

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –  
МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н.Костякова  
Кафедра сельскохозяйственного водоснабжения и водоотведения

М.Г. Мхитарян, Э.Е. Назаркин

## **ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ**

Методические указания

Москва  
2018

УДК 697

ББК 38.762

М 93

**Мхитарян М.Г. Теплогазоснабжение и вентиляция: Методические указания / М.Г. Мхитарян, Э.Е. Назаркин М.: ....., 2018. 43 с.**

Учебно-методические указания направлены на формирование навыков проектирования систем теплогазоснабжения и вентиляции.

Материал ориентирован на вопросы профессиональной компетенции будущих специалистов в области теплогазоснабжения и вентиляции. Учебно-методическое пособие содержит краткие теоретические сведения, а также задания к практическим занятиям.

Предназначены для студентов-бакалавров очного отделения обучающихся по направлению подготовки 20.03.02 «Природообустройство и водопользование» профиль «Инженерные системы водоснабжения и водоотведения», института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией института мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова (протокол № 1 от 21 марта 2018г.)

© Мхитарян М.Г., Назаркин Э.Е. 2018

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА

имени К.А. Тимирязева, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1 .....	6
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	6
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2 .....	7
ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ.....	7
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3 .....	9
РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ.....	9
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4 .....	10
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ $Q_{co}$ ДЛЯ КОНКРЕТНОГО ПОМЕЩЕНИЯ.....	10
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5 .....	11
ВЫБОР ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ .....	11
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6 .....	11
ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....	11
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7.....	12
ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....	12
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8.....	15
РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ.....	15
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9 .....	17
ОСНОВЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....	17
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10.....	24
ОСНОВЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ .....	24
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	27
Приложение А .....	27
Приложение Б.....	29
Приложение В.....	30
Приложения Г .....	32
Приложения Д .....	33
Приложения Е.....	33

Приложения Ж.....	34
Приложение И .....	35
Приложение К.....	36
Приложение Л .....	37
Приложение М.....	38
Приложение Н .....	39
Приложение П .....	39
Приложение Р .....	40
Приложение С.....	41
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>42</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Целью преподавания дисциплины «Теплогазоснабжение и вентиляция» для студентов направления 20.03.02 – «Природообустройство и водопользование» является – подготовка студентов к инженерной деятельности в области проектирования систем отопления и вентиляции жилых домов.

По дисциплине «Теплогазоснабжение и вентиляция» студенты изучают основы методов получения, передачи, и утилизации тепла, а также обеспечение и поддержание нормированных параметров воздуха внутри помещений.

В курс включается изучение следующих разделов:

- основы технической термодинамики;
- тепловые и воздушные режимы зданий, методы и средства их обеспечения;
- отопление зданий;
- вентиляция зданий

Настоящая работа является учебно-методическим пособием для студентов, выполняющих задание по проектированию систем отопления и вентиляции жилого дома.

В учебно-методическом пособии изложены основные принципы проектирования по действующим в настоящее время нормативам.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

### ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Целью расчета системы отопления является определение ее тепловой мощности, подбор отопительных приборов и диаметров труб.

Тепловая мощность определяется отдельно для каждого помещения и в соответствии с этим производится подбор приборов.

Диаметр труб определяют для каждого участка системы в процессе ее гидравлического расчета.

Поскольку система отопления предназначена для компенсации теплопотерь, то ее мощность  $Q_{\text{со}}$  определяется по формуле 1 и должна быть равна мощности потерь  $Q_{\text{т.пот.}}$  с учетом возможных теплопоступлений  $Q_{\text{т.пост}}$  от других источников (кухонных плит, бытовых приборов и т.д.)

$$Q_{\text{со}} = Q_{\text{т.пот.}} - Q_{\text{т.пост}} \quad (1)$$

При этом теплопотери складываются из потерь через ограждающие конструкции  $Q_{\text{ок}}$  и потерь, связанных с нагреванием в помещении проникающего в него через неплотности наружного воздуха  $Q_{\text{в}}$ .

Таким образом мощность системы отопления может быть определена по формуле 2.

$$Q_{\text{со}} = Q_{\text{ок}} + Q_{\text{в}} - Q_{\text{т.пост}} \quad (2)$$

Для определения теплопотерь через конкретное ограждение, предварительно рассчитывается его сопротивление теплопередаче  $R_0$ .

Расчет системы вентиляции с естественным побуждением тяги заключается в определении сечения воздуховодов при заданном воздухообмене.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

### ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Целью расчета является определение сопротивления теплопередаче каждого ограждения  $R_0$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , и его толщины.

Конструкции отдельных видов ограждений (стены, пола, потолка) по вариантам приведены в приложении 3

Расчетные параметры наружного воздуха принимаются по приложению 2, внутреннего – по приложению 4.

Требуемое сопротивление теплопередаче окон определяется по формулам 3,4.

если ГСОП < 7000

$$R_{\text{ок}}^{\text{треб}} = 0,15 + 0,000075 \text{ ГСОП}, \quad (3)$$

если ГСОП > 7000

$$R_{\text{ок}}^{\text{треб}} = 0,15 + 0,000025 \text{ ГСОП}, \quad (4)$$

где ГСОП =  $(t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер}}) * Z$  – градусо-сутки отопительного периода;

$t_{\text{в}}$  – температура воздуха в помещении (см. приложение 4);

$t_{\text{от.пер}}$  – средняя температура за отопительный период (приложение 2);

$Z$  – продолжительность отопительного периода, сут. (приложение 2).

Конкретная конструкция окна принимается на основании полученного значения  $R_{\text{ок}}^{\text{треб}}$  по приложению 9 с учетом того, что  $R_{\text{ок}}^{\text{действ}} \geq R_{\text{ок}}^{\text{треб}}$

Требуемое сопротивление теплопередаче других видов ограждения (стен, пола, потолка) должна быть не меньше наибольшего из двух, определенных по формулам 5,6.

$$R_0^{\text{TP}} = (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) * \frac{n}{\alpha_{\text{в}}} * \Delta t \quad (5)$$

$$R_0^{\text{TP}} = f(\text{ГСОП}) \quad (6)$$

Для стен последнее значение определяется по формуле 7.

$$R_{\text{ст}}^{\text{треб}} = 1,4 + 0,00035 \text{ ГСОП} \quad (7)$$

Для стен и потолка значение определяется по формуле 8

$$R_{\text{пол,потолок}}^{\text{треб}} = 1,9 + 0,00045 \text{ ГСОП} \quad (8)$$

где  $t_{\text{н}}$  – расчетная температура наружного воздуха (приложение 2);

$n$  – коэффициент, учитывающий положение ограждения относительно наружного воздуха (приложение 6);

$\alpha_{\text{в}}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, Вт/м<sup>2</sup> \*°С, (приложение 8);

$\Delta t$  – нормативный температурный перепад между температурой воздуха в помещении и температурой внутренней поверхности ограждения.

Расчетное значение сопротивления теплопередаче  $R_0$  соответствующего ограждения принимается равным наибольшему значению  $R_0^{\text{треб}}$

Толщина многослойного ограждения  $\delta_{\text{общ}}$  определяется как сумма толщин отдельных его слоев. Их значения, за исключением толщины слоя утеплителя  $\delta_{\text{ут}}$ , а также коэффициенты теплопроводности приведены в приложении 3 и  $\delta_{\text{ут}}$  определяется по формуле 9

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \quad (8)$$

где  $\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения.

### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

#### РАСЧЕТ ТЕПЛОПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ

Целью расчета является определение теплотерь через ограждающие конструкции.

