

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства  
Кафедра «Санитарно-технических системы»

Утверждено на заседании кафедры  
«Санитарно-технических систем»  
«20» января 2023 г., протокол №5

Заведующий кафедрой



Р.А. Ковалев

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению курсового проекта**  
**по дисциплине (модулю)**  
**«Отопление»**

**основной профессиональной образовательной программы**  
**высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки  
**08.03.01 – "Строительство"**

с направленностью (профилем)  
**"Теплогазоснабжение и вентиляция"**

Форма(ы) обучения: *очная, очно-заочная*

Идентификационный номер образовательной программы: 080301-06-23

Тула 2023год

## Разработчик методических указаний

Вялкова Н.С. доцент, к.т.н.  
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



---

(подпись)

## Содержание

1. Введение	3
2. Цель и задачи выполнения курсового проекта	3
3. Основные требования к курсовому проекту	3
4. Методические указания по выполнению курсового проекта	5
4.1. План построения и содержание разделов пояснительной записки	5
4.2. Методические указания по выполнению отдельных разделов курсового проекта	6
4.2.1. Введение	6
4.2.2. Расчетные параметры наружного воздуха	6
4.2.3. Расчетные параметры внутреннего воздуха	6
4.2.4. Теплотехнические характеристики наружных ограждений	6
4.2.5. Тепловой баланс помещений	6
4.2.6. Выбор и конструирование (компоновка) системы отопления	11
4.2.7. Конструирование системы отопления и местного теплового пункта	11
4.2.8. Гидравлический расчет системы отопления	12
4.2.9. Расчет нагревательной поверхности отопительных приборов	17
4.2.10. Подбор вспомогательного оборудования местного теплового пункта	20
Литература	35

## **1. ВВЕДЕНИЕ**

Установки для отопления отдельных помещений, зданий и целых комплексов играют в современной жизни человека огромную роль, так как они предназначены для улучшения его санитарно-гигиенических, культурно-бытовых и экономических условий.

Перед специалистами стоят серьезные задачи по созданию экономичных систем, обеспечивающих в помещениях искусственный микроклимат.

Для успешного выполнения курсового проекта студенту необходимо использовать рекомендуемую литературу и консультации преподавателя.

## **2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Выполнение курсового проекта - важный этап в учебном процессе при подготовке строителя. Цель проекта - закрепить, углубить и обобщить теоретические знания, полученные студентом на лекциях, лабораторных занятиях по курсу "Отопление" (направление подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль подготовки «Теплогоснабжение и вентиляция»), приобрести первый опыт самостоятельного решения технических и экономических вопросов, возникающих при проектировании систем отопления зданий, сооружений.

Во время выполнения курсового проекта студент дополнительно изучает действующую нормативную, а также другую отечественную и зарубежную техническую литературу с целью использования в работе последних достижений науки и техники. В результате студент должен получить навыки самостоятельного конструирования и расчета систем отопления, научиться свободно и правильно разбираться в проектах отопления, приобрести знания по монтажу и эксплуатации данных систем с учетом экономного расхода материалов и тепловой энергии.

## **3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ**

### **3.1. Тематика**

Объектами курсового проекта могут быть здания объемом до 10 тыс. м<sup>3</sup> следующего назначения: многоэтажные гостиницы, общежития, жилые дома с встроенными магазинами, клубами, кинотеатрами и т.д.

### **3.2. Исходные данные к курсовому проекту**

Студенту выдаются строительный план и разрез здания с указанием ориентации по странам света. В задании на курсовой проект указываются назначение, этажность и географическое положение здания, наличие технического этажа, подвала, источник теплоснабжения, параметры теплоносителя и схема присоединения системы отопления к тепловой сети.

### **3.3. Задание на курсовой проект**

Студент обязан рассчитывать мощность системы, на основании действующих норм и технико-экономических соображений сконструировать систему отопления и выполнить необходимые расчеты, подобрать оборудование. На всех этапах проектирования необходимо обеспечивать уменьшение расхода тепловой и электрической энергии без нарушения комфортных условий в помещениях, использовать при конструировании

унифицированные узлы и детали с целью уменьшения металлоемкости и трудозатрат при монтаже.

### 3.4. Объем курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка выполняется на листах формата А 4, должна быть краткой (30-35 стр.) и содержать обоснование принятых решений.

Графическая часть работы выполняется в соответствии с требованиями ЕКСД и стандарта [9-11] на 2-х листах формата А1 и должна содержать необходимые планы здания с нанесением отопительного оборудования и трубопроводов, аксонометрическую схему системы отопления, отдельные узлы и детали, схему (по заданию) и спецификацию оборудования местного теплового пункта.

### 3.5. Трудоемкость курсового проекта

Начало проектирования и срок защиты законченного курсового проекта устанавливаются планом выполнения графических работ студентами института и указываются в задании. В этот период студент обязан регулярно посещать проводимые руководителем работы консультации и самостоятельно решить весь комплекс вопросов проектирования с необходимым технико-экономическим обоснованием. Руководитель проекта оценивает принятые студентом решения, объясняет допущенные ошибки, утверждает правильные решения, дает необходимые указания, проводит аттестации.

Примерная трудоемкость выполнения разделов проекта приведена в табл. 1.

Таблица 1 - Примерная трудоемкость выполнения разделов курсового проекта

№ п/п	Содержание работы	Трудоемкость, %,
1	Ознакомление с заданием, подбор нормативной и справочной литературы, определение расчетных параметров наружного и внутреннего воздуха	5
2	Составление теплового баланса помещений.	15
3	Выбор и конструирование (компоновка) системы отопления, вычерчивание планов с нанесением отопительного оборудования и аксонометрической схемы	15
4	Гидравлический расчет трубопроводов главного циркуляционного кольца системы отопления	30
5	Тепловой расчет отопительных приборов	20
6	Подбор оборудования системы отопления	15
Всего:		100

### 3.6. Защита курсового проекта

Законченный и подписанный студентом проект не позже, чем за два дня до защиты сдается на кафедру, проверяется и подписывается руководителем, рецензируется другим преподавателем. После защиты студентом основных положений комиссия кафедры определяет качество и дает оценку работе.

#### **4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.**

##### **4.1. План построения и содержания разделов пояснительной записки**

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

1. Введение.
2. Расчетные параметры наружного воздуха.
3. Расчетные параметры внутреннего воздуха в помещениях.
4. Теплотехнические характеристики наружных ограждений.
5. Тепловой баланс помещений, определение мощности системы отопления.
6. Выбор вида и параметров теплоносителя, схемы системы отопления, вида отопительных приборов.
7. Конструирование (компоновка) системы отопления и местного теплового пункта.
8. Гидравлический расчет системы отопления.
9. Расчет площади нагревательной поверхности отопительных приборов.
10. Подбор вспомогательного оборудования местного теплового пункта.
11. Краткие указания по эксплуатации системы отопления.
12. Заключение.

##### **4.2. Методические указания по выполнению отдельных разделов курсового проекта**

4.2.1. Во “Введении” необходимо кратко описать назначение отопительных установок и требования к ним, их значение в решении программы капитального строительства и эксплуатации действующего жилого, общественного и промышленного фондов, отметить задачи по экономии топливно-энергетических ресурсов, снижению металлоемкости. Необходимо дать краткую характеристику проектируемому зданию и наружным ограждениям.

4.2.2. Расчетные параметры наружного воздуха принимаются по нормам [1,5-7].  
Параметры Б – для систем отопления.

4.2.3. Расчетные параметры внутреннего воздуха помещений принимаются в зависимости от назначения здания и помещений по соответствующим главам [5-8].

4.2.4. Теплотехнические характеристики наружных ограждений принимаются в соответствии с [2].

