

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 28.09.2026 11:03:19
Уникальный программный идентификатор:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**С. Д. Вяткина, Т. С. Жилина,
И. Ю. Шалагин, Ю. С. Ульянова**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ
ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ**

Учебное пособие

Тюмень
ТИУ
2021

УДК 697.1(075.8)

ББК 38.762.1я73

П 79

Рецензент:

доктор технических наук, доцент М. Н. Чекардовский

П 79

Проектирование систем отопления жилых зданий: учебное пособие / С. Д. Вяткина, Т. С. Жилина, И. Ю. Шалагин, Ю. С. Ульянова. – Тюмень: ТИУ, 2021. – 93 с. – Текст: непосредственный.

ISBN 978-5-9961-2568-5

Учебное пособие содержит необходимую теоретическую, методическую и практическую основу для проведения лекционных и практических занятий; организации самостоятельной работы обучающихся. В учебном пособии приведены основные понятия и термины, рассмотрены примеры расчета системы отопления жилого здания.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профили подготовки Теплогазоснабжение и вентиляция, Промышленное и гражданское строительство всех форм обучения.

УДК 697.1(075.8)

ББК 38.762.1я73

ISBN 978-5-9961-2568-5

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тюменский индустриальный
университет», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	5
2 СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ	6
3 СОДЕРЖАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ	9
4 ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	9
4.1 Исходные данные и расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха	12
4.2 Тепловая защита зданий	14
4.3 Теплотехнический расчет для зимних условий	15
4.3.1 Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций	17
4.3.2 Действительное (фактическое) сопротивление теплопередаче	20
4.4 Расчет тепловой мощности системы отопления.	28
Уравнение теплового баланса здания	
4.4.1 Основные потери теплоты через ограждающие конструкции зданий: стены, окна, двери, потолки, полы над подвалами	28
4.4.2 Дополнительные теплотопотери, определяемые ориентацией ограждений по сторонам света	30
4.4.3 Дополнительные потери на открывание наружных дверей	30
4.4.4 Дополнительные теплотопотери при наличии в помещении двух и более наружных стен	31
4.4.5 Добавочные потери теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха	31
4.4.6 Дополнительные бытовые тепlopоступления в помещения	32
5 КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ	33
5.1 Классификация систем водяного отопления	33
5.2 Выбор систем отопления жилых зданий	34
5.3 Выбор, размещение и прокладка трубопроводов	38
5.4 Выбор и размещение стояков	39
5.5 Выбор и размещение отопительных приборов	39
5.6 Присоединение трубопроводов к отопительным приборам	41
5.7 Размещение запорно-регулирующей арматуры	42
5.8 Теплоизоляция труб	44
5.9 Конструирование аксонометрических схем систем отопления	44

6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ И ЧИСЛА ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	46
6.1 Выбор и размещение отопительных приборов	46
6.2 Расчет площади отопительных приборов в одноконтурных системах отопления	50
7 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ	61
7.1 Основные принципы гидравлического расчета теплопроводов систем водяного отопления	61
7.2 Установка арматуры	63
7.3 Методы гидравлических расчетов	67
7.3.1 Метод удельных линейных потерь давления	67
7.3.2 Метод сложения характеристик сопротивления	71
8 КОНСТРУИРОВАНИЕ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО ПУНКТА	81
8.1 Тепловой пункт системы отопления с зависимым присоединением, с водоструйным элеватором и пофасадным регулированием	83
8.2 Расчетное теплopotребление системы отопления здания Q_c	84
8.3 Выбор расчетной температуры воды t_r	84
8.4 Общий расход воды в системе отопления G_c	84
8.5 Конструкция и состав оборудования теплового пункта	85
8.5.1 Зависимое присоединение системы отопления к тепловой сети без смешения	85
8.5.2 Зависимое присоединение системы отопления к тепловой сети со смешением с помощью насоса	85
8.5.3 Зависимое присоединение системы отопления к тепловой сети со смешением с помощью водоструйного элеватора	86
8.5.4 Независимое присоединение системы отопления к тепловой сети	86
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	90

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей специалистов в области теплоснабжения является создание в помещениях разного назначения такого микроклимата, при котором обеспечиваются благоприятные условия для выполнения работ и нормальной деятельности человека. Именно эти необходимые для человека и технологических процессов условия внутренней среды на производстве, в промышленных и гражданских зданиях обеспечиваются с помощью систем отопления, теплоснабжения и вентиляции. Эффективность систем, их технико-экономические характеристики во многом зависят не только от принятых схем, от правильного монтажа, наладки и эксплуатации, но и от правильно выбранной методики расчёта и достоверности проведённых расчётов.

Знание основ рационального проектирования, методик инженерного расчёта и особенностей принятия основных проектных решений в вопросах теплоснабжения, отопления и вентиляции являются очень важным для будущего инженера, поскольку более одной трети всего вырабатываемого в стране тепла расходуется на отопление промышленных и гражданских зданий.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Выполнение курсового проекта позволит обучающемуся на практическом примере освоить основные подходы к расчётам и проектированию систем и их основных элементов, ознакомиться с требованиями Сводов правил (СП), нормативными методиками расчётов отдельных конструкций, правилами эксплуатации оборудования и справочной литературой.

Целью курса является получение знаний по конструкциям, принципам действия и характерным свойствам различных систем отопления, используемых в современной отопительной технике.

Задачами курса являются освоение основ теории расчета и получение практических навыков проектирования систем отопления.

Представленное учебное пособие содержит методики проектирования систем водяного отопления для выполнения курсового проекта по дисциплинам: «Отопление», «Основы теплогазоснабжения и вентиляции». При его выполнении обучающиеся знакомятся с основными требованиями и условиями прокладки системы отопления в здании и затем самостоятельно осуществляют проектирование ее здания, приобретают навыки составления тепловых балансов помещений, расчетов отопительных приборов и проведения гидравлического расчета системы отопления.

Курсовой проект состоит из расчетной и графической частей. Проект выполняется по индивидуальному заданию.

2 СОДЕРЖАНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка представляет собой технический документ, в котором кратко, но с достаточной полнотой излагаются обоснования принятых решений, проводятся необходимые расчеты со ссылками на источники, даются пояснения по устройству различных частей системы и краткие указания по ее эксплуатации. Пояснительная записка должна включать в себя:

1. Титульный лист.
2. Задание на проектирование.
3. Содержание.
4. Введение.
5. Расчет тепловой мощности системы отопления.
6. Гидравлический расчет системы водяного отопления.
7. Тепловой расчет отопительных приборов.
8. Подбор циркуляционного насоса.
9. Подбор оборудования теплового узла.
10. Библиографический список.

Все рисунки и таблицы должны быть пронумерованы и иметь подписанные подписи и заголовки. Объем пояснительной записки - до 40 страниц машинописного текста. Пояснительная записка должна быть оформлена в соответствии с требованиями [1, 2].

Выбор задания для проектирования осуществляется согласно таблице 2.1 [19].

Таблица 2.1

Климатические параметры района застройки

Вариант	Район застройки	Температура, °С, наиболее холодной пятидневки, $t_{хп}$ обеспеченностью 0,92	Продолжительность, сут. средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$ воздуха		№ варианта планировки	Параметры теплоносителя	Ориентация
			продолжительность, сут.	средняя температура, °С			
1	2	3	4	5	6	7	8
00	Барнаул	-36	213	-7,5	1	150-70	С
01	Бийск	-35	213	-7,6	2	150-70	СЗ
02	Рубцовск	-35	206	-7,9	3	150-70	СВ
03	Благовещенск	-33	210	-10,7	4	150-70	Ю
04	Шимановск	-38	233	-12,5	5	150-70	ЮЗ
05	Архангельск	-33	250	-4,5	6	150-70	ЮВ

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
06	Онега	-32	243	-4,0	7	150-70	В
07	Астрахань	-21	164	-0,8	8	140-70	3
08	Белорецк	-34	231	-6,5	9	150-70	С
09	Уфа	-33	209	-6,0	10	150-70	СЗ
10	Белгород	-23	191	-1,9	1	140-70	СВ
11	Брянск	-24	199	-2,0	2	150-70	Ю
12	Баргузин	-41	240	-11,7	3	150-70	ЮЗ
13	Улан-Удэ	-35	230	-10,3	4	150-70	ЮВ
14	Владимир	-28	213	-3,5	5	150-70	В
15	Муром	-30	214	-4,0	6	150-70	3
16	Волгоград	-22	176	-2,,3	7	140-70	С
17	Вологда	-32	228	-4,0	8	150-70	СЗ
18	Воронеж	-24	190	-2,5	9	150-70	СВ
19	Иваново	-30	219	-3,9	10	150-70	Ю
20	Кинешма	-31	221	-4,1	1	150-70	ЮЗ
21	Иркутск	-33	232	-7,7	2	150-70	ЮВ
22	Нальчик	-18	168	0,6	3	130-70	В
23	Калининград	-19	188	1,2	4	130-70	3
24	Калуга	-27	210	-2,9	5	140-70	С
25	Петропавловск-Камчатский	-18	250	-1,7	6	130-70	СЗ
26	Усть-Камчатск	-28	277	-4,0	7	150-70	СВ
27	Черкесск	-18	169	0,6	8	130-70	Ю
28	Кемь	-28	255	-3,5	9	150-70	ЮЗ
29	Петрозаводск	-28	235	-3,2	10	150-70	ЮВ
30	Кемерово	-39	227	-7,3	1	150-70	В
31	Вятка	-33	231	-5,4	2	150-70	3
32	Воркута	-41	306	-9,1	3	150-70	С
33	Кострома	-31	222	-3,9	4	150-70	СЗ
34	Ачинск	-36	232	-7	5	150-70	СВ
35	Курган	-36	212	-7,6	6	150-70	Ю
36	Курск	-24	194	-2,3	7	150-70	ЮЗ
37	Липецк	-27	202	-3,4	8	150-70	ЮВ
38	Санкт-Петербург	-24	213	-1,3	9	150-70	В
39	Саранск	-30	209	-4,5	10	150-70	3
40	Дмитров	-28	216	-3,1	1	150-70	С
41	Москва	-25	205	-2,2	2	150-70	СЗ
42	Мурманск	-30	275	-3,4	3	150-70	СВ

