расчётным участкам с наименьшим расходом воды;

б) местное сопротивление отопительных приборов учитывают поровну в каждом примыкающем к ним трубопроводе.

### 3.3. Тепловой расчёт отопительных приборов

В жилых зданиях в качестве отопительных приборов рекомендуется применять радиаторы и конвекторы. Отопительные приборы следует располагать у наружных стен, преимущественно под окнами. В зданиях с числом этажей четыре и менее приборы в лестничных клетках следует устанавливать только на первом этаже у входа и присоединять к самостоятельному стояку.

При расчёте площади нагревательной поверхности приборов необходимо учитывать теплоотдачу труб, открыто проложенных в помещении (стояков и подводок к приборам), поэтому теплоотдача прибора равна расчётным теплотерям помещения за минусом теплоотдачи труб ( $Q_{\text{ТР}}$ ) [10].

$$Q_{\text{ПР}} = Q_{\text{ПОМ}} - \beta_{\text{ТР}} \cdot Q_{\text{ТР}}, \quad (28)$$

где  $\beta_{\text{ТР}}$  – поправочный коэффициент, учитывающий долю теплоотдачи труб в помещении, при открытой прокладке  $\beta_{\text{ТР}} = 0,9$ .

Теплоотдачу труб  $Q_{\text{ТР}}$ , Вт, следует определить по формуле:

$$Q_{\text{ТР}} = q_{\text{В}} \cdot l_{\text{В}} + q_{\text{Г}} \cdot l_{\text{Г}}, \quad (29)$$

где  $q_{\text{В}}$ ,  $q_{\text{Г}}$  – теплоотдача 1 м вертикальной и горизонтальной трубы, Вт/м (см. прил. 6);  $l_{\text{В}}$ ,  $l_{\text{Г}}$  – длина вертикальной и горизонтальной трубы, м.

Расчётная площадь нагревательной поверхности приборов,  $\text{м}^2$ , определяется по формуле

$$F_{\text{ПР}} = \frac{Q_{\text{ПР}}}{q_{\text{ПР}}}, \quad (30)$$

где  $q_{\text{ПР}}$  – расчётная плотность теплового потока,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ :

$$q_{\text{ПР}} = q_{\text{НОМ}} \cdot \left( \frac{\Delta t_{\text{СР}}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left( \frac{G_{\text{ПР}}}{360} \right)^p, \quad (31)$$

где  $q_{\text{НОМ}}$  – номинальная плотность теплового потока,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ;  $n$ ,  $p$  – коэффициенты [13], выражающие влияние конструктивных и гидравлических особенностей прибора на его коэффициент теплопередачи;  $\Delta t_{\text{СР}}$  – средний температурный перепад между средней температурой теплоносителя в приборе и температурой окружающего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ :

$$\Delta t_{\text{СР}} = \frac{t_{\text{ВХ}} + t_{\text{ВЫХ}}}{2} - t_{\text{В}}, \quad (32)$$



где  $t_{\text{ВХ}}$  и  $t_{\text{ВЫХ}}$  – температура воды, соответственно, входящей и выходящей из прибора, °С;  $G_{\text{ПР}}$  – расход воды в приборе, кг/ч;

$$G_{\text{ПР}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{ПР}}}{c \cdot (t_{\text{Г}} - t_{\text{О}})} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \quad (33)$$

Далее находят число секций чугунного радиатора

$$N = \frac{F_{\text{ПР}} \cdot \beta_4}{f_{\text{С}} \beta_3}, \quad (34)$$

где  $f_{\text{С}}$  – площадь одной секции, м<sup>2</sup>, принимаемая по паспорту прибора;  $\beta_4$  – коэффициент, учитывающий способ установки прибора (при открытой установке  $\beta_4 = 1$ );  $\beta_3$  – коэффициент, учитывающий число секций в приборе:

$$\beta_3 = 0,97 + \frac{0,06}{F_{\text{ПР}}}. \quad (35)$$

Полученное по формуле (34) дробное значение  $N$  округляют.

Результаты расчётов заносят в табл. 4.

Таблица 4

Тепловой расчёт отопительных приборов

№ помещения	$Q_{\text{О}}$ , Вт	$G_{\text{ПР}}$ , кг/ч	$t_{\text{ВХ}}$ , °С	$t_{\text{ВЫХ}}$ , °С	$\Delta t_{\text{СР}}$ , °С	$q_{\text{ПР}}$ , Вт/м <sup>2</sup>	$Q_{\text{ТР}}$ , Вт	$Q_{\text{ПР}}$ , Вт	$F_{\text{ПР}}$ , м <sup>2</sup>	$\beta_3$	N, шт

### 3.4. Подбор оборудования теплового пункта

Водоструйный элеватор сконструирован так, что он эжектирует охлаждённую воду для смешения с высокотемпературной водой. Схема теплового узла с элеватором показана на рисунке (прил. 7).

Для подбора элеватора сначала определяют количество циркулирующей в местной системе отопления смешанной воды, кг/ч, по формуле

$$G_{\text{СМ}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{О}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot (t_{\text{Г}} - t_{\text{О}})}, \quad (36)$$

где  $Q_0$  – тепловая мощность системы отопления, Вт;  $c$  – то же, что в формуле (21);  $t_r$ ,  $t_0$  – температура подающей и обратной воды в местной системе отопления, °С.

Определяется коэффициент смешения

$$u = \frac{T_1 - t_r}{t_r - t_0}, \quad (37)$$

где  $T_1$  – температура воды, поступающей в элеватор из подающей линии тепловой сети, °С.

Вычисляют диаметр горловины (см)

$$d_r = 1,55 \cdot \sqrt{\frac{G_{cm}}{1000 \cdot \sqrt{\Delta P_{co}}}}, \quad (38)$$

где  $\Delta P_{co}$  – циркуляционное давление в системе отопления, кПа.

После подбора элеватора, имеющего диаметр горловины, близкий к полученному, можно определить диаметр сопла (мм):

$$d_c = \frac{d_r}{1+u}. \quad (39)$$

№ элеватора	1	2	3	4	5	6	7
$d_r$ , мм	15	20	25	30	35	47	55

При установке смесительного насоса на перемычке его подбирают исходя из производительности:

$$G_n = 1,1 G_{cm} \cdot u; \quad (40)$$

$$\Delta P_n = 1,5 \Delta P_{co}. \quad (41)$$

## 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЯ

---

### 4.1. Описание системы вентиляции

В жилых зданиях обычно устраивают естественную вытяжную вентиляцию. Вытяжная естественная канальная вентиляция состоит из вертикальных внутристенных или приставных каналов с отверстиями, закрытыми решётками, сборных горизонтальных воздуховодов и вытяжной шахты. Вытяжные системы устраивают из помещений кухонь, санузлов и ванных комнат, которые должны быть рассчитаны на удаление воздуха из жилых комнат [12; 8].

Вентиляционные решетки монтируют на расстоянии 200–500 мм от потолка. Вертикальные вытяжные каналы должны самостоятельно выводиться выше крыши (в бесчердачных зданиях) или в сборную вытяжную шахту, которую обычно размещают на чердаке. Радиус действия одной шахты должен быть не более 8 м. Вентиляционные каналы размещают во внутренних капитальных стенах. Или монтируют приставные каналы из блоков и плит. В наружных стенах и в местах пересечения капитальных стен вентиляционные каналы не устраивают. Минимальный размер внутренних каналов  $140 \times 140$ , приставных –  $100 \times 150$ . В крупнопанельных зданиях наиболее рациональной считается круглая форма каналов.

### 4.2. Аэродинамический расчёт системы вентиляции

Цель расчета – определение размеров вытяжных каналов для удаления нормируемого воздуха при расчётных условиях.

Расчёт каналов проводят исходя из располагаемого давления,  $\Delta P_E$ , Па, при расчётной наружной температуре  $t_n = +5$  °С [8]:

$$\Delta P_E = h(\rho_n - \rho_b)g, \quad (42)$$

где  $h$  – высота от оси жалюзийной решетки до верха вытяжной шахты, м;  $\rho_n$ ,  $\rho_b$  – плотность соответственно наружного и внутреннего воздуха, кг/м<sup>3</sup>.

Расчёт воздуховодов начинают с наиболее неблагоприятно расположенного канала, для которого возможная удельная потеря давления имеет наименьшее значение.

### *Последовательность расчёта*

1. При заданных объёмах воздуха, подлежащего перемещению по каждому участку каналов, принимают скорость его движения. Для первого этажа 0,8–0,9 м/с; для второго – 0,6–0,7 м/с; для третьего – 0,4–0,9 м/с. В сборных воздуховодах  $w \geq 1$  м/с, в вытяжной шахте 1–1,5 м/с.

2. По объёму воздуха и принятой скорости определяют предварительную площадь сечения каналов

$$F = \frac{L}{3600w}, \text{ м}^2. \quad (43)$$

Для прямоугольного воздуховода определяется эквивалентный диаметр

$$d_{\text{э}} = \frac{2ab}{a+b}, \quad (44)$$

где  $a, b$  – стороны канала, мм.

Потери давления на трение на 1 м воздуховода и динамическое давление определяются по номограмме (см. прил. 8). При применении неметаллических воздуховодов необходимо внести поправку на шероховатость  $\beta$  в значение удельных потерь на трение (прил. 9). Таблица определения коэффициентов местных сопротивлений на участках приведена в прил. 10.

3. Сравнивают полученные суммарные сопротивления с располагаемым давлением. Допустимые отклонения при увязке давлений 5–10 %.

Результаты расчётов сводят в табл. 5.

Таблица 5

Результаты аэродинамического расчёта системы  
естественной вытяжной вентиляции

№ участка	$L, \text{ м}^3/\text{ч}$	$l, \text{ м}$	$a \times b, \text{ мм}$	$d_{\text{э}}, \text{ мм}$	$F, \text{ м}^2$	$w, \text{ м/с}$	$R, \text{ Па/м}$	$R/\beta, \text{ Па}$	$P_{\text{дин}}, \text{ Па}$	$\Sigma \xi$	$Z, \text{ Па}$	$R/\beta + Z, \text{ Па}$

## **Требования к оформлению пояснительной записки и графической части**

Согласно требованиям ГОСТ 7.32–2001 [5] расчётно-графическая работа печатается на листах формата А<sub>4</sub> (односторонняя печать). Шрифт в работе должен быть чёрного цвета, прямой, не меньше 12-го кегля (как правило, используют 14-й), для подзаголовков допускается использование полужирного шрифта. Нормативный документ не определяет тип шрифта, но многолетняя практика показывает, что оптимальной является гарнитура Times New Roman. Основной текст выравнивают по ширине, а абзац начинают после отступа в 1,25 см. Размеры полей также указаны в ГОСТе: для прошивки работы необходимо оставить не менее 30 мм с левой стороны, размеры верхнего и нижнего полей одинаковы – не менее 20 мм, минимальный размер полей с правой стороны – не менее 10 мм.

Основная часть работы состоит из разделов, подразделов, глав, параграфов, пунктов и подпунктов. Они нумеруются (кроме введения, заключения, списка литературы, приложений) арабскими цифрами.

