

Министерство образования Российской Федерации  
Восточно-Сибирский государственный  
технологический университет

ВОДЯНОЕ ОТОПЛЕНИЕ ГРАЖДАНСКОГО  
ЗДАНИЯ

Методические указания для выполнения курсового  
проекта по “Системам отопления”  
для студентов специальности 290700  
“Теплогазоснабжение и вентиляция”

Составитель Тюменцев А.Г.

В методических указаниях приведены сведения по проектированию систем отопления с необходимыми справочными данными.

Методические указания рекомендуются кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции и теплотехники для студентов специальности 290700 «Теплогазоснабжение и вентиляция» всех форм обучения для выполнения ими курсового проекта по водяному отоплению гражданского здания.

Методические указания составил кандидат технических наук, доцент Тюменцев А.Г.

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры 13 сентября 1999 г., протокол № 13.

Рецензент – кандидат технических наук, доцент Калашников М.П., заведующий кафедрой «Теплогазоснабжение, вентиляция и теплотехника».

Издательство ВСГТУ  
Улан-Удэ - 1999

### ***Состав курсового проекта***

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

*Расчетно-пояснительная записка должна содержать:*

1. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций здания.
2. Расчет теплопотерь, заполнение ведомости подсчета теплопотерь, определение удельной тепловой характеристики здания на отопление.
3. Выбор системы отопления и параметров теплоносителя.
4. Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления.
5. Расчет нагревательной поверхности отопительных приборов.
6. Расчет и подбор элеватора.
7. Подбор теплосчетчика.
8. Расчет удельных технико-экономических показателей системы отопления.

В расчетно-пояснительную записку подшивается расчетная схема системы отопления.

*Графическая часть (объем два листа) включает:*

1. Планы этажей с нанесением ориентации здания и количества секций в приборах по этажам.
2. План подвала или фундаментов при нижней и верхней разводке.
3. План чердака при верхней разводке.
4. Разрез здания с показанием элементов систем отопления.
5. Аксонометрическая схема системы отопления (пункты 1-5 в М 1: 100).

6. Схема индивидуального теплового пункта (элеваторного узла или узла ввода).

7. Узлы системы отопления (подключение отопительных приборов к стояку и подключение стояка к магистрали).

8. Спецификация системы отопления.

9. Спецификация оборудования теплового пункта.

10. Удельные технико-экономические показатели системы водяного отопления.

11. Ведомость нагревательных приборов.

12. Сводные технико-экономические показатели системы водяного отопления.

13. График падения давления в стояках и магистралях расчетного циркуляционного кольца.

Чертежи должны быть выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ[4].

### ***Исходные данные к курсовому проекту***

Студент получает паспорт типового проекта здания с планами и разрезами здания и описанием строительных конструкций. В бланке здания указывается номер типового проекта, место строительства и параметры теплоносителя во внешней тепловой сети.

### ***Теплотехнический расчет ограждающих конструкций здания***

При выполнении курсового проекта необходимо использовать теплотехнические расчеты, выполненные для рассматриваемого задания в курсовой работе по дисциплине «Строительная теплофизика». Из пояснительной записки к этой курсовой работе необходимо выписать значения коэффициентов теплопередачи наружных ограждающих кон-

струкций: стен, полов, потолков, окон, балконных и входных дверей.

Если задание, выданное студенту по отоплению, не совпадает с ранее выданным ему заданием по строительной теплофизике, то расчет коэффициентов теплопередачи производится по следующей упрощенной методике: определяют  $R_o^{mp}$  по таблице 1б СНиП /1/, затем определяют коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции по формуле:

$$K = \frac{1}{R_o^{mp}}. \quad (1)$$

Толщину утеплителя принимают: для полов 1 этажа – 0,1 м, для потолков – 0,2 м. Толщину наружных стен принимают равной указанной в паспорте здания. Если толщина стен в паспорте не указана, то ее принимают: 0,64 м для кирпичных стен, 0,3 м для трехслойных панелей.

Тип заполнения световых проемов (окон и балконных дверей) и  $R_o$  для них определяют /1, прил. 6/ с учетом требуемого сопротивления теплопередаче заполнений оконных проемов /1, табл. 9/.

Сопротивление теплопередаче  $R_o$  входных дверей лестничных клеток принимаем в размере  $0,6 \cdot R_o^{mp}$  стены здания, определенного по формуле (1) СНиП /1/ при расчетной зимней температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки.

### ***Расчет теплопотерь помещениями здания***

Определение потерь тепла каждым помещением в отдельности производят с учетом основных и добавочных потерь тепла путем суммирования потерь тепла через отдельные наружные ограждающие конструкции, рассчитанных по формуле:

$$Q = KF(t_a - t_n)n \cdot (1 + \Sigma\beta), \quad (2)$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, полученный при выполнении курсовой работы по строительной теплофизике или определенный по формуле (1);  $F$  – расчетная площадь ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>, вычисленная после ее обмера в соответствии с правилами обмера /9, с. 91; 10, с. 35/;  $t_a$  – расчетная температура воздуха внутри помещения, °С, принимается в зависимости от вида здания по соответствующей главе СНиП /3, 16/ или по данным ведомственных строительных норм /5-8/ и санитарных правил /20/;  $t_n$  – температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки, определенная по СНиП /15, табл./ для требуемой обеспеченности в зависимости от вида здания или по параметрам Б для холодного периода года /2, прил. 8/;  $n$  – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху /1, табл. 3/;  $\beta$  – добавочные теплопотери в долях от основных теплопотерь /2, прил. 9/.