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
43	Арзамас	-32	216	-4,7	4	150-70	Ю
44	Великий Новгород	-27	221	-2,3	5	150-70	ЮЗ
45	Боровичи	-29	220	-2,8	6	150-70	ЮВ
46	Барабинск	-39	230	-9	7	150-70	В
47	Новосибирск	-37	221	-8,1	8	150-70	З
48	Омск	-37	216	-8,1	9	150-70	С
49	Тара	-38	229	-8,2	10	150-70	СЗ
50	Оренбург	-32	195	-6,1	1	150-70	СВ
51	Орел	-25	199	-2,4	2	150-70	Ю
52	Пенза	-27	200	-4,1	3	150-70	ЮЗ
53	Пермь	-35	225	-4,5	4	150-70	ЮВ
54	Владивосток	-23	198	-4,3	5	140-70	В
55	Великие Луки	-27	208	-1,5	6	150-70	З
56	Псков	-26	206	-1,3	7	150-70	С
57	Ростов-на-Дону	-19	166	-0,1	8	140-70	СЗ
58	Таганрог	-18	165	0	9	140-70	СВ
59	Рязань	-27	208	-3,5	10	150-70	Ю
60	Самара	-30	203	-5,2	1	150-70	ЮЗ
61	Екатеринбург	-32	221	-5,4	2	150-70	ЮВ
62	Саратов	-25	188	-3,5	3	150-70	В
63	Корсаков	-20	232	-2,7	4	130-70	З
64	Курильск	-15	223	0,4	5	130-70	С
65	Южно-Сахалинск	-22	227	-4,4	6	140-70	СЗ
66	Владикавказ	-13	169	0,7	7	130-70	СВ
67	Вязьма	-27	217	-2,8	8	150-70	Ю
68	Смоленск	-25	209	-2	9	150-70	ЮЗ
69	Ставрополь	-18	168	0,5	10	130-70	ЮВ
70	Тамбов	-28	201	-3,7	1	150-70	В
71	Бугульма	-33	221	-5,8	2	150-70	З
72	Елабуга	-32	209	-5,2	3	150-70	С
73	Казань	-31	208	-4,8	4	150-70	СЗ
74	Тверь	-29	218	-3,0	5	150-70	СВ
75	Ржев	-28	217	-2,7	6	150-70	Ю
76	Томск	-39	233	-7,9	7	150-70	ЮЗ
77	Кызыл	-47	225	-15	8	150-70	ЮВ
78	Тула	-27	207	-3	9	130-70	В
79	Надым	-45	278	-11,5	10	150-70	З
80	Салехард	-43	285	-11,5	1	150-70	С

Окончание таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8
81	Сургут	-43	257	-9,9	2	150-70	СЗ
82	Тарко-Сале	-47	274	-12,6	3	150-70	СВ
83	Тобольск	-39	232	-7,9	4	150-70	Ю
84	Угут	-42	251	-9,1	5	150-70	ЮЗ
85	Ханты-Мансийск	-40	247	-8,8	6	150-70	ЮВ
86	Ижевск	-33	219	-5,6	7	150-70	В
87	Ульяновск	-31	212	-5,4	8	150-70	З
88	Биробиджан	-32	219	-10,4	9	150-70	С
89	Комсомольск-на-Амуре	-35	223	-10,8	10	150-70	СЗ
90	Охотск	-32	274	-9,6	1	150-70	СВ
91	Троицкое	-31	217	-9,7	2	150-70	Ю
92	Хабаровск	-29	204	-9,5	3	150-70	ЮЗ
93	Абакан	-37	232	-7,9	4	150-70	ЮВ
94	Челябинск	-34	218	-6,5	5	150-70	В
95	Грозный	-17	159	0,9	6	130-70	З
96	Чара	-45	263	-15,8	7	150-70	С
97	Чита	-38	238	-11,3	8	150-70	СЗ
98	Чебоксары	-32	217	-4,9	9	150-70	СВ
99	Ярославль	-31	221	-4	10	150-70	Ю

3 СОДЕРЖАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Графическая часть проекта выполняется на листах формата А3. В состав графической части входит:

1. Лист общих данных
2. План первого и типового этажей здания в М 1:100 с размещением отопительных приборов и стояков;
3. План подвала в М 1:100 с нанесением стояков и подводящих магистралей, размещением теплового узла;
4. Аксонометрическая схема системы отопления с нанесением на нее тепловых нагрузок, участков расчетного кольца и диаметров;
5. Аксонометрическая схема теплового узла со спецификацией.

4 ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Система отопления предназначена для создания в помещениях здания в холодный период года температурной обстановки, комфортной для человека и отвечающей требованиям технологических процессов.

Температурная обстановка в помещении зависит от тепловой мощности системы отопления, а также от расположения обогревающих устройств, теплозащитных свойств наружных ограждений, интенсивности других источников поступления и потерь теплоты.

Наружные ограждения защищают здания от непосредственных климатических воздействий. Ограждения зданий должны обладать требуемыми теплозащитными свойствами и быть в достаточной степени воздухо- и влагонепроницаемыми.

В холодное время года помещение теряет теплоту через наружные ограждения, теплота расходуется на нагрев наружного воздуха, который проникает в помещение через неплотности ограждений, а также на нагрев материалов, транспортных средств, изделий, одежды, которые холодными попадают с улицы в помещение.

Теплота поступает в помещение от источников искусственного освещения, от нагретых материалов, изделий, в результате прямого попадания через оконные проемы солнечных лучей, от людей. В помещениях могут быть технологические процессы, связанные с выделением теплоты (конденсация влаги, химические реакции и пр.).

Сведением всех составляющих поступлений и расход теплоты в тепловом балансе помещения определяется дефицит или избыток теплоты. Дефицит теплоты указывает на необходимость устройства в помещении отопления, избыток теплоты обычно ассимилируется вентиляцией.

Теплозащитные свойства наружных ограждений определяют двумя показателями: величиной сопротивления теплопередаче R (коэффициент сопротивления теплопередаче показывает насколько ограждающая конструкция препятствует прохождению теплового потока, Вт, через 1 м^2 своей поверхности при разнице температур в 10°C) и теплоустойчивостью, которую оценивают по величине тепловой инерции ограждения D (тепловая инерция в строительстве - это свойство ограждения сохранять относительно постоянную температуру внутренней поверхности при периодических изменениях внешних тепловых воздействий (колебания температуры наружного воздуха и солнечной радиации) [9, 15]. По другим источникам: тепловая инерция (условная толщина, массивность) - способность ограждающей конструкции сопротивляться изменению температурного поля при переменных тепловых воздействиях.

Архитектурно-строительные решения по ограждающим конструкциям проектируемого здания должны быть такими, чтобы полное термическое сопротивление теплопередаче этих конструкций $R_0 = 1/k$, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, (k - коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций, было равно экономически целесообразному сопротивлению теплопередаче $R_0^{\text{ЭК}}$, определяемому из условия обеспечения наименьших приведенных затрат, но не менее требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{ТР}}$ по санитарно-гигиеническим условиям.

Величина R , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, определяет сопротивление ограждения передаче теплоты в стационарных условиях, а теплоустойчивость характеризует сопротивляемость ограждения передаче изменяющихся во времени периодических тепловых воздействий.

В зимних условиях теплозащитные свойства ограждений принято характеризовать в основном величиной R , а в летних - их теплоустойчивостью. Это объясняется тем, что для зимы характерны относительно устойчивые низкие температуры вне здания и постоянная внутренняя температура, которую обеспечивает система отопления. Летом характерны периодические суточные изменения температуры и солнечной радиации и внутри здания температура часто не регулируется [9, 12].

Наиболее важным является определение расчетного сопротивления теплопередаче R , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, основной части конструкции ограждения, с чего обычно начинают теплотехнический расчет ограждения.

В помещениях жилых зданий следует обеспечивать оптимальные или допустимые нормы микроклимата в обслуживаемой зоне.

Основные параметры, характеризующие микроклимат помещений: температура воздуха; скорость движения воздуха; относительная влажность воздуха, оптимальная температура воздуха в помещении.

Микроклимат помещения - состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха.

Оптимальные параметры микроклимата - сочетание значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении.

Допустимые параметры микроклимата - сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции и не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья [15].

Исходя из технико-экономической целесообразности, комфортные условия должны поддерживаться не во всем объеме помещения, а лишь в местах преимущественной деятельности человека и постоянного его пребывания, т.е. в рабочей зоне высотой 2 м от пола. За расчетное значение t_v принимают температуру воздуха на высоте 1,5 м от пола и на расстоянии 1 м от наружной стены.

Теплотехнический расчет проводится для всех наружных ограждений для холодного периода года с учетом района строительства, условий эксплуатации, назначения здания и санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к ограждающим конструкциям и помещению.

4.1 Исходные данные и расчетные параметры внутреннего и наружного воздуха

В качестве исходных данных для выполнения теплотехнического расчета, определения теплозащитных свойств ограждающих конструкций и проектирования систем отопления принимаются термодинамические параметры внутреннего и наружного воздуха и теплофизические характеристики строительных материалов ограждений.

Район строительства характеризуется расчетными параметрами наружного воздуха для холодного и теплого периодов года (табл.2.1).

В холодный период ($t_n < 8^\circ\text{C}$) в качестве исходных данных принимают: расчетную зимнюю температуру наружного воздуха наиболее холодной пятидневки $t_{хн}$, $^\circ\text{C}$, с коэффициентом обеспеченности 0,92; среднюю температуру отопительного периода $t_{от}$, $^\circ\text{C}$; продолжительность отопительного периода $z_{от}$, сут.

Холодный (отопительный) период года - период года, характеризующийся средней суточной температурой наружного воздуха, равной и ниже 10 или 8 $^\circ\text{C}$ в зависимости от назначения здания [3, 15, 16].

При выполнении теплотехнического расчета ограждений учитывают назначение и условия эксплуатации помещения, которые определяются температурой $t_{вн}$, $^\circ\text{C}$, и относительной влажностью $\varphi_{вн}$, %, внутреннего воздуха, [14], (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, $t_{вн}$, $^\circ\text{C}$		Результирующая температура воздуха, $t_{вн}$, $^\circ\text{C}$		Относительная влажность внутреннего воздуха, $\varphi_{вн}$, %	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая не более
1	2	3	4	5	6	7	8
Холодный	Жилая комната	20-22	18-24	19-20	17-23	45-30	60
	Жилая комната в районах с $t_{хн}$, (обеспеченность 0,92) минус 31 $^\circ\text{C}$ и ниже	21-23	20-24	20-22	19-23	45-30	60

Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8
	Кухня	19-21	18-26	18-20	17-25	не нормируется	не нормируется
	Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	не нормируется	не нормируется
	Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	23-27	17-26	не нормируется	не нормируется
	Межквартирный коридор	18-20	16-22	17-19	15-21	45-30	60
	Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	15-17	13-19	не нормируется	не нормируется
	Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	не нормируется	не нормируется

Примечание: В угловых помещениях температура внутреннего воздуха принимается на 2°С выше.