4.2.5. Тепловой баланс помещений для расчетного зимнего периода:

$$Q = Q_1 + (Q_{\text{и}} \text{ или } Q_{\text{в}}) - Q_{\text{Б}} , \quad (1)$$

где  $Q$  – суммарные потери теплоты помещениями здания, Вт;

$Q_1$  – основные и добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции помещений, Вт;

$Q_{и}$  – расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции помещений, Вт;

$Q_{в}$  – расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, Вт;

$Q_{б}$  – бытовые теплопоступления в помещениях здания, Вт.

Основные и добавочные потери теплоты следует определять, суммируя потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции  $Q$ , Вт, с округлением до 10 Вт для помещений по формуле

$$Q_1 = A_i \cdot K_i \cdot (t_{в} - t_{нп}) \cdot n \cdot (1 + \sum \beta), \quad (2)$$

где  $A_i$  – расчетная площадь  $i$ -ой ограждающей конструкции,  $m^2$ ;

$K_i$  – коэффициент теплопередачи  $i$ -ой ограждающей конструкции,  $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$ ;

$t_{в}$  – расчетная температура внутреннего воздуха помещения,  $^\circ C$ ;

$t_{нп}$  – расчетная температура воздуха для проектирования системы отопления,  $^\circ C$ ;

$n$  – коэффициент учёта положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху, определяемый по [2];

$\beta$  – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь, определяемые по [2,13].

Теплообмен через внутренние ограждающие конструкции помещений необходимо учитывать при разности расчетных температур внутреннего воздуха этих помещений более  $3^\circ C$ .

Результаты расчёта основных и добавочных потерь теплоты через ограждающие конструкции отдельных помещений сводят в табл. 2.

Таблица 2- Основные и добавочные потери теплоты

№ помещения	Наименование помещения и температура внутреннего воздуха, $t_{в}, ^\circ C$	Ограждение					Расчетная разность температур, $(t_{в}-t_{н.п.}) \cdot n, ^\circ C$
		Обозначение	Ориентация	Размеры мхм	Площадь, $A, m^2$	Коэффициент теплопередачи, $1/R_o, Вт/м^2 \cdot ^\circ C$	
1	2	3	4	5	6	7	8

окончание табл. 2

Потери теплоты			Множитель доба- вок, $(1+\Sigma\beta)$	Суммарные поте- ри теплоты, $Q_1=Q'(1+\Sigma\beta)$ , Вт	Приме- чания
Основные $Q'$ ,Вт	Добавочные				
	на ориента- цию	Другие			
9	10	11	12	13	14
Итого:					

Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха через ограждающие конструкции помещений, Вт, следует определять по формуле:

$$Q_{и}=0,28cK(t_{в}-t_{нп}) G_{inf} A_o \quad (3)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг °С);

$k$  – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, определяемый по [2,13];

$t_{в}$  – расчётная температура внутреннего воздуха помещения, °С;

$t_{нп}$  – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92;

$A_o$  – расчётная площадь окон (балконных дверей), м<sup>2</sup>;

$G_{inf}$  – удельный расход воздуха через окно или балконную дверь, кг/(м<sup>2</sup> ч), определяется согласно [2,3,13].

Результаты расчёта расхода теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха сводят в табл. 3.

Таблица 3- Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха

Номер помещения	Температура внутреннего воздуха, $t_{в}$ , °С	Разность температур $(t_{в}-t_{нп})$ , °С	$0,28 \times c \times K$	Удельный расход воздуха через окно или балконную дверь, $G_{inf}$ , кг/(м <sup>2</sup> ×ч)	Площадь окон (балконных дверей) в помещении, $A_o$ , м <sup>2</sup>	$Q_{и}$ , Вт
1	2	3	4	5	6	7

*Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, Вт;*

$$Q_{в} = 0,28 L_n \rho c (t_{в} - t_{нп})k, \quad (4)$$

где  $L_n$  - расход удаляемого воздуха, м<sup>3</sup>/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом;

$\rho$  - плотность воздуха в помещении, кг/м<sup>3</sup>.

Расход теплоты  $Q_{в}$  в зданиях со сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией будет отсутствовать. В детских садах, расположенных во всех климатических районах, за исключением 1А, 1В, 1Г подрайонов, проектируется только вытяжная вентиляция. Поэтому расход удаляемого воздуха следует определять как  $L_n = m \times V$ , где  $m$  - кратность воздухообмена, 1/ч, [2,4,13] (при выполнении курсового проекта допускается использование кратностей воздухообмена);  $V$  -объем помещения, м<sup>3</sup>.

Расчеты сводятся в табл. 4.

Таблица 4- Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом (или при дисбалансе между вытяжкой и приточной вентиляцией)

Номер помещения и	Объем помещения,	Кратность воздухообмена,	$L_n$ , М <sup>3</sup> /ч	$Q_{в}=0,28cL_n\rho(t_{в}-t_{нп})$
-------------------	------------------	--------------------------	---------------------------	------------------------------------



				Q <sub>I</sub>				Q <sub>II</sub>		Q <sub>..</sub>			Q <sub>B</sub>	ΣQ <sub>зд</sub>
--	--	--	--	----------------	--	--	--	-----------------	--	-----------------	--	--	----------------	------------------

*Примечание.* Основные и добавочные потери теплоты помещения лестничной клетки, рассчитанные сразу по всей высоте, условно записывают в графу первого этажа, а также расход теплоты на нагрев инфильтрующегося воздуха через закрытую наружную дверь и окна.

Теплотехническая оценка архитектурно-планировочного решения и теплозащитных свойств здания и его сравнения с ранее построенными зданиями производится путем вычисления удельной тепловой характеристики Вт/(м<sup>2</sup>×К) на отопление по формуле

$$q = Q_{зд}/V \times (t_b - t_{нп}) \times a \quad (7)$$

где V-объем отапливаемой части здания по внешнему обмеру, м<sup>3</sup>;

t<sub>б</sub>- расчетная температура внутреннего воздуха в характерном помещении проектируемого здания, °С;

a - коэффициент, учитывающий изменение удельной тепловой характеристики при отклонении фактической расчетной разности температур от 48 °С, при которой в справочной литературе приведены значения "q<sub>т</sub>" в зависимости от объема и назначения здания; коэффициент "а" вычисляют по формуле

$$a = 0,54 + 22/(t_b - t_{нп}) \quad (8)$$

Некоторые значения q<sub>т</sub> приведены в табл. 7.

Таблица 7- Удельные тепловые характеристики здания на отопление (q<sub>т</sub>, Вт/м<sup>3</sup>×К)

Объем здания тыс. м <sup>3</sup>	Наименование здания							
	жилые здания, общежития, гостиницы	административные здания	школы и вузы	детские сады, ясли	клубы	кино - театры	универ – маги	столовые
До 3	0,49	-	-	-	-	-	-	-
До 5	0,44	0,50	0,45	0,44	0,43	0,42	0,44	0,41
До 10	0,38	0,44	0,41	0,39	0,38	0,37	0,38	0,38
До 15	0,36	0,41	0,38		0,35	0,35	0,36	0,35
Более 15		0,37						

При значительном отклонении q от q<sub>т</sub> необходимо внести коррективы в составление теплового баланса здания.

#### 4.2.6 Выбор и конструирование (компоновка) системы отопления.

При выборе вида и параметров теплоносителя, схемы системы отопления и способа циркуляции, вида отопительных приборов необходимо руководствоваться [4,9-10,13].

Расчетная температура воды в подающих магистралях системы отопления ограничивается санитарно-гигиеническими и технологическими требованиями. Для ее получения систему присоединяют к тепловой сети с повышенной температурой воды с помощью элеватора или других подмешивающих насосов (зависимое присоединение) или независимо с установкой водо-водяного подогревателя. Расчетную температуру воды в обратной магистрали принимают равной 70 °С хотя целесообразно обосновать ее технико-экономическим расчетом.

Место прокладки подающих магистралей зависит от архитектурно-строительного решения здания. Верхняя разводка применяется при наличии в здании чердака или технического этажа, а при его отсутствии - нижняя разводка; в одноэтажных зданиях, а также в многоэтажных зданиях при наличии в пределах этажа помещений большой протяженности рекомендуется применять горизонтальные системы - системы с поэтажной разводкой.