Теплопотери неотапливаемых помещений (таких, где не устанавливаются отопительные приборы), имеющие небольшую величину, прибавляют к теплопотерям ближайших отапливаемых помещений. К неотапливаемым помещениям относят помещения первого и последнего этажа, не имеющие наружных стен и теряющие тепло через пол или потолок. Например, в жилых зданиях теплопотери коридоров, уборных и ванных прибавляют к теплопотерям ближайших отапливаемых помещений квартир.

Теплопотери лестничной клетки определяют как для одного помещения, без деления по этажам.

Расчет теплопотерь сводится в таблицу 1, которая заполняется следующим способом.

Графа 1. Поэтажно пронумеровываются помещения здания: для первого этажа – 101, 102 и т.д., для 2 этажа –

201, 202 и т.д., начиная с левого верхнего помещения на плане этажа и далее по часовой стрелке. Лестничные клетки нумеруются заглавными буквами – А, Б и т.д.

Графа 2. Наименование ограждений помещения: НС – наружная стена, Пл – пол, Пт – потолок, Вх.Д. – входная дверь, Б.Д. – балконная дверь, ТО – тройное остекление, ДО – двойное остекление, ОО – одинарное остекление.

Графа 3. Ориентация здания по сторонам света принимается такой же, как в работе по строительной теплофизике или выбирается самостоятельно. В этой графе стороны света обозначаются сокращенно: С – север, Ю – юг, В – восток, З – запад, СВ – северо-восток, ЮЗ – юго-запад и т.д.

Графа 4. Линейные размеры ограждающих конструкций определяются с точностью до 0,1 м согласно правилам обмера /9, с. 91; 10, с. 35/.

Таблица 1

Расчет теплотерь

№ помещения, его наименование и температура воздуха	Наружные ограждения помещения				$(t_e - t_n) \cdot n$ , °С	Коэфф. теплопередачи К Вт/(м <sup>2</sup> °С)
	наименование	ориентация	размеры, м	площадь, м <sup>2</sup>		
1	2	3	4	5	6	7

Продолжение таблицы 1

Добавочные теплотери $\beta$ в долях, учитывающие			Множитель, учитывающий добавочные теплотери $(1 + \sum \beta)$	Теплотери, Вт	
ориентацию ограждения	инфильтрацию	наличие входных наружных дверей		ограждений	помещений
8	9	10	11	12	13

Графа 5. Площадь наружных ограждающих конструкций определяется с точностью до 0,1 м<sup>2</sup>.

Графа 6. Указывается коэффициент  $n$  сомножителем к расчетной разности температур для пола и потолка. Например, при  $t_e = 22$  °С,  $t_n = -37$  °С,  $n = 0,6$  записываем 590,6. Коэффициент  $n = 1$  в эту графу не записывается.

Графа 7. Записывается коэффициент теплопередачи. Для окон и балконных дверей записывается разность коэффициентов теплопередачи для окон и наружных стен.

Графа 8. Добавочные потери тепла на ориентацию по сторонам света /2, прил. 9/ принимаются для наружных стен, дверей, светопроемов, обращенных на север, восток, северо-восток и северо-запад – 0,10, на юго-восток и запад – 0,05, на юг и юго-запад – 0,00.

Графа 9. Добавочные потери тепла на нагревание наружного воздуха, поступающего путем инфильтрации в помещение, следует определять расчетом /2, прил. 10/. При большом числе помещений допускается определить потери тепла на инфильтрацию для одного характерного помещения на этаже, затем определить долю потерь на инфильтрацию от основных теплотерь и подставить это значение в графу 9. Для жилых зданий в курсовом проекте допускается теплотери на инфильтрацию принимать в размере 0,08 от основных для вертикальных поверхностей.

Графа 10. Добавочные потери тепла для наружных дверей, не оборудованных воздушными и воздушно-тепловыми завесами, при высоте здания  $H$  м, принимаются /2, прил. 9/ в размере:  $0,2 \cdot H$  – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;  $0,27 \cdot H$  – для двойных дверей с тамбуром между ними;  $0,34 \cdot H$  – для двойных дверей без тамбура;  $0,22 \cdot H$  – для одинарных дверей.

Графа 11. Множитель, учитывающий добавочные теплотери, определяется по сумме добавочных потерь тепла. Например, добавочные потери тепла составили 0,18 от ос-

новых теплопотерь – множитель 1,18; добавочные теплопотери 1,78 – множитель 2,78.

Графа 12. Перемножают числа в графах 5, 6, 7, 11.

Графа 13. Теплопотери помещения с округлением до 10 Вт определяют путем суммирования теплопотерь через отдельные ограждающие конструкции помещения.

После определения теплопотерь всех помещений в здании определяют теплопотери здания  $Q_{зд}$ , суммируя теплопотери отдельных помещений по графе 13. Расчет теплопотерь можно проводить с помощью ЭВМ, используя опубликованную программу расчета /19, прил. 11/.

Удельная тепловая характеристика здания на отопление определяется по формуле:

$$q_o = \frac{Q_{зд}}{V_n \cdot (t_g^{cp} - t_n) \cdot \alpha}, \quad (3)$$

где  $V_n$  - строительный объем отапливаемой части здания, м<sup>3</sup>;  $t_g^{cp}$  - усредненная расчетная внутренняя температура отапливаемых помещений, °С, для жилых зданий принимается равной температуре воздуха в жилой неугловой комнате, для общественных зданий – температура в преобладающих помещениях /11, табл. 7.1/;  $\alpha$  - поправочный коэффициент на изменение удельной тепловой характеристики в зависимости от местных климатических условий, определяется по формуле:

$$\alpha = 0,54 + \frac{22}{t_g^{cp} - t_n}. \quad (4)$$

Удельная тепловая характеристика не является показателем тепловой эффективности здания, а применяется для определения ориентировочных теплопотерь здания. Имеются таблицы /11, табл. 7, 8/ для определения  $q_o$  в зависимости от объема и назначения здания.