Мощность потерь через отдельные ограждения определяется по формуле 9.

$$Q_{\text{ок}} = K * F(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) * n(1 + \beta) \quad (9)$$

где  $K = 1/R_0$ , – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, Вт/м<sup>2</sup> \*°С;

$F$  – площадь этого ограждения, определенная по правилам обмера, м<sup>2</sup>;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий ориентацию ограждения относительно стран света: для ограждений, ориентированных на Ю –  $\beta = 0$ ; на ЮЗ, З и ЮВ –  $\beta = 0.05$ ; на север, СЗ и СВ –  $\beta = 0.1$ .

#### Правила обмера ограждений

Длина наружной стены неугловой комнаты принимается равной расстоянию между осями внутренних стен; для определения длины стены угловой комнаты к расстоянию между осями прибавляется 0.5 толщины наружной стены; высота стены первого этажа берется как разность отметок пола первого и второго этажей плюс толщина перекрытия над подвалом; высота стены второго этажа равна разности отметок пола второго и третьего этажей, высота стены третьего этажа равна разности отметок пола и потолка плюс толщина чердачного перекрытия; ширина пола и потолка неуглового помещения принимается равной расстоянию между осями внутренних стен, а углового – расстоянию от оси внутренней стены до внутренней поверхности наружной стены; длина пола и потолка равна расстоянию от оси внутренней стены до внутренней поверхности наружной стены.

Площадь окон измеряют по строительному проему.

Общие теплотери конкретного помещения определяют суммированием потерь через все его ограждения.

Теплотери через ограждения не учитываются, если перепад температур на его внутренней и внешней поверхностях не превышает 5 °С.

Теплотери через пол первого этажа и потолок третьего этажа в коридорах и санузлах добавляются к теплотериям ближайших помещений, имеющих отопительные приборы.

Расчеты выполняются в табличной форме (см. приложение 5).

#### **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4**

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ $Q_{co}$ ДЛЯ КОНКРЕТНОГО ПОМЕЩЕНИЯ**

Целью расчета является определение тепловой мощности системы отопления.

Согласно формуле 2

$$Q_{co} = Q_{ок} + Q_{в} - Q_{т.пост}$$

Значения  $Q_{ок}$  для каждого помещения берутся из предыдущего раздела

$$Q_{в} = F_{пола} * (t_{в} - t_{н}^в), Вт \quad (10)$$

где  $F_{пола}$  – площадь пола, м<sup>2</sup>;

$t_{н}^в$  – температура наружного воздуха, принимаемая при расчетах вентиляции (см. приложение 2)

Мощность теплоступлений определяется по формуле 11.

$$Q_{т.пост} = 21F_{пола}, Вт \quad (11)$$

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5 ВЫБОР ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Целью данного практического занятия является подбор отопительных приборов.

В данной работе рекомендуется применять чугунные секционные радиаторы типа МС – 140 – 108, поэтому задача выбора прибора сводится к определению числа секций радиатора  $n$  в каждом помещении. Число секций радиатора определяется по формуле 12.

$$n = 0.95Q_{co} * \beta_1 * \beta_2 * \beta_3 / Q_{н.у.} * \beta_3 \quad (12)$$

где 0,95 – коэффициент, учитывающий, что часть (в данном случае 5%) необходимого для обогрева помещения тепла поступает в него от присоединительных труб;

$Q_{н.у.} = 185$  Вт – номинальный условный тепловой поток одной секции радиатора;

$\beta_1, \beta_2$  – коэффициенты, учитывающие дополнительные тепловые потоки. В данной задаче можно принять  $\beta_1 = 1,02$ ,  $\beta_2 = 1,02$ ;

$\beta_3$  – коэффициент, учитывающий число секций в приборе. При  $n \leq 15$   $\beta_3 = 1$ ;

$\beta_4$  – коэффициент, учитывающий способ установки радиатора. При открытой установке под окном  $\beta_3 = 1$ .

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6 ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Целью данного практического занятия является графическое изображение системы отопления.

В соответствии с приложением 1 вычерчиваются в масштабе три плана: чердака, этажа и подвала. Следует считать, что тепловой ввод (узел) находится

в подвале под лестничной клеткой, главный стояк проложен на лестничной клетке. Система отопления состоит из двух ветвей, каждая из которых обслуживает одно крыло здания.

На плане этажа следует показать отопительные приборы, подводки и стояки; на плане чердака – подающую магистраль, стояки, расширительный бак, воздухоотборники, запорную арматуру; на плане подвала – элементы подающей магистрали, если подводка верхняя и магистраль полностью, если – нижняя, обратную магистраль, стояки, запорную арматуру, тепловой узел.

Отопительные приборы устанавливаются под каждым окном и присоединяются к стоякам с одной стороны.

По планам этажа, чердака и подвала вычерчивается аксонометрическая схема системы отопления.

Тепловые нагрузки на отопительные приборы технических этажей, расчет которых не производился, принять такими же, какие были получены для расчетного этажа.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ**

Расчет выполняется для одного кольца (главного). Целью расчета является:

- определение располагаемого давления,  $\Delta p$ ;
- определение гидравлического сопротивления  $\sum(RL+Z)$  главного циркуляционного кольца системы и приведение его в соответствие с располагаемым давлением. Сопротивление должно быть примерно на 10% меньше располагаемого давления;
- определение диаметров труб на всех участках главного кольца.

Располагаемое давление вычисляется по формуле 13.

$$\Delta p = \Delta p_{\text{пр}} + \Delta p_{\text{тр}}, \text{ Па}, \quad (13)$$

где  $\Delta p_{\text{пр}}$  – естественное давление, обусловленное остыванием воды в приборе;

$\Delta p_{\text{тр}}$  – то же в трубах.

Естественное давление определяется по формуле 14.

$$\Delta p_{\text{пр}} = 6,2h(t_{\text{г}} - t_{\text{о}}), \text{ Па}, \quad (14)$$

где  $h$  – расстояние по вертикали от теплового ввода до центра радиатора;  
 $t_{\text{г}}, t_{\text{о}}$  – температура горячей и обратной воды соответственно.  $t_{\text{г}} = 95^{\circ}, t_{\text{о}} = 70^{\circ}$

$\Delta p_{\text{тр}}$  – для системы с нижней разводкой равна нулю, с верхней разводкой принять 260 Па.

Гидравлический расчет выполняется в следующем порядке:

На аксонометрической схеме выделяют главное циркуляционное кольцо. Это – кольцо, проходящее через самый дальний от теплового ввода стояк и радиатор первого этажа. Кольцо разбивают на участки с неизменным расходом и скоростью воды. Каждому участку присваивают номер и указывают его тепловую нагрузку и длину. Первый номер присваивают трубе, соединяющий радиатор первого этажа дальнего стояка с обратным трубопроводом. Увеличение номеров происходит сначала в направлении к теплому вводу, а по его достижении - в направлении к исходному радиатору. Последним участкам будет подводка горячей воды к этому радиатору. По мере увеличения номера участка тепловая нагрузка будет сначала увеличиваться (вплоть до теплового ввода), а затем уменьшаться.

Далее заполняют расчетную таблицу (приложение 6).

Номер, тепловую нагрузку и длину участка берут из аксонометрической схемы.

Расход воды на участке вычисляют по формуле 15.

$$G_{\text{уч}} = 3,6Q_{\text{уч}}/c(t_r - t_o), \text{ кг/ч}, \quad (15)$$

где  $c = 4,19$  кДж/кг $^{\circ}$ С – удельная теплоемкость воды.

Диаметр трубы  $d$ , удельные потери на трение  $R$  и скорость воды  $V$  определяют по приложению 7, ориентируясь на расход воды. Например, если расход воды на участке равен 175 кг/ч, то для ближайшего значения (184 кг/ч) получаем:  $d = 20$ мм;  $V = 0,142$ м/с;  $R = 20$  Па/м. Значения этих величин для 175 кг/ч, определяют интерполяцией.

Потери напора на трение на данном участке определяют умножением значения  $R_{\text{уч}}$  на длину участка  $l_{\text{уч}}$ .