Страницы работы нумеруются по порядку, начиная с титульного листа, но непосредственно номер страницы ставится только с раздела «Введение». Расположение номера страницы на листе может быть различным, но по ГОСТу его проставляют в нижней части листа по центру, точку в конце ставить не следует. Иллюстрации, таблицы, графики, расположенные на отдельных листах, включаются в общую нумерацию страниц. Иллюстрации подлежат порядковой нумерации арабскими цифрами в пределах всей работы. Номер следует размещать под иллюстрацией посередине после слова «рисунок». Цифровой материал рекомендуется помещать в работе в виде таблиц. Таблицу следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все таблицы должны быть ссылки в тексте.

Таблицы подлежат порядковой нумерации арабскими цифрами в пределах всей работы. Номер следует размещать в левом верхнем углу над заголовком таблицы после слова «таблица». Допускается нумерация таблиц в пределах раздела.

Каждая таблица должна иметь заголовок, который помещается ниже слова «таблица». Слово «таблица» и заголовок начинаются с прописной буквы, точка в конце заголовка не ставится.

Заголовки граф таблицы должны начинаться с прописных букв, подзаголовки со строчных, если последние подчиняются заголовку. Таблицу следует размещать так, чтобы читать её без поворота работы, если такое размещение невозможно, таблицу располагают так, чтобы её можно было читать, поворачивая работу по часовой стрелке.

При переносе таблицы головку таблицы следует повторить, над ней размещают слова «продолжение таблицы» с указанием её номера. Если головка таблицы велика, допускается её не повторять, в этом случае следует пронумеровать графы и повторить их нумерацию на следующей странице. Заголовок таблицы не повторяют.

Формулы и уравнения в работе подлежат порядковой нумерации в пределах всей работы арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении напротив формулы. Допускается нумерация формул в пределах раздела.

Для оформления списка источников используют ГОСТ 7.1–2003 [4].

Графическая часть расчётно-графической работы выполняется согласно требованиям ГОСТа по оформлению чертежей по отоплению, вентиляции и кондиционированию [2].

## Порядок защиты

Расчётно-графическая работа допускается к защите при условии соответствия её содержания и оформления требованиям, сформулированным в данных методических рекомендациях и соблюдения сроков представления.

Основанием для недопуска расчётно-графической работы к защите является несоответствие работы требованиям, предъявляемым к содержанию и оформлению расчётно-графической работы.

В ходе подготовки к защите курсовой работы студент готовит выступление (2–3 страницы печатного текста), в котором должны быть отражены основные направления исследования и сформулированы его результаты. Защита расчётно-графической работы осуществляется в устной форме. Продолжительность защиты, как правило, не превышает 10 минут.

Для доклада основных положений расчётно-графической работы, обоснования выводов и предложений студенту предоставляется не более 5–7 минут. После доклада студент должен ответить на замечания научного руководителя, а также на заданные вопросы по теме расчётно-графической работы.

Если защита работы признана неудовлетворительной, то руководитель устанавливает, может ли студент представить к повторной защите ту же работу с соответствующей доработкой или должен написать новую.

## Библиографический список

1. Блази, В. Справочник проектировщика. Строительная физика : учеб. пособие / В. Блази ; пер. с нем. ; под ред. А.К. Соловьева. — М. : Техносфера, 2004. — 479 с.
2. ГОСТ 21.602-2003. Правила оформления рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования [Электронный ресурс]. — Введ. 2003-01-06. — Режим доступа: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=496](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=496).
3. ГОСТ 30 494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Электронный ресурс]. — Введ. 2013-01-01. — Режим доступа: <http://www.npmaar.ru/possnips/standpr/gost30494.html>.
4. ГОСТ 7.1—2003. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления [Электронный ресурс]. — Введ. 2004-01-07. — Режим доступа: [https://ru.wikisource.org/wiki/%C3%CE%D1%D2\\_7.1%972003](https://ru.wikisource.org/wiki/%C3%CE%D1%D2_7.1%972003).
5. ГОСТ 7.32—2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчёт о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления [Электронный ресурс]. — Введ. 2002-01-07. — Режим доступа: <http://www.ifap.ru/library/gost/7322001.pdf>.
6. Еремкин, А.И. Тепловой режим зданий : учеб. пособие для вузов / А.И. Еремкин, Т.И. Королева. — Ростов н/Д : Феникс, 2008. — 364 с.
7. ЗАО «Данфосс». Каталог балансировочных клапанов [Электронный ресурс]. — Введ. 2002-05-01. — Режим доступа: [http://www.termoform.ru/data/File/RC\\_0.pdf](http://www.termoform.ru/data/File/RC_0.pdf).
8. Каменев, П.Н. Вентиляция : учеб. пособие / П.Н. Каменев, Е.И. Терпичник. — М. : Изд-во АСВ, 2011. — 632 с.
9. Малявина, Е.Г. Теплотери здания : справ. пособие / Е.Г. Малявина. — М. : Авок-Пресс, 2007. — 142 с.
10. Отопление : учеб. для студ. вузов / В.И. Полушкин, С.М. Анисимов, В.Ф. Васильев и др. — М. : Академия, 2010. — 248 с.
11. Российское научно-техническое общество строителей (РНТО строителей). Стандарт организации. СТО 17532043-001—2005. Нормы теплотехнического проектирования ограждающих кон-



- струкций и оценки энергоэффективности зданий [Электронный ресурс]. – Введ. 2006-01-01. – Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/46/46773/>.
12. Сибикин, Ю.Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха : учеб. пособие / Ю.Д. Сибикин. – М. : Академия, 2013. – 336 с.
  13. Сканави, А.Н. Отопление : учеб. для студ. вузов / А.Н. Сканави, Л.М. Махов. – М. : АСВ, 2008. – 576 с.
  14. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий [Электронный ресурс]. – Введ. 2003-10-01. – Режим доступа: [http://gostisnip.ru/dokumenty/snipy/snip\\_23-02-2003/](http://gostisnip.ru/dokumenty/snipy/snip_23-02-2003/).
  15. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99\* [Электронный ресурс]. – Введ. 2003-10-01. – Режим доступа: [http://www.norm-load.ru/SNiP/raznoe/aktualizir\\_sp/2/131.htm](http://www.norm-load.ru/SNiP/raznoe/aktualizir_sp/2/131.htm).
  16. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 [Электронный ресурс]. – Введ. 2013-07-01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095525>.
  17. СП 54.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2001. Здания жилые многоквартирные [Электронный ресурс]. – Введ. 2011-05-20. – Режим доступа: <http://www.fire-union.ru/information/sp%2054.13330.2011.pdf>.
  18. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 [Электронный ресурс]. – Введ. 2012-01-01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095527>.
  19. СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. – Введ. 2013-02-25. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200098833>.
  20. СП 73.13330.2012. Внутренние санитарно-технические системы зданий. Актуализированная редакция СНиП 3-05-01-85 [Электронный ресурс]. – Введ. 2013-01-01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200091051>.

**ЗАДАНИЕ НА РГР**

**Вариант № \_\_\_\_\_**

Студенту \_\_\_\_\_, гр. \_\_\_\_\_

**1.** Тема расчётно-графической работы: Центральное отопление и вентиляция трёхэтажного жилого дома \_\_\_\_\_

**2.** Характеристика системы отопления \_\_\_\_\_

**3.** Источник теплоснабжения \_\_\_\_\_

**4.** Схема присоединения здания к тепловым сетям \_\_\_\_\_

**5.** Исходные данные: строительные чертежи здания – планы этажей, подвала, высота помещения \_\_\_\_\_, ориентация фасада \_\_\_\_\_.

**6.** Содержание расчётно-графической работы: рассчитать теплопотери помещений первого, второго и верхнего этажей здания; принять в соответствии с заданием схему теплового пункта и сконструировать систему отопления; выполнить гидравлический расчёт системы отопления; рассчитать поверхность отопительных приборов; рассчитать и подобрать элеватор (насос); сконструировать и рассчитать систему естественной вентиляции здания.

**7.** Графическая часть расчётно-графической работы включает: планы первого этажа, подвала (техподполья) и чердака (техэтажа), а также аксонометрическую схему системы отопления, схему узла управления.

На планы этажей наносятся отопительные приборы, стояки и подводки к приборам, вентканалы. На планы подвала и чердака – магистральные трубопроводы, стояки и их присоединения к магистралям. На плане подвала намечаются помещения для теплового пункта.

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_

**Парциальное давление водяных паров  
при полном насыщении воздуха**

$t, ^\circ\text{C}$	Упругость $E$ , мм рт. ст.	$t, ^\circ\text{C}$	Упругость $E$ , мм рт. ст.	$t, ^\circ\text{C}$	Упругость $E$ , мм рт. ст.
-40	0,093	-10	2,140	20	17,53
-39	0,105	-9	2,267	21	18,48
-38	0,119	-8	2,455	22	19,83
-37	0,134	-7	2,658	23	21,07
-36	0,150	-6	2,876	24	22,38
-35	0,167	-5	3,160	25	23,76
-34	0,185	-4	3,368	26	25,21
-33	0,205	-3	3,644	27	26,74
-32	0,227	-2	3,941	28	28,35
-31	0,252	-1	4,263	29	30,04
-30	0,288	0	4,58	30	31,82
-29	0,313	1	4,94	31	33,70
-28	0,347	2	5,302	32	35,66
-27	0,384	3	5,687	33	37,73
-26	0,406	4	6,097	34	38,90
-25	0,450	5	6,534	35	42,18
-24	0,488	6	6,998	36	44,56
-23	0,535	7	7,492	37	47,07
-22	0,608	8	8,017	38	49,69
-21	0,680	9	8,574	39	52,44
-20	0,927	10	9,210	40	55,32
-19	1,015	11	9,840	41	58,34
-18	1,116	12	10,520	42	61,50
-17	1,207	13	11,222	43	64,80
-16	1,308	14	11,988	44	68,26
-15	1,400	15	12,79	45	71,88
-14	1,549	16	13,63	46	75,65
-13	1,680	17	14,53	47	79,60
-12	1,831	18	15,48	48	83,70
-11	1,985	19	16,48	49	88,02

*Примечание:* Переводные коэффициенты из системы МКГС в СИ и обратно: 1 Па = 0,0075 мм рт. ст.; 1 мм рт. ст. = 133,3 Па.