По конструкции стояков или горизонтальных ветвей и схем питания приборов системы отопления могут быть двухтрубными, однотрубными и бифилярными.

В случае установки термостатов на подводках к отопительным приборам в здании проектируется двухтрубная система отопления.

#### 4.2.7. Конструирование системы отопления и местного теплового пункта.

Конструирование системы отопления ведут в следующей последовательности:

а) размещают на планах отопительные приборы, стояки, оборудование теплового пункта и магистрали с делением системы на ветви для осуществления пофасадного регулирования;

б) назначают уклон трубопроводов для обеспечения движения, сбора и удаления воздуха, а также спуска воды при ремонте;

в) решают вопросы о компенсации температурных удлинений и тепловой изоляции трубопроводов;

г) размещают запорную и регулирующую арматуру;

д) вычерчивают аксонометрическую схему системы в масштабе 1:100 с учетом эскизной проработки размещения элементов системы на разрезах здания.

Стояки наносятся на планы и нумеруются, начиная из левого верхнего угла здания по часовой стрелке: в однотрубных системах с верхней разводкой и в двухтрубных системах - одной цифрой (Ст. 1., Ст. 2), в однотрубной системе с нижней разводкой - отдельно подъемную (Ст.1 или Ст.1А) и опускную (Ст. 1' или Ст.1Б) части стояка.

Для уменьшения металлоемкости системы отопления индивидуальный тепловой пункт (ИТП) следует размещать в центре здания, выделив для него в зависимости от архитектурно-строительного решения здания, отдельное помещение в подвале, техническом подполье или первом этаже.

К МТП присоединяют системы отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, технологические теплоиспользующие установки одного здания или его части, например, блок-секции многоэтажного дома.

Размеры помещения МТП зависят от схемы присоединения различных потребителей тепловой энергии, габаритов подобранного в результате расчета оборудования с учетом требуемых для безопасной и удобной эксплуатации проходов. Компонировка оборудования МТП должна обеспечивать также минимальную протяженность трубопрово-

дов. Разрешается предположить, что к МТП здания присоединяется только система отопления.

Необходимый материал по конструированию и устройству систем водяного отопления и местного теплового пункта приведен в [4,9-10,13].

#### 4.2.8. Гидравлический расчет системы отопления.

Целью гидравлического расчета является подбор таких диаметров участков циркуляционного кольца, которые обеспечат пропуск расчетного количества воды, при этом потери давления на преодоление сопротивлений должны быть на 10 % меньше располагаемого перепада давлений ( $\Delta P_p$ ).

Перед выполнением гидравлического расчета необходимо выполнить тепловое нагружение аксонометрической схемы, для чего на приборы наносятся значения тепловых нагрузок, равных расчетным недостаткам теплоты в соответствующих помещениях из табл. 6, а затем суммируют их по стоякам и отдельным ветвям. Тепловая нагрузка головного участка системы отопления должна быть равна суммарным недостаткам теплоты в здании.

Далее выявляется главное циркуляционное кольцо системы через ветвь с максимальной тепловой нагрузкой, обычно самое протяженное, в котором располагаемое циркуляционное давление на 1 м длины трубопровода оказывается наименьшим:

$$\Delta P_{yo} = \Delta P_p / \sum l_{эл.к} , \quad (9)$$

В однотрубных тупиковых системах это кольцо по самому протяженному и теплонагруженному направлению через последний стояк, в двухтрубных системах - через прибор первого этажа последнего стояка. В системах с попутным движением теплоносителя в качестве главного принимают кольцо, проходящее через средний, наиболее нагруженный стояк.

Располагаемый перепад давлений (циркуляционное давление) определяется в зависимости от вида циркуляции воды, способа присоединения системы отопления к тепловой сети, схемы системы, размеров в плане и высоты здания, параметров теплоносителя. При насосной циркуляции эта величина определяется по формуле

$$\Delta P_p = \Delta P_n + \Delta P_e = \Delta P_n + \Delta P_{пр} + \Delta P_{тр} , \quad (10)$$

где  $\Delta P_n$  - перепад давлений, создаваемый циркуляционным насосом, Па;  
 $\Delta P_e$  - естественное (гравитационное) циркуляционное давление Па, возникающее из-за остывания воды в отопительных приборах ( $\Delta P_{пр}$ ) и трубопроводах ( $\Delta P_{тр}$ ).

Для определения гравитационного давления при расчете насосных систем можно воспользоваться упрощенной зависимостью.

$$\Delta P_e = \beta h_o (t_r - t_o) g , \quad (11)$$

где  $\beta$  - коэффициент для перехода от плотности к температуре, кг/(м<sup>3</sup> × °C);  
если принять линейную зависимость между ними, то при  $t_r = 95$  °C и  $t_o = 70$  °C  $\beta = (\rho_{70} - \rho_{95}) / \Delta t = 15,91/25 = 0,64$  кг/(м<sup>3</sup> × °C), а при  $t_r = 105$  °C и  $t_o = 70$  °C  $\beta = 0,65$  кг/(м<sup>3</sup> × °C);

$\rho$  - плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$h_o$  - усредненная величина расположения центра охлаждения воды в однотрубном стояке над центром теплового ввода, м,  $h_o = \sum Q_i h_i / \sum Q_i$ ;  $Q_i$  - тепловая нагрузка на этаже рассчитываемого стояка, Вт;  $h_i$  - высота расположения центра приборов этажа

над центром теплового ввода, м, в двухтрубных системах и в бифилярных горизонтальных ветвях в формуле (11)  $h_o=h_i$ ;  $t_r, t_o$  - расчетные температуры воды в проектируемой системе;  $g$  - ускорение свободного падения,  $м/с^2$ .

Перепад давлений, создаваемый насосом, следует принимать:

а) при непосредственном присоединении системы отопления к тепловой сети без подмешивания воды из обратного трубопровода - не более разности давлений в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети на вводе в здание;

б) при непосредственном присоединении системы отопления к тепловой сети с подмешиванием воды из обратного трубопровода: насосом – в зависимости от места его установки; элеватором (водоструйным насосом) - равным перепаду давлений после элеватора, определяемому по прил. 1 в зависимости от перепада давлений в тепловой сети в точках врезки (по заданию на проектирование) и коэффициента смешения элеватора

$U = \frac{T_1 - t_e}{t_e - t_o}$ , где  $T_1$  - расчетная температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети, ( по заданию);

в) при независимом присоединении системы отопления к трубопроводам тепловой сети, а также для систем, которые в перспективе не предполагается присоединять к тепловой сети - по расчету, учитывая требования гидравлической и тепловой устойчивости системы (возможность увязки потерь давления в параллельных участках и кольцах), располагаемое циркуляционное давление (возможность подбора, например, бесфундаментного малошумного насоса) и бесшумность работы; скорости движения воды не должны превышать допустимых значений [4].

#### 4.2.8.1 Методика расчета трубопроводов системы отопления с постоянными перепадами температур воды в стояках по удельным потерям давления при зависимом присоединении к тепловой сети.

Рассмотрим методику расчета на примере упрощенной однетрубной системы с верхней разводкой (рис.1). В двухтрубной системе на стояке будет несколько расчетных участков. Схема вычерчена без масштаба, отопительные приборы условно не нанесены, арматура показана только в тепловом пункте.