Строительные материалы являются капиллярно-пористыми телами и интенсивно поглощают влагу из окружающей среды. Следовательно, теплофизические характеристики материалов при расчетах строительных ограждений (расчетные коэффициенты теплопроводности λ , Вт/(м °С), и теплоусвоения S , Вт/(м °С)), следует принимать с учетом зоны влажности и влажностного режима помещения. Зона влажности района застройки может быть сухая, нормальная и влажная и определяется по схематической карте территории РФ [19]. Влажностный режим помещения бывает сухой, нормальный, влажный и мокрый.

Для холодного периода в жилых зданиях принимается режим нормальный, для других помещений он выбирается в зависимости от $\varphi_{вн}$, %, [15], (табл. 4.2).

При теплотехническом расчете ограждающих конструкций жилых зданий следует принимать температуру внутреннего воздуха отапливаемых помещений и относительную влажность согласно [15].

Таблица 4.2

Влажностный режим помещения

Относительная влажность внутреннего воздуха $\varphi_{вн}$, %, при $t_{вн} = 12...24^{\circ}\text{C}$	Влажностный режим помещения
$\varphi_{вн} \leq 50$	Сухой
$50 < \varphi_{вн} \leq 60$	Нормальный
$60 < \varphi_{вн} \leq 75$	Влажный
$\varphi_{вн} > 75$	Мокрый

С учетом зоны влажности и влажностного режима помещения выбирают условия эксплуатации (А или Б) (табл. 4.3) для ограждающих конструкций [15].

Таблица 4.3

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещения	Условия эксплуатации А и Б в зонах влажности		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б

4.2 Тепловая защита зданий

Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);

б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);

в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении требований а), б) и в) [15].

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $R_0^{\text{норм}}$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$), следует определять по формуле:

$$R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{тр}} m_p, \quad (4.1)$$

где $R_0^{\text{тр}}$ - базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$, следует принимать в зависимости от градусо-суток отопительного периода, (ГСОП), $^\circ\text{С} \cdot \text{сут}/\text{год}$, региона строительства и определять по табл. 4.4;

m_p - коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете по формуле (4.1) m_p принимается равным 1.

Градусо-сутки отопительного периода, $^\circ\text{С} \cdot \text{сут}/\text{год}$, определяют по формуле [19]:

$$\text{ГСОП} = (t_b - t_{\text{от}}) z_{\text{от}}, \quad (4.2)$$

где $t_{\text{от}}$, $z_{\text{от}}$ - средняя температура наружного воздуха, $^\circ\text{С}$, и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемые для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°С ;

t_b - расчетная температура внутреннего воздуха здания, $^\circ\text{С}$, принимаемая при расчете ограждающих конструкций групп зданий указанных в

табл. 4.1 - по минимальным значениям оптимальной температуры соответствующих зданий [15] (в интервале 20-22 °С).

Таблица 4.4

Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год	Базовые значения требуемого сопротивления теплопередаче R_0^{mp} , (м ² ·°С)/Вт, ограждающих конструкций			
		Стен	Покров и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей
1	2	3	4	5	6
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8
a	-	0,00035	0,0005	0,00045	-
b	-	1,4	2,2	1,9	-

Значения R_0^{mp} для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле [15]:

$$R_0^{mp} = a \cdot \text{ГСОП} + b, \quad (4.3)$$

где ГСОП - градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год, для конкретного пункта;

a и b - коэффициенты, значения которых следует принимать по данным табл. 4.4 для соответствующих групп зданий, за исключением графы 6 (для окон), для группы зданий в поз.1, где для интервала до 6000 °С·сут/год: $a = 0,000075$, $b = 0,15$; для интервала 6000-8000 °С·сут/год: $a = 0,00005$, $b = 0,3$; для интервала 8000 °С·сут/год и более: $a = 0,000025$; $b = 0,5$.

4.3 Теплотехнический расчет для зимних условий

Результатом всех составляющих поступлений и расхода теплоты в тепловом балансе помещения определяется дефицит или избыток теплоты. Дефицит теплоты ΔQ указывает на необходимость устройства в помещении отопления, избыток теплоты обычно ассимилируется вентиляцией.

Баланс составляется для условий, когда возникает наибольший при заданном коэффициенте обеспеченности дефицит теплоты. Для гражданских зданий обычно учитывают регулярные тепловые потоки, поступающие в помещение от людей, освещения, других бытовых теплоисточников. В промышленных зданиях принимают в расчет период технологического цикла с наименьшими тепловыделениями. Тепловой баланс составляют для стационарных условий.

Нестационарность процесса, теплоустойчивость помещений, периодичность работы системы отопления учитывают специальными расчетами на основе теории теплоустойчивости.

В установившемся режиме потери равны поступлениям теплоты. Теплота поступает в помещение от технологического оборудования, источников искусственного освещения, от нагретых материалов, изделий, в результате прямого попадания через оконные проемы солнечных лучей, от людей.

Системы отопления предназначены для создания в помещениях зданий температурной обстановки, соответствующей комфортной для человека и отвечающей требованиям технологического процесса. Выделяемая человеческим организмом теплота должна быть отдана окружающей среде так, чтобы человек не испытывал при этом ощущений холода или перегрева. Наряду с затратами на испарение с поверхности кожи и легких, теплота отдается с поверхности тела посредством конвекции и излучением. Интенсивность теплоотдачи конвекцией в основном определяется температурой и подвижностью окружающего воздуха, а посредством лучеиспускания температурой поверхностей ограждений, обращенных в помещение. Температурная обстановка в помещении зависит от тепловой мощности системы отопления, а также от расположения обогревающих устройств, теплозащитных свойств наружных ограждений, интенсивности других источников поступления и потерь теплоты. В холодное время года помещение теряет теплоту через наружные ограждения.

Также теплота расходуется на нагрев наружного воздуха, который проникает в помещение через неплотности ограждений (инфильтрация), а также на нагрев материалов, транспортных средств, изделий, одежды, которые холодными попадают с улицы в помещение. Системой вентиляции в помещение может подаваться воздух с более низкой температурой по сравнению с воздухом помещения, технологические процессы могут быть связаны с испарением жидкостей и другими процессами, сопровождаемыми затратами теплоты.

Учет всех перечисленных источников поступления и потерь теплоты необходим при сведении тепловых балансов помещений здания [6, 12].

При выполнении теплотехнического расчета для зимних условий, прежде всего, необходимо убедиться, что конструктивное решение проектируемого ограждения позволяет обеспечить необходимые санитарно-гигиенические и комфортные условия микроклимата.

Теплотехнический расчет для определения требуемого сопротивления теплопередаче R_0^{mp} и коэффициентов теплопередачи k , проводится для наружных стен, перекрытий над подвалами и подпольями, чердачного перекрытия, оконных проемов по формулам (4.4; 4.5).

4.3.1 Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

Требуемое сопротивление (минимально допустимое по санитарно-гигиеническим нормам, т.е., если ограждающая конструкция имеет сопротивления ниже требуемого, то данную ограждающую конструкцию в данных климатических условиях использовать нельзя):

Также требуемое сопротивление теплопередаче можно определить по формуле [17]:

$$R_0^{mp} = \frac{n \cdot (t_{вн} - t_n)}{\Delta t^n \cdot \alpha_{вн}}, \text{ (м}^2 \text{ °С)/Вт}, \quad (4.4)$$

где $t_{вн}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая по нормам проектирования, соответствующих зданий [14, 15] (табл. 4.1).

t_n – расчетная зимняя температура, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (табл. 7.13);

Δt^n – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С, (табл. 4.5);

$\alpha_{вн}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, Вт/(м² °С), (табл. 4.6);

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху (табл. 4.7).

Коэффициент теплопроводности принятого наружного ограждения стены k , Вт/(м² °С), определяется из уравнения:

$$k = \frac{1}{R_0^{mp}}, \quad (4.5)$$

где R_0^{mp} – общее требуемое сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт.

Таблица 4.5

Значение нормируемого температурного перепада Δt^n , °С

Назначение здания	Нормируемый температурный перепад, Δt^n , °С		
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями
1. Жилые	4,0	3,0	2,0

Таблица 4.6

Значение коэффициента у внутренней поверхности $\alpha_{вн}$

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи, $\alpha_{вн}$, Вт/(м ² °C)
1. Стен, полов, гладких потолков	8,7

Таблица 4.7

Значение коэффициента n, учитывающего положение наружного ограждения по отношению к наружному воздуху

Ограждающие конструкции	Коэффициент n
Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), перекрытия чердачные и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	1
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75

Требуемое сопротивление теплопередаче R_0^{mp} для наружных дверей (кроме балконных) должно быть не менее значения $0,6 R_0^{mp}$ для стен зданий, определяемого по формуле 4.4:

$$R_0^{mp} = 0,6 \frac{n \cdot (t_{вн} - t_n)}{\Delta t_n \cdot \alpha_{вн}}, \text{ (м}^2 \text{ °C)/Вт.} \quad (4.6)$$

Если температура воздуха двух соседних помещений отличается больше, чем на 3 °C, то минимально допустимое приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, разделяющих эти помещения (кроме светопрозрачных), следует определять по формуле 4.4, принимая за величину t_n расчетную температуру воздуха в более холодном помещении.

Требуемое термическое сопротивление теплопередаче, R_0^{mp} , (м²°C)/Вт, для световых проемов определяют в зависимости от величины градусо-суток отопительного периода (ГСОП), °C·сут. (форм. 4.2) [4, 15].

После расчета ГСОП определяется приведенное сопротивление теплопередаче R^{np} , (м²°C)/Вт.

Затем, по табл. 4.8 [4, 15] и значению R_0^{mp} , выбирают конструкцию светового проема с приведенным сопротивлением теплопередаче R^{np} при условии:

$$R^{np} \geq R_0^{mp} \quad (4.7)$$

Таблица 4.8

Приведенное сопротивление окон и балконных дверей R^{np}

Заполнение светового проема	Приведенное сопротивление теплопередаче, R^{np} , м ² °C/Вт	
	в деревянных или ПВХ переплетах	в алюминиевых переплетах
1	2	3
Двойное остекление в спаренных переплетах	0,4	-
Двойное остекление в отдельных переплетах	0,44	0,34*
Тройное остекление в отдельно-спаренных переплетах	0,55	0,46
Однокамерный стеклопакет из обычного стекла	0,38	0,34
Двухкамерный стеклопакет:		
из обычного стекла (с межстекольным расстоянием 6 мм)	0,51	0,43
из обычного стекла (с межстекольным расстоянием 12 мм)	0,54	0,45
из стекла с твердым селективным покрытием	0,58	0,48
из стекла с мягким селективным покрытием	0,68	0,52
из стекла с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,65	0,53
Обычное стекло и однокамерный стеклопакет в отдельных переплетах:		
из обычного стекла	0,56	-
из стекла с твердым селективным покрытием	0,65	-
из стекла с мягким селективным покрытием	0,72	-
из стекла с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,69	-
Обычное стекло и двухкамерный стеклопакет в отдельных переплетах из обычного стекла	0,68	-
Два однокамерных стеклопакета в спаренных переплетах	0,7	-
Два однокамерных стеклопакета в отдельных переплетах	0,74	-

Примечание: * - в стальных переплетах.