Тепловая эффективность здания характеризуется удельным расходом тепла на его отопление. Удельный рас-

ход тепла на отопление вычисляется по формуле (28) путем деления тепловой нагрузки в Вт на общую площадь здания в м<sup>2</sup>, определяемую в соответствии с требованиями /3, прил. 2/.

### ***Выбор системы отопления и параметров теплоносителя***

В курсовом проекте необходимо спроектировать центральную систему водяного отопления. Источник теплоснабжения – ТЭЦ. Параметры воды во внешней тепловой сети указываются в исходных данных к курсовому проекту.

Вид системы отопления, отопительные приборы, теплоноситель и его параметры выбираются в соответствии с требованиями СНиП /2, прил. 11/ в зависимости от вида здания и помещения, где эта система применяется.

Двухтрубные системы водяного отопления применяются в зданиях высотой до трех этажей при искусственной циркуляции /12/, причем верхняя разводка устраивается при наличии чердака, а нижняя разводка в зданиях с бесчердачным покрытием.

Наибольшее распространение в современных гражданских зданиях получили однотрубные системы отопления, как более индустриальные, гидравлически устойчивые и менее металлоемкие; вертикальные однотрубные системы с верхней разводкой устраивают в зданиях с чердаком или техническим этажом. Вертикальные однотрубные системы с нижней разводкой применяют в зданиях высотой до 12 этажей без технического этажа или чердака и в зданиях с разноэтажными частями /13/. Горизонтальные системы отопления применяют в малоэтажных гражданских зданиях большой протяженности.

Среди однотрубных вертикальных систем отопления наибольшее распространение получили системы с нижней разводкой с П-образными стояками.

Системы отопления следует проектировать тупиковыми. Применение систем с попутным движением должно быть обосновано, так как для них повышается расход труб. Разводку магистральных трубопроводов устраивают пофасадной для возможности регулировки системы отопления.

Необходимо для системы отопления, принятой к расчету, указать регулируемую и запорную арматуру, способ выпуск воздуха из системы, способ опорожнения отдельных стояков и всей системы, способ прокладки труб (в подпольных каналах, под потолком подвала, в техническом подполье, на чердаке), схему движения воды в отопительных приборах.

Отопительные приборы систем водяного отопления жилых и общественных зданий (за исключением расположенных на лестничных клетках, в вестибюлях зданий, переходах и т.п.) должны оснащаться, как правило, автоматическими терморегуляторами (термостатами).

В курсовом проекте принимается непосредственное присоединение системы отопления к тепловой сети с подмешиванием воды из обратного трубопровода элеватором.

### **Гидравлический расчет трубопроводов системы отопления**

Задачей гидравлического расчета трубопроводов системы отопления является выбор таких диаметров трубопроводов для наиболее протяженного и нагруженного циркуляционного кольца системы, по которым при располагаемом перепаде давлений в системе обеспечивается пропуск заданных расходов теплоносителя.

В насосной вертикальной системе при качественном регулировании теплоносителя располагаемый перепад давлений для создания циркуляции воды  $\Delta P_p$  определяется по формуле:

$$\Delta P_p = \Delta P_n + \Delta P_e, \quad (5)$$

где  $\Delta P_n$  – перепад давлений, создаваемый циркуляционным насосом для обеспечения необходимого расхода воды в системе;  $\Delta P_e$  – естественное циркуляционное давление:

$$\Delta P_e = \Delta P_{e.np.} + \Delta P_{e.mp.} \quad (6)$$

Естественное циркуляционное давление, возникающее в расчетном кольце системы вследствие охлаждения воды в трубах  $\Delta P_{e.mp.}$ , в насосных системах с нижней разводкой можно не учитывать.

Естественное циркуляционное давление, возникающее в расчетном кольце системы вследствие охлаждения воды в отопительных приборах  $\Delta P_{e.np.}$ , для вертикальных однотрубных систем при  $N$  приборах в стояке, входящем в расчетное кольцо, определяется по формуле:

$$\Delta P_{e.np.} = \frac{\beta g}{Q_{cm}} (t_z - t_o) \sum (Q_{ni} \cdot h_i), \quad (7)$$

где  $Q_{ni}$  - теплотери  $i$ -го помещения, Вт;  $Q_{cm} = \sum Q_{ni}$  - тепловая нагрузка стояка, Вт;  $\beta$  - среднее приращение плотности воды при понижении температуры воды на 1 °С, кг/(м<sup>3</sup> °С) – табличное значение /10, табл. 10.4/;  $h_i$  - вертикальное расстояние между условными центрами: охлаждения в стояке для  $i$ -го прибора и нагревания (ось элеватора);  $t_z$  – температура горячей воды в системе отопления, °С;  $t_o$  – температура охлажденной воды в системе отопления, °С;  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Перепад давлений, создаваемый циркуляционным насосом  $\Delta P_n$  при зависимом присоединении системы отопления со смешением в элеваторе выбирается исходя из располагаемой разности давлений в наружных подающем и обратном теплопроводах и коэффициента смешения элеватора /10, рис. 10.19/.

В курсовом проекте можно определять  $\Delta P_n$ , Па, по формуле:

$$\Delta P_n = 100 \Sigma \ell, \quad (8)$$

где  $\Sigma_l$  - длина основного циркуляционного кольца системы отопления, м.