**Таблица для гидравлического расчёта трубопроводов систем водяного отопления при  $k = 0,2$  мм**

Удельные потери давления на трение $R$ , Па/м	Количество проходящей воды $G$ , кг/ч (над чертой), и скорость движения воды $\omega$ , м/с (под чертой), по трубам стальным водогазопроводным (газовым) обыкновенным (ГОСТ 3262 – 75*) условным проходом $d$ , мм						
	15	20	25	32	40	50	70
1	16,5	36	69	148	210	409	788
	0,023	0,028	0,034	0,041	0,045	0,052	0,06
1,2	17,5	40	76	164	229	454	872
	0,025	0,031	0,037	0,045	0,048	0,059	0,067
1,4	19	44	84	180	249	496	948
	0,027	0,034	0,041	0,049	0,052	0,064	0,073
1,6	21	47	96	191	269	535	1016
	0,03	0,037	0,045	0,053	0,057	0,069	0,075
1,8	22	50	108	197	287	571	1077
	0,031	0,039	0,051	0,054	0,06	0,073	0,082
2	24	53	111	203	304	606	1137
	0,033	0,042	0,054	0,057	0,064	0,078	0,087
2,4	26	59	120	223	338	671	1258
	0,037	0,046	0,057	0,062	0,071	0,087	0,096
2,8	28	64	130	244	368	729	1377
	0,041	0,05	0,064	0,068	0,077	0,096	0,106
3,2	31	72	140	263	396	774	1438
	0,044	0,058	0,068	0,073	0,083	0,102	0,114
3,6	33	80	143	281	422	818	1576
	0,047	0,062	0,071	0,078	0,089	0,108	0,121
4	35	85	146	299	448	861	1667
	0,05	0,065	0,073	0,082	0,094	0,115	0,128
5	40	95	157	336	507	971	1898
	0,057	0,073	0,074	0,093	0,107	0,13	0,145
6	44	103	169	373	559	1081	2090
	0,063	0,08	0,082	0,103	0,118	0,144	0,16
7	48	111	184	406	601	1172	2269
	0,069	0,086	0,089	0,112	0,126	0,152	0,174
8	55	113	199	434	642	1236	2470
	0,082	0,088	0,097	0,12	0,135	0,161	0,787

Удельные потери давле- ния на тре- ние $R$ , Па/м	Количество проходящей воды $G$ , кг/ч (над чертой), и скорость движения воды $\omega$ , м/с (под чертой), по трубам стальным водогазопроводным (газовым) обыкновенным (ГОСТ 3262 – 75*) условным проходом $d$ , мм						
	15	20	25	32	40	50	70
9	57	119	212	463	684	1354	2593
	0,084	0,092	0,103	0,128	0,144	0,171	2,199
10	59	126	225	490	726	1445	2744
	0,087	0,097	0,109	0,136	0,151	0,182	0,21
12	63	140	248	537	809	1583	3011
	0,093	0,1	0,12	0,149	0,17	0,201	0,23
14	67	151	269	579	876	1720	3246
	0,098	0,117	0,131	0,16	0,184	0,218	0,248
16	70	163	289	621	937	1858	3428
	0,103	0,126	0,141	0,172	0,197	0,236	0,266
18	74	174	309	663	997	1974	3718
	0,108	0,135	0,15	0,184	0,21	0,251	0,284
20	77	184	332	705	1058	2090	3953
	0,114	0,142	0,161	0,195	0,222	0,265	0,302
24	84	204	360	778	1106	2291	4327
	0,124	0,157	0,175	0,215	0,245	0,291	0,331
28	91	221	391	840	1261	2645	4702
	0,135	0,171	0,19	0,233	0,265	0,312	0,35
32	98	237	416	902	1357	2740	5043
	0,145	0,183	0,202	0,25	0,284	0,334	0,383
36	106	256	441	964	1444	2814	5350
	0,156	0,195	0,214	0,267	0,304	0,356	0,409
40	112	267	467	1026	1524	2973	5657
	0,164	0,206	0,226	0,284	0,321	0,376	0,433
50	126	297	530	1149	1710	3336	6339
	0,186	0,23	0,257	0,318	0,36	0,422	0,485
60	139	324	593	1270	1866	3699	6971
	0,205	0,25	0,288	0,352	0,393	0,468	0,533
70	151	351	635	1369	2022	3988	7534
	0,223	0,271	0,308	0,379	0,426	0,504	0,576
80	162	377	677	1467	2178	4276	8066
	0,239	0,291	0,328	0,406	0,458	0,54	0,618
90	173	404	719	1554	2309	4543	8567
	0,255	0,312	0,348	0,43	0,486	0,574	0,655

Удельные потери давле- ния на тре- ние $R$ , Па/м	Количество проходящей воды $G$ , кг/ч (над чертой), и скорость движения воды $\omega$ , м/с (под чертой), по трубам стальным водогазопроводным (газовым) обыкновенным (ГОСТ 3262 – 75*) условным проходом $d$ , мм						
	15	20	25	32	40	50	70
100	183	430	759	1632	2431	4788	9035
	0,269	0,332	0,369	0,452	0,512	0,605	0,691
120	201	469	835	1786	2677	5250	9899
	0,295	0,362	0,405	0,494	0,563	0,664	0,757
140	216	507	904	1939	2855	5686	10584
	0,318	0,392	0,438	0,537	0,609	0,719	0,81
160	229	546	972	2079	3095	6093	11269
	0,338	0,422	0,471	0,575	0,651	0,77	0,862
180	243	584	1028	2201	3294	6473	11953
	0,358	0,451	0,499	0,609	0,693	0,818	0,914
200	256	611	1084	2325	3513	6823	12638
	0,377	0,474	0,526	0,643	0,739	0,862	0,967
220	270	643	1141	2448	3684	7159	13323
	0,397	0,497	0,553	0,678	0,775	0,904	1,019
240	283	673	1197	2572	3808	7476	14008
	0,417	0,52	0,851	0,712	0,801	0,944	1,071
260	296	702	1240	2671	3965	7782	14693
	0,436	0,542	0,602	0,739	0,834	0,983	1,124
280	310	732	1284	2770	4113	8076	15215
	0,456	0,565	0,623	0,767	0,865	1,020	1,164
300	319	756	1327	2869	4260	8359	15749
	0,47	0,584	0,644	0,794	0,896	1,056	1,205
320	329	780	1372	2969	4408	8634	16266
	0,484	0,602	0,665	0,821	0,928	1,088	1,244
340	338	804	1415	3067	4546	8900	16768
	0,499	0,621	0,686	0,849	0,957	1,124	1,283
360	348	828	1458	3153	4684	9157	17252
	0,513	0,64	0,708	0,873	0,986	1,156	1,32
380	358	852	1502	3239	4822	9409	17726
	0,527	0,658	0,729	0,896	1,015	1,188	1,356
400	367	876	1545	3325	4960	9652	18186
	0,541	0,677	0,754	0,920	1,044	1,29	1,391
450	391	924	1588	3539	5092	10239	19285
	0,577	0,714	0,8	0,978	1,073	1,293	1,475

Удельные потери давле- ния на тре- ние $R$ , Па/м	Количество проходящей воды $G$ , кг/ч (над чертой), и скорость движения воды $\omega$ , м/с (под чертой), по трубам стальным водогазопроводным (газовым) обыкновенным (ГОСТ 3262 – 75*) условным проходом $d$ , мм						
	15	20	25	32	40	50	70
500	415	972	1730	3707	5541	10791	20333
	0,612	0,751	0,843	1,031	1,166	1,362	1,555
550	434	1019	1812	3889	5811	11318	21326
	0,64	0,787	0,884	1,082	1,223	1,428	1,631
600	453	1067	1893	4061	6070	11822	22275
	0,667	0,824	0,924	1,13	1,277	1,492	1,704
650	472	1115	1970	4227	6318	12305	23183
	0,695	0,861	0,961	1,176	1,329	1,553	1,773
700	490	1163	2045	4387	6556	12768	24058
	0,722	0,898	0,997	1,22	1,379	1,612	1,84
750	509	1205	2116	4511	6786	13130	24904
	0,75	0,93	1,032	1,263	1,428	1,168	1,905
800	525	1244	2185	4689	7009	13561	25745
	0,773	0,961	1,066	1,304	1,476	1,723	1,967
850	541	1283	2253	4833	7224	13978	26536
	0,797	0,991	1,099	1,345	1,520	1,777	2,028
900	557	1320	2320	4974	7434	14374	27306
	0,82	1,019	1,131	1,384	1,564	1,828	2,087
950	572	1356	2381	5111	7633	14777	28053
	0,843	1,047	1,162	1,421	1,606	1,888	2,141
1000	587	1391	2444	5244	7836	15161	28783
	0,864	1,074	1,192	1,458	1,649	1,936	2,199

Коэффициенты местных сопротивлений  $\xi$ 

Элементы систем отопления	$\xi$ при условном проходе труб $d$ , мм					
	15	20	25	32	40	50
Радиаторы двухколонные	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
Отступы	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Компенсаторы: П-образные сальниковые	2 0,5	2 0,5	2 0,5	2 0,5	2 0,5	2 0,5
Отводы: 90° и утки	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
двойные узкие	2	2	2	2	2	2
двойные широкие	1	1	1	1	1	1
Скобы	3	2	2	2	2	2
Тройники: на проходе	1	1	1	1	1	1
на ответвлении	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
на противотоке	3	3	3	3	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	4	2	2	2	—	—
двойной регулировки	4	2	2	—	—	—
Трехходовой кран: при повороте потока	3	3	4,5	—	—	—
при прямом проходе	2	1,5	2	—	—	—



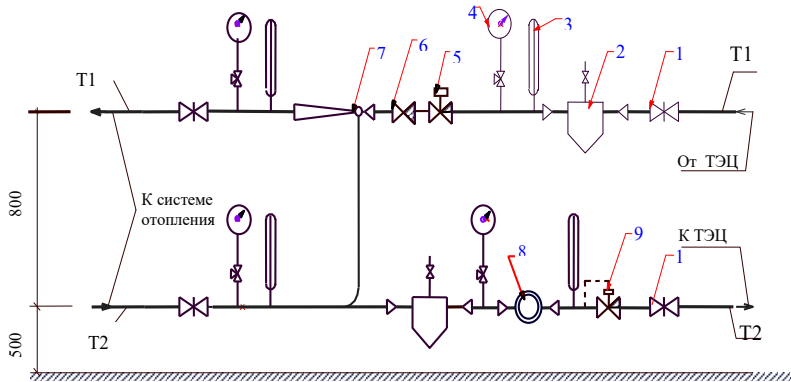
**Динамическое давление  $P_{\text{дин}}$  для расчёта потерь давления в местных  
сопротивлениях трубопроводов систем водяного отопления**

Скорость движения воды $\omega$ , м/с	$P_{\text{дин}}$ , Па	Скорость движения воды $\omega$ , м/с	$P_{\text{дин}}$ , Па	Скорость движения воды $\omega$ , м/с	$P_{\text{дин}}$ , Па
0,01	0,05	0,28	38,25	0,55	149,09
0,02	0,2	0,29	41,19	0,56	154
0,03	0,45	0,3	44,13	0,57	159,88
0,04	0,8	0,31	47,08	0,58	165,77
0,05	1,23	0,32	49,99	0,59	170,67
0,06	1,77	0,33	53,93	0,6	176,55
0,07	2,45	0,34	56,88	0,61	183,42
0,08	3,14	0,35	59,82	0,62	189,3
0,09	4,02	0,36	63,74	0,65	207,88
0,1	4,9	0,37	67,67	0,68	227,48
0,11	5,98	0,38	70,61	0,71	248,07
0,12	7,06	0,39	74,53	0,74	268,67
0,13	8,34	0,4	78,45	0,77	291,23
0,14	9,61	0,41	82,37	0,8	314,79
0,15	11,08	0,42	86,3	0,85	355
0,16	12,56	0,43	91,2	0,9	398,18
0,17	14,24	0,44	95,13	0,95	443,29
0,18	15,89	0,45	99,08	1	490,3
0,19	17,75	0,46	103,98	1,05	539,4
0,2	19,61	0,47	108,89	1,10	590,2
0,21	21,57	0,48	112,81	1,15	647,2
0,22	23,53	0,49	117,71	1,20	706,1
0,23	26,48	0,5	122,61	1,25	764,9
0,24	28,44	0,51	127,52	1,30	833,6
0,25	30,44	0,52	131,37	1,35	892,4
0,26	33,34	0,53	138,31	1,40	961,1
0,27	36,29	0,54	143,21		