Коэффициент теплопередачи остекления (светового проема), $k_{ок}$, определяется по формуле:

$$k_{ок}^{np} = \frac{1}{R^{np}}, \text{ Вт/(м}^2 \text{ °С)}. \quad (4.8)$$

Для упрощения дальнейших расчетов, во избежание вычитания площади окон из площади стен, применяем расчетный коэффициент теплопередачи окон:

$$k_{ок} = k_{ок}^{np} - k_{нс}. \quad (4.9)$$

4.3.2 Действительное (фактическое) сопротивление теплопередаче

Определив требуемое сопротивление $R_0^{\text{тр}}$ ограждающих конструкций по санитарно-гигиеническим условиям, рассчитывают фактическое сопротивление теплопередаче $R_0^{\text{ф}}$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт [4, 13, 15]:

$$R_0^{\text{ф}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} \quad (4.10)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$:

- $\alpha_{\text{н}}=23$ – для стены;
- $\alpha_{\text{н}}=17$ – для чердачного перекрытия;
- $\alpha_{\text{н}}=12$ – для подвального перекрытия.

δ_i – толщина i -го слоя ограждающей конструкции, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя ограждающей конструкции, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$ (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Характеристики материалов ограждающих конструкций

Материал	Плотность γ , кг/м ³	Расчетные коэффициенты				
		теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)
		А	Б	А	Б	А, Б
1	2	3	4	5	6	7
I. Бетоны и растворы						
<i>А. Бетоны на природных плотных заполнителях</i>						
1. Железобетон	2500	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
2. Бетон на гравии или щебне из природного камня	2400	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
<i>Б. Бетоны на природных пористых заполнителях</i>						
3. Туфобетон	1800	0,87	0,99	11,38	12,79	0,090
4. "	1600	0,70	0,81			
5. "	1400	0,52	0,58	7,76	8,63	0,11
6. "	1200	0,41	0,47	6,38	7,20	0,12

Продолжение таблицы 4.9

1	2	3	4	5	6	7
7. Пемзобетон	1600	0,62	0,68	8,54	9,30	0,075
8. "	1400	0,49	0,54	7,10	7,76	0,083
9. "	1200	0,40	0,43	5,94	6,41	0,098
10. "	1000	0,30	0,34	4,69	5,20	0,11
11. "	800	0,22	0,26	3,60	4,07	0,12
12. Бетон на вулканическом шлаке	1600	0,64	0,70	9,20	10,14	0,075
13. То же	1400	0,52	0,58	7,76	8,63	0,083
14. "	1200	0,41	0,47	6,38	7,20	0,090
15. "	1000	0,29	0,35	4,90	5,67	0,098
16. "	800	0,23	0,29	3,90	4,61	0,11
<i>В. Бетоны на искусственных пористых заполнителях</i>						
17. Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитопенобетон	1800	0,80	0,92	10,50	12,33	0,090
18. То же	1600	0,67	0,79	9,06	10,77	0,090
19. "	1400	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
20. "	1200	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
21. "	1000	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
22. "	800	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
23. "	600	0,20	0,26	3,03	3,78	0,26
24. "	500	0,17	0,23	2,55	3,25	0,30
28. Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
29. То же	800	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
30. Шунгизито-бетон	1400	0,56	0,64	7,59	8,60	0,098
31. "	1200	0,44	0,50	6,23	7,04	0,11
32. "	1000	0,33	0,38	4,92	5,60	0,14
33. Перлитобетон	1200	0,44	0,50	6,96	8,01	0,15
34. "	1000	0,33	0,38	5,50	6,38	0,19
35. "	800	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
36. "	600	0,19	0,23	3,24	3,84	0,30
37. Шлакопемзобетон (термозитобетон)	1800	0,63	0,76	9,32	10,83	0,075
38. То же	1600	0,52	0,63	7,98	9,29	0,090
39. "	1400	0,44	0,52	6,87	7,90	0,098
40. "	1200	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
41. "	1000	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
56. Бетон на зольном гравии	1400	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
57. То же	1200	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
58. "	1000	0,30	0,35	4,79	5,48	0,12
59. Вермикулитобетон	800	0,23	0,26	3,97	4,58	-
60. "	600	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
61. "	400	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19

Продолжение таблицы 4.9

1	2	3	4	5	6	7
62. "	300	0,09	0,11	1,52	1,83	0,23
<i>Г. Бетоны ячеистые</i>						
63. Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	1000	0,41	0,47	6,13	7,09	0,11
64. То же	800	0,33	0,37	4,92	5,63	0,14
65. "	600	0,22	0,26	3,36	3,91	0,17
66. "	400	0,14	0,15	2,19	2,42	0,23
67. "	300	0,11	0,13	1,68	1,95	0,26
68. Газо- и пено-золобетон	1200	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
69. То же	1000	0,44	0,50	6,86	8,01	0,098
<i>Д. Цементные, известковые и гипсовые растворы</i>						
71. Цементно-песчаный	1800	0,76	0,93	9,60	11,09	0,09
72. Сложный (песок, известь, цемент)	1700	0,70	0,87	8,95	10,42	0,098
73. Известково-песчаный	1600	0,70	0,81	8,69	9,76	0,12
74. Цементно-шлаковый	1400	0,52	0,64	7,00	8,11	0,11
75. "	1200	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
76. Цементно-перлитовый	1000	0,26	0,30	4,64	5,42	0,15
77. "	800	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
II. Кирпичная кладка и облицовка природным камнем						
<i>А. Кирпичная кладка из сплошного кирпича</i>						
84. Глиняного обыкновенного (ГОСТ 530-80) на цементно-песчаном растворе	1800	0,70	0,81	9,20	10,12	0,11
85. Глиняного обыкновенного на цементно-шлаковом растворе	1700	0,64	0,76	8,64	9,70	0,12
86. Глиняного обыкновенного на цементно-перлитовом растворе	1600	0,58	0,70	8,08	9,23	0,15
87. Силикатного (ГОСТ 379-79) на цементно-песчаном растворе	1800	0,76	0,87	9,77	10,90	0,11
88. Трепельного (ГОСТ 648-73) на цементно-песчаном растворе	1200	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
90. Шлакового на цементно-песчаном растворе	1500	0,64	0,70	8,12	8,76	0,11
<i>Б. Кирпичная кладка из кирпича керамического и силикатного пустотного</i>						
91. Керамического плотностью 1400 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1600	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
92. Керамического пустотного плотностью 1300 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1400	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16

Продолжение таблицы 4.9

1	2	3	4	5	6	7
IV. Теплоизоляционные материалы						
<i>А. Минераловатные и стекловолокнистые</i>						
129. Маты минераловатные прошивные (ГОСТ 21880-76) и на синтетическом связующем (ГОСТ 9573-82)	125	0,064	0,07	0,73	0,82	0,30
130. То же	75	0,06	0,064	0,55	0,61	0,49
140. Плиты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем (ГОСТ 10499-78)	50	0,06	0,064	0,44	0,50	0,60
144. Пенополистирол (ГОСТ 15588-70*)	40	0,041	0,05	0,41	0,49	0,05
145. Пенопласт ПХВ-1 (ТУ 6-05-1179-75) и ПВ-1 (ТУ 6-05-1158-78)	125	0,06	0,064	0,86	0,99	0,23
146. То же	100 и менее	0,05	0,052	0,68	0,80	0,23
147. Пенополиуретан (ТУ В-56-70, ТУ 67- 98-75, ТУ 67-87-75)	80	0,05	0,05	0,67	0,70	0,05
148. То же	60	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
149. "	40	0,04	0,04	0,40	0,42	0,05
154. Перлитопласт-бетон (ТУ 480-1-145-74)	200	0,052	0,06	0,93	1,01	0,008
155. То же	100	0,041	0,05	0,58	0,66	0,008
<i>В. Засыпки</i>						
158. Гравий керамзитовый (ГОСТ 9759-83)	800	0,21	0,23	3,36	3,60	0,21
159. То же	600	0,17	0,20	2,62	2,91	0,23
160. "	400	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
161. "	300	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
162. "	200	0,11	0,12	1,22	1,30	0,26
163. Гравий шунгизитовый (ГОСТ 19345-83)	800	0,20	0,23	3,28	3,68	0,21
164. То же	600	0,16	0,20	2,54	2,97	0,22
165. "	400	0,13	0,14	1,87	2,03	0,23
166. Щебень из доменного шлака (ГОСТ 5578-76), шлаковой пемзы (ГОСТ 9760-75) и аглопорита (ГОСТ 11991-83)	800	0,21	0,26	3,36	3,83	0,21
167. То же	600	0,18	0,21	2,70	2,98	0,23
168. "	400	0,14	0,16	1,94	2,12	0,24
169. Щебень и песок из перлита вспученного (ГОСТ 10832-83)	600	0,111	0,12	2,07	2,20	0,26
170. То же	400	0,087	0,09	1,50	1,56	0,30

Окончание таблицы 4.9

1	2	3	4	5	6	7
171. "	200	0,076	0,08	0,99	1,04	0,34
172. Вермикулит вспученный (ГОСТ 12865-67)	200	0,09	0,11	1,08	1,24	0,23
173. То же	100	0,076	0,08	0,70	0,75	0,30
174. Песок для строительных работ (ГОСТ 8736-77*)	1600	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
V. Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и рулонные покрытия для полов						
<i>А. Асбестоцементные</i>						
178. Листы асбестоцементные плоские (ГОСТ 18124-75*)	1800	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
179. То же	1600	0,35	0,41	6,14	6,80	0,03
<i>Б. Битумные</i>						
180. Битумы нефтяные строительные и кровельные (ГОСТ 6617-76*, ГОСТ 9548-74*)	1400	0,27	0,27	6,80	6,80	0,008
181. То же	1200	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
182. "	1000	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
183. Асфальтобетон (ГОСТ 9128-84)	2100	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
184. Изделия из вспученного перлита на битумном связующем (ГОСТ 16136-80)	400	0,12	0,13	2,45	2,59	0,04
185. То же	300	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
186. Рубероид (ГОСТ10923-82), пергамин (ГОСТ2697-83), толь (ГОСТ 10999-76*)	600	0,17	0,17	3,53	3,53	
<i>В. Линолеумы</i>						
187. Линолеум поливинилхлоридный многослойный (ГОСТ 14632-79)	1800	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
188. То же	1600	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
189. Линолеум поливинилхлоридный на тканевой подоснове (ГОСТ 7251-77)	1800	0,35	0,35	8,22	8,22	0,002
190. То же	1600	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002

Заданная конструкция ограждения соответствует теплотехническим требованиям, если выполняется условие:

$$R_0(R_0^\Phi) > R_{0,\text{эф}}^{mp}(R_0^{\text{тр}}). \quad (4.11)$$

Если же условие не выполняется, то необходимо определить толщину утепляющего слоя $\delta_{ут}$, м, теплопроводность которого указана в [13]:

$$\delta_{ут} = \lambda_{ут} \Delta R, \quad (4.12)$$

где λ - теплопроводность утепляющего слоя материала, Вт / (м²·°C).