Динамическое давление на участке рассчитывается по формуле 16.

$$p_d = \rho v^2 / 2, \text{ Па}, \quad (16)$$

где  $\rho = 980$  кг/м $^3$  – плотность воды.

Сумму коэффициентов местных сопротивлений  $\sum \zeta$  на участке определяют по приложению 10.

Потери напора в местных сопротивлениях определяют по формуле 17

$$Z = p_d * \sum \zeta, \text{ Па}, \quad (17)$$

Суммарные потери на участке определяют по формуле 18

$$\Delta p_{\text{уч}} = R_{\text{уч}} * l_{\text{уч}} + Z, \text{ Па}, \quad (18)$$

Гидравлическое сопротивление циркуляционного кольца равно сумме потерь давления на всех участках этого кольца, то есть  $\sum (R * l + Z)$ .

Если при сравнении располагаемого давления и сопротивления кольца окажется, что они отличаются больше чем на 10%, то необходимо произвести корректировку диаметров труб (в сторону увеличения, если сопротивление

больше давления, и в сторону уменьшения, если наоборот) на двух – трех участках, пока не будет обеспечено условие  $\Delta p \approx 1.1 * \Sigma(R * l + Z)$ .

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8 РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ**

Целью расчета является:

- определение воздухообмена;
- определение располагаемого давления;
- определение аэродинамического сопротивления главной магистрали и приведение его в соответствие с располагаемым давлением;
- определение сечений воздуховодов на всех участках;
- уравнивание сопротивлений параллельных ветвей системы.

В жилых зданиях проектируется естественная вытяжная вентиляция с удалением воздуха из кухонь и санузлов. Компенсация вытяжки осуществляется за счет естественного притока воздуха через неплотности окон. Согласно СП 118.13330.2011, количество удаляемого из жилых помещений воздуха должно быть не менее 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> жилой площади.

Норма воздухообмена в кухнях и санузлах:

Кухня с электроплитой – 60 м<sup>3</sup>/ч;

Кухня с газовой плитой на две конфорки – 60 м<sup>3</sup>/ч;

То же на три конфорки – 75 м<sup>3</sup>/ч;

То же на четыре конфорки – 120 м<sup>3</sup>/ч;

Ванная – 25 м<sup>3</sup>/ч;

Туалет – 25 м<sup>3</sup>/ч

Санузел совмещенный – 25 м<sup>3</sup>/ч.

В качестве расчетного воздухообмена принимают наибольшее из двух: определенный по нормированной вытяжке на 1 м<sup>2</sup> или суммарный для подсобных помещений.

Располагаемое давление определяется для каждого этажа по формуле 19.

$$\Delta p = h * g * (\rho_n - \rho_b), \text{ Па}, \quad (19)$$

где  $h$  – разность отметок устья вытяжной шахты и оси вентиляционной решетки соответствующего этажа, м;

$\rho_n = 353/(273+t_n) = 353/(273+5)$ , кг/м<sup>3</sup> – плотность наружного воздуха при температуре 5°C;

$\rho_b = 353/(273+ t_b) = 353/(273+18)$ , кг/м<sup>3</sup> – плотность воздуха внутри помещения при нормированной температуре 18°C.

При проектировании системы вентиляции для каждого помещения (кухня, ванная, туалет) следует предусматривать отдельный вертикальный канал, ведущий на чердак, где все каналы одного крыла здания объединяются горизонтальным коробом, соединенным с вытяжной шахтой.

Аэродинамический расчет выполняют в следующем порядке:

Вычерчивается аксонометрическая схема системы. На ней выделяется главная магистраль. В системах с естественной тягой главной считается самая длинная магистраль верхнего этажа. Она разбивается на участки. Каждому участку присваивается номер с указанием его длины и расхода воздуха.

Расчет ведется в табличной форме (см. приложение 11). Номер участка, расход воздуха  $L$ , м<sup>3</sup>/ч, и длину  $l$ , м, берут из аксонометрической схемы. По формуле 20

$$F_{ор} = \frac{L}{3600} * V_{ор}, \text{ м}^2, \quad (20)$$

сначала вычисляют ориентировочную площадь сечения канала  $F_{ор}$ ,  $V_{ор}$  – скорость воздуха, которую следует предварительно принимать равной 0,5...1,5 м/с. По величине  $F_{ор}$  принимает размеры канала ( $a*b$ ) с таким расчетом, чтобы они были кратными размерам кирпича (0,25x0,12) или подбирают стандартный воздуховод (для горизонтального короба и вытяжной шахты) с близкой к вычисленной площадью сечения  $F$  (см. приложение 15).

В таблицу заносят действительные значения  $F$  и скорости, определенные по формуле 21

$$V = \frac{L}{3600} * F, \text{ м/с.} \quad (21)$$

Эквивалентный диаметр  $d_e = 2ab/(a+b)$ .

Величину удельных потерь на трение  $R$ , Па/м, определяют по приложению 14 на основании значений скорости и эквивалентного диаметра. Значения коэффициентов шероховатости  $\beta$  приведены в приложении 12, а коэффициентов местных сопротивлений  $\zeta$  – в приложении 13.

Потери в местных сопротивлениях  $Z$ , на трение  $Rl\beta$  и общее сопротивление участка  $(Rl\beta + Z)$  вычисляют так же, как в гидравлическом расчете системы отопления.

Общее сопротивление магистрали определяют суммированием сопротивлений всех ее участков, то есть  $\sum(Rl\beta + Z)$ . Оно должно быть равно примерно 0,9 располагаемого давления. Если это условие не соблюдено, производят корректировку сечений воздухопроводов с пересчетом 1...2 участков.

После этого подобным образом производят расчет остальных магистралей, добиваясь при этом, чтобы сопротивление параллельных ветвей отличались друг от друга не более чем на 15%.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9 ОСНОВЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Система горячего водоснабжения (ГВС) – совокупность устройств, обеспечивающих нагрев холодной воды и распределение ее по водоразборным приборам. Системы ГВС подразделяют на централизованные и местные (децентрализованные).

В централизованных системах одна нагревательная установка в котельной или ЦТП обслуживает горячей водой одно или несколько крупных