**Теплоотдача 1 м неизолированных труб, Вт, при разности температур теплоносителя и окружающего воздуха от 30 до 150°C**

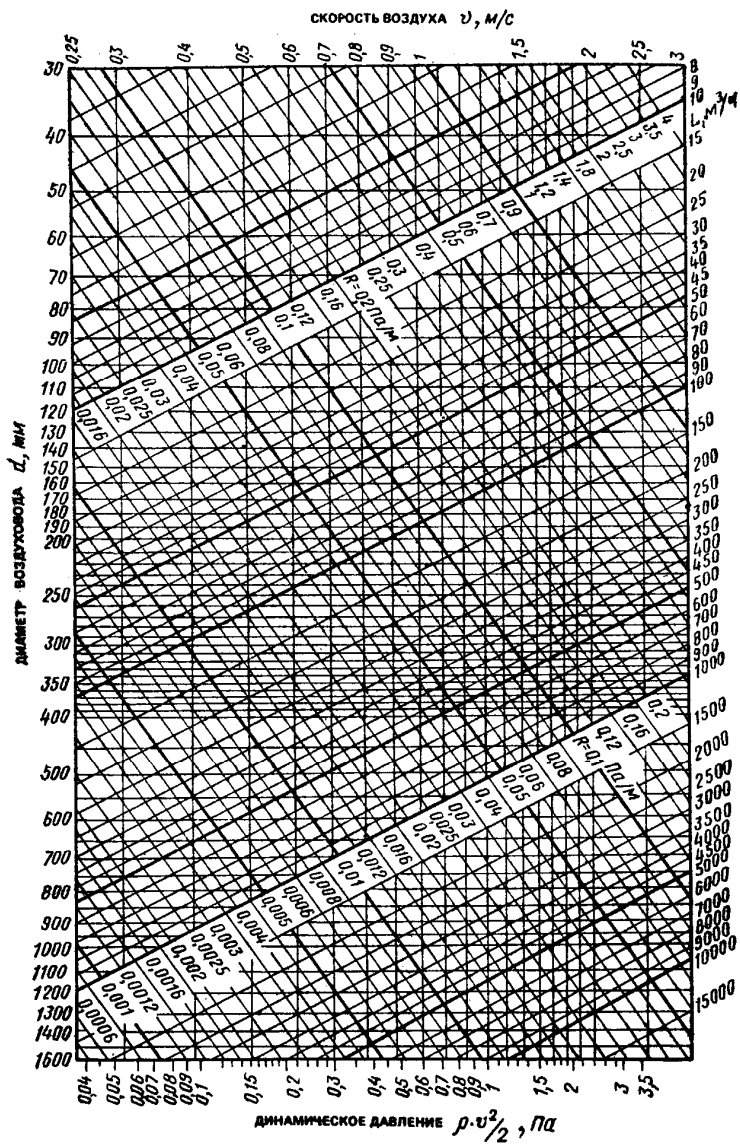
Трубы водогазопроводные (ГОСТ 3262–75*)						
	15	20	25	30	40	50
Горизонтальные трубы						
30	29	35	41	52	58	70
40	40	52	58	71	81	97
50	46	64	79	93	105	126
60	65	81	110	129	146	174
70	79	99	122	142	163	193
80	94	117	146	172	194	233
90	112	137	171	201	227	272
100	128	157	197	233	252	314
110	145	178	221	265	300	360
120	163	198	248	302	341	410
130	192	221	274	338	382	460
140	203	246	306	375	425	510
150	233	271	338	418	465	565
Вертикальные трубы						
30	17	21	33	40	49	61
40	23	33	44	56	64	81
50	35	47	61	78	88	108
60	49	62	79	99	110	139
70	58	77	100	121	139	174
80	76	93	116	145	168	209
90	87	110	141	174	197	246
100	102	126	155	203	229	288
110	116	148	191	232	266	328
120	134	168	212	267	302	362
130	151	189	232	296	333	418
140	169	209	262	331	349	465
150	175	283	291	366	407	511

Принципиальная схема теплового пункта



1 – задвижка; 2 – грязевик; 3 – термометр; 4 – манометр; 5 – регулятор расхода; 6 – обратный клапан; 7 – водоструйный элеватор; 8 – тепломер; 9 – регулятор давления

Номограмма для расчёта круглых стальных воздуховодов



## Значение коэффициентов шероховатости

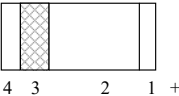
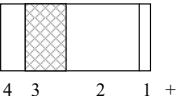
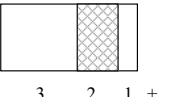
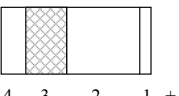
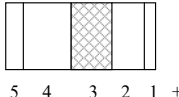
Скорость движения воздуха, $\omega$ , м/с	Материал воздуховода			
	шлакогипс	шлакобетон	кирпич	штукатурка по сетке
0,4	1,08	1,11	1,25	1,48
0,8	1,13	1,19	1,4	1,69
1,2	1,18	1,25	1,5	1,84
1,6	1,22	1,31	1,58	1,84
2	1,25	1,35	1,65	2,04
2,4	1,28	1,38	1,7	2,11
3	1,32	1,43	1,77	2,2
4	1,37	1,49	1,86	2,32
5	1,41	1,54	1,93	2,41
6	1,44	1,58	1,98	2,48
7	1,47	1,61	2,03	2,54
8	1,49	1,64	2,06	2,58

**Коэффициенты местных сопротивлений  
некоторых фасонных частей воздуховодов**

Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления					
Внезапное расширение	$\zeta = \left(1 - \frac{f}{F}\right)^2$					
Внезапное сужение	$\zeta = 0,5 \left(1 - \frac{f}{F}\right)$					
Отводы круглые, квадратные и прямоугольные	$\alpha$	30	45	60	90	130
	$R/d = 1$					
	$\zeta$	0,09	0,13	0,16	0,21	0,25
	$R/d = 2$					
	$\zeta$	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18
	Для прямоугольных отводов необходимо умножить на коэффициент $c$					
	$b/a$	0,25	0,5	1	1,5	2
$c$	1,3	1,17	1	0,9	0,85	
Вытяжная шахта с диффузором	$h/d$	0,3	0,4	0,6	0,9	1
	$\zeta$	0,8	0,65	0,6	0,6	0,6
	где $h$ – расстояние от вытяжной шахты до диффузора					
Вытяжная шахта с зонтом	$\zeta = 1,3$					
Колено круглое, квадратное и прямоугольное	$\alpha$	30	45	60	90	
	$\zeta$	0,16	0,32	0,56	1,2	
	Для прямоугольных колен умножить на $c$					
	$b/a$	0,25	0,5	1	1,5	
	$c$	1,1	1,07	1	0,95	
Дефлектор круглый ЦАГИ	$\zeta = 0,64$					
Местное сопротивление	Коэффициент местного сопротивления					
Тройник под углом 90° на притоке воздуха	Проход $F_n + F_o > F_c; F_n = F_c$					
	$v_o/v_o$	0,4	0,5	0,6	0,8	1
	$\zeta$	0,4	0	-0,1	-0,1	0
	Проход $F_n + F_o = F_c$					
	$v_n/v_o$	0,4	0,5	0,6	0,8	1
	$\zeta$	4,4	2	0,8	1	0
	Ответвление $F_c + F_n > F_c; F_n = F_c$					
	$v_n/v_c$	0,4	0,6	0,8	1,2	1,4
	$\zeta$	9,4	4,2	2,3	1,6	1

Тройник под углом 90° на вытяжке воздуха	Для прохода воздуха					
	$F_n/F_c$	$\zeta$ при $L_n/L_o$				
		0,2	0,4	0,6	0,7	0,8
	0,1	0,5	1,5	4,4	8,4	20
	0,4	0,4	1	2,8	5,2	12,3
	1	0,4	0,7	1,6	2,8	623
	Для ответвления					
	$F_n/F_c$	$\zeta$ при $L_n/L_c$				
		0,1	0,2	0,4	0,5	0,7
	0,1	0,3	0,9	1	1	1
0,2	-1,7	0,6	1	1	1	
0,4	-9,4	-0,6	1	1	1,1	
0,6	-21	-2,7	0,9	1,1	1,2	
Выход с плавным поворотом потока воздуха через расширенный патрубок	$\zeta = 1,7$ При живом сечении сетки 80 % $r = 0,2d$ ; $R = 1,2d$ $b = 0,7d$ ; $l = 1,25d$ $k = 1,8d$					
Вход с поворотом потока воздуха (в отверстие с острыми краями)	$\zeta = 2$					
Выход с поворотом потока воздуха	$\zeta = 2,5$					

Варианты конструкций наружных ограждений

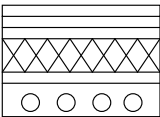
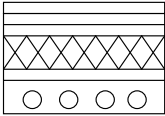
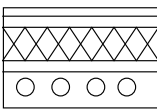
№ п/п	Схема конструкции наружного ограждения	№ слоя	Материал слоя в конструкции ограждения ( $\delta$ – толщина слоя, м; $\gamma_0$ – плотность материала, кг/м <sup>3</sup> )
<i>Наружные стены</i>			
1		1	Известково-песчаная штукатурка $\delta = 0,012$ ; $\gamma_0 = 1600$
		2	Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе $\delta = 0,510$ ; $\gamma_0 = 1400$
		3	Утеплитель пенополистирол $\delta$ ; $\gamma_0 = 50$
		4	Наружная цементно-песчаная штукатурка по армированной сетке $\delta = 0,012$ ; $\gamma_0 = 1600$
2		1	Известково-песчаный раствор $\delta = 0,010$ ; $\gamma_0 = 1800$
		2	Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе $\delta = 0,380$ ; $\gamma_0 = 1400$
		3	Утеплитель пенополистирол $\delta$ ; $\gamma_0 = 35$
		4	Облицовка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе $\delta = 0,25$ ; $\gamma_0 = 1600$
3		1	Листовой гипсокартон (сухая штукатурка) $\delta = 0,01$ ; $\gamma_0 = 800$
		2	Утеплитель пенополистирол $\delta$ ; $\gamma_0 = 25$
		3	Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе $\delta = 0,51$ ; $\gamma_0 = 1400$
4		1	Известково-песчаная штукатурка $\delta = 0,012$ ; $\gamma_0 = 1600$
		2	Кладка из силикатного пустотелого кирпича на цементно-песчаном растворе $\delta = 0,51$ ; $\gamma_0 = 1400$
		3	Утеплитель минераловатная плита $\delta$ ; $\gamma_0 = 100$
		4	Цементно-песчаная штукатурка по металлической сетке $\delta = 0,015$ ; $\gamma_0 = 1800$
5		1	Фактурный слой – сложный раствор $\delta = 0,03$ ; $\gamma_0 = 1700$
		2	Керамзитобетон $\delta = 0,10$ ; $\gamma_0 = 800$
		3	Утеплитель минераловатная плита $\delta$ ; $\gamma_0 = 80$
		4	Керамзитобетон $\delta = 0,12$ ; $\gamma_0 = 800$
		5	Облицовочная плитка $\delta = 0,005$ ; $\gamma_0 = 1600$