В насосных системах отопления допускается не учитывать  $\Delta P_e$ , если оно составляет менее 10% от  $\Delta P_n$ .

Для выполнения гидравлического расчета необходимо вычертить аксонометрическую схему системы отопления и разбить ее на расчетные участки. Расчетным участком является такой участок трубопровода, по которому проходит постоянный расход воды. Границами участков являются тройники и крестовины.

В насосной вертикальной однотрубной системе с тупиковым движением воды за расчетное циркуляционное кольцо принимается кольцо через наиболее нагруженный стояк из удаленных от теплового пункта.

Располагаемое давление определяется только один раз – для расчетного циркуляционного кольца системы отопления. Располагаемым давлением для расчета остальных веток является располагаемое давление для расчетного кольца за вычетом потерь давления в общих участках.

В однотрубных системах водяного отопления потери давления в стояках должны составлять не менее 70% общих потерь давления в циркуляционных кольцах без учета потерь давления в общих участках /2, п. 3.31/. Диаметр трубопроводов, соединяющих элеватор с системой, должен подбираться исходя из удельной потери давления 20-40 Па/м /11/.

При гидравлическом расчете системы отопления можно пользоваться методом удельных потерь давления на трение или методом характеристик.

Гидравлический расчет трубопроводов методом удельных потерь давления на трение начинаем с определения ориентировочного значения  $R_{cp}$ , Па/м, удельной потери давления на трение:

$$R_{cp} = \frac{0,9 \cdot x \cdot \Delta P_p}{\Sigma_l}, \quad (9)$$

где 0,9 – коэффициент, показывающий, что 10% от  $\Delta P_p$  идет в запас на неучтенные потери давления;  $x=0,65$  – доля потерь на трение для систем водяного отопления с искусственной циркуляцией;  $\Sigma_l$  - то же, что в формуле 8.

Расчет сводится в табл. 2, которая заполняется следующим способом.

Графа 1. Однотрубный проточно-регулируемый стояк считается как один расчетный участок. Нумеруются участки как подающей, так и обратной магистрали.

Графа 2. Из таблицы расчета теплотерь на аксонометрической схеме системы отопления в расчетно-пояснительной записке над условным обозначением отопительного прибора проставляется соответствующая тепловая нагрузка. Если в помещении устанавливается несколько отопительных приборов, то теплотери помещения делятся на число приборов. Тепловая нагрузка расчетного участка определяется тепловой нагрузкой приборов, обслуживающих этот участок.

Графа 3. Расход воды на участке  $G$ , кг/ч, определяем по формуле:

$$G = \frac{0,86 \cdot Q}{t_2 - t_o} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \quad (10)$$

где  $Q$  - тепловая нагрузка участка, Вт;  $\beta_1$  - коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины /2, табл. 1 прил. 12; 10, табл. 9.4/;  $\beta_2$  - коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами у наружных ограждений /2, табл. 2 прил. 12; 10, табл. 9.5/.

Графа 4. Длина участка определяется по аксонометрической схеме с точностью до 0,1 м. Затем определяем об-

щую длину трубопроводов расчетного циркуляционного кольца  $\Sigma \ell$  и по формуле (8) определяем перепад давлений, создаваемый циркуляционным насосом  $\Delta P_n$ .

Таблица 2  
Гидравлический расчет трубопроводов

№ участка	Тепловая нагрузка участка $Q$ , Вт	Расход воды на участке $G$ , кг/ч	Длина участка $\ell$ , м	Диаметр трубы $D_u$ , мм	Скорость воды $v$ , м/с	Удельная потеря давления на трение $R$ , Па/м
1	2	3	4	5	6	7

Продолжение таблицы 2

Потеря давления на трение $R \ell$ , Па	Сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке $\Sigma \zeta$	Динамическое давление $P_d$ , Па	Потеря давления в местных сопротивлениях $Z = \Sigma \xi \cdot P_d$ , Па	Суммарная потеря давления на участке $R \cdot \ell + Z$ , Па	Местные сопротивления, коэффициенты местных сопротивлений
8	9	10	11	12	13

Графы 5-7. По таблицам /10, табл. 11.1-11.2 прил. 11/ в зависимости от  $R_{cp}$  и расхода воды  $G$  определяем диаметры трубопроводов  $D_u$ , скорости  $v$  воды и удельные потери давления на трение  $R$ . Следует учитывать, что скорости движения воды в трубопроводах не должны превышать допустимых значений /2, прил. 14/.

Графа 9. К местным сопротивлениям относятся вентили, пробковые краны, трехходовые краны, тройники, отводы и другие фасонные части и арматура. Коэффициенты

местных сопротивлений определяются по таблицам /10, прил. 11 табл. 11.10-11.20/. Значения коэффициентов местных сопротивлений тройников и крестовин относят к тем участкам трубопроводов, по которым проходит разделенный поток, т.е. к участкам с меньшим расходом. В графе 13 условными знаками указываются местные сопротивления на участке и указываются величины коэффициентов местных сопротивлений.

Графа 10. Величина динамического давления определяется по таблице /10, прил. 11 табл. 11.13/ в зависимости от скорости движения воды при  $\Sigma \xi = 1$ .