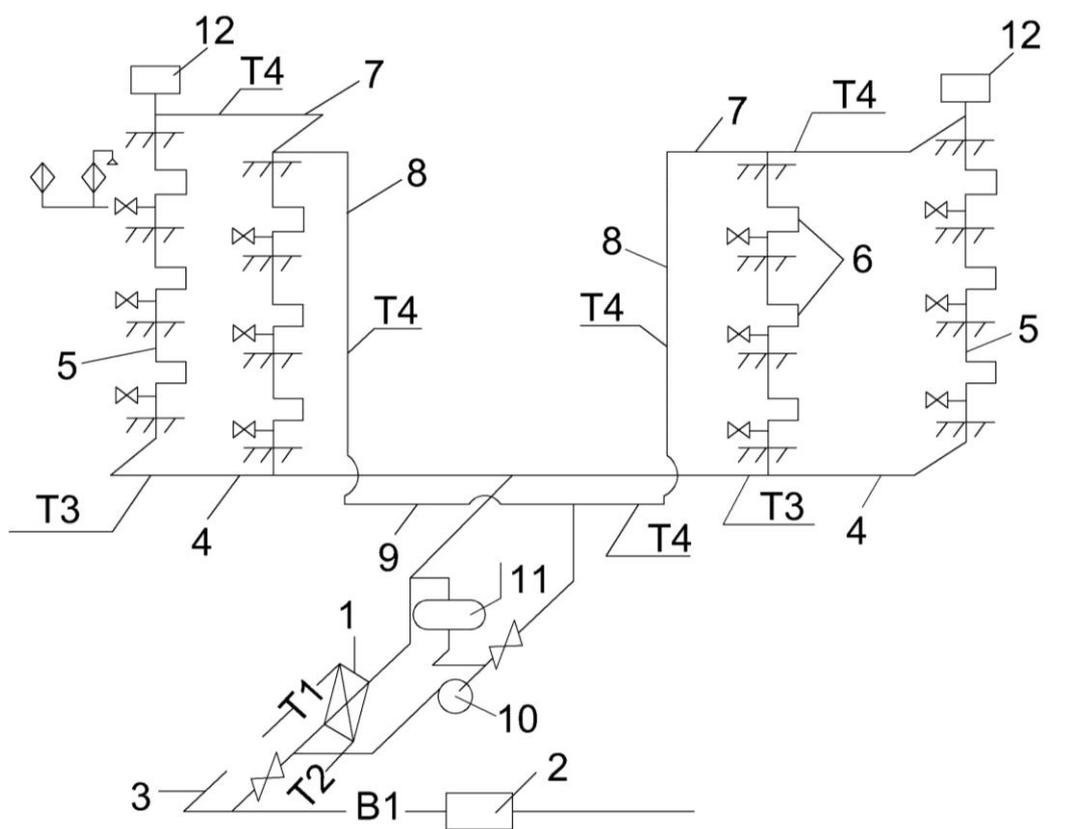
зданий в пределах жилого микрорайона, квартала или поселка. Все централизованные системы ГВС проектируют с циркуляционными трубопроводами для обеспечения потребителей горячей водой, так как без них в отсутствие водоразбора вода в подающих линиях быстро остывает, и потребитель вынужден сливать ее, теряя при этом воду и теплоту. Кроме того, в системах ГВС устанавливают полотенцесушители, которые необходимы для сушки белья и обогрева ванных комнат и не могут работать при отсутствии циркуляции.

Циркуляционные трубопроводы и циркуляционные насосы обеспечивают непрерывное движение воды (циркуляцию) по замкнутому контуру (теплообменник – подающий трубопровод – водоразборный кран – циркуляционный трубопровод – теплообменник), тем самым поддерживая температуру горячей воды у водоразборного крана 50-60 °С. При такой температуре большинство болезнетворных бактерий, содержащихся в воде, погибает (эффект пастеризации), пищевые жиры, масла и бытовые загрязнения хорошо растворяются в воде и смываются потоком ее при мытье посуды и стирке белья. Для усиления этих процессов промышленность выпускает разнообразные мыла, синтетические моющие средства, чистящие порошки и эмульгаторы.

Для мытья тела люди обычно используют в процедурах купания горячую воду температурой 35-40 °С в ванных и до 45 °С – при шаечном мытье в банях, разбавляя горячую первичную воду холодной с помощью смесительных кранов и устройств.

В последние годы в зданиях высотой пять этажей и более часть подающих стояков (например, от 3 до 7 стояков одной секции жилого дома) объединяют в один водоразборный узел, называемый секционным узлом, с единым циркуляционным трубопроводом. В зданиях высотой более 50 м (свыше 16 этажей) систему ГВС делят по вертикали на отдельные зоны с самостоятельными разводками и отдельными стояками для каждой зоны, иногда даже с устройством специальных технических этажей. Это связано с

ограничением допустимого давления перед водоразборной и запорной арматурой до 0,6 МПа.



**Рис. 1. Схема централизованной системы горячего водоснабжения**

1 - водонагреватель (теплообменный аппарат - на схеме); 2 - водомерный узел (на горячей воде водомеров нет); 3 - подача холодной воды в систему холодной воды; 4 - подающие магистрали; 5 - подающие стояки; 6 - полотенцесушители; 7 - перемычки на техническом этаже или чердаке или под потолком; 8 - циркуляционные стояки; 9 - циркуляционные магистрали (в подвале); 10 - циркуляционный насос (гоняет воду по контуру, чтобы компенсировать потери тепла, но не подает для забора); 11 - аккумуляторы горячей воды (тепла) - необходимы при неравномерном потреблении горячей воды; 12 - воздухоотводчики

Местные (тупиковые) системы ГВС устраивают в частных домах или квартирах. Радиус действия их невелик, подготовку горячей воды производят в небольших генераторах теплоты (электрические, газовые водонагреватели, малометражные котлы и т.п.). Как правило такой генератор теплоты является общим и для системы отопления, и для системы ГВС; их называют двухконтурными. Двухконтурного котла бывает достаточно, чтобы

приготовить горячую воду на семью из 3-4 человек. Для больших семей иногда к водогрейному котлу пристраивают емкостный бойлер.

На промышленных и коммунальных предприятиях (бани, прачечные, химчистки, бассейны) наряду со скоростными водопроводящими установками нашли свое применение пароводяные подогреватели горячей воды.

Все трубопроводы системы ГВС, за исключением квартирных подводок и полотенцесушителей, должны иметь тепловую изоляцию. Толщина теплоизоляционного слоя конструкции должна быть не менее 10 мм, а теплопроводность его – не менее  $0,05 \text{ Вт(м} \cdot \text{°C)}$ .

**Основные нагревательные приборы.** В централизованных системах горячего водоснабжения воду нагревают в водогрейных котлах, открытых баках или закрытых водоподогревателях, снабженных змеевиками.

Наиболее часто применяют систему горячего водоснабжения от парового котла и от теплосети.

Система горячего водоснабжения жилого дома с паровым котлом и горизонтальным водонагревателем функционирует следующим образом. От паросборника пар по паропроводу поступает в змеевик горизонтального емкостного водонагревателя, где конденсируется, подогревая воду в водонагревателе. Конденсат из змеевика через конденсационный трубопровод поступает обратно в котел. Вода в водонагревателе находится под давлением городского водопровода и нагревается до  $70 \text{ °C}$ . По подающему трубопроводу она поступает в верхний розлив, откуда по стоякам горячего водоснабжения подается через подводки горячей воды к санитарным приборам. Часть воды возвращается по обратному трубопроводу в водонагреватель через нижний штуцер, что предотвращает остывание воды в подающей магистрали. По мере разбора горячей воды в водонагреватель поступает холодная вода из водопроводной линии. На водонагревателе устанавливают предохранительный рычажной клапан со сливной трубой и термометр, а на котле – предохранительное выкидное приспособление, манометр, термометр и водомерное стекло.

Отечественная промышленность выпускает пароводяные скоростные водонагреватели МВН – 1436 и МВН – 1437 и водяные секционные МВН – 2052-62, предназначенные для подогрева воды в системах отопления и горячего водоснабжения.

Водонагреватели МВН- 1436 и МВН-1437 состоят из корпуса, трубной системы, передней и задней водяных камер и колпака. Корпус, камеры и колпак – стальные. Трубная система состоит из стальных опорных решеток и пучка латунных трубок диаметром 16x1 мм или 16x0,75 мм. Водонагреватели изготавливают короткие – 2040 мм и длинные – 4080 мм. Водонагреватели диаметром 273 и 325 мм – двухходовые, диаметром 377 мм и более – четырехходовые.

Водонагреватели работают следующим образом. Нагреваемая вода поступает через нижний патрубок передней входной камеры, проходит по латунным трубкам, подогревается и через верхний патрубок поступает в сеть с наружной температурой. Пар, подогревающий воду, подается в межтрубное пространство.

Водяные водонагреватели МВН-2052-62 изготавливают разборные одно- и многосекционные, длинные и короткие. Секции соединяют между собой калачами на болтах. Секция состоит из корпуса (труба бесшовная) с приваренными к ней стальными трубными решетками и пучка латунных трубок диаметром 16x0,75 мм. К корпусу приварены патрубки с фланцами для соединения секций по межтрубному пространству. Водонагреватели рассчитаны на максимальную температуру воды 150 °С и рабочее давление греющей и нагреваемой воды до 1 МПа.