Далее необходимо уточнить фактическое общее термическое сопротивление теплопередаче R_0^{Φ} , (м²·°C) / Вт, утеплённого наружного ограждения и, подбирая толщину утеплителя, добиться выполнения неравенства (4.11):

$$R_0^{\Phi} = R_0 + \delta_{ут} / \lambda_{ут}. \quad (4.13)$$

Если условие (4.11) не выполняется, то необходимо выбрать строительный материал с меньшей теплопроводностью $\lambda_{ут}$, Вт / (м²·°C).

Пример 4.1

Теплотехнический расчет наружного ограждения стены:

Исходные данные:

1. Ограждающая конструкция жилого здания, состоящая из четырех слоев:

1 слой - кирпич керамический пустотный $\gamma_1=1400$ кг/м³, толщиной $\delta_1=0,120$ м;

2 слой - утеплитель из пенополистирола $\gamma_{ут}=40$ кг/м³;

3 слой - кирпич глиняный обыкновенный $\gamma_3=1800$ кг/м³, толщиной $\delta_3=0,250$ м;

4 слой - цементно-песчаный раствор $\gamma_4=1800$ кг/м³, толщиной $\delta_4=0,02$ м.

2. Район строительства – г.Тюмень.

3. Влажностный режим помещения – нормальный.

4. Отопление осуществляется от ТЭЦ-2.

5. Расчетная температура внутреннего воздуха, $t_b=+ 20^{\circ}\text{C}$.

6. Согласно [4], г.Тюмень находится в сухой зоне влажности, влажностный режим нормальный, следовательно, рассчитываемая ограждающая конструкция будет эксплуатироваться в условиях А [4].

7. Значение теплотехнических характеристик и коэффициентов в формулах:

$t_{хп(0,92)} = -35^{\circ}\text{C}$; $t_{оп} = -6,8^{\circ}\text{C}$; $z_{оп}=223$ сут.; $t_b = 20^{\circ}\text{C}$; $\lambda_1=0,58$ Вт/(м²·°C); $\lambda_3=0,7$ Вт/(м²·°C); $\lambda_4=0,76$ Вт/(м²·°C); $\lambda_{ут}=0,061$ Вт/(м²·°C); $\alpha_b=8,7$ Вт/(м²·°C); $\Delta t^H=4^{\circ}\text{C}$; $n=1$; $\alpha_H=23$ Вт/(м²·°C).

Порядок расчета:

1. Первоначально определяем требуемое сопротивление теплопередаче по формуле (4.4):

$$R_o^{mp} = \frac{(t_b - t_H)n}{\Delta t^H \cdot \alpha_b} = \frac{1(20 + 35)}{4 \cdot 8,7} = 1,58 \text{ (м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C) / Вт}$$

2. Расчет градусо - сутки отопительного периода (ГСОП):

$$ГСОП = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} = (20 + 6,8) \cdot 223 = 5976^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}.$$

3. Величина сопротивления теплопередаче ограждения с учетом энергосбережения $R_{0,\text{э.н.}}^{\text{тр}}$, ($\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$)/Вт, [4] равна 3,5.

4. Сравниваем $R_0^{\text{тр}}=1,58$ и $R_{0,\text{э.н.}}^{\text{тр}}=3,5$ ($\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$)/Вт и принимаем для дальнейших расчетов большее - $R_{0,\text{э.н.}}^{\text{тр}}$.

5. Определяем предварительную толщину утеплителя из пенополистирола $\delta_{\text{ут}}$ по уравнению:

$$\delta_{\text{ут}} = \left[R_{0,\text{э.н.}}^{\text{тр}} - \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \right) \right] \cdot \lambda_{\text{ут}} = \left[3,5 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{0,58} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,12}{0,7} + \frac{1}{23} \right) \right] \cdot 0,061 = 0,168 \text{ м}$$

В соответствии с требованиями унификации принимаем общую толщину стены $\delta_0=0,7$ м, тогда $\delta_{\text{ут}}=0,168$ м.

6. Уточняем общее фактическое сопротивление теплопередаче R_0^{ϕ} для всех слоев ограждения по выражению (4.13):

$$R_0^{\phi} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{0,58} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,168}{0,061} + \frac{0,12}{0,7} + \frac{1}{23} = 3,52 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Таким образом, условие теплотехнического расчета выполнено, так как $R_0^{\phi} > R_{0,\text{э.н.}}^{\text{тр}}$ ($3,52 > 3,5$).

7. Коэффициент теплопередачи для данной ограждающей конструкции определяем по формуле (4.5):

$$k = \frac{1}{R_0^{\phi}} = \frac{1}{3,52} = 0,29 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}).$$

Аналогично выполняются расчеты теплотерь через полы и чердачное перекрытие.

Пример 4.2

Теплотехнический расчет световых проемов

Для принятой конструкции светового проема коэффициент теплопередачи $k_{\text{ок}}$, Вт/($\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$), определяется по уравнению: $k_{\text{ок}} = \frac{1}{R_0^{\phi}}.$

Исходные данные:

1. Здание жилое.
2. Район строительства – г. Тюмень.
3. Продолжительность отопительного периода $z_{\text{от}} - 223$ сут.

4. Расчетная средняя температура холодной пятидневки, $t_H = -35^\circ\text{C}$.
5. Расчетная температура внутреннего воздуха, $t_B = +20^\circ\text{C}$.
6. Средняя температура отопительного периода, $t_{оп} = -6,8^\circ\text{C}$,
ГСОП=5976 $^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$.

Порядок расчета:

1. Определяется $R^{тр}_0 = 0,6$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт, [15].
2. Выбирается конструкция окна в зависимости от величины $R^{тр}_0 = 0,6$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт и с учетом выполнения условия (4.11). Таким образом, для нашего примера принимаем окно из двухкамерного стеклопакета из стекла с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном с фактическим сопротивлением теплопередаче $R^\phi_0 = 0,65$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт.

Коэффициент теплопередачи остекления (окна) $k^{np}_{ок}$ определяем по формуле:

$$k^{np}_{ок} = \frac{1}{R^\phi_0} = \frac{1}{0,65} = 1,568, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

$$k_{ок} = k^{np}_{ок} - k_{нс} = 1,568 - 0,29 = 1,278.$$

Пример 4.3

Теплотехнический расчет наружных дверей

Требуемое общее сопротивление теплопередаче R_o^{mp} наружных дверей (кроме балконных) должно быть не менее значения $0,6 R_o^{mp}$ для стен зданий и сооружений, определяемого при расчетной зимней температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [19].

Принимается фактическое общее сопротивление теплопередаче наружных дверей $R_{0.дв.}^\phi = R_o^{mp}$, тогда фактическое общее сопротивление теплопередаче наружных дверей $R_{0.дв.}^\phi$, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)/Вт, определится из выражения 4.6.

Коэффициент теплопередачи наружных дверей $k_{дв.}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$, вычисляют по уравнению:

$$k_{дв.} = \frac{1}{R_{0.дв.}^\phi}. \quad (4.14)$$

Исходные данные:

1. Здание жилое.
2. Район строительства – г. Тюмень.
- Расчетная средняя температура холодной пятидневки, $t_H = -35^\circ\text{C}$.
3. Расчетная температура внутреннего воздуха, $t_B = +20^\circ\text{C}$.
4. Коэффициент $n = 1$; $\Delta t^H = 4^\circ\text{C}$; $\alpha_g = 8,7$ Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

Порядок расчета:

Определяется фактическое сопротивление теплопередаче наружной двери:

$$R_0^{mp} = 0,6 \frac{1 \cdot (20 + 35)}{4 \cdot 8,7} = 0,95, (\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})/\text{Вт}.$$

Коэффициент теплопередачи наружной двери $k_{де}$ определяется по формуле:

$$k_{де} = \frac{1}{0,95} = 1,05, (\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})/\text{Вт}.$$

4.4 Расчет тепловой мощности системы отопления.

Уравнение теплового баланса здания

Для компенсации теплотерь через наружные ограждения здания устраивают системы отопления.

Расчётные теплотери помещений жилого здания $\Sigma Q_{тп}$ вычисляют по уравнению теплового баланса [12]:

$$\Sigma Q_{тп} = Q_o + \Sigma Q_{доб} + Q_{инф} - Q_{быт}, \quad (4.15)$$

где Q_o – основные потери теплоты через ограждающие конструкции здания, Вт [12];

$\Sigma Q_{доб}$ – суммарные добавочные потери теплоты через ограждающие конструкции здания, Вт [12];

$Q_{инф}$ – добавочные потери теплоты на инфильтрацию, Вт, [12];

$Q_{быт}$ – бытовые тепловыделения, Вт [12].

Методика расчета величин, входящих в формулу 4.15, приводится далее.

4.4.1 Основные потери теплоты через ограждающие конструкции зданий: стены, окна, двери, потолки, полы над подвалами

Основные потери теплоты Q_o , Вт, через рассматриваемые ограждающие конструкции (стены, окна, входные двери, чердачное перекрытие, полы над подвалами и подпольями) зависят от разности температуры наружного и внутреннего воздуха и рассчитываются с точностью до 10 Вт по формуле:

$$Q_o = A \cdot k \cdot (t_{вн} - t_{н}) \cdot n, \quad (4.16)$$

где k - коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м² °C);

A - расчетная площадь поверхности ограждающей конструкции, м²;

$t_{вн}$ - расчетная температура воздуха помещения, °С, (табл. 4.1);

$t_{н}$ - расчетная температура наружного воздуха, °С (табл. 2.1);

n – коэффициент, зависящий от положения наружной поверхности, по отношению к наружному воздуху (табл. 4.7).