После определения потерь давления на участке (графа 12) определяется суммарная потеря давления в расчетном циркуляционном кольце, состоящем из  $N$  последовательно соединенных участков,  $\sum_1^N (R\ell + Z)$  и сравнивается с располагаемым перепадом давления. Должно выполняться равенство:

$$\sum_1^N (R\ell + Z) \approx 0,9 \Delta P_p. \quad (11)$$

После определения диаметров трубопроводов расчетного циркуляционного кольца производится гидравлический расчет трубопроводов остальных веток системы отопления и определяется невязка, %, в потерях давления на отдельных ветках по формуле:

$$\frac{\sum_1^N (R_l + Z) - \Sigma (R_l + Z)_{общ.уч.} - \Sigma (R_l + Z)_в}{\sum_1^N (R_l + Z) - \Sigma (R_l + Z)_{общ.уч.}} \cdot 100, \quad (12)$$

где  $\sum_1^N (R_l + Z)$  - суммарная потеря давления в расчетном циркуляционном кольце, Па;  $\Sigma (R_l + Z)_{общ.уч.}$  - потери давления в общих участках, входящих в состав сравниваемых



колец или ветвей системы отопления, Па;  $\Sigma(R_l+Z)v$  - потери давления, Па, в той ветке системы отопления, потери давления в которой сравниваются с потерями давления в расчетном циркуляционном кольце.

Невязка в расчетных потерях давления для систем водяного отопления при тупиковой разводке трубопровода не должна превышать 15% /2, п. 3.33/. Увязка потерь давлений производится за счет изменения диаметров трубопроводов на отдельных участках как подающего, так и обратного трубопроводов. При гидравлическом расчете промежуточных стояков могут применяться составные стояки из труб разного диаметра для увязки потерь давления, при невозможности увязки потерь давления путем изменения диаметра труб стояки диафрагмируют. Диаметр диафрагмы, мм, определяют по формуле:

$$d_{\partial} = 3,54 \left( \frac{G_{cm}^2}{\Delta P_{\partial}} \right)^{0,25}, \quad (13)$$

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

Гидравлическую увязку промежуточных стояков можно осуществлять, устанавливая на этих стояках балансировочные клапаны.

При гидравлическом расчете системы отопления методом характеристик потери давления на участке трубопровода, Па, находим по формуле:

$$\Delta P_{уч} = S \cdot G^2, \quad (14)$$

где  $G$  – расход воды на рассчитываемом участке, кг/ч;  $S$  – характеристика гидравлического сопротивления участка, Па/(кг/ч)<sup>2</sup>, определяемая по формуле:

$$S = A \left( \frac{\lambda}{d_v} l + \Sigma \xi \right), \quad (15)$$

где  $A$  – удельное динамическое давление на участке, Па/(кг/ч)<sup>2</sup> /10, табл. 10.7/;  $d_v$  – внутренний диаметр трубо-

провода участка, м;  $l$  - длина участка, м;  $\frac{\lambda}{d_v}$  - приведенный коэффициент гидравлического трения /10, табл. 10.7/;  $\Sigma \xi$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке.

Для нахождения характеристик сопротивления стояков однотрубных систем отопления можно воспользоваться специальными таблицами /10, табл. 10.19 и 10.20/.

После выполнения гидравлического расчета чертят график падения давления в стояках и магистралях расчетного циркуляционного кольца в осях  $\Delta P$ , Па, и  $l$ , м /10, рис. 10, 23; 14, рис. 7.11 и 7.12/. График позволяет наглядно представить картину падения давления в системе отопления.

Примеры выполнения гидравлических расчетов приведены в справочной /10/ и учебной литературе /9, 13, 14, 17/.

### **Расчет нагревательной поверхности отопительных приборов**

Средняя температура воды в отопительном приборе с тепловой нагрузкой  $Q_p$ , Вт, присоединенном к вертикальному однотрубному стояку в жилых и общественных зданиях, определяется по формуле:

$$t_{cp} = t_2 - \Sigma \Delta t_m - \frac{(\Sigma Q_n + \Sigma Q'_{mp} + \frac{0,5}{\alpha} Q_n) \cdot 3600}{c \cdot G_{cm}}, \quad (16)$$

где  $\Sigma \Delta t_m$  – суммарное понижение температуры воды,  $\oplus C$ , на участках падающей магистрали от начала системы до рассматриваемого стояка /10, с. 45/;  $\Sigma Q_n$  - сумма расчетных тепловых нагрузок приборов, Вт, расположенных по направлению движения воды в стояке до рассматриваемого отопительного прибора;  $\Sigma Q'_{mp}$  – сумма дополнительной теплоотдачи, Вт, труб и приборов до рассматриваемого по-

мещения (для одного открыто проложенного этажестояка принимается в размере 115 Вт);  $\alpha$  – коэффициент затекания воды в отопительный прибор /10, табл. 9.3/;  $G_{ст}$  – расход воды в стояке, кг/ч, определенный по формуле (10);

$c=4187 \frac{Дж}{кг \cdot К}$  удельная массовая теплоемкость воды.

Расчетная плотность теплового потока отопительного прибора  $q_{np}$ , Вт/м<sup>2</sup>, определяется по формуле:

$$Q_{np} = q_{ном} \left( \frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1+h} \cdot \left( \frac{G_{np}}{360} \right)^p, \quad (17)$$

где  $\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_{в}$ , °С – разность между средней температурой воды в приборе и температурой воздуха в помещении;  $n, p$  – экспериментальные числовые показатели, принимаются по таблице /10, табл. 9.2/ в зависимости от типа отопительного прибора, направления движения и расхода теплоносителя;  $G_{np}$  – расход воды через отопительный прибор, кг/ч;  $q_{ном}$  – номинальный тепловой поток прибора, Вт/м<sup>2</sup>, определяется по формуле:

$$q_{ном} = \frac{Q_{ны}}{A}, \quad (18)$$

где  $Q_{ны}$  – номинальный тепловой поток прибора, Вт /10, прил. X табл. X.1/;  $A$  – площадь нагревательной поверхности прибора, м<sup>2</sup> (для чугунного секционного радиатора берется площадь одной секции) /10, прил. X табл. X.1/.