Схему с паровым скоростным водонагревателем применяют для систем горячего водоснабжения больших жилых домов, бань, прачечных и других крупных потребителей горячей воды. В водонагревателе вода, поступающая в домовую сеть через ввод, нагревается до требуемой температуры. Скоростной водонагреватель является проточным, расходуемая вода протекает со значительной скоростью через нагревательные трубки – трубчатые

нагревательные элементы, которые в свою очередь подогреваются водой из теплосети, проходящей внутри корпуса водонагревателя и омывающей их. От водонагревателя горячая вода подается в систему горячего водоснабжения по трубопроводу. На подающем трубопроводе теплосети установлен регулятор, автоматически поддерживающий постоянный расход воды из тепловой сети, и воздухоотводчик. Холодная вода в водонагреватель поступает из водопровода. На узле управления у ввода имеются задвижки для отключения трубопровода системы отопления и отдельных частей узла. Расход воды в сети учитывается при помощи водомера.

Чтобы вода из системы отопления не поступала в трубопровод теплосети, стоят обратные клапаны. Для измерения давления и температуры воды в отдельных точках узла управления установлены манометры и термометры. Под манометрами устанавливают контрольные трехходовые краны, которые ввернуты в штуцеры трубы. Высокотемпературную воду из теплосети от ввода смешивают с частью охладившейся воды из обратной линии системы отопления элеватором, у которого установлены задвижки, регулирующие температуру смешанной воды. Смешанная вода поступает к главному стояку системы отопления и возвращается в обратный трубопровод теплосети по обратному трубопроводу из системы отопления. Грязевик служит для улавливания грязи из обратного трубопровода системы отопления. Для учета расходуемой теплоты служит тепломер. На этой линии установлен регулятор подпора.

#### **Системы горячего водоснабжения бывают:**

- с тупиковым трубопроводом, где при малом разборе горячей воды или отсутствии водоразбора вода быстро остывает. Поэтому такую схему применяют в малоэтажных жилых зданиях с сетью небольшой протяженности, или в системах, где воду разбирают постоянно (бани, прачечные и т.д.)
- с циркуляционными стояками; такие схемы применяют там, где не допускается остывание воды в трубах, например, в многоэтажных жилых зданиях, гостиницах.

*Однотрубные системы централизованного горячего водоснабжения* в настоящее время широко применяют в жилых зданиях. В этих системах для зданий 5-9 этажей стояки в пределах секции вверху соединяются между собой, причем все стояки, кроме одного, присоединяются к подающей магистрали, а один отпускной стояк – к циркуляционной магистрали. К отпускному стояку также, как и к подающему, присоединяют приборы для водоразбора горячей воды. Для обеспечения равномерной циркуляции воды в системах горячего водоснабжения зданий, присоединяемых к одному центральному тепловому пункту, на отпускном стояке предусматривается установка диафрагмы.

Для жилых зданий более 9 этажей все стояки горячего водоснабжения присоединяют к подающей магистрали и прокладывают самостоятельный циркуляционный стояк, который наверху присоединяется к перемычке между всеми подающими стояками, а внизу – к циркуляционной магистрали. В подающих системах циркуляционная магистраль рассчитывается из условия подачи расчетного количества горячей воды. Воздухоудаление из систем горячего водоснабжения осуществляется через воздухоотборник или за счет подсоединения ответвления к приборам последнего этаже в верхней отметке стояка. У основания каждого стояка и на перемычках между стояками устанавливают отключающую арматуру.

При *кольцевой схеме* стояки принимаются одного диаметра по всей высоте здания и обычно для зданий высотой до 5 этажей включительно равны 25 мм, а для зданий большей этажности – 32 мм.

Водонагревательные аппараты, нагревающие воду для бытовых нужд, бывают: электрические, газовые, твердотопливные, косвенного нагрева горячей воды от теплоносителя системы отопления. Водонагреватели подразделяют на:

- проточные, где нагрев воды осуществляется по мере ее продвижения мимо теплопередающих элементов (электрические ТЭНы, медные трубы, пластинчатые теплообменники)

- накопительные, где нагрев воды происходит в накопительных частях прибора при помощи теплопередающих элементов.

Все водонагреватели можно подразделить на следующие виды: газовые проточные (газовые колонки), газовые накопительные, электрические проточные, электрические накопительные (со встроенным змеевиком и без него), электрические накопительные с топкой для твердого топлива, косвенного нагрева.

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 10 ОСНОВЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ**

Газопроводы, прокладываемые в городах и населенных пунктах, классифицируются по следующим показателям:

- по виду транспортируемого газа: природный, попутный нефтяной, сжиженный углеводородный, искусственный, смешанный;
- по давлению газа: низкое, среднее, высокое;
- по местоположению относительно земли: подземные (подводные), надземные (надводные);
- по назначению в системе газоснабжения: городские магистральные, распределительные, вводы, вводные газопроводы (ввод в здание), импульсные, продувочные;
- по расположению в системе планировки городов и населенных пунктов: наружные, внутренние;
- по принципу построения (распределительные газопроводы): закольцованные, тупиковые, смешанные; – по материалу труб: металлические, неметаллические.

На территории городов и населенных пунктов все газопроводы, как правило, укладывают в грунте. На территории промышленных и коммунальных предприятий рекомендуется надземная прокладка

газопроводов. Газопроводы низкого давления предназначены для подачи газа жилым и общественным зданиям, а также коммунально-бытовым потребителям. Газопроводы среднего давления служат для питания распределительных газопроводов низкого давления через газорегуляторные пункты (ГРП), а также подают газ в газопроводы промышленных и коммунально-бытовых предприятий (через местные газорегуляторные пункты и установки). По газопроводам высокого давления поступает газ для городских газорегуляторных пунктов, местных газорегуляторных пунктов на крупных предприятиях, а также на предприятиях, технологические процессы которых требуют применения газа высокого давления (до 1,2 МПа).

Газопроводы различных давлений связаны между собой через газорегуляторные пункты. Система газоснабжения должна обеспечивать бесперебойную подачу газа всем потребителям, быть простой, удобной и безопасной в обслуживании, предусматривать возможность отключения отдельных ее элементов для производства аварийных и ремонтных работ.

По числу ступеней давления, применяемых в газовых сетях, системы газоснабжения подразделяются на одноступенчатые с подачей различным потребителям газа только одного давления; двухступенчатые с подачей потребителям газа двух давлений — среднего и низкого, высокого и низкого, высокого и среднего; трехступенчатые с подачей потребителям газа трех давлений — низкого, среднего и высокого (до 0,6 МПа); многоступенчатые с подачей потребителям газа низкого, среднего и высокого (до 0,6 и 1,2 МПа) давлений.

Основным элементом систем газоснабжения являются газопроводы, которые классифицируются по давлению газа и назначению. В зависимости от максимального давления транспортируемого газа газопроводы согласно СНиП 2.04.08–87 «Газоснабжение» подразделяются на:

– газопроводы высокого давления I категории — при рабочем давлении газа свыше 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>) и газозвушных смесей и до 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>) для сжиженных углеводородных газов (СУГ);

– газопроводы высокого давления II категории — при рабочем давлении газа свыше 0,3 МПа (3 кгс/см<sup>2</sup>) до 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>);

– газопроводы среднего давления — при рабочем давлении газа свыше 0,005 МПа (0,05 кгс/см<sup>2</sup>) до 0,3 МПа (3 кгс/см<sup>2</sup>);

– газопроводы низкого давления — при рабочем давлении газа до 0,005 МПа (0,05 кгс/см<sup>2</sup>) включительно.