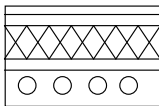
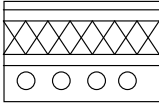
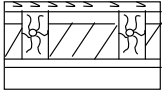
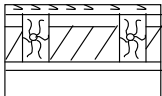


№ п/п	Схема конструкции наружного ограждения	№ слоя	Материал слоя в конструкции ограждения ( $\delta$ – толщина слоя, м; $\gamma_0$ – плотность материала, кг/м <sup>3</sup> )
6		1	Гипсокартон (сухая штукатурка) $\delta = 0,01$ ; $\gamma_0 = 800$
		2	Утеплитель пенополистирол $\delta$ ; $\gamma_0 = 25$
		3	Железобетон $\delta=0,20$ ; $\gamma_0 = 2400$
		4	Утеплитель пенополистирол $\delta$ ; $\gamma_0 = 25$
		5	Цементно-песчаная штукатурка по металлической сетке $\delta = 0,015$ ; $\gamma_0 = 1800$
7		1	Гипсокартон (сухая штукатурка) $\delta = 0,015$ ; $\gamma_0 = 800$
		2	Утеплитель минераловатная плита $\delta$ ; $\gamma_0 = 100$
		3	Кладка из керамического пустотелого кирпича на цементно-песчаном растворе $\delta = 0,64$ ; $\gamma_0 = 1400$
8		1	Известково-песчаный раствор $\delta = 0,012$ ; $\gamma_0 = 1600$
		2	Утеплитель ячеистый бетон $\delta$ ; $\gamma_0 = 800$
		3	Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе $\delta = 0,38$ ; $\gamma_0 = 1400$
9		1	Сложный раствор $\delta = 0,012$ ; $\gamma_0 = 1700$
		2	Керамзитобетон $\delta = 0,12$ ; $\gamma_0 = 800$
		3	Утеплитель ячеистый бетон $\delta$ ; $\gamma_0 = 600$
		4	Керамзитобетон $\delta = 0,15$ ; $\gamma_0 = 800$
		5	Облицовочная плитка $\delta = 0,005$ ; $\gamma_0 = 1600$
10		1	Гипсокартон (сухая штукатурка) $\delta = 0,015$ ; $\gamma_0 = 800$
		2	Утеплитель ячеистый бетон $\delta$ ; $\gamma_0 = 600$
		3	Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе $\delta = 0,64$ ; $\gamma_0 = 1600$
<i>Бесчердачные покрытия (чердачные перекрытия)</i>			
1		1	Железобетонная пустотная плита $\delta = 0,24$ ; $\gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,004$ ; $\gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель пенополистирол $\delta$ ; $\gamma_0 = 35$
		4	Цементно-песчаный раствор $\delta = 0,035$ ; $\gamma_0 = 1800$
		5	Водоизоляционный ковер $\delta = 0,015$ ; $\gamma_0 = 1400$

№ п/п	Схема конструкции наружного ограждения	№ слоя	Материал слоя в конструкции ограждения ( $\delta$ – толщина слоя, м; $\gamma_0$ – плотность материала, кг/м <sup>3</sup> )
2		1	Железобетонная пустотная плита $\delta = 0,24$ ; $\gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,004$ ; $\gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель плиты минераловатные $\delta$ ; $\gamma_0 = 100$
		4	Цементно-песчаный раствор $\delta = 0,04$ ; $\gamma_0 = 1800$
		5	Водоизоляционный ковер $\delta = 0,015$ ; $\gamma_0 = 1400$
3		1	Железобетонная пустотная плита $\delta = 0,24$ ; $\gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,004$ ; $\gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель гравий керамзитовый $\delta$ ; $\gamma_0 = 300$
		4	Цементно-песчаный раствор $\delta = 0,045$ ; $\gamma_0 = 1800$
		5	Водоизоляционный ковер $\delta = 0,016$ ; $\gamma_0 = 1400$
4		1	Железобетонная пустотная плита $\delta = 0,24$ ; $\gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,004$ ; $\gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель доменный (котельный) шлак $\delta$ ; $\gamma_0 = 400$
		4	Цементно-песчаный раствор $\delta = 0,045$ ; $\gamma_0 = 1800$
		5	Водоизоляционный ковер $\delta = 0,016$ ; $\gamma_0 = 1400$
5		1	Железобетонная пустотная плита $\delta = 0,24$ ; $\gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,004$ ; $\gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель плиты из ячеистого бетона $\delta$ ; $\gamma_0 = 600$
		4	Цементно-песчаный раствор $\delta = 0,015$ ; $\gamma_0 = 1800$
		5	Водоизоляционный ковер $\delta = 0,018$ ; $\gamma_0 = 1400$

№ п/п	Схема конструкции наружного ограждения	№ слоя	Материал слоя в конструкции ограждения ( $\delta$ – толщина слоя, м; $\gamma_0$ – плотность материала, кг/м <sup>3</sup> )
6		1	Железобетонная пустотная плита $\delta = 0,24$ ; $\gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,005$ ; $\gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель плиты из ячеистого бетона $\delta$ ; $\gamma_0 = 800$
		4	Вентилируемая воздушная прослойка $\delta = 0,10$
		5	Железобетонная плита $\delta = 0,15$ ; $\gamma_0 = 2500$
		6	Водоизоляционный ковер $\delta = 0,018$ ; $\gamma_0 = 1400$
7		1	Железобетонная пустотная плита $\delta = 0,24$ ; $\gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,005$ ; $\gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель пенополистирол $\delta$ ; $\gamma_0 = 50$
		4	Цементно-песчаный раствор $\delta = 0,040$ ; $\gamma_0 = 1800$
		5	Водоизоляционный ковер $\delta = 0,020$ ; $\gamma_0 = 1400$
8		1	Железобетонная пустотная плита $\delta = 0,22$ ; $\gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,005$ ; $\gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель керамзитовый гравий $\delta$ ; $\gamma_0 = 200$
		4	Цементно-песчаный раствор $\delta = 0,030$ ; $\gamma_0 = 1800$
9		1	Железобетонная пустотная плита $\delta = 0,22$ ; $\gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,005$ ; $\gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель керамзитобетон $\delta$ ; $\gamma_0 = 500$
10		1	Железобетонная пустотная плита $\delta = 0,24$ ; $\gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,004$ ; $\gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель плиты из ячеистого бетона $\delta$ ; $\gamma_0 = 600$
		4	Цементно-песчаный раствор $\delta = 0,010$ ; $\gamma_0 = 1800$

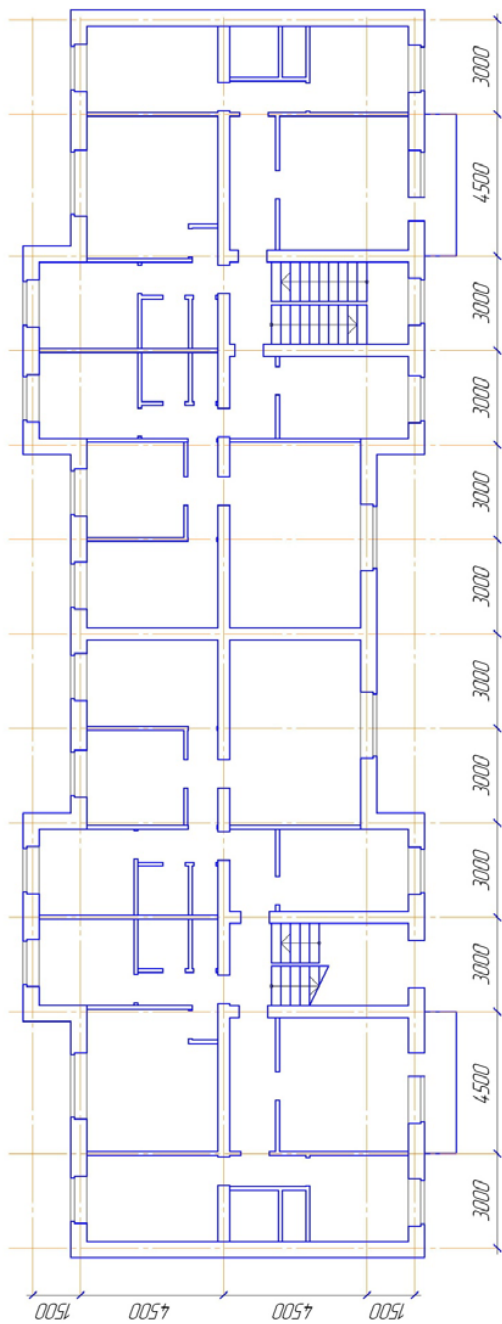
№ п/п	Схема конструкции наружного ограждения	№ слоя	Материал слоя в конструкции ограждения ( $\delta$ – толщина слоя, м; $\gamma_0$ – плотность материала, кг/м <sup>3</sup> )
<i>Перекрытия над подвалами и техническими подпольями</i>			
1		1 2 3 4 5 6	<p>1 Железобетонная пустотная плита <math>\delta = 0,22; \gamma_0 = 2500</math></p> <p>2 Два слоя рубероида (пергамина) <math>\delta = 0,004; \gamma_0 = 600</math></p> <p>3 Утеплитель керамзитобетон <math>\delta; \gamma_0 = 500</math></p> <p>4 Битумная мастика <math>\delta = 0,002; \gamma_0 = 1400</math></p> <p>5 Древесностружечная плита <math>\delta = 0,010; \gamma_0 = 600</math></p> <p>6 Линолеум на тканевой основе <math>\delta = 0,005; \gamma_0 = 1400</math></p>
2		1 2 3 4 5 6	<p>1 Железобетонная пустотная плита <math>\delta = 0,24; \gamma_0 = 2500</math></p> <p>2 Два слоя рубероида (пергамина) <math>\delta = 0,004; \gamma_0 = 600</math></p> <p>3 Утеплитель гравий керамзитовый <math>\delta; \gamma_0 = 200</math></p> <p>4 Цементно-песчаный раствор <math>\delta = 0,04; \gamma_0 = 1800</math></p> <p>5 Древесноволокнистая плита <math>\delta = 0,005; \gamma_0 = 600</math></p> <p>6 Линолеум на тканевой основе <math>\delta = 0,005; \gamma_0 = 1400</math></p>
3		1 2 3 4 5	<p>1 Железобетонная пустотная плита <math>\delta = 0,24; \gamma_0 = 2500</math></p> <p>2 Два слоя рубероида (пергамина) <math>\delta = 0,005; \gamma_0 = 600</math></p> <p>3 Утеплитель пенополистирол <math>\delta; \gamma_0 = 50</math></p> <p>4 Древесностружечная плита <math>\delta = 0,020; \gamma_0 = 800</math></p> <p>5 Линолеум на тканевой основе <math>\delta = 0,005; \gamma_0 = 1400</math></p>