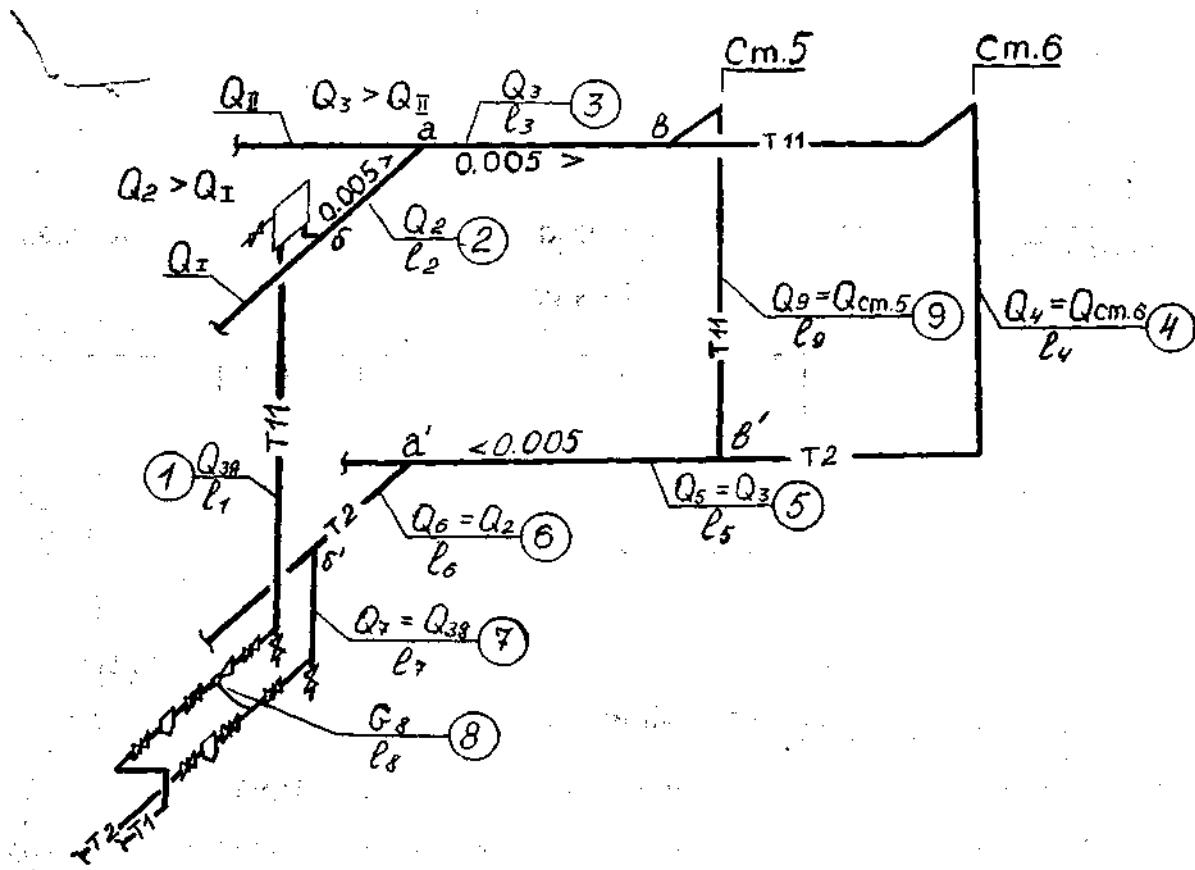


Рис. 1. Схема главного циркуляционного кольца однотрубной системы отопления с верхней разводкой

Расчет выполняют в следующей последовательности и сводят табл. 8:

1. По формуле (10) с учетом формулы (11) и прил.1 определяют располагаемый перепад давлений ( $\Delta P_p$ ).

2. Из предположения о равномерном законе падения давления на участках ( $R_1=R_2=\dots=R_n$ ) определяют среднее (ориентировочное) значение удельных потерь давления вследствие трения о стенки трубы на участках главного циркуляционного кольца:

$$R_{cp} = \frac{0,9\beta\Delta P_p}{\sum \lambda_{г.л.кол}}, \quad (12)$$

где 0,9 – коэффициент, введенный с учетом требования, чтобы фактические потери давления были на 10 % меньше располагаемого перепада давлений;

$\beta$  - коэффициент, учитывающий долю потерь давления на преодоление сопротивлений трения от общего располагаемого перепада давлений в системе:

$\beta=0,5$  – для систем с естественной циркуляцией,  $\beta=0,65$  - для систем с искусственной циркуляцией;  $\sum \lambda_{г.л.кол}$  - сумма длин участков главного циркуляционного кольца, в схеме рис. 1, это участки 1-8.

3. Определяют расход воды ( $G$ , кг/ч) на участках по формуле

$$G = \frac{3,6Q_{уч}}{C(t_z - t_o)} \beta_1 \beta_2, \quad (13)$$

где  $C$  – теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг×К);

$\beta_1$  - коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины [4,13];

$\beta_2$  – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами у наружных ограждений [4,13].

Расход воды на участке 8 определяется по формуле

$$G_8 = G_{T.C} \times U = \frac{3,6Q_{зо} \beta_1 \beta_2}{C(T - t_o)} \times U, \quad (14)$$

где  $G_{T.C}$  – расход воды из тепловой сети, кг/ч.

4. По  $R_{cp}$  и  $\vartheta$ , пользуясь [13] подбирают диаметры трубопроводов участков таким образом, чтобы фактическое значение минимально отличалось от  $R_{cp}$ , а скорость движения воды  $\vartheta$  не превышала допустимого значения. При подборе диаметров необходимо также стремиться к тому, чтобы скорость движения воды плавно снижалась по мере уменьшения тепловых нагрузок и наоборот, а потери давления в последнем стояке составляли не менее 70 % от общих потерь в циркуляционном кольце без учета общих участков.

5. Потери давления на трение на участке определяют умножением  $R$  на  $\lambda$ .

6. По значению скорости  $\vartheta$ , пользуясь [13], находят потери давления на местные сопротивления  $Z$ .

7. По аксонометрической схеме и [13] находят коэффициенты местных сопротивлений участков (заполняют табл. 9). Местное сопротивление на границе двух участков относят к участку с меньшим расходом. Если в местном сопротивлении поток на своем пути резко меняет сечение, то потери давления рассчитываются при динамическом давлении в меньшем сечении. При использовании в расчетах приведенных коэффициентов местных сопротивлений ( $\zeta_{пр}$ ) из общей длины стояка необходимо вычесть длину этажестояков.

8. Потери давления в местных сопротивлениях участка рассчитываются по формуле  $z = \Sigma \zeta \times P_{\vartheta}$ .

9. Определяют потери давления на участке  $(R\lambda + z)$ , Па.

Гидравлический расчет главного циркуляционного кольца считается законченным, когда запас перепада давлений составит

$$\beta = \frac{\Delta P - \sum_1^8 (R\lambda + z)}{\Delta P_p} \times 100\% \approx 10\%, \quad (15)$$

Запас перепада давлений необходим для преодоления неучтенных в расчете гидравлических сопротивлений.

Таблица 8- Гидравлический расчет системы отопления

Номер уч-ка	Q, Вт	G, кг/ч	$\lambda$ , м	d, мм	R, Па/м	$\vartheta$ , м/с	$R\lambda$ , Па	$P_{\vartheta}$ , Па	$\Sigma \zeta$	Z, <i>Ме- сто</i>	$(R\lambda + z)$ , Па
----------------	----------	------------	------------------	----------	------------	----------------------	--------------------	-------------------------	----------------	--------------------------	--------------------------

										для фор- му- лы. П а	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	$Q_{зд}$	$G_1$	$\lambda_1$	$d_1$	$R_1$	$\vartheta_1$	$R\lambda_1$	$P_{\vartheta 1}$	$\Sigma \zeta_1$	$Z_1$	$(R\lambda + Z)_1$
...											
7	$Q_{зд}$	$G_7$	$\lambda_7$	$d_7$	$R_7$	$\vartheta_7$	$R\lambda_7$	$P_{\vartheta 7}$	$\Sigma \zeta_7$	$Z_7$	$(R\lambda + Z)_7$
8	-	$G_8$	$\lambda_8$	$d_8$	$R_8$	$\vartheta_8$	$R\lambda_8$	$P_{\vartheta 8}$	$\Sigma \zeta_8$	$Z_8$	$(R\lambda + Z)_8$

$$\Sigma_1^8(R\lambda + Z)$$

Таблица 9- Местные сопротивления участков

№ участка	Наименование местного сопротивления	$\zeta$
1	2	3
1		
		$\Sigma \zeta$

Главное циркуляционное кольцо принимается в качестве опорного для расчета и гидравлической увязки промежуточных стояков главного циркуляционного кольца и остальных, параллельных главному, колец.