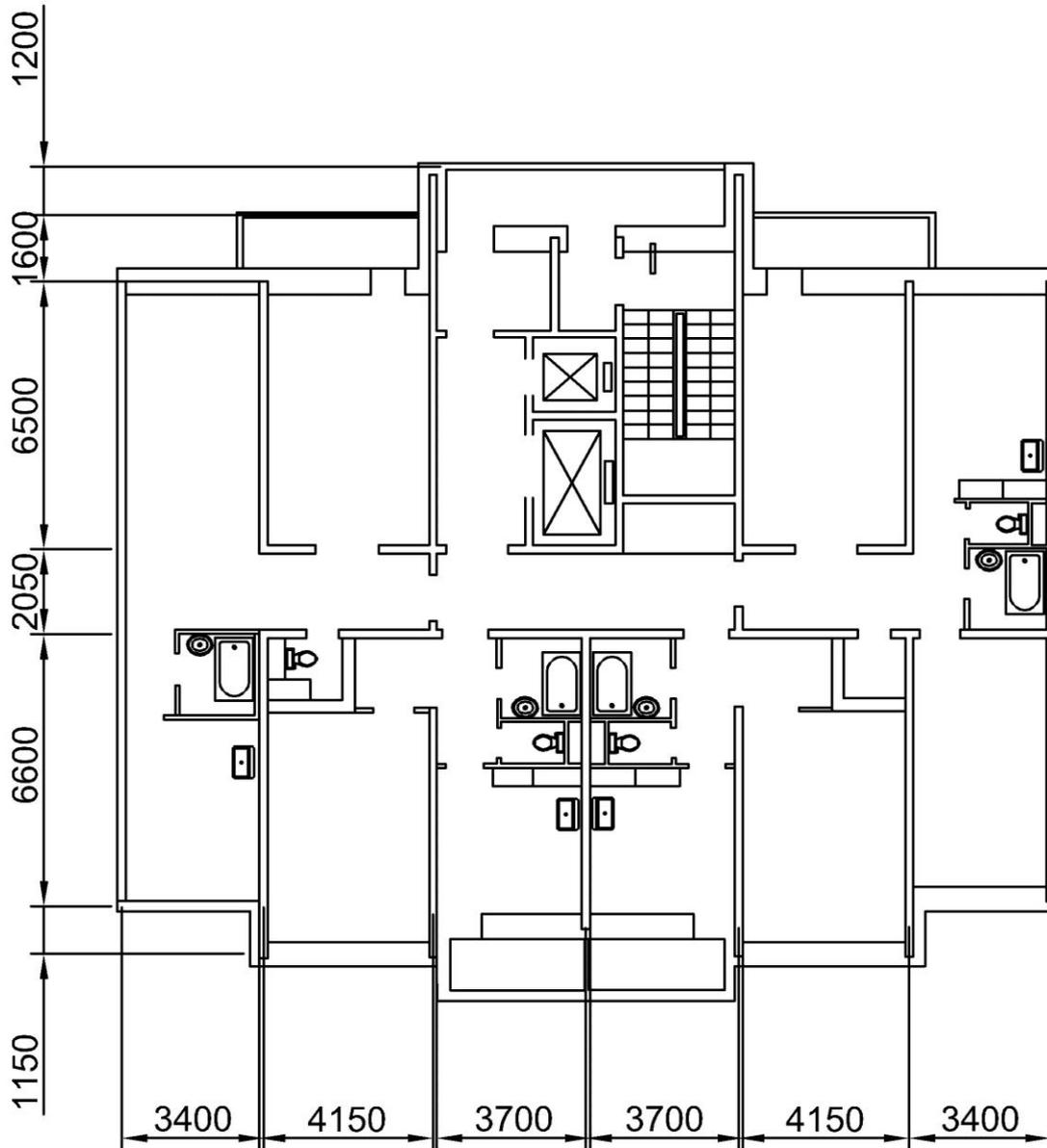
Газопроводы низкого давления служат для транспортирования газа в жилые и общественные здания, предприятия общественного питания, а также во встроенные в жилые и общественные здания отопительные котельные и предприятия бытового обслуживания. К газопроводам низкого давления можно присоединять мелких потребителей и небольшие отопительные котельные. Крупные коммунальные потребители не присоединяются к сетям низкого давления, так как транспортировать по ним большие сосредоточенные количества газа неэкономично. Газопроводы среднего и высокого давления служат для питания городских распределительных сетей низкого и среднего давления через ГРП. Они также подают газ через ГРП и местные газорегуляторные установки (ГРУ) в газопроводы промышленных и коммунальных предприятий.

Городские газопроводы высокого давления являются основными артериями, питающими крупный город, их выполняют в виде кольца, полукольца или в виде лучей. По ним газ подают через ГРП в сети среднего и высокого давления, а также крупным промышленным предприятиям, технологические процессы которых нуждаются в газе давлением свыше 0,6 МПа [5].

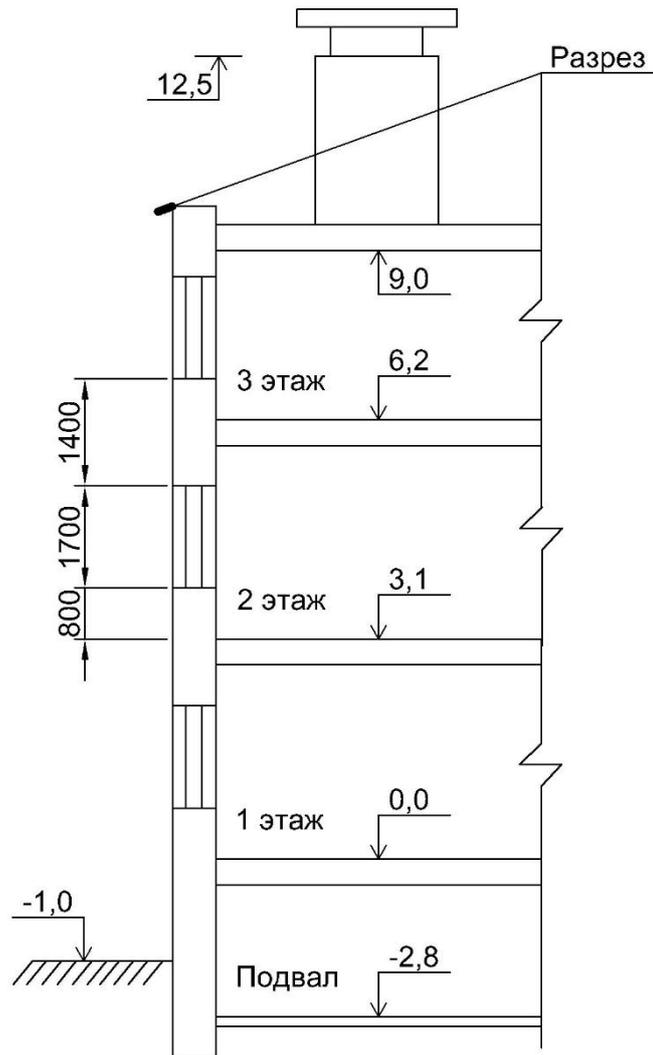
## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение А