№ п/п	Схема конструкции наружного ограждения	№ слоя	Материал слоя в конструкции ограждения ( $\delta$ – толщина слоя, м; $\gamma_0$ – плотность материала, кг/м <sup>3</sup> )
4		1	Железобетонная пустотная плита $\delta = 0,24; \gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,005; \gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель маты минераловатные $\delta;$ $\gamma_0 = 100$
		4	Древесностружечная плита $\delta = 0,020;$ $\gamma_0 = 800$
		5	Линолеум на тканевой основе $\delta = 0,005;$ $\gamma_0 = 1400$
5		1	Железобетонная пустотная плита $\delta = 0,24; \gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,005; \gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель ячеистый бетон $\delta; \gamma_0 = 600$
		4	Древесностружечная плита $\delta = 0,015;$ $\gamma_0 = 800$
		5	Линолеум на тканевой основе $\delta = 0,006;$ $\gamma_0 = 1400$
6		1	Монолитная железобетонная плита
		2	$\delta = 0,22; \gamma_0 = 2500$
		3	Два слоя рубероида (пергамина)
		4	$\delta = 0,005; \gamma_0 = 600$
		5	Утеплитель гравий керамзитовый $\delta; \gamma_0 = 200$ Воздушная прослойка Сосновая доска $\delta = 0,035$ по лагам 80 × 80 мм
7		1	Монолитная железобетонная плита $\delta = 0,22; \gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,005; \gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель керамзитобетон $\delta; \gamma_0 = 500$
		4	Воздушная прослойка
		5	Сосновая доска $\delta = 0,035$ по лагам 80 × 100 мм

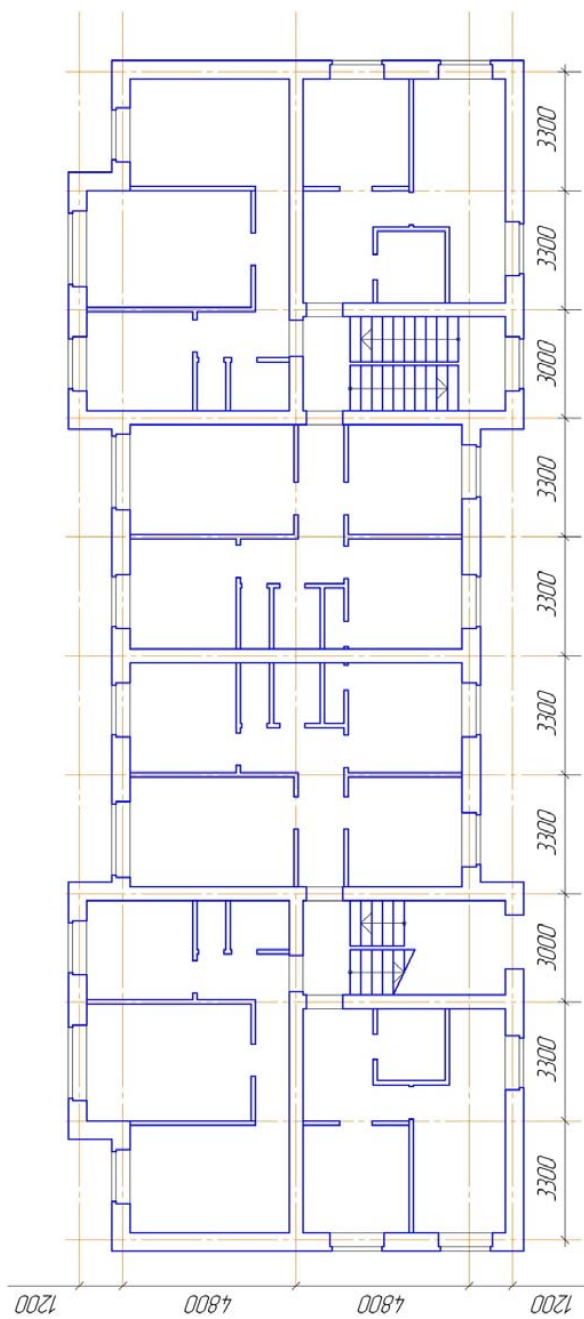
№ п/п	Схема конструкции наружного ограждения	№ слоя	Материал слоя в конструкции ограждения ( $\delta$ – толщина слоя, м; $\gamma_0$ – плотность материала, кг/м <sup>3</sup> )
8		1	Монолитная железобетонная плита $\delta = 0,22; \gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,005; \gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель плиты из ячеистого бетона $\delta;$ $\gamma_0 = 800$
		4	Воздушная прослойка
		5	Сосновая доска $\delta = 0,02$ по лагам 100 × 100 мм (черный пол)
		6	Паркет дубовый $\delta = 0,008; \gamma_0 = 700$
9		1	Монолитная железобетонная плита $\delta = 0,22; \gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,005; \gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель минераловатные плиты $\delta;$ $\gamma_0 = 60$
		4	Древесностружечная плита $\delta = 0,020;$ $\gamma_0 = 800$
		5	Древесноволокнистая плита $\delta = 0,005;$ $\gamma_0 = 600$
		6	Линолеум на тканевой основе $\delta = 0,005;$ $\gamma_0 = 1400$
10		1	Пустотная железобетонная плита $\delta = 0,24; \gamma_0 = 2500$
		2	Два слоя рубероида (пергамина) $\delta = 0,004; \gamma_0 = 600$
		3	Утеплитель керамзитобетон $\delta; \gamma_0 = 500$
		4	Битумная мастика $\delta = 0,004; \gamma_0 = 1400$
		5	Древесностружечная плита $\delta = 0,020;$ $\gamma_0 = 600$
		6	Линолеум на тканевой основе $\delta = 0,005;$ $\gamma_0 = 1400$