Теплоотдача открыто проложенных в рассматриваемом помещении теплопроводов определяется по формуле:

$$Q_{mp} = q_{6l_6} + q_{2l_2}, \quad (19)$$

где  $q_6$  и  $q_2$  – теплопередача одного метра вертикальных и горизонтальных труб, Вт/м /10, табл. 2.22/, принимается в зависимости от диаметра и  $\Delta t_{cp}$ ;  $l_6, l_2$  – длина вертикальных и горизонтальных труб в пределах помещения, м<sup>2</sup>.

Расчетная площадь отопительного прибора, м<sup>2</sup>, определяется по формуле:

$$A_p = \frac{Q_n - 0,9Q_{mp}}{q_{np}}, \quad (20)$$

где 0,9 – поправочный коэффициент, учитывающий долю теплопередачи открыто проложенных в помещении теплопроводов, полезную для поддержания заданной температуры воздуха в помещении.

Число секций в чугунном радиаторе определяется по формуле:

$$N = \frac{A_p}{A} \cdot \frac{\beta_4}{\beta_3}, \quad (21)$$

где  $A$  – площадь одной секции, м<sup>2</sup>, типа радиатора, принятого к установке в помещении;  $\beta_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении /10, табл. 9.12/;  $\beta_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе.

Для радиаторов типа М-140  $\beta_3$  определяется по формуле:

$$\beta_3 = 0,97 + \frac{0,06}{A_p}. \quad (22)$$

Если расчетное число секций по формуле (21) получается не целое, то к установке принимается ближайшее большее число секций  $N_{уст}$

Результаты расчета заносятся в таблицу 3. Для радиаторов стальных панельных колончатых типоразмер радиатора выбирается непосредственно по значению  $A_p$ , необходимость в графе 15 отпадает, а в графе 14, обозначенной «тип радиатора», пишется подобранный тип радиатора, например, РСВ 1-5. В литературе имеются примеры подбора отопительных приборов /9, с. 163-165/.

Расчет отопительных приборов можно производить с помощью ЭВМ, используя опубликованную программу расчета /9, прил. 4/.

Таблица 3

Расчет отопительных приборов (в одноструйном стояке)

№ прибора по ходу воды	Тепловая нагрузка прибора $Q_{п}, Вт$	Температура воздуха в помещении $t_{в}, °C$	Сумма тепловых нагрузок приборов данного прибора $\Sigma Q_{п}, Вт$	Сумма дополнительной теплоотдачи труб и приборов данного помещения $\Sigma Q'_{тр}, Вт$	Разность температур $\Delta t_{ср}, °C$	Экспериментальный коэффициент поправки	Расчетная плотность теплового потока $g_{пр}, \frac{Вт}{м^2}$		
							п	р	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Продолжение таблицы 3

Теплоотдача 1 м вертикальных труб $q_{в}, Вт/м$	Теплоотдача 1 м горизонтальных труб $q_{г}, Вт/м$	Теплоотдача теплопроводов, открыто проложенных в помещении $Q_{тр}, Вт$	Расчетная площадь отопительного прибора $A_{р}, м^2$	Число секций чугунного радиатора	
				По расчету N	К установке Нуст.
10	11	12	13	14	15

**Расчет и подбор элеватора**

Диаметр горловины водоструйного элеватора,  $d_c$ , см, определяется по формуле:

$$d_c = 1,55 \frac{G_c^{0,5}}{\Delta P_n^{0,25}}, \quad (23)$$

где  $G_c$  – расход воды в системе отопления, определенный по формуле (10) и выраженный в т/ч;  $\Delta P_n$  – насосное циркуляционное давление для системы, определенное по формуле (8) и выраженное в кПа.

По вычисленному значению диаметра горловины подбирают /11, табл. 24.4; 14, табл. 3.1/ номер элеватора имеющего диаметр горловины, ближайший меньший к полученному по формуле (23).

Коэффициент смешения элеватора определяется по формуле:

$$u = \frac{t_1 - t_2}{t_2 - t_o}, \quad (24)$$

где  $t_2$  и  $t_o$  – то же, что в формуле (7);  $t_1$  – температура воды, °С, поступающей из наружного подающего теплопровода в элеватор.

Диаметр сопла элеватора определяется с точностью до 0,1 мм с округлением в меньшую сторону по формуле:

$$d_c = \frac{d_2}{1 + u}. \quad (25)$$

Диаметр сопла следует принимать не менее 3 мм /18/.

Необходимая для действия элеватора разность давлений в наружных теплопроводах при вводе их в здание  $\Delta P_m$ , кПа, определяется по формуле:

$$\Delta P_m = 6,3 \frac{G_1^2}{d_c^4}, \quad (26)$$

где  $d_c$  – диаметр сопла элеватора, см;  $G_l$  - расход высоко-температурной воды, т/ч, определяемый по формуле:

$$G_l = \frac{0,86Q_{3d}}{1000(t_1 - t_o)} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2. \quad (27)$$

### ***Проектирование индивидуального теплового пункта***

ИТП должны быть встроенными в обслуживаемые ими здания и размещаться в отдельных помещениях на первом этаже у наружных стен здания. Допускается размещать ИТП в технических подпольях или в подвалах зданий, при этом помещения ИТП должны отделяться от этих помещений перегородками, предотвращающими доступ посторонних лиц в тепловой пункт. ИТП следует размещать на расстоянии не более 12 м от выхода из здания.