Существуют помещения, в которых отопительные приборы не устанавливаются (коридор, санитарные узлы), но теплопотери в них через пол или потолок имеются. В этих случаях теплопотери данных помещений (или часть их) добавляются к теплопотерям ближайших помещений, имеющих отопительные приборы.

Расчётная площадь ограждающих конструкций A определяется по правилам обмера в соответствии с [6, 9]. При этом необходимо предварительно вычертить планы и разрез здания в масштабе 1:100. Толщина наружных ограждений должна быть вычерчена в масштабе в соответствии с теплотехническим расчётом.

По общим правилам обмера значения размеров принимаются:

1) площадь окон и дверей – по наименьшим размерам ($h_0 \times b_0$) проёмов в свету;

2) площадь потолков и полов – по расстоянию между осями внутренних стен и расстоянию от внутренней поверхности наружных стен до осей внутренних стен;

3) высота стен первого этажа - по расстоянию от уровня нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа при наличии неотапливаемого подвала: т.е.

$$h_{нс} = h_{эт} + \delta_{пл}, \quad (4.17)$$

где $\delta_{пл}$ – толщина перекрытия над неотапливаемым подвалом;

4) высота стен промежуточного этажа – по расстоянию между уровнями чистого пола данного и вышележащего этажей:

$$h_{нс} = h_{эт}; \quad (4.18)$$

5) высота стен верхнего этажа - по расстоянию от уровня чистого пола до верха утеплителя чердачного перекрытия:

$$h_{нс} = h_{эт} + \delta_{ут}; \quad (4.19)$$

где $\delta_{ут}$ – толщина утеплителя, мм;

6) ширина наружных стен $b_{нс}$:

- для не угловых помещений – по расстоянию между осями внутренних стен;

- для угловых помещений – по расстоянию от внешних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен.

Линейные размеры ограждающих конструкций необходимо определять с точностью 0,1 м, а площадь - с точностью 0,1 м².

Для лестничных клеток при расчете теплопотерь площадь наружной стены измеряют по высоте от поверхности пола 1 этажа до верха кон-

струкции чердачного перекрытия. Учитывают теплопотери через наружные стены, наружную дверь, оконные проемы, чердачное перекрытие, перекрытие над подвалом.

Для курсового проекта толщины ограждающих конструкций жилого трехэтажного здания следующие:

- толщина наружной стены – см. п 4.3.2;
- толщина чердачного перекрытия – см. п 4.3.2;
- толщина перекрытия над подвалом – см. п 4.3.2.

Размеры оконного проема в свету – 1,47х1,760 м.

Подвал - без оконных проемов.

Размер входной (наружной) двери – 1,474х2,085 м.

Расчеты основных теплопотерь для каждого помещения здания сводятся в табл. 4.10.

4.4.2 Дополнительные теплопотери, определяемые ориентацией ограждений по сторонам света

Дополнительные теплопотери, определяемые ориентацией ограждений по сторонам света (в долях от основных теплопотерь), рассчитываются как:

$$Q_{ор} = Q_o \cdot \beta_{ор} \quad (4.20)$$

где Q_o – основные теплопотери через данное ограждение, Вт.

$\beta_{ор}$ – коэффициент добавки на ориентацию, [15];

$\beta_{ор}$ следует принимать в долях от основных потерь в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные стены, двери и окна, обращенные на:

- север (С), восток (В), северо-восток (С-В) и северо-запад (С-З) - в размере: $\beta_{ор} = 0,1$;
- юго-восток (ЮВ), запад (З) - в размере: $\beta_{ор} = 0,05$;
- юг (Ю), юго-запад (ЮЗ) – $\beta_{ор} = 0$.

4.4.3 Дополнительные потери на открывание наружных дверей

Дополнительные потери теплоты на нагревание холодного воздуха, поступающего при кратковременном открывании наружных входов, не оборудованных воздушно-тепловыми завесами, принимаются по [15] (в долях от основных теплопотерь через наружные двери) в зависимости от типа входных дверей и высоты здания H , м:

для тройных дверей с двумя тамбурами между ними:

$$Q_{н.дв.} = Q_{о.лк} \cdot (0,2H) = Q_{о.лк} \cdot \beta_{лк} \quad (4.21)$$

для двойных дверей с тамбурами между ними:

$$Q_{н.дв.} = Q_{о.лк} \cdot (0,27H) = Q_{о.лк} \cdot \beta_{лк} \quad (4.22)$$

для двойных дверей без тамбура:

$$Q_{н.дв.} = Q_{о.лк} \cdot (0,34H) = Q_{о.лк} \cdot \beta_{лк} \quad (4.23)$$

для одинарных дверей:

$$Q_{н.дв.} = Q_{о.лк} \cdot (0,22H) = Q_{о.лк} \cdot \beta_{лк} \quad (4.24)$$

где 0,2H, 0,27H, 0,34H, 0,22H – значения коэффициентов добавок, учитывающих тип дверей и высоту здания;

$Q_{о.лк}$ – основные теплопотери через двери в помещении лестничной клетки, Вт;

$\beta_{лк}$ – коэффициент добавки на открывание наружных дверей.

В жилых зданиях $Q_{н.дв.}$ учитывают только для дверей лестничных клеток.

4.4.4 Дополнительные теплопотери при наличии в помещении двух и более наружных стен

В угловых помещениях жилых зданий повышают расчётную температуру внутреннего воздуха на 2 °C [6, 15].

4.4.5 Добавочные потери теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха

В жилых зданиях инфильтрация происходит, главным образом, через окна, балконные двери, световые фонари, наружные и внутренние двери, ворота, открытые проёмы, щели, стыки стеновых панелей. Инфильтрацию воздуха через оштукатуренные кирпичные и крупнопанельные стены практически можно не учитывать из-за их высокого сопротивления воздухопроницанию.

$$Q_{инф} = C \cdot \rho_n \cdot L_n \cdot F_{ном} \cdot (t_v - t_n) \cdot 0,278, Вт \quad (4.25)$$

где C – удельная теплоемкость воздуха, $\frac{кДж}{кг^0C}$, $C=1,005$;

ρ_n – плотность наружного воздуха, $\frac{кг}{м^3}$,

$$\rho_n = \frac{353}{t_n + 273}, \quad (4.26)$$

L_n – нормируемая величина инфильтрующегося воздуха, $\frac{м^3}{ч}$, $L_n=3$ на $1м^2$ площади помещения;

$F_{ном}$ – площадь помещения, м²;
0,278 – переводной коэффициент.

Для курсового проекта $Q_{инф}$ принимаем, как 17% от суммарных теплопотерь с учетом добавок.

4.4.6 Дополнительные бытовые теплопоступления в помещения

При расчёте тепловой мощности систем отопления необходимо учитывать регулярные бытовые теплопоступления в помещение от электрических приборов, освещения, технологического оборудования, коммуникаций, материалов, тела человека и других источников. При этом значения бытовых тепловыделений, поступающих в комнаты и кухни жилых домов, следует принимать в количестве 10 Вт на 1 м площади пола [6] и определять по уравнению, Вт:

$$Q_{быт} = 10 \cdot A_{п}, \quad (4.27)$$

где $A_{п}$ – площадь пола отапливаемого помещения, м².

Все добавочные теплопотери $Q_{доб}$ суммируются с основными Q_o , за исключением бытовых тепловыделений $Q_{быт}$.

Расчеты основных теплопотерь для каждого помещения здания сводятся в табл. 4.10.

Вычерчиваются планы подвального, 1 и верхнего этажей здания с указанием размеров между осями. На планах здания все помещения нумеруются по ходу часовой стрелки, начиная с помещения, расположенного в верхнем левом углу плана здания. Первая цифра соответствует номеру этажа, две последующие - номеру помещения. Например, для первого этажа - 101, 102, 103 и т.д.

Таблица 4.10

Ведомость расчета теплопотерь

Полные теплопотери, Вт, $\Sigma Q_{т.п.}$																		18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Бытовые выделения, Вт, $Q_{быт}=10 \cdot A_{п}$																		17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Расход теплоты на нагревание инфильтрующего воздуха, Вт, $Q_{и}$																		16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Суммарные теплопотери с учетом добавок, Вт, $\Sigma Q_{доб}$																		15																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Теплопотери (добавочные), Вт $Q_{доб}$																		14																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Коэффициенты дополнительных теплопотерь, β_{op}	на открывание наружных дверей																	13																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	на ориентацию																	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Основные теплопотери, $Q_{осн}=k \cdot A \cdot (t_{вн}-t_{н})n$, Вт																		11																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Коэффициент n																		10																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Коэффициент теплопередачи ограждения k, Вт/(м ² °C)																		9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Расчетная разность температур, $t_{вн}-t_{н}$, °C																		8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Расчетная температура наружного воздуха, $t_{н}$, °C																		7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Характеристика ограждения	Площадь, A, м ²																	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	Размеры а x b, м ²																	5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	Ориентация																	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	Наименование																	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Температура внутреннего воздуха $t_{в}$, °C																		2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Номер помещения и его назначение																		1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Первый этаж																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
101																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								</

5 КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

5.1 Классификация систем водяного отопления

Классификация систем водяного отопления проводится по следующим основным признакам [4, 9]:

1. По способу создания циркуляции водяные системы отопления подразделяются на системы с *естественной циркуляцией (гравитационные)* и с *искусственной циркуляцией (насосные)*. В системах с естественной циркуляцией движение воды осуществляется под действием разности плотностей охлаждённой воды после отопительных приборов и горячей воды, поступающей в систему отопления. В системах с искусственной циркуляцией движение воды происходит под действием насоса.

2. По схеме включения отопительных приборов в стояк или ветвь системы водяного отопления подразделяются на *двухтрубные* (приборы присоединены по теплоносителю параллельно) и *однотрубные* (приборы присоединены по теплоносителю последовательно).

По направлению объединения отопительных приборов как двухтрубные, так и однотрубные системы отопления могут быть *вертикальными* (последовательно присоединяются к общему вертикальному стояку отопительные приборы на разных этажах) и *горизонтальными* (последовательно присоединяются к общей горизонтальной ветви отопительные приборы на одном этаже).

По месту расположения подающих и обратных магистралей системы водяного отопления подразделяются на системы с *верхним расположением* подающих магистралей (по чердаку или под потолком верхнего этажа, а обратных магистралей - по подвалу) и с *нижним расположением* обеих магистралей (по подвалу или над полом первого этажа).

По направлению движения воды в подающих и обратных магистралах системы водяного отопления подразделяются на *тупиковые* (горячая и охлаждённая вода в магистралах движется в противоположных направлениях) и с *попутным движением* (горячая и охлаждённая вода в магистралах движется в одном направлении).