## План этажа



## Окончание приложения А



## Выбор варианта

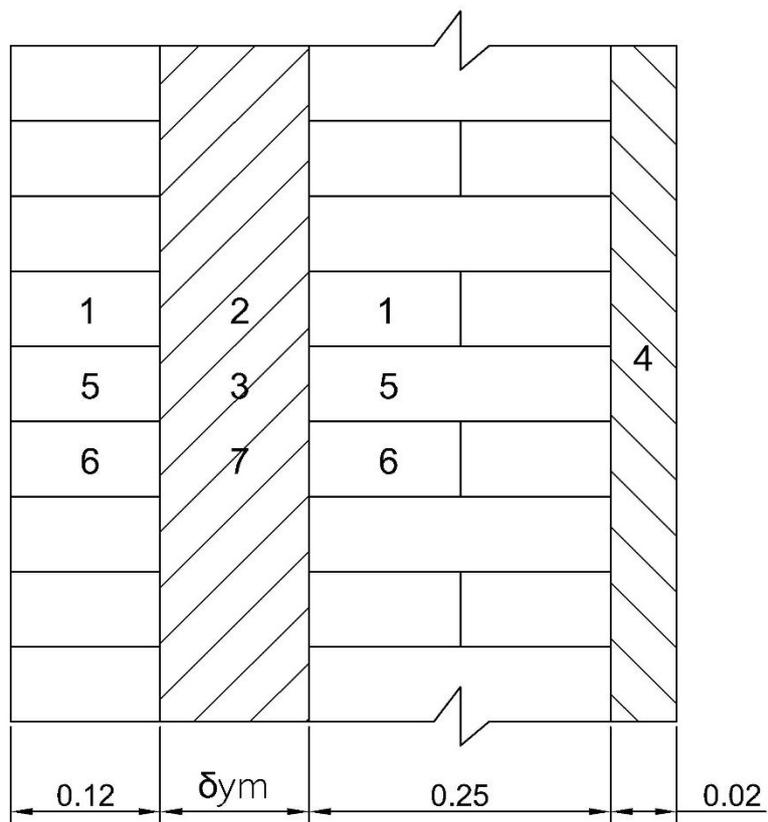
Номер варианта	Этаж	Ориентация фасада с наружной дверью
1;8	1	С
2	2	СВ
3;0	3	Ю
4;7	1	ЮЗ
5	2	В
6;9	3	З

## Приложение Б

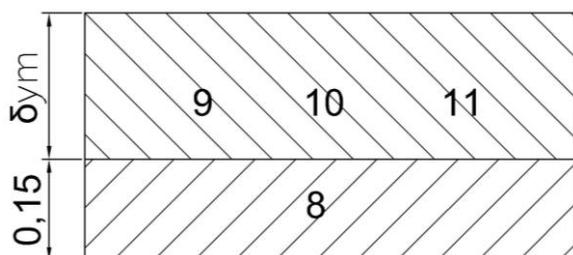
## Расчетные параметры наружного воздуха в холодный период года

Номер варианта	Город	Температура, °С			Продолжительность отопительного периода	Скорость ветра, м/с	Зона влажности	Режим в помещениях	Условия эксплуатации наружных ограждений
		Наиболее холодной пятидневки		Средняя отопительного периода					
		t <sub>н</sub>	t <sup>в</sup> <sub>н</sub>	t <sub>от.пер.</sub>	Z <sub>от.пер.</sub>				
1	Астрахань	-23	-8	-1,6	172	8	сухая	нормальный	А
2	Архангельск	-31	-19	-4,7	251	6,2	влажная	«-»	Б
3	Братск	-43	-30	-10,36	245	2	сухая	«-»	А
4	Брянск	-26	-13	-2,6	206	6	нормальная	«-»	Б
5	Владивосток	-24	-16	-4,8	201	13,5	влажная	«-»	Б
6	Вологда	-25	-16	-4,8	228	8	нормальная	«-»	Б
7	Иваново	-29	-16	-4,4	217	3,6	нормальная	«-»	Б
8	Калининград	-18	-7	+0,6	195	7	влажная	«-»	Б
9	Орел	-26	-13	-3,3	207	5	нормальная	«-»	Б
10	Сочи	-3	+2	+6,4	90	4	влажная	«-»	Б

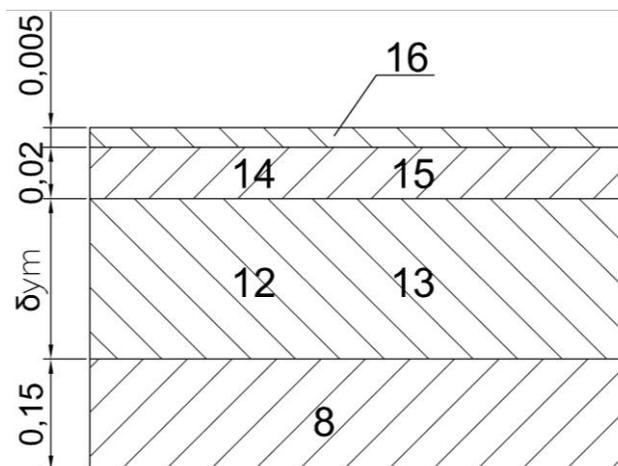
## Варианты конструкции ограждений



## Чердачное перекрытие



## Перекрытие над подвалом



## Окончание приложения В

## Характеристика конструкций наружных ограждений

№№ материала слоя	Строительные материалы				
	Наименование	№№ варианта	Плотность $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности, $\lambda$ , Вт/м °С	
				Условия эксплуатации	
				А	Б
1	Кладка из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе	1,2,6	1800	0,70	0,81
2	Плиты минераловатные повышенной жесткости	1,2,6	200	0,07	0,076
3	Пеностеклянные блоки	3,4,5	400	0,12	0,14
4	Известково-песчаная штукатурка	1,0	1600	0,70	0,81
5	Кладка из керамического кирпича на цементно-песчаном растворе	3,4,5	1200	0,47	0,52
6	Кладка из трепельного кирпича на цементно-песчаном растворе	7,8,9,0	1000	0,41	0,47
7	Пеностеклянные блоки на цементно-песчаном растворе	7,8,9,0	400	0,14	0,15
8	Железобетонная плита	1,0	2500	1,92	2,04
9	Щебень из доменного шлака	0	400	0,14	0,16
10	Гравий керамзитовый	3,6	400	0,13	0,14
11	Щебень из вспученного перлита	9	600	0,111	0,12
12	Минераловатные плиты на синтетическом связующем	1,8	200	0,076	0,08
13	Плиты торфяные	4,7	300	0,07	0,08
14	Дерево (сосна)	1,8	500	0,14	0,18
15	Древесноволокнистая плита	4,7	600	0,13	0,16
16	Линолеум	1,0	1400	0,23	0,23

## Приложения Г

**Расчетные параметры внутреннего воздуха в холодный период года для  
жилых зданий**

Помещения	Температура тв, °С	Относительная влажность $\phi$ в, % не более	Скорость движения воздуха V, м/с	Объем воздухообмена по вытяжке L, м <sup>3</sup> /ч
Жилая комната	18	65	0,2	3 на 1 м <sup>2</sup> площади пола
То же, угловая в районах с тн = -31°С и ниже	20	65	0,2	То же
Жилая комната	20	65	0,2	То же
То же, угловая	22	65	0,2	То же
Ванна	25	-	-	25
Туалет	16	-	-	25
Кухня	15	-	-	Не менее 60
То же, при количестве газовых горелок на плите 4 шт.	15	-	-	120



## Приложения Ж

Удельные потери в трубопроводах систем водяного отопления при  $t_r = 105 - 95 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_0 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $K = 0,2 \text{ мм}$

Удельные потери на трение, R Па/м	Количество проходящей воды G, кг/ч (верхняя строка) и скорость воды V, м/с (нижняя строка) по трубам с условным диаметром прохода $d_y$ , мм							
	10	15	20	25	32	40	50	70
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	23	40	95	157	336	507	971	1898
5	0,051	0,057	0,073	0,074	0,093	0,107	0,130	0,145
	37	59	126	225	490	726	1445	2744
10	0,078	0,087	0,097	0,109	0,136	0,151	0,182	0,210
	49	77	184	332	705	1058	2090	3959
20	0,102	0,114	0,142	0,161	0,195	0,222	0,265	0,302
	60	95	229	404	871	1309	2552	4889
30	0,126	0,140	0,177	0,196	0,241	0,276	0,323	0,374
	71	112	267	467	1026	1524	2973	5657
40	0,148	0,164	0,206	0,226	0,284	0,321	0,376	0,433
	80	126	297	530	1149	1710	3336	6339
50	0,167	0,186	0,230	0,257	0,318	0,360	0,422	0,485
	92	146	337	614	1320	1944	3844	7253
65	0,194	0,215	0,261	0,298	0,355	0,409	0,486	0,555
	102	162	377	677	1467	2178	4276	8066
80	0,215	0,239	0,291	0,328	0,406	0,458	0,540	0,618
	116	183	430	759	1632	2431	4788	9035
100	0,242	0,269	0,332	0,369	0,452	0,512	0,605	0,691
	127	201	496	835	1786	2674	5250	9899
120	0,266	0,295	0,362	0,406	0,494	0,563	0,664	0,757
	136	216	507	904	1939	2895	5686	10580
140	0,286	0,318	0,392	0,438	0,537	0,609	0,719	0,810
	145	229	546	972	2079	3095	6093	11270
160	0,304	0,338	0,422	0,471	0,575	0,651	0,770	0,862
	154	243	584	1028	2201	3294	6473	11950