Варианты планов зданий

Вариант 1

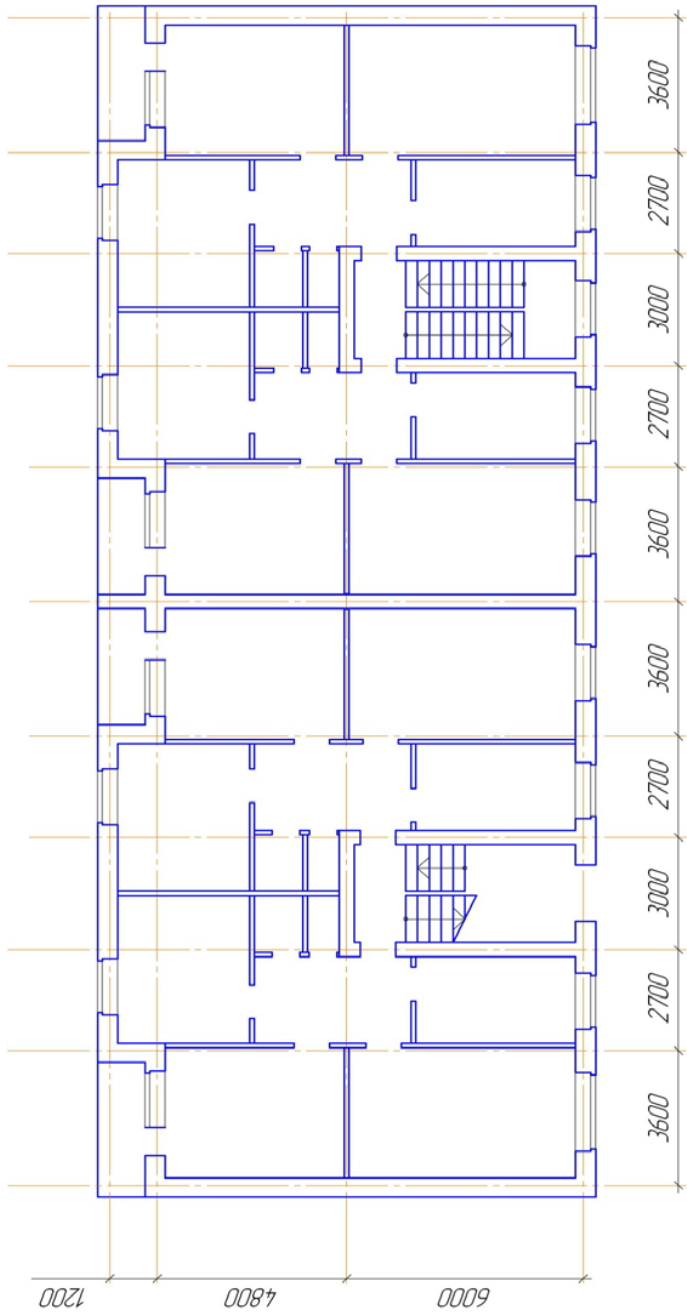


Вариант 2

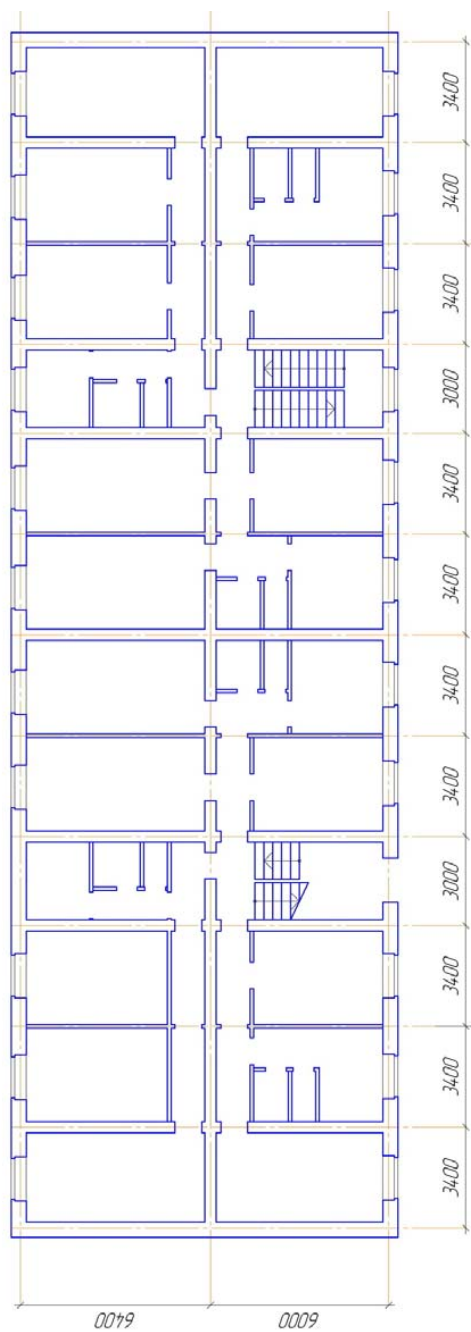




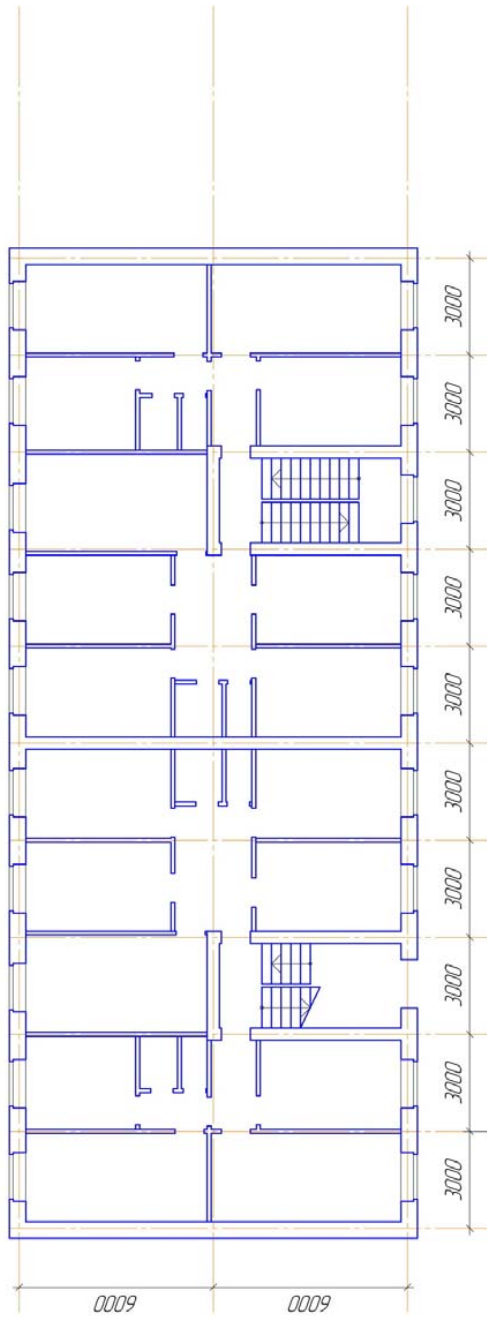
Вариант 3



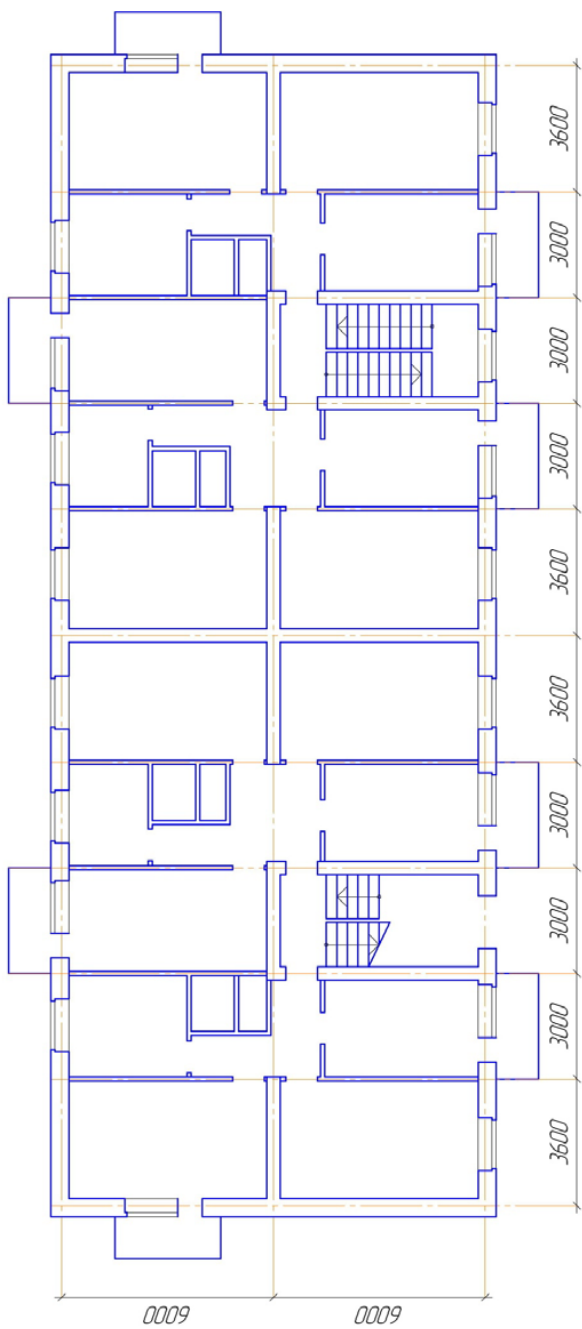
Вариант 4



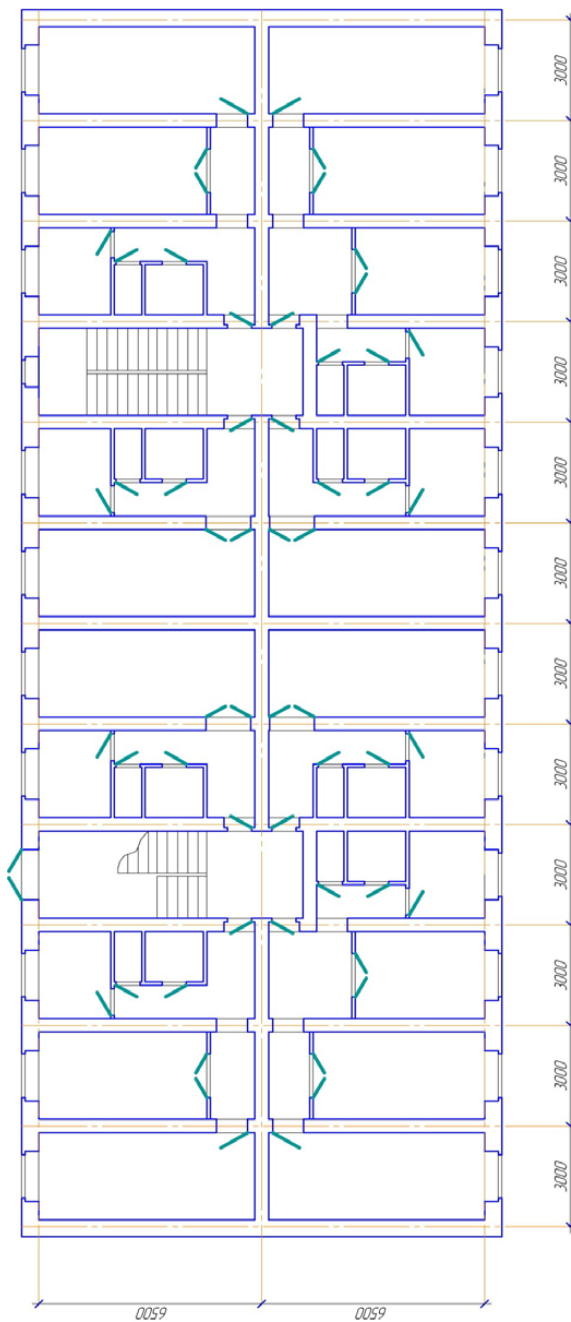
Вариант 5



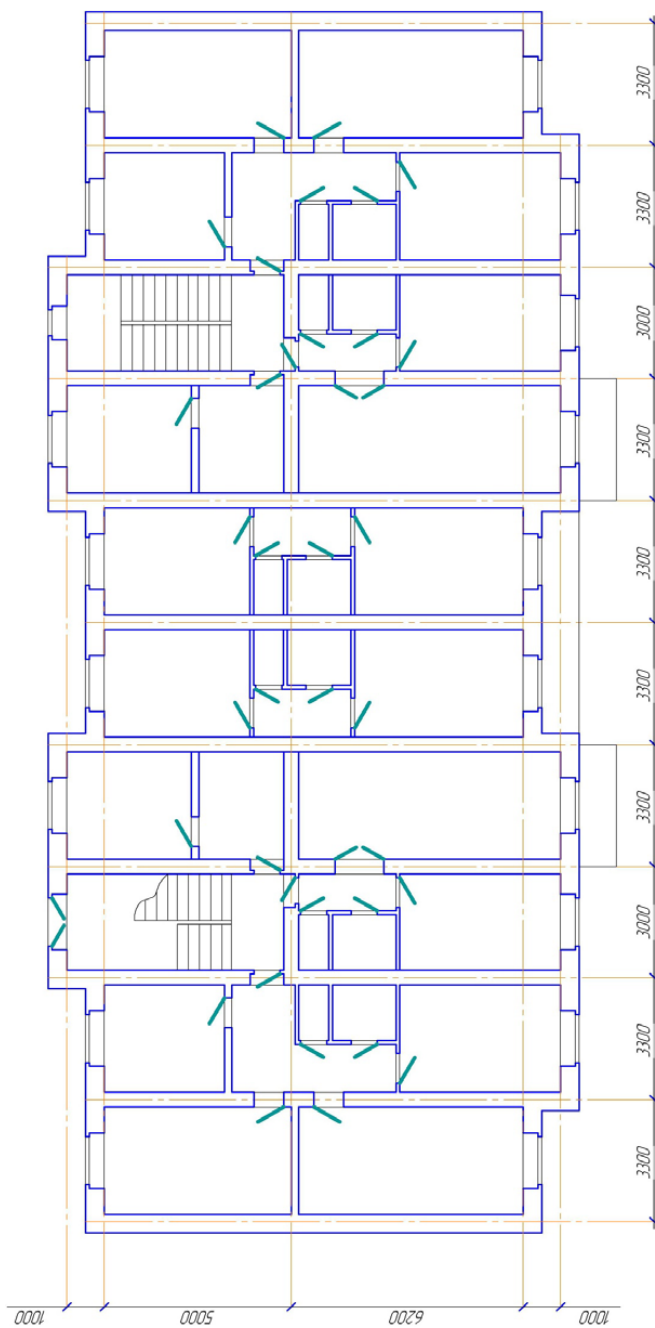
Вариант 6



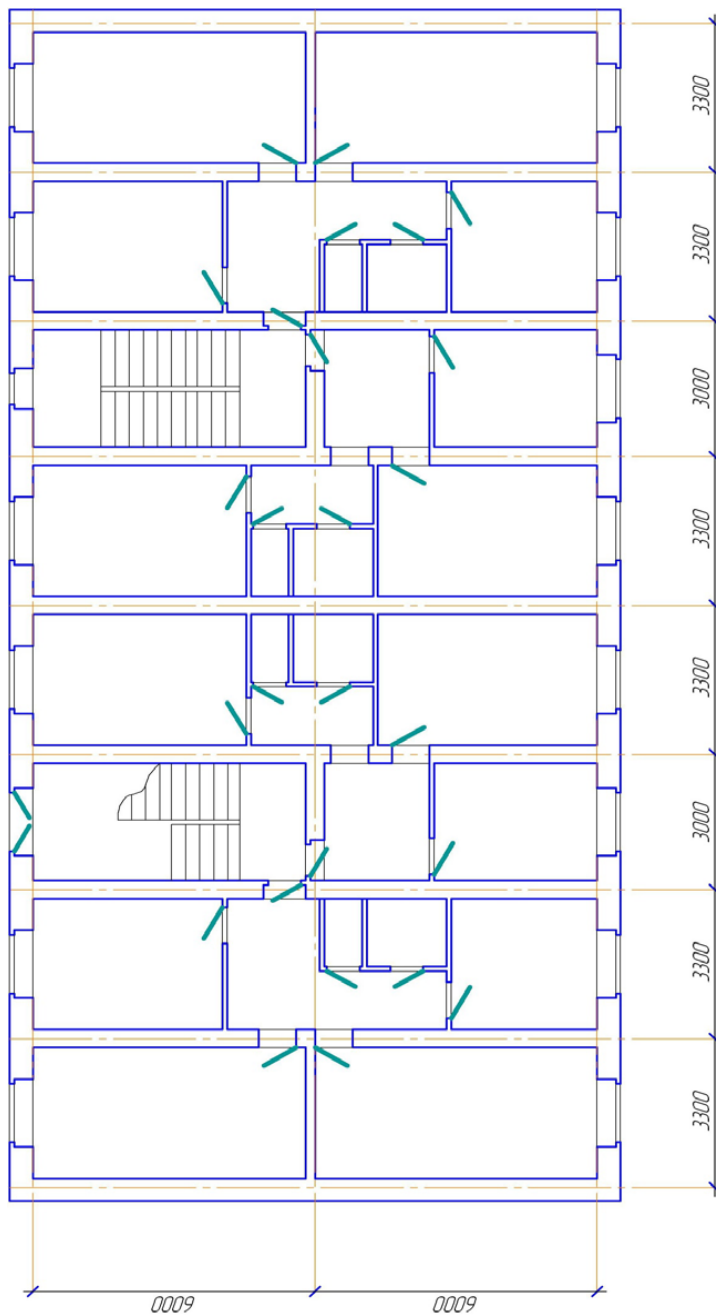
Вариант 7



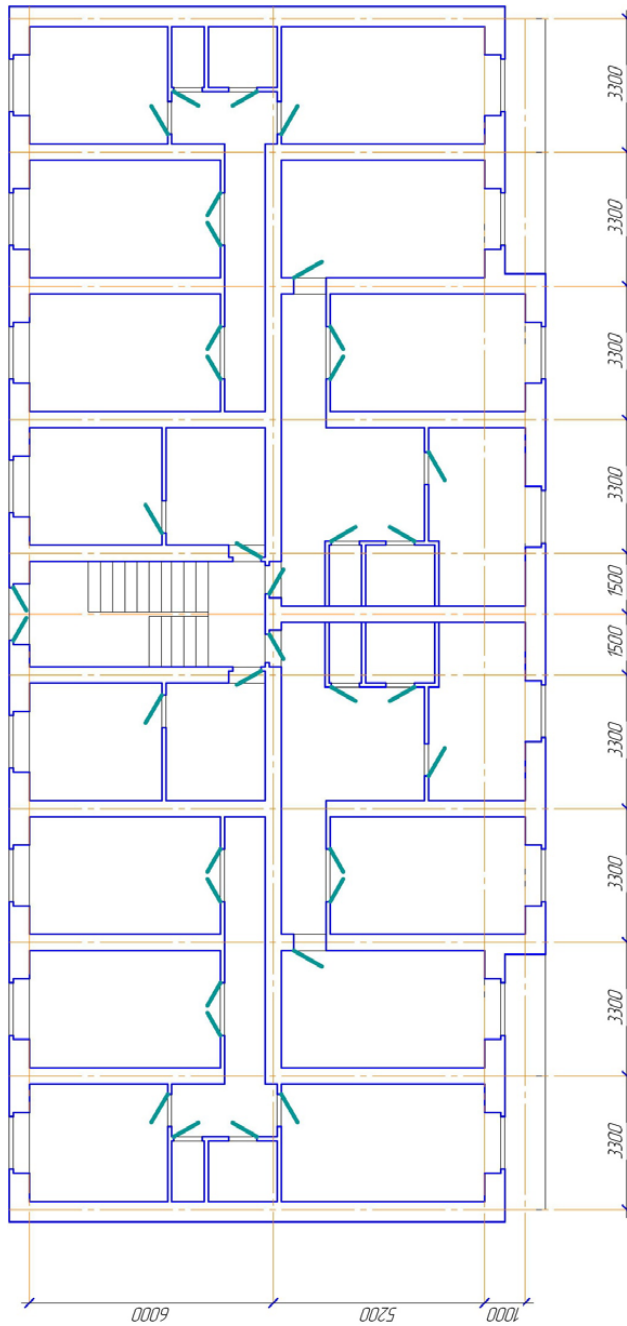