Область применения и преимущества различных систем водяного отопления представлены в табл. 5.1 [9].

Таблица 5.1

Область применения и преимущества различных систем водяного отопления

Системы водяного отопления	Преимущества	Область применения
1	2	3
Вертикальные двухтрубные системы с верхним расположением	1. Большое естественное циркуляционное давление. 2. Проще удалять воздух из системы. 3. Выше теплоотдача отопительных приборов.	В зданиях с числом этажей до трёх включительно

1	2	3
подающей магистрали с естественной циркуляцией воды	4. Поступление воды с наивысшей температурой к каждому отопительному прибору. 5. Минимальная площадь отопительных приборов.	
Вертикальные двухтрубные системы с нижним расположением обеих магистралей с естественной циркуляцией воды	1. Меньшие теплотери. 2. Монтаж и пуск системы могут производиться поэтажно. 3. Удобнее эксплуатация системы. 4. Большая гидравлическая и тепловая надёжность системы. 5. Поступление воды с наивысшей температурой к каждому отопительному прибору. 6. Минимальная площадь отопительных приборов.	В малоэтажных зданиях с кранами двойной регулировки у отопительных приборов
Вертикальные одноконтурные системы с замыкающими участками на стояках и естественной циркуляцией воды	1. Меньшая стоимость. 2. Простой монтаж и меньшая длина теплопроводов. 3. Красивый внешний вид.	В многоэтажных производственных зданиях
Одноконтурные горизонтальные системы с естественной циркуляцией воды	1. Меньший расход труб. 2. Возможность поэтажного включения системы. 3. Стандартность узлов. 4. Проще осуществляется монтаж	В производственных помещениях
Вертикальная двухтрубная система отопления с искусственной циркуляцией и тупиковой системой	1. Большая разница в потере давления в отдельных циркуляционных кольцах. 2. Равномерный прогрев всех отопительных приборов.	В производственных помещениях
Одноконтурная система с нижней прокладкой магистралей с искусственной циркуляцией	1. Меньший диаметр труб. 2. Большой радиус действия. 3. Простой монтаж. 4. Устойчивый тепловой и гидравлический режим работы.	В производственных помещениях

5.2 Выбор систем отопления жилых зданий

Система отопления здания должна быть рассчитана на обеспечение в помещениях в течение отопительного периода температуры внутреннего воздуха в пределах оптимальных параметров, установленных [17], при расчетных параметрах наружного воздуха для соответствующих районов строительства [17, 19].

Перед конструированием систем отопления необходимо определиться с их количеством в здании. Количество систем зависит от архитектурно-планировочного решения здания, числа самостоятельных корпусов и блоков. Даже в здании с простой планировкой с целью повышения надежности количество систем отопления можно увеличить. Некоторые типы зданий могут иметь помещения с особым тепловоздушным режимом, система отопления которых должна быть самостоятельной, не связанной с основной системой (например, зрительные и спортивные залы, торговые залы магазинов и предприятий общественного питания, встроенные гаражи и т.п.).

Выбор конструкции системы отопления также связан, прежде всего, с архитектурно – планировочными особенностями здания. От наличия или отсутствия чердака (технического этажа) будет зависеть место прокладки подающей магистрали (верхняя или нижняя разводка).

В многоэтажных зданиях рекомендуется применять однотрубные стояки - проточные (при использовании в качестве отопительных приборов конвекторов с воздушной регулирующей заслонкой), проточно-регулируемые или с замыкающими участками (осевыми или смещенными), а также двухтрубные стояки при использовании у отопительных приборов термостатических клапанов.

В зданиях до трех этажей целесообразно применять двухтрубные стояки. При этом следует учитывать, что в этом случае не рекомендуется применять в качестве отопительного прибора конвектор, имеющий низкую тепловую эффективность при малом расходе теплоносителя.

Для отопления помещений большой площади, особенно при наличии в них ленточного остекления или витражей, применяют систему с горизонтальными (однотрубными или двухтрубными) или бифилярными ветвями и низкими отопительными приборами.

Выбор схемы движения воды в магистралях (попутная или тупиковая) связан, прежде всего, с возможностью обеспечить гидравлическую устойчивость работы системы отопления.

Тупиковая схема применяется с однотрубными стояками, имеющими большое гидравлическое сопротивление. При большом количестве стояков, а также для двухтрубной системы отопления следует применять схему с попутным движением воды в магистралях.

В любом случае окончательный выбор схемы и проверка выполнения условий для обеспечения устойчивой работы осуществляются в ходе гидравлического расчета системы отопления.

При наличии в здании нескольких систем отопления они могут иметь различные конструкции, как по схеме разводки теплопроводов, так и по типу применяемого отопительного прибора.

При проектировании систем отопления необходимо обеспечить расчетную температуру и равномерное нагревание воздуха помещений, гидравлическую и тепловую устойчивость системы, взрывопожарную без-

опасность и доступность очистки и ремонта. Для жилых зданий необходимо принимать при температуре теплоносителя 95°C однотрубные системы отопления с радиаторами или конвекторами [9, 13, 16, 17].

Вертикальные однотрубные системы обладают лучшей тепловой и гидравлической устойчивостью, чем двухтрубные.

Для жилых зданий рекомендуются вертикальные однотрубные проточно-регулируемые системы водяного с насосной циркуляцией, как более экономичные по расходу металла и регулированию расхода теплоты [9, 16].

Основная цель отопления - создание в помещениях тепловых условий, благоприятных для жизни и деятельности человека.

Отопление зданий начинают при устойчивом (в течение 6 суток) понижении температуры наружного воздуха до 8°C (и ниже), когда теплоступлений в помещения уже недостаточно для поддержания нормальной температуры. Заканчивают отопление при устойчивом повышении температуры наружного воздуха выше 8°C также в течение 6 суток. Продолжительность отопления зданий в холодное время года называют отопительным сезоном. Температура наружного воздуха в течение отопительного сезона непрерывно изменяется. При этом изменяется разность внутренней $t_{в}$ и наружной $t_{н}$ температуры — температурный напор, достигая наибольшего значения в самый холодный период ($t_{в}—t_{н,р}$). В этих условиях, называемых *расчетными*, теплотери через наружные ограждения $Q_{отр}$ - наибольшие. Если для расчетных условий выбрать тепловую мощность отопительных установок с целью обеспечения теплового комфорта, то может, будет легко поддерживать требуемые условия в помещениях в течение остального более теплого времени отопительного сезона [6, 15].

К системам отопления предъявляют следующие требования:

1) Санитарно-гигиенические - поддержание равномерной температуры помещений, ограничение температуры нагревательной поверхности установки и возможность ее очистки.

2) Экономические - невысокие капитальные вложения и эксплуатационные затраты, а также небольшой расход металла;

3) Архитектурно-строительные - соответствие планировке помещений, компактность, увязка со строительными конструкциями, согласование со сроками строительства зданий;

4) производственно-монтажные - механизация изготовления деталей и узлов, минимальное число элементов, сокращение трудовых затрат и повышение производительности труда при монтаже;

5) эксплуатационные - безотказность и долговечность, простота и удобство управления и ремонта, бесшумность и безопасность действия.

Каждое из указанных требований следует учитывать при выборе отопительной установки. Однако основными считают санитарно-гигиенические и эксплуатационные требования.

Система отопления - это совокупность конструктивных элементов, предназначенных для получения, переноса и передачи необходимого количества тепловой энергии во все обогреваемые помещения.

Системы отопления подразделяют на центральные и местные. Центральными называют системы, предназначенные для отопления многих помещений из одного теплового центра. Центральную систему отопления называют районной, когда группа зданий отапливается от центральной тепловой станции и теплоноситель перемещается по наружным и внутренним теплопроводам.

В современных системах теплоснабжения от теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) используют два теплоносителя. Первичный высокотемпературный теплоноситель перемещается в наружных теплопроводах и обеспечивает теплоснабжение систем отопления, вентиляции кондиционирования воздуха и горячего водоснабжения зданий. В системах отопления отдельных зданий циркулирует вторичный теплоноситель, имеющий более низкую температуру t_2 , чем первичный теплоноситель (для выполнения санитарно-гигиенических требований) [5, 6, 12].

Первичным теплоносителем в системах теплоснабжения обычно служит вода или пар. Если, например, первичная вода из теплофикационной сети нагревает вторичный теплоноситель системы отопления, в качестве которого используется также вода, то такую систему отопления называют водо-водяной. Водо-водяные системы отопления получили широкое распространение.

В зависимости от теплоносителей системы отопления могут быть водовоздушными, пароводяными, паровоздушными и т. д.

В местных системах для отопления одного помещения все три основных элемента конструктивно объединены в одной отопительной установке, непосредственно в которой происходят получение, перенос и передача теплоты. Теплопереносная среда может нагреваться горячей водой, паром, электрической энергией или горячим газом, образующимся при сжигании какого-либо топлива (например, природного газа).

При проектировании систем отопления многоэтажных жилых зданий рекомендуется особое внимание обратить на соблюдение следующих положений:

- Каждая из проектируемых систем отопления имеет свои преимущества и недостатки, которые в конкретных условиях эксплуатации здания могут существенно повлиять на функционирование системы. Поэтому, на самой ранней стадии проектирования, необходимо определить каковы будут эти условия, и выбрать систему, наиболее соответствующую как конкретным условиям, так и пожеланиям заказчика.

- Каждая из систем отопления имеет свои зоны функционирования, за пределами которых они не работают или работают с низким качеством. Рекомендуется за пределы этих зон не выходить.

- Большое значение следует придавать энергетической эффективности систем отопления. Предпочтение должно отдаваться системам, позволяющим экономить наибольшее количество тепловой энергии.
- Все системы должны быть оборудованы термостатами на отопительных приборах и индивидуальным учетом расхода теплоты.
- Рекомендуется избегать проектирования систем большой протяженности.
- Гидравлическая увязка циркуляционных колец систем отопления должна производиться с помощью оборудования, работу которого можно контролировать. Установка нерегулируемых диафрагм недопустима [5, 10, 12].

5.3 Выбор, размещение и прокладка трубопроводов

Трубопроводы систем отопления следует проектировать из стальных, медных, латунных труб, термостойких труб из полимерных материалов (в том числе металлополимерных), разрешенных к применению в строительстве.

Выбор труб для систем отопления следует осуществлять согласно [17, 18] (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Трубы систем отопления

Вид теплоносителя	Трубы с наружным диаметром, мм	
	до 60	более 60
Горячая вода	Стальные электросварные, ГОСТ 10704-76 Стальные водогазопроводные, легкие, ГОСТ 3262-75*	Стальные электросварные, ГОСТ 10704-76

На участках стояков, соединений с арматурой и отопительными приборами применяют трубы по ГОСТ 3262-75* обыкновенные водогазопроводные; в элеваторных пунктах - электросварные трубы, ГОСТ 10704-76.