## Окончание приложения Ж

180	0,322	0,358	0,451	0,499	0,609	0,693	0,818	0,914
	162	256	614	1084	2325	3513	6823	12640
200	0,339	0,377	0,474	0,526	0,643	0,739	0,862	0,967
	179	283	673	1197	2572	3808	7476	14010
240	0,375	0,417	0,520	0,581	0,712	0,801	0,944	1,071
	200	319	756	1327	2869	4260	8359	-
300	0,423	0,470	0,584	0,614	0,794	0,896	1,056	-
	232	367	876	1545	3325	4960	-	-
400	0,487	0,541	0,677	0,754	0,920	1,044	-	-

## Приложение И

**Основные теплотехнические характеристики для расчета наружных  
ограждений зданий**

Ограждение	Нормативный температурный перепад $\Delta t^{\text{н}^{\circ}\text{C}}$	Коэффициенты теплоотдачи, $\alpha$ Вт/(м <sup>2</sup> °C)		Коэффициент $\eta$
		Внутренняя поверхность $\alpha_{\text{в}}$	Наружная поверхность $\alpha_{\text{н}}$	
Наружные стены	4	8,7	23	1
Чердачные перекрытия	3	8,7	12	0,9
Перекрытия над подвалами без окон	2	8,7	6	0,6

## Приложение К

## Приведенное сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей

Заполнение светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче $R_{0,пр}$ , $m^2C/W$
Двойное остекление в деревянных или пластмассовых спаренных переплетах	0,39
Двойное остекление в деревянных или пластмассовых отдельных переплетах	0,42
Тройное остекление в деревянных или пластмассовых отдельно-спаренных переплетах	0,55

**Коэффициенты местных сопротивлений**

Местное сопротивление	Коэффициент $\zeta$ при диаметре трубы, мм			
	15	20	25	32
Чугунный радиатор	1,3	1,4	1,5	-
Стальной радиатор РСВІ	0,75	2,4	6,0	-
Тройник:				
на проходе	1	1	1	1
на ответвлении	1,5	1,5	1,5	1,5
на противотоке	3	3	3	3
Отвод 90°	0,8	0,6	0,5	0,5
Отвод 135°	0,5	0,5	0,5	0,5
на проходе	2	2	2	2
на ответвлении	3	3	3	3
Кран проходной	4,4	1,8	1,7	-
Кран двойной регулировки	4	2	2	-
Вентиль	16	9	9	9
Внезапное расширение	1	1	1	1
Внезапное сужение	0,5	0,5	0,5	0,5
Воздухосборник	1,5	1,5	1,5	1,5
Котел	2,5	2,5	2,5	2,5



**Приложение Н**

**Значение коэффициента шероховатости  $\beta$**

Скорость воздуха V, 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	1,40	1,69
1,2	1,18	1,25	1,50	1,84
1,6	1,22	1,31	1,58	1,95
2,0	1,25	1,35	1,65	2,04
2,4	1,28	1,38	1,70	2,11
3,0	1,32	1,43	1,77	2,20

**Приложение П**

**Местное сопротивление**

Наименование	Коэффициент местного сопротивления $\xi$
Воздух в жалюзийную решетку	1,2
Колено 90°	1,2
Тройник на проход	0,5
То же на ответвлении	1,7
Зонт над шахтой	1,3
Тройник на слияние	3,4

## Приложение Р

## Потери давления в круглых стальных воздуховодах

Скорость воздуха V м/с	Количество проходящего воздуха L, м <sup>3</sup> /ч (верхняя строка) и потери давления на трение R, Па/м (нижняя строка) при диаметре воздуховода, мм						
	100	125	160	200	250	315	400
0,3	8,4	13	22	34	53	84	-
	0,03	0,02	0,01	0,01	0,008	0,006	-
0,4	11	18	29	45	71	112	-
	0,04	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	-
0,5	14	22	36	56	88	140	-
	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	-
0,6	17	26	43	68	106	168	171
	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
0,7	20	31	51	79	124	196	317
	0,12	0,09	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
0,8	23	36	58	90	141	224	362
	0,15	0,11	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03
0,9	25	40	65	102	159	252	407
	0,18	0,14	0,10	0,08	0,06	0,04	0,03
1,0	28	44	72	113	177	280	452
	0,22	0,17	0,12	0,09	0,07	0,05	0,04
1,2	34	53	87	136	212	376	543
	0,3	0,23	0,17	0,13	0,1	0,07	0,05
1,4	40	62	101	158	247	393	633
	0,40	0,30	0,22	0,17	0,13	0,09	0,07
1,6	45	71	116	181	283	449	723
	0,51	0,38	0,28	0,21	0,16	0,12	0,09
1,8	51	80	130	204	318	505	814
	0,62	0,47	0,35	0,26	0,20	0,15	0,11
2,0	56	88	145	226	353	561	904
	0,75	0,57	0,42	0,32	0,24	0,18	0,13
2,4	68	106	174	217	424	673	1080
	1,04	0,79	0,58	0,44	0,33	0,25	0,18

## Приложение С

## Размеры каналов из кирпича

Размеры кирпича		Площадь сечения канала, м <sup>2</sup>
0,5 x 0,5	120 x 120	0,015
0,5 x 1	120 x 250	0,05
1 x 1	250 x 250	0,06
1,5 x 1	370 x 250	0,09
1,5 x 1,5	370 x 370	0,014

## Размеры асбестоцементных коробов

<i>a, мм</i>	<i>b, мм</i>	Площадь сечения, м <sup>2</sup>
150	200	0,03
150	300	0,045
200	200	0,04
200	300	0,06
300	300	0,09
300	400	0,12

## Размеры стандартных вентиляционных решеток

<i>a, мм</i>	<i>b, мм</i>	Площадь живого сечения, м <sup>2</sup>
100	100	0,0087
150	150	0,013
150	200	0,0173
150	250	0,0217
150	300	0,026
200	200	0,0231
200	250	0,0289
200	300	0,0346
250	250	0,0361
250	350	0,0405

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. СП 62.13330.2011\* Газораспределительные системы.  
Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002
2. СП 131.13330.2012 Строительная климатология.  
Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*
3. СП 118.13330.2012\* Общественные здания и сооружения.  
Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009
4. Рожков, А.Н. «Отопление и вентиляция жилого дома». Учебно-методическое пособие / А.Н. Рожков, А.Е. Елховский. - М.: МГУП, 2009. – 31 с.

*Методическое издание*

**Марина Георгиевна Мхитарян**

**Эдуард Евгеньевич Назаркин**

**ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ**

Методические указания

Издается в авторской редакции

Корректурa автора

Отпечатано с оригинала,  
предоставленного автором

Подписано в печать    Формат 60×84 1/16  
Бумага писчая    Гарнитура шрифта «Times New Roman»    Печать  
офсетная  
Печ. л.    Тираж    экз.    Изд. Заказ    Тип заказа

---

Отпечатано в типографии .....