Из встроенных в здания тепловых пунктов должны предусматриваться выходы: при длине помещения теплового пункта 12 м и менее и расположении его на расстоянии менее 12 м от выхода из здания наружу – один выход наружу через коридор или лестничную клетку; при длине помещения теплового пункта 12 м и менее и расположении его на расстоянии более 12 м от выхода из здания – один самостоятельный выход наружу; при длине помещения теплового пункта более 12 м – два выхода, один из которых должен быть непосредственно наружу, второй – через коридор или лестничную клетку.

Двери из теплового пункта должны открываться из помещения теплового пункта от себя.

Высоту помещения ИТП от отметки чистого пола до низа выступающих конструкций перекрытия (в свету) рекомендуется принимать не менее 2,2 м /18/.

При размещении ИТП в подвальных и цокольных помещениях, а также в технических подпольях зданий допус-

кается принимать высоту помещений и свободных проходов к ним не менее 1,8 м.

Предусматривать проемы для естественного освещения тепловых пунктов не требуется.

Для стока воды полы следует проектировать с уклоном 0,01 в сторону трапа или водосборного приемка. Минимальные размеры водосборного приемка должны быть, как правило, в плане не менее 0,5x0,5 м при глубине не менее 0,8 м. Приемок должен быть перекрыт съемной решеткой.

Перед элеватором на подающем трубопроводе рекомендуется предусматривать прямую вставку длиной 0,25 м на фланцах. Диаметр вставки следует принимать равным диаметру трубопровода.

В тепловых пунктах подающий трубопровод следует располагать справа от обратного трубопровода (по ходу теплоносителя в подающем трубопроводе) при прокладке трубопроводов в одном ряду.

В тепловых пунктах не допускается предусматривать пусковые перемычки между подающим и обратным трубопроводами тепловых сетей.

Отопление помещений ИТП не предусматривается, если имеющиеся в них тепловыделения от оборудования и трубопроводов достаточны для обогрева этих помещений.

В тепловых пунктах с расходом теплоты до 2,3 МВт штуцеры для манометров предусматриваются: до запорной арматуры на вводе в тепловой пункт трубопроводов водяных тепловых сетей, до и после грязевиков, фильтров и водомеров.

Тепловые пункты зданий с расчетным расходом теплоты 50 кВт и более должны оснащаться приборами и арматурой, обеспечивающими автоматическое поддержание расчетных параметров теплоносителя для систем отопления и вентиляции зданий /2/.

В тепловом пункте необходимо предусматривать установку приборов контроля параметров теплоносителя и учета расхода теплоты. Если приборы учета расхода теплоты комплектуются самопишущими или показывающими расходомерами, термометрами и манометрами, то предусматривать дублирующие контрольно-измерительные приборы не следует.

### **Расчет удельных технико-экономических показателей системы отопления**

После заполнения спецификации системы отопления, образец которой приведен в приложении 1, необходимо определить удельные технико-экономические показатели системы отопления, заполнив таблицу прил. 2.

Удельный расход тепла на отопление здания определяется по формуле:

$$g_{y\partial} = \frac{Q_{з\partial}}{F_{общ}}, \quad (28)$$

где  $Q_{з\partial}$  – теплотери здания, Вт;  $F_{общ}$  – общая площадь здания  $m^2$ .

Удельный расход трубопроводов определяется по формуле:

$$g_{y\partial} = \frac{\Sigma(g_i \cdot l_i)}{F_{общ}}, \quad (29)$$

где  $g_i$  – масса 1 м трубы  $i$ -го диаметра, берется из спецификации системы отопления, кг/м;  $l_i$  – длина труб  $i$ -го диаметра в здании, м.

Удельная площадь нагрева чугунных радиаторов определяется по формуле:

$$A_{y\partial} = \frac{A \cdot \Sigma N_{y\partial}}{F_{общ}}, \quad (30)$$

где  $A$  – площадь нагревательной поверхности одной секции чугунного секционного радиатора,  $m^2$ ;  $\Sigma N_{y\partial}$  – суммарное число секций чугунных радиаторов, установленных в здании.

Для стальных радиаторов и конвекторов удельная площадь нагрева определяется по формуле:

$$A_{y\partial} = \frac{\Sigma(A_i \cdot N_i)}{F_{общ}}, \quad (31)$$

где  $A_i$  – площадь нагревательной поверхности  $i$ -го типоразмера стального радиатора или конвектора,  $m^2$ ;  $N_i$  – число приборов  $i$ -го типоразмера стального радиатора или конвектора в здании.

Вычисленные по формулам (28-31) удельные показатели заносятся в графу «Данные проекта» прил. 2.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 1  
 Спецификация системы отопления

Удельные технико-экономические показатели системы отопления (на 1 м<sup>2</sup> общей площади здания)