Расчет заканчивается, когда невязка (расхождение) не превышает 15% притупиковой и 5% при попутной разводке трубопроводов.

Для получения допустимой невязки стояк нередко приходится проектировать из участков двух диаметров. При использовании минимального диаметра и недопустимой невязке избыточное циркуляционное давление  $\Delta p = \Delta p_p - (R\lambda + Z)$  стояка гасится дроссельной шайбой диаметром, мм

$$d_{ш} = 3,53 \sqrt{\frac{G_{ст}}{\Delta p}},$$

Если диаметр шайбы получается меньше 3 мм, то для обеспечения надежной работы стояка следует установить 2 шайбы большего диаметра.

#### 4.2.9 Расчет площади нагревательной поверхности отопительных приборов.

Расчет площади нагревательной поверхности отопительных приборов производится в зависимости от принятого вида приборов, его расположения в помещении, схемы присоединения к трубопроводам, температурного режима:

$$F_{np} = \frac{Q_{np} - 0,9Q_{тр}}{q_{np}} \beta_3 \beta_4, \quad (17)$$

где  $Q_{np}$  – тепловая нагрузка прибора (из схемы), Вт;

$Q_{тр}$  – теплоотдача трубопроводов, проложенных в помещении и обеспечивающих работу рассчитываемого прибора  $Q_{тр} = \Sigma q_e \cdot \lambda_e + \Sigma q_c \cdot \lambda_c$ , Вт;

$q_v, q_r$  – теплоотдача 1 м вертикально и горизонтально проложенных трубопроводов, Вт/м, принимаемая по справочной [13] в зависимости от диаметра и разности температуры воды в трубопроводе и воздуха помещения;

$\lambda_v, \lambda_r$  – длина вертикальных и горизонтальных трубопроводов;

$\beta_3$  – поправочный коэффициент, учитывающий понижение температуры воды по сравнению с расчетным значением вследствие ее остывания в трубопроводах системы [14], приложение 2;

$\beta_4$  – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении и всякого рода укрытии [14], приложение 3;

$q_{np}$  – плотность теплового потока отопительного прибора при фактических условиях работы, Вт / м<sup>2</sup>,

$$q_{np} = q_{ном} \cdot \left( \frac{t_{np} - t_e}{70} \right)^{1+n} \cdot \left( \frac{G_{np}}{360} \right)^p \cdot b \quad (18)$$

где  $q_{ном}$  – номинальная плотность теплового потока прибора при разности температур  $\Delta t = t_{np} - t_e = 70^\circ C$ , расходе воды через прибор по схеме “сверху-вниз”

360 кг / ч и атмосферном давлении 1013,3 ГПа (760 мм рт. ст.), Вт / м<sup>2</sup> [13];

$n, p$  – экспериментально определенные показатели степени [13];

$b$  – поправочный коэффициент на атмосферное давление; [13].

В двухтрубных системах отопления, если пренебречь остыванием воды в трубопроводах, в каждый отопительный прибор при расчетном режиме работы ( $t_n = t_{н.п}$ ) поступает вода с расчетной температурой  $t_r$ , а выходит с температурой  $t_o$  в результате

$$t_{np} = 0,5 \cdot (t_r + t_o), \quad (19)$$

$$\Delta t_{np} = t_r - t_o. \quad (20)$$

В однотрубных системах отопления температура приборов стояка не одинакова и подлежит расчету. Расчет температурного режима однотрубных стояков разной конструкции (рис.2) выполняют по следующим зависимостям:

а) проточный нерегулируемый стояк при верхней разводке

$$\begin{aligned} t_1 &= t_e - \frac{3,6Q_1\beta_1\beta_2}{cG_{cm}}, & t_2 &= t_e - \frac{3,6(Q_1 + Q_2)\beta_1\beta_2}{cG_{cm}}, \\ t_{np1} &= 0,5 \cdot (t_e + t_1), & t_{np2} &= 0,5 \cdot (t_1 + t_2), \\ \Delta t_{np1} &= t_e - t_1, & \Delta t_{np2} &= t_1 - t_2; \end{aligned} \quad \text{и т.д.} \quad (21)$$

$$\text{Проверка } t_o = t_e - \frac{3,6(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)\beta_1\beta_2}{cG_{cm}} = 70^\circ C.$$

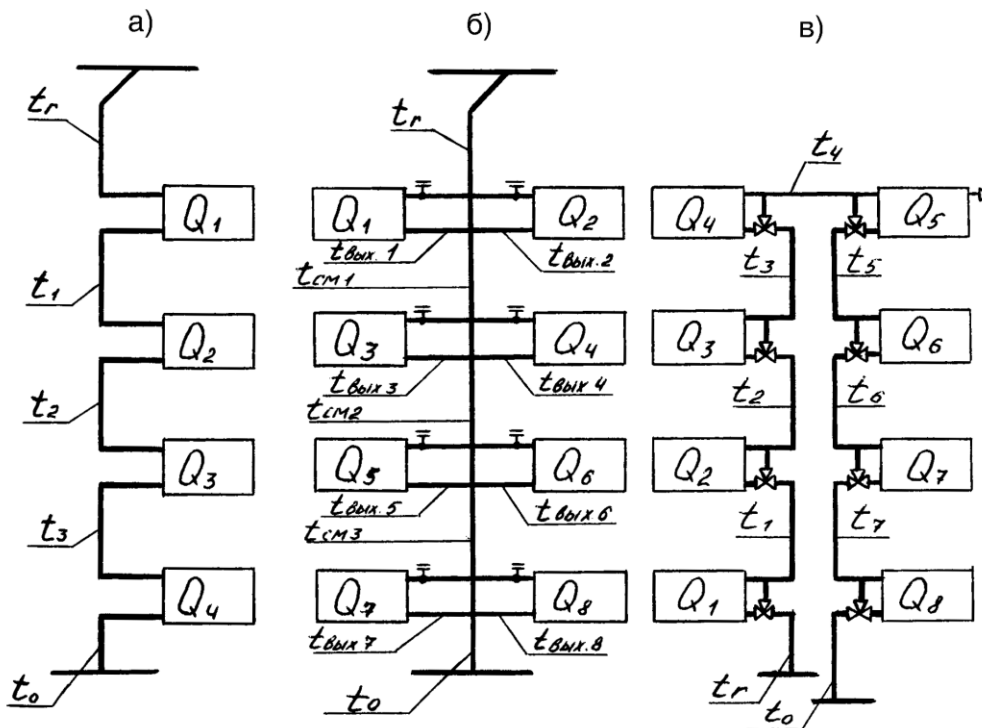


Рис.2. Схемы однотрубных стояков

б) регулируемый стояк при верхней разводке

$$t_{cm1} = t_2 - \frac{3,6(Q_1 + Q_2)\beta_1\beta_2}{cG_{cm}}, \quad t_{cm2} = t_2 - \frac{3,6(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)\beta_1\beta_2}{cG_{cm}} \quad \text{и т.д.} \quad (22)$$

Проверка 
$$t_o = t_2 - \frac{3,6Q_{CT}\beta_1\beta_2}{cG_{cm}} = 70^\circ\text{C},$$

где  $c$  – удельная теплоемкость воды,  $c = 4,19 \text{ кДж / (кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ .

Температура воды на выходе из любого прибора

$$t_{вых} = t_{ex} - \frac{3,6 \cdot Q_{пр} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot \alpha \cdot G_{cm}}, \quad (23)$$

где  $\alpha = \frac{G_{np}}{G_{cm}}$  – коэффициент затекания воды в отопительный прибор, зависит от типа радиаторного узла, соотношения диаметров стояка (из гидравлического расчета), замыкающего участка и подводок (принимаются) и скорости воды в стояке (из гидравлического расчета).

Температура каждого прибора

$$t_{np} = 0,5 \cdot (t_{ex} + t_{вых}), \quad (24)$$

а перепад температуры

$$\Delta t_{np} = t_{ex} - t_{вых}. \quad (25)$$

в) проточно-регулируемый стояк при нижней разводке магистралей.

За расчетный режим принимается такой, когда с помощью трехходового крана теплоноситель направляют только через отопительный прибор ( $\alpha = 1$ ), стояк становится прочным, а расчет выполняют аналогично а), например,

$$t_6 = t_2 - \frac{3,6 \cdot \sum_{i=1}^6 Q_i}{c \cdot G_{cm}} \cdot \beta_1 \beta_2; \quad t_7 = t_2 - \frac{3,6 \cdot \sum_{i=1}^7 Q_i}{c \cdot G_{cm}} \cdot \beta_1 \beta_2 \quad (26)$$

$$t_7 = 0,5 \cdot (t_6 + t_7); \quad \Delta t_7 = t_6 - t_7.$$

Проверка 
$$t_o = t_2 - \frac{3,6 Q_{ст} \beta_1 \beta_2}{c \cdot G_{cm}} = 70^\circ \text{C}. \quad (27)$$

При использовании радиаторных узлов с регулирующим проходным краном температура воды на входе в прибор рассчитывается по приведенным выше формулам.

Число секций в радиаторе рассчитывают по формуле

$$m = \frac{F_{np}}{f \cdot \beta_5}, \quad (28)$$

где  $f$  - поверхность нагрева одной секции,  $\text{м}^2$  ;

$\beta_5$  – поправочный коэффициент на число секций в радиаторе,

$$\beta_5 = 0,92 + \frac{0,16}{F_{np}} \quad (29)$$

Теплоотдачу отопительного прибора разрешается занижить не более, чем на 5 % или на 60 Вт от требуемой по расчету величины [4].

В курсовом проекте необходимо привести подробный расчет площади теплоотдающей поверхности приборов одного стояка, расчеты свести в табл.10 и табл.11.

Таблица 10-Теплоотдача трубопроводов

№ помещения и $t_{в}$	Наименование участка	d, мм	$\lambda$ , м	$t_{тр}$ , °C	$\Delta t = t_{mp} - t_{в}$ , °C	$q_{в}, q_{г}$ , Вт / м	$q_{в} \times \lambda_{в}$ , $q_{г} \times \lambda_{г}$ , Вт	$Q_{тр}$ , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
404 18 °C	Стояк....							
	Стояк	20	2,1					
	Подводка	20	0,35					
	Зам. участок	15	0,5					
	Подводка	20	0,35					
	Стояк	20	0,1					
304 18 °C								

Таблица 11-Расчет площади теплоотдающей поверхности отопительных приборов  
Радиатор марки ...  $q_n = \dots$ ,  $f = \dots \text{м}^2$

№ помещен.	$Q_{пр}$ , Вт	$Q_{тр}$ , Вт	$t_{вх}$ , °C	$t_{вых}$ , °C	$\Delta t_{np} = t_{вх} - t_{вых}$	$t_{np} = 0,5(t_{вх} + t_{вых})$	$t_{в}$ , °C	$t_{np} - t_{в}$ , °C	G, кг / ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			Стояк ...						

Окончание табл.11

Схема подачи воды	n	p	b	$q_{пр}, \text{Вт} / \text{м}^2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$F_{пр}, \text{м}^2$	$\beta_5$	m, шт
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

#### 4.2.10. Подбор вспомогательного оборудования местного теплового пункта.

Подбор вспомогательного оборудования местного теплового пункта производится согласно [4,13,14].

##### 4.2.10.1. Водоструйный элеватор

Температура воды в тепловых сетях обычно составляет 130-150 °С, а допустимая по санитарным нормам температура воды в системе отопления жилых и большинства общественных зданий – 105-85°С. Требуемое понижение температуры воды достигается установкой в тепловом пункте здания водоструйного элеватора (рис.3).

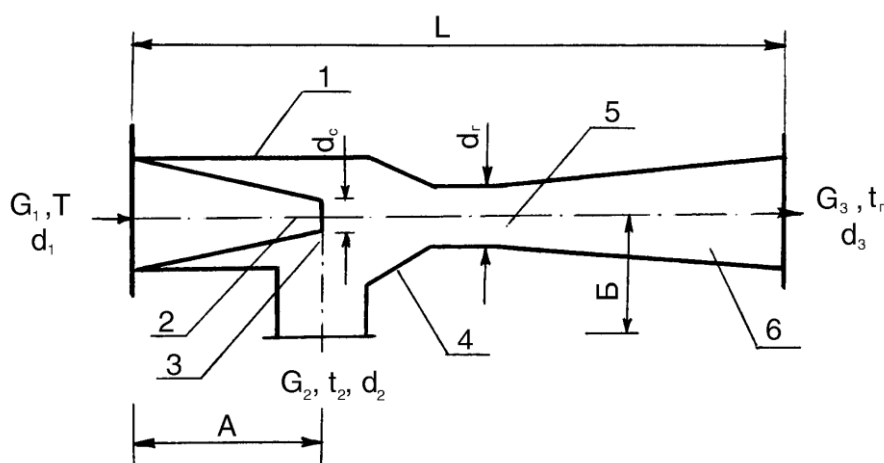


Рис. 3. Водоструйный элеватор.

1 – корпус, 2 – сопло, 3 – приемная камера, 4 – смесительный конус, 5 – горловина, 6 – диффузор

Поступающая из тепловой сети вода подводится к элеватору слева или сверху (в элеваторе с регулируемым сечением сопла “Электроника”), а снизу по перемычке поступает охлажденная вода из системы отопления. В результате смешения получают теплоноситель с необходимой температурой.

Подбор элеватора производят по расчетному коэффициенту смешения (с 15 %-м запасом) и приведенному расходу воды  $G_{пр}$ , т / ч:

$$U = 1,15 \frac{G_2}{G_1} = 1,15 \frac{T - t_z}{t_z - t_o}, \quad (30)$$

$$G_{пр} = \frac{99,1 \cdot G_3}{\sqrt{\Delta P_c}}, \quad (31)$$

где  $G_3$  – расход воды на головном участке системы отопления – из гидравлического расчета с переводом, т / ч;

$\Delta P_c$  – потери давления в главном циркуляционном кольце системы отопления с 10 %-м запасом, Па.

По номограмме (прил.4) определяют номер элеватора, диаметры сопла и горловины.

Диаметр горловины (см) и сопла (мм) можно определить также расчетным путем:

$$d_z = 0,874 \sqrt{G_{np}}, \quad (32)$$

$$d_c = \frac{10 \cdot d_z}{\sqrt{\frac{0,78}{G_{np}^2} \cdot (1+U)^2 d_z^4 + 0,6(1+U)^2 - 0,4 \cdot U^2}}. \quad (33)$$

По диаметру горловины, пользуясь прил.4, определяют номер элеватора ВТИ – теплосети Мосэнерго, из прил.5 выписывают его габаритные размеры и массу.

#### 4.2.10.2. Циркуляционные насосы

В местном тепловом пункте могут быть установлены два одинаковых попеременно работающих циркуляционных насоса.

Применяют такие циркуляционные насосы, которые при незначительном перепаде давлений имеют достаточную подачу (производительность).

Например, насосы фирмы Grundfos (рис.4).