Вариант 8



Вариант 9



Вариант 10





Пример выполнения графической части РГР

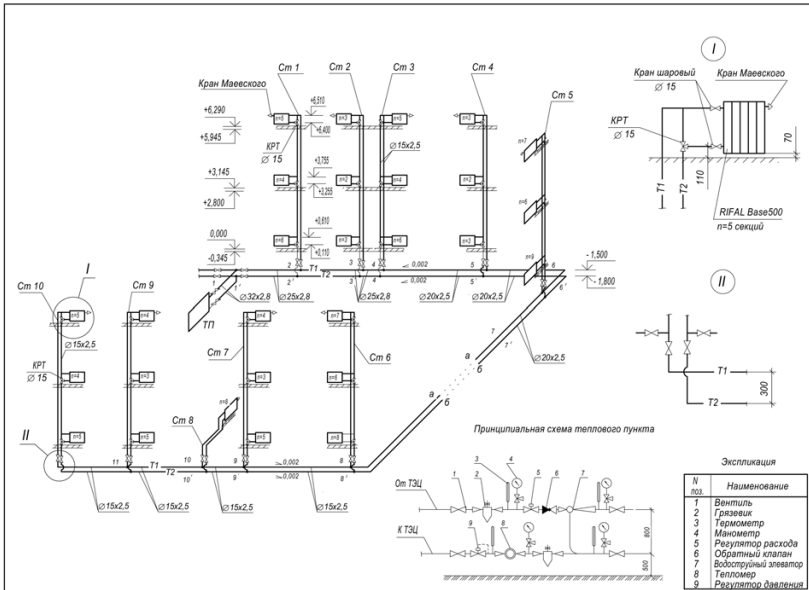


Рис. 13.1. Аксонометрическая схема системы отопления

План первого этажа

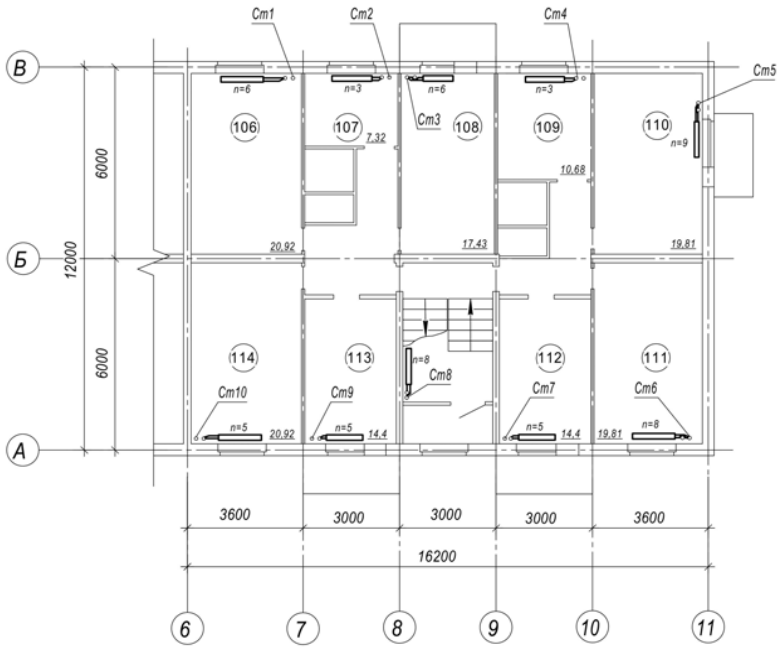


Рис. 13.2. Пример выполнения плана типового этажа

План подвала на отг. -2,800

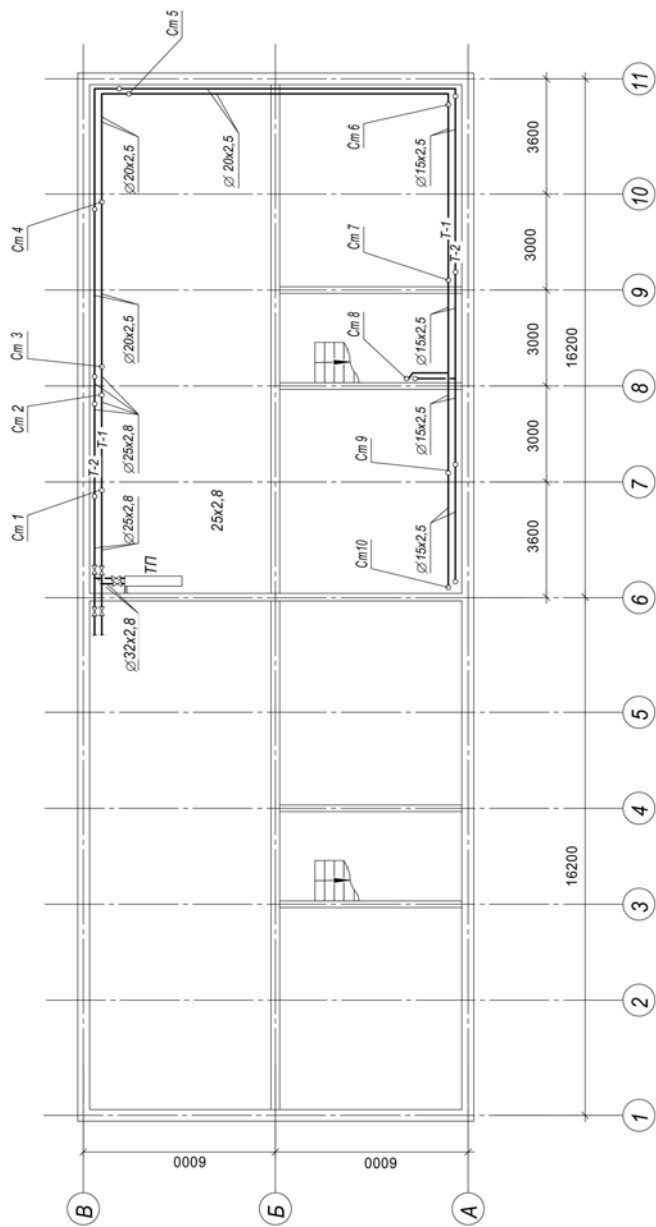


Рис. 13.3. Пример выполнения плана подвала