Марка, поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Масса ед., кг	Примечание
1.	ГОСТ 8690-75	Радиатор М-140 АО	<u>59,8</u> 200	8,45	м <sup>2</sup> /секций
2.	ГОСТ 20335-74	Радиатор РСВ 1-1	<u>7,1</u> 10	7,8	м <sup>2</sup> /шт
3.		Радиатор РСВ 1-2	<u>9,5</u> 10	10,3	
4.		Радиатор РСВ 1-3	<u>11,9</u> 10	12,8	
5.		ГОСТ 3262-75	Трубопровод из водогазопроводных труб Ø 15	240	
6.		Ø 20	60	1,66	
7.		Ø 25	10	2,39	
8.		Ø 32	20	3,09	
9.		Ø 40	35	3,84	
10.		Ø 50	40	4,38	
11.	Каталог ЦКБА	Вентиль запорный муфтовый 15 кч 18 п Ø 15	8	0,7	
12.		Кран пробковый муфтовый 11ч6бк Ø 15	8	0,65	
13.	ГОСТ 10944-75	Кран двойной регулировки КРД Ø 15	80	0,4	
14.	СТД 7073Б	Кран для выпуска воздуха	20	0,014	
15.		Тепловая изоляция	3,5		м <sup>3</sup>

Наименование показателя	Единица измерения	Данные проекта
Удельный расход тепла на отопление здания	$\frac{Вт}{м^2}$	
Удельный расход трубопроводов	кг/м <sup>2</sup>	
Удельная площадь нагрева отопительных приборов	м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	

ПРИЛОЖЕНИЕ 3  
 Ведомость нагревательных приборов

	Количество секций в приборе								
	2	3	4	5	6	7	8	9	
Количество приборов	2	8	10	4	6	5	5	5	
Итого							секций		244
							м <sup>2</sup>		48,8

Список использованной литературы

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Сводные технико-экономические показатели  
системы отопления

Наименование показателя	Обозначение	Единица измерения	Данные проекта
Объем здания по внешнему обмеру	$V_n$	$m^3$	
Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления	$t_n$	$^{\circ}C$	
Расчетные теплотери здания	$Q_{зд}$	$Вт$	
Удельная тепловая характеристика	$q_o$	$Вт/м^3 \cdot ^{\circ}C$	
Расчетная температура горячей воды в системе отопления	$t_2$	$^{\circ}C$	
Расчетная температура обратной воды после системы отопления	$t_o$	$^{\circ}C$	
Расчетная температура сетевой воды	$t_1$	$^{\circ}C$	
Коэффициент смешения	$u$	-	
Расход теплоносителя в системе отопления	$G_c$	$\frac{m}{ч}$	
Расход воды из внешней тепловой сети	$G_1$	$\frac{m}{ч}$	
Расчетные потери давления в системе отопления	$\Delta P_c$	$Па$	

1. СНиП II-3-79\*. Строительная теплотехника / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1995. – 29 с.
2. СНИП 2.04.05-91\* Отопление, вентиляция и кондиционирование / Минстрой России. – ГП ЦПП, 1994. – 66 с.
3. СНИП 2.08.01-89. Жилые здания / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 16 с.
4. ГОСТ 21.602-79. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Рабочие чертежи / Госстрой СССР. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 16 с.
5. Культурно-зрелищные учреждения. Нормы проектирования: ВСН 45-86 / Госгражданстрой. – М.: Стройиздат, 1988. – 85 с.
6. Предприятия розничной торговли. Нормы проектирования: ВСН 54-87 / Госгражданстрой. – М.: Прейскурантиздат, 1988. – 56 с.
7. Профессионально-технические, средние специальные и высшие учебные заведения. Нормы проектирования: ВСН 51-86 / Госгражданстрой. – М.: Стройиздат, 1988. – 48 с.
8. Общеобразовательные школы и школы интернаты. Нормы проектирования: ВСН 50-86 / Госгражданстрой. – М.: Прейскурантиздат, 1988. – 48 с.
9. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление: Учеб. для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.
10. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 1: Отопление/В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканава и др.; Под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. – 4-е перераб. и доп. изд. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с. (Справочник проектировщика).
11. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию / И.В. Беляйкина, В.П. Витальев, Н.К. Гро-

- мов; Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376 с.
12. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий: Проектирование: Справочник/Г.В. Русланов, М.Я. Розкин, Э.Л. Ямпольский. – Киев: Будивельник, 1983.– 272 с.
  13. Ткачук А.Я. Проектирование систем водяного отопления: Учеб. пособие. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 192 с.
  14. Андреевский А.К. Отопление: Учеб. пособие для вузов/ Под ред. М.И. Крупана; 2-е перераб. и доп. изд. – М.: Выш. шк., 1982. – 364 с.
  15. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика / Минстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1997. - 140 с.
  16. СНиП 2.08.02-89. Общественные здания и сооружения / Госстрой СССР.– М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.–40 с.
  17. Андреевский А.К., Курпан М.И. Курсовое проектирование по отоплению и вентиляции гражданских и промышленных зданий: Учеб. пособие для вузов. – М.: Выш. шк., 1979. – 174 с.
  18. Проектирование тепловых пунктов. СП 41-101-95. – М.: Минстрой России, 1997. – 78 с.
  19. Сборник задач по расчету систем кондиционирования микроклимата зданий: Учеб. пособие / Под ред. Э.В. Сазонова. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1988. – 296 с.
  20. СанПиН 2.3.5.021-94. Санитарные правила для предприятий продовольственной торговли. – М.: Изд-во Ось-89, 1998. – 48 с.



ВОДЯНОЕ ОТОПЛЕНИЕ ГРАЖДАНСКОГО  
ЗДАНИЯ

Методические указания для выполнения курсового проекта  
по «Системам отопления» для студентов специальности  
290700 «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Составитель Тюменцев А.Г.

3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25  
26 27 28 29 30 31 32

Подписано в печать 21.10.1999 г. Формат 60x84 1/ 16.  
Усл.п.л. 1,2, уч.-изд.л. 1,86. Тираж 60 экз. С. 131.

---

Издательство ВСГТУ. г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40, а.

© ВСГТУ, 1999 г.