Рис. 4. Насос UPS Series 200 (Grundfos)

Подбор насосов производят по подаче  $L_H$ , м<sup>3</sup> / ч, и перепаду давлений  $\Delta p_H$ , Па, (напору, м вод. ст.):

$$L_H = \frac{G_{c.o.}}{\rho_0} = \frac{3,6 \cdot Q_{3.д} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{c \cdot (t_T - t_0) \cdot \rho_0} \quad (31)$$

$$\Delta p_H = \frac{1,1 \sum (R\lambda + Z)_{з.к.} + \Delta p_M - \Delta p_\lambda}{9,81 \cdot 1000} \quad (32)$$

где 9,81 x 1000 – перевод Па в м вод. ст.

По номограммам [15] выбирают наиболее близкую к расчетной подаче и напору марку насоса и выписывают технические данные.

#### 4.2.10.3. Расширительный бак

При независимом присоединении к тепловой сети система отопления оборудуется расширительным баком. Они устанавливаются в высшей точке системы на техническом этаже, чердаке или покрытии бесчердачного здания в специальном утепленном помещении, причем дно бака должно быть выше воздухооборника при верхней разводке не менее чем на 0,3 м.

Полезный объем расширительного бака, л, определяется по формуле

$$V_{p.б.} = a \cdot V_c, \quad (33)$$

где  $a = 0,045$  при  $t_c = 95^\circ C$ ,  $a = 0,06$  при  $t_c = 105^\circ C$ .

Объем воды в системе отопления

$$V_c = \frac{Q_{зд} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{1000} (a + b), \quad (34)$$

где  $a, b$ , - объем воды в элементах системы (приборы, трубопроводы) на 1000 Вт ее тепловой мощности по [14].

По величине полезного объема выбирают ближайший больший по объему типовой расширительный бак [14], выписывают размеры, диаметры необходимых для его работы трубопроводов и другие технические данные.

#### 4.2.10.5. Грязевики

Грязевики подбирают с учетом диаметров подводящих трубопроводов так, чтобы скорость воды в поперечном сечении корпуса была не более 0,05 м / с:

$$D_v = \sqrt{\frac{4L}{3600 \cdot \pi \cdot 0,05}}, \quad (35)$$

где  $D_v$  - внутренний диаметр грязевика, м;  $L$  – расход воды через грязевик, м<sup>3</sup> / ч.

При независимом присоединении подбирают два грязевика: для установки перед теплообменником на сетевой воде и перед насосами; при зависимом присоединении – один. Подбор производят по [14].

#### 4.2.10.6. Воздухооборники

Как правило, применяют проточные воздухооборники сварной конструкции. Диаметр проточного воздухооборника должен быть в 2 раза большего диаметра магистрального трубопровода, на котором он установлен, с тем, чтобы скорость движения воды в нем не превышала 0,05 м / с. Диаметр воздухооборника может быть рассчитан по формуле (35). Подбор производят по [14]. Воздух отводят через воздушный трубопровод, выведенный, по возможности, в отапливаемое помещение с краном, установленным на удобной для обслуживания высоте.

### Литература.

1. Отопление [Электронный ресурс] : Учеб. для вузов / Махов Л.М. - М. : Издательство АСВ, 2014. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939613.html>

Авторы Махов Л.М. Издательство АСВ. Год издания 2019

Прототип: Электронное издание на основе: Отопление. Учеб. для вузов: - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2019. - 400 с. - ISBN 978-5-93093-961-2. Еремкин А.И. Тепловой режим зданий/А.И.Еремкин, Т.И.Королева. - М. : Издательство АСВ, 2008. - 368с. - Библиогр. в конце кн. - ISBN 5-93093-040-6 : 92.00.

3. Тиатор, И. Отопительные системы / И. Тиатор ; пер. с нем. Т. Н. Зазаевой ; под ред. Н. Д. Маловой .— М. : Техносфера:Евроклимат : Евроклимат, 2006 .— 272 с. : ил. — (Библиотека климатехника) .— Библиогр. в конце кн. — Предм. указ.: с. 270-271 .— ISBN 5-94836-078-4 (в пер.) : 227,30 .— ISBN 3-8023-1880-3 (нем.) .

4. Свистунов, В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства : учебник для вузов / В.М.Свистунов, Н.К.Пушняков .— 2-е изд. — СПб. : Политехника, 2007 .— 423с. : ил. — (Учебник для вузов) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-7325-0349-8 /в пер./ : 355.90.

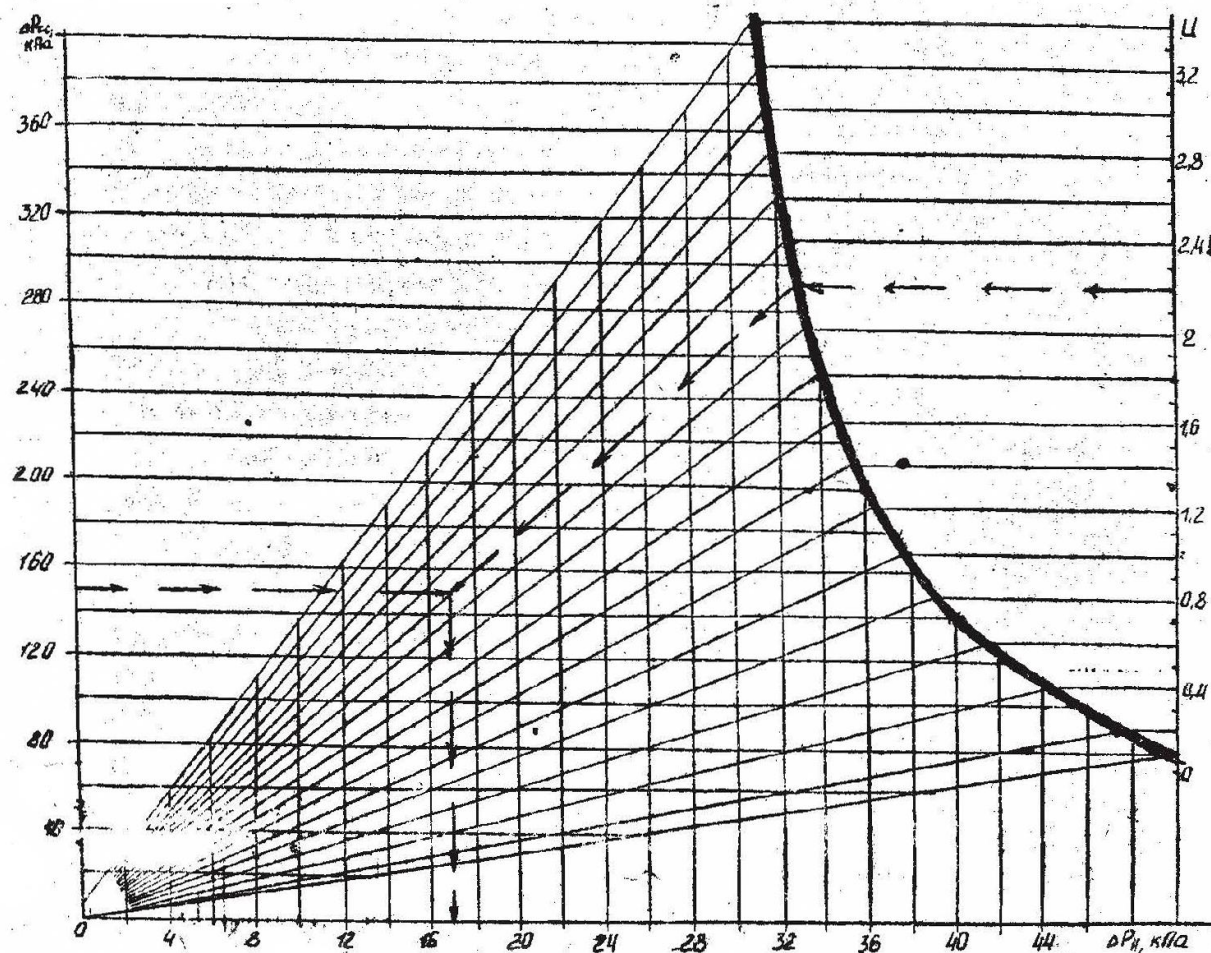
5. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Кн.1. Отопление и теплоснабжение / Р. В. Щекин [и др.] .— 4-е изд., перераб. и доп. — Киев : Будівельник, 1976 .— 414 с. : ил. — ISBN /В пер./ : 1.99.

6. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства : Ч.1. Отопление / В.Н.Богословский [и др.] ; под ред. И. Г. Старовойтова, Ю. И. Шиллера .— 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Стройиздат, 1990 .— 343 с. : ил. — (Справочник проектировщика) .— ISBN 5-274-000523-3 /в пер./ : 4.00.

Приложения.

Приложение 1

Перепад давлений после элеватора  $\Delta P_H$



$$\Delta P_H = \frac{\Delta P_{T.c}}{1.4 \left( 1 + \frac{U}{1 + \frac{\Delta Q_T}{Q_{24}}} \right)^2}$$

где  $\Delta Q_T$  — потери  
тепла трубопрово-  
дами в неотаплива-  
емых помещениях,  
определяемые рас-  
четом или принима-  
емые по формуле

$$\Delta Q_T = 0.1 Q_{24}$$

## Приложение 2

### Значение коэффициента $\beta_3$ , учитывающего остывание воды в открыто проложенных трубопроводах систем водяного отопления (насосная циркуляция)

а) однотрубные системы с верхней разводкой

Число этажей в здании	$\beta_3$ для рассчитываемого отопительного прибора на этаже					
	1	2	3	4	5	6
3	1,04	1	1	-	-	-
4	1,04	1,03	1	1	-	-
5	1,04	1,03	1	1	-	-
6	1,05	1,04	1,03	1	1	1

б) двухтрубные системы

Число этажей в здании	$\beta_3$ для рассчитываемого отопительного прибора на этаже			
	1	2	3	4
2 3	Верхняя разводка			
	1,05 1,05	1 1,03	- 1	- -
2 3 4	Нижняя разводка			
	1	1,05	-	-
	1	1	1,05	-
	1	1	1,05	1,1

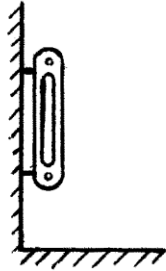
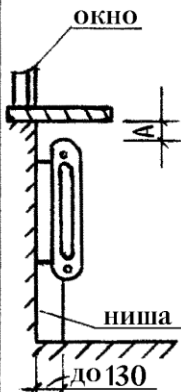
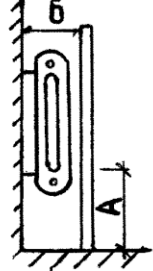
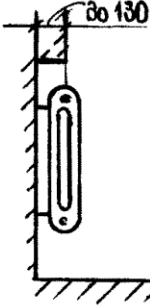
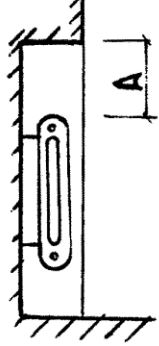
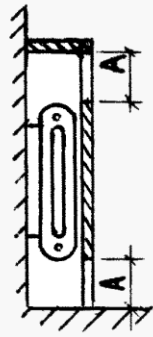
г) однотрубные системы с нижней разводкой

Число последовательно со- единенных приборов	$\beta_3$ для рассчитываемого прибора по ходу воды																	
	1-2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
3	1	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	1	1,03	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	1	1,02	1,03	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	1	1	1,02	1,03	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	1	1	1	1,02	1,03	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	1	1	1	1	1,02	1,03	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	1	1	1	1	1	1,02	1,03	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	1	1	1	1	1	1,02	1,03	1,03	1,04	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	1	1	1	1	1	1	1,02	1,03	1,04	1,04	-	-	-	-	-	-	-	
12	1	1	1	1	1	1	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	-	-	-	-	-	-	
13	1	1	1	1	1	1	1	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	-	-	-	-	-	
14	1	1	1	1	1	1	1	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	-	-	-	-	
15	1	1	1	1	1	1	1	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	-	-	-	
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	-	-	
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,04	-	
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	

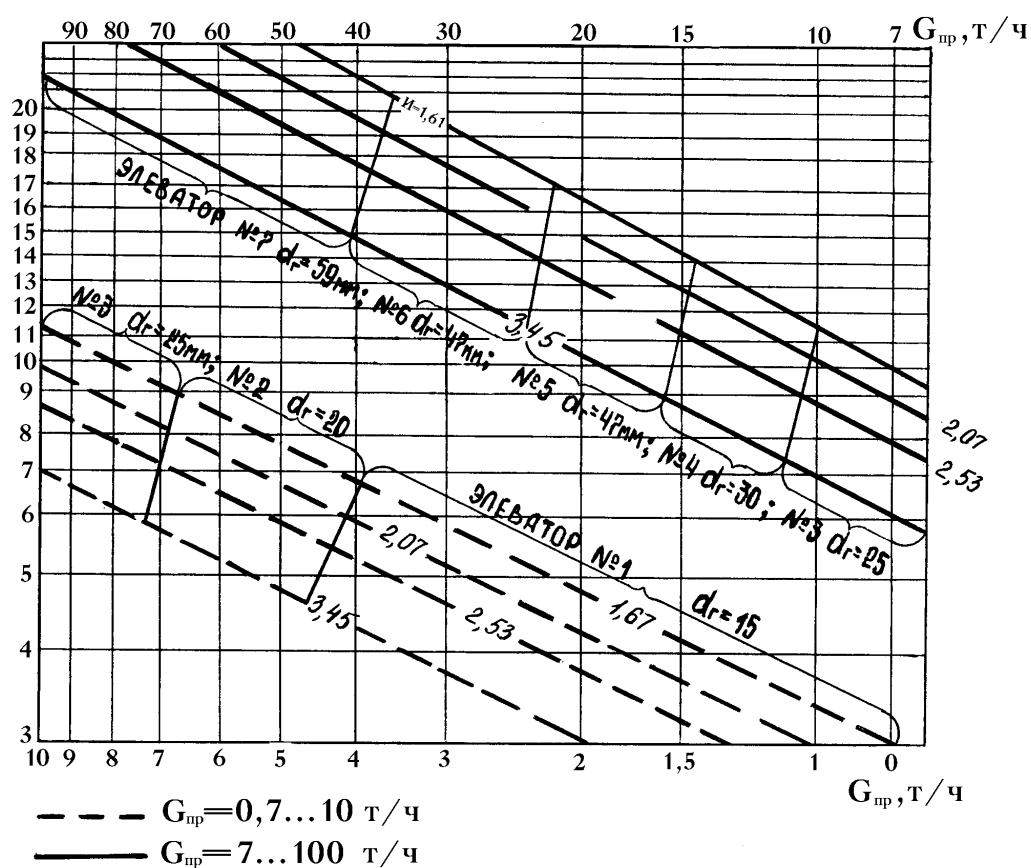


# Приложение 3

Значения коэффициента  $\beta_4$ , учитывающего способ установки прибора в помещении и его укрытие

Эскиз	A, мм	$\beta_2$	Эскиз	A, мм	$\beta_2$	Эскиз	A, мм	$\beta_2$
	—	1		40 80 100	1,11 1,07 1,06		0,8Б	0,9
	—	1		40 80 100	1,05 1,03 1,02		130 130*	1,2 1,4 *Щели закры- ты решеткой

Приложение 4  
Номограмма для подбора элеватора



Приложение 5  
Техническая характеристика элеватора ВТИ – теплосети Мосэнерго

Номер элева- тора	Размеры, мм									Масса элева- тора, кг
	d <sub>г</sub>	L	A	C	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	Длина сопла		
								полная	сменная часть	
1	15	425	90	110	37	51	51	110	55	10
2	20							100	45	
3	25	625	135	155	49	70	82	145	50	15
4	30							135	40	
5	35							125	30	
6	47	720	180	175	80	100	100	175	60	23
7	59							155	40	