Магистральные трубы систем водяного отопления прокладывают с верхней и нижней разводкой. В системах с нижней разводкой прокладку подающих и обратных теплопроводов следует предусматривать совместную в подвале, в техническом подполье или подпольных каналах.

Магистраль с верхней или нижней разводкой труб, как правило, рекомендуется проектировать тупиковыми, как более экономичные по расходу труб, чем магистраль с попутным движением воды.

Уклоны горизонтальных магистралей, 2÷5 мм на 1 метр трубопровода (0,002÷0,005), служат для обеспечения удаления воздуха из системы и опорожнения системы отопления.

Если подающая и обратная магистрали проложены вместе, то рационально для удобства крепления при монтаже прокладывать их с уклоном $0,002 \div 0,003$ (для жилых и общественных зданий) в одном направлении в сторону теплового узла [10, 18].

5.4 Выбор и размещение стояков

Стояки прокладывают, открыто и располагают, преимущественно, у наружных стен на расстоянии 35 мм от внутренней поверхности стены до оси труб при диаметре ≤ 32 мм.

Конструкция стояков должна обеспечивать унификацию узлов и деталей. Для индустриализации процесса заготовки и уменьшения трудоемкости монтажных работ рекомендуется проектировать однетрубные стояки с односторонним присоединением отопительных приборов и подводками одинаковой длины ($l \leq 500$ мм). В угловых помещениях стояки рекомендуют размещать в углах наружных стен во избежание конденсации влаги на внутренней поверхности.

Проточные стояки без кранов для регулирования теплоотдачи отопительных приборов применяются в помещениях лестничных клеток и там, где не требуется регулирование теплового режима.

Для отопления жилых зданий рекомендуются регулируемые стояки и стояки с осевыми и смещенными замыкающими участками.

Эти системы обладают высокой гидравлической и тепловой устойчивостью и имеют хорошие экономические показатели по трудозатратам и расходу металла. Замыкающие участки, уменьшающие гидравлическое сопротивление стояков, предлагается устанавливать со смещением от оси стояка для увеличения количества воды, протекающей через прибор [10, 18].

5.5 Выбор и размещение отопительных приборов

При выборе вида и типа отопительного прибора учитывают ряд факторов: назначение, архитектурно-технологическую планировку и особенности теплового режима помещения, место и продолжительность пребывания людей, вид системы отопления, технико-экономические и санитарно-гигиенические показатели прибора.

При повышенных санитарно-гигиенических, а также противопожарных и противовзрывных требованиях, предъявляемых к помещению, выбирают приборы с гладкой поверхностью. Это радиаторы и гладкотрубные приборы. При обычных санитарно-гигиенических требованиях, предъявляемых к помещению, можно использовать приборы с гладкой и ребристой поверхностью. В гражданских зданиях чаще применяют радиаторы и кон-

векторы, в производственных - радиаторы и ребристые трубы (несколько труб друг над другом) как более компактные приборы, обеспечивающие повышенную теплоотдачу на единицу их длины

В помещениях, предназначенных для кратковременного пребывания людей (менее 2 ч), можно использовать приборы любого типа, отдавая предпочтение приборам с высокими технико-экономическими показателями.

Благоприятным с точки зрения создания теплового комфорта для людей является обогревание помещения через пол. Теплый пол, равномерно нагретый до температуры, допустимой по санитарно-гигиеническим требованиям (например, в жилой комнате до 26 °С), обеспечивает ровную температуру и слабую циркуляцию воздуха, устраняет перегревание верхней зоны в помещении. Сравнительно высокая стоимость и трудоемкость устройства теплого пола для отопления помещения в большинстве случаев определяют замену его вертикальными отопительными приборами как более компактными и дешевыми.

Размещение вертикального отопительного прибора в помещении возможно как у наружной, так и у внутренней стены. Размещение прибора у внутренней стены допустимо лишь в южных районах с короткой и теплой зимой, так как оно сопровождается неблагоприятным для здоровья людей движением воздуха с пониженной температурой у пола помещений. В средней полосе и северных районах целесообразно устанавливать отопительный прибор вдоль наружной стены помещения, особенно под окном. Поток теплого воздуха при расположении прибора под окном препятствует образованию ниспадающего потока холодного воздуха, если нет подоконника, перекрывающего прибор, и движению воздуха с пониженной температурой у пола помещения. Длину отопительного прибора следует определять расчетом и принимать не менее 50% - в жилых зданиях [10, 11, 18].

Вертикальный отопительный прибор следует размещать возможно ближе к полу помещения (но не ближе 60 мм от пола для удобства очистки подприборного пространства от пыли). В помещении высотой более 6 м, особенно со световыми проемами наверху, часть отопительных приборов (от 1/4 до 1/3 общей площади) размещают в верхней зоне. Правило установки отопительного прибора под окном может не соблюдаться в помещении, периодически посещаемом людьми на короткое время, или если рабочие места людей в нем удалены от наружного ограждения. Это отклонение от правила может допускаться, например, в производственном помещении с широким (более 2 м) проходом у окон, в вестибюле и лестничной клетке гражданского здания, складе и тому подобных помещениях.

В угловых помещениях приборы необходимо размещать на обеих наружных стенах. При таком размещении движение восходящего теплового потока от отопительных приборов препятствует образованию ниспада-

ющих холодных потоков от окон и холодных поверхностей стен и попаданию их в рабочую зону.

Особое размещение отопительных приборов требуется в лестничных клетках. В лестничных клетках целесообразно располагать отопительные приборы в нижней их части, рядом с входными дверями. В малоэтажных зданиях обычно используют приборы, выбранные для отопления основных помещений. Их размещают на первом этаже при входе и, в крайнем случае, переносят часть приборов (до 20% в двухэтажных, до 30% в трехэтажных зданиях) на промежуточную лестничную площадку между первым и вторым этажами. Установка отопительного прибора во входном тамбуре с наружной дверью нежелательна во избежание замерзания воды в нем или в отводной трубе в том случае, если наружная дверь длительное время остается открытой. Все отопительные приборы располагают так, чтобы были обеспечены их осмотр, очистка и ремонт. Если отопительный прибор декорируют, то его теплоотдача не должна снижаться более чем на 15 %.

В качестве отопительных приборов лестничных клеток могут применяться ребристые трубы, конвекторы, стальные панели, радиаторы [10, 11].

5.6 Присоединение трубопроводов к отопительным приборам

Теплоотдача отопительных приборов в значительной степени определяется принятой схемой присоединения приборов к трубам, системой отопления и схемой подачи теплоносителя в прибор.

Присоединение труб к отопительным приборам может быть односторонним и разносторонним.

Подача теплоносителя в отопительные приборы может осуществляться «сверху-вниз», «снизу-вверх» (рис. 5.1).

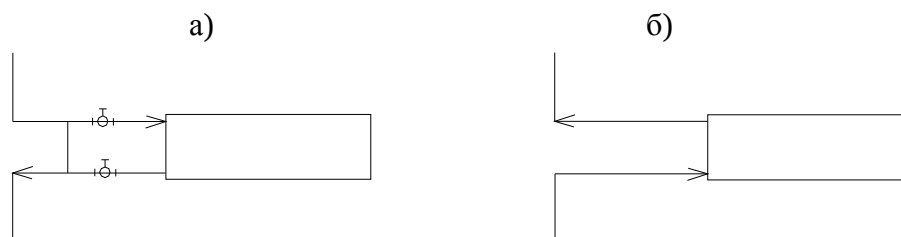


Рис. 5.1. Схемы подачи теплоносителя в нагревательные приборы:
а) сверху-вниз; б) снизу-вверх.

Схемы «снизу-вверх» и «снизу-вниз» применяют только в однострунных системах водяного отопления с нижней разводкой. Коэффициент теплопередачи приборов водяного отопления при схеме «сверху-вниз» выше.

5.7 Размещение запорно-регулирующей арматуры

В жилых зданиях у отопительных приборов следует устанавливать автоматические терморегуляторы и регулирующую арматуру.

В помещениях, где имеется опасность замерзания теплоносителя, регулирующая арматура у отопительных приборов должна быть защищена от ее несанкционированного закрытия [8, 18].

В системах отопления следует предусматривать устройства для удаления воздуха (скопление воздуха в системе нарушает циркуляцию теплоносителя, вызывает шум и коррозию стальных труб) и их опорожнения.

В системах отопления с нижней разводкой удаление воздуха целесообразно предусматривать через ручные краны конструкции Маевского или через автоматические воздуховыпускные краны, установленные в верхних пробках радиаторов верхних этажей. Из современных нагревательных приборов воздухоудаление осуществляется через автоматические воздухоотводчики, предусмотренные в конструкции прибора.

Удаление воздуха из систем водяного отопления предусматривается в верхних точках через проточные воздухоборники, установленные в верхних точках системы (система отопления с верхней разводкой) или через краны для выпуска воздуха, установленные на отопительных приборах верхних этажей (система отопления с нижней разводкой). Скопление воздуха в системе нарушает циркуляцию теплоносителя, вызывает шум и коррозию стальных труб.

Воздух из воздухоборника удаляется в атмосферу периодически, при помощи ручных спускных кранов или автоматических воздухоотводчиков.

В системах отопления устанавливают муфтовую арматуру - проходные краны и вентили - (резьбовое соединение) - при диаметре труб ≤ 40 мм, при диаметре ≥ 50 мм - фланцевую арматуру - задвижки - (фланцевое соединение).

Не рекомендуется устанавливать арматуру на подводках к приборам в помещениях гардеробных, душевых, санитарных узлах, кладовых, а также в помещениях, где имеется опасность замерзания теплоносителя (лестничные клетки, тамбуры и т.п.).

Для отключения отдельных частей системы отопления на трубах магистралей используют балансировочные клапана.

В системах отопления следует предусматривать устройства для их опорожнения: в системах отопления с нижней разводкой в зданиях 2 этажа и более; на лестничных клетках, независимо от этажности здания. На каждом стояке следует предусматривать сливную арматуру со штуцерами для присоединения шлангов. В пониженных местах магистралей устанавливают спускные краны для слива теплоносителя [5, 7, 11].

В зданиях до 4 этажей запорно-регулирующую арматуру на стояках не устанавливают.

Арматура в тепловом узле здания предназначена для регулирования и отключения систем отопления и оборудования. Задвижки рекомендуют устанавливать на главных подающих и обратных магистралях, до и после

водоструйных элеваторов, циркуляционных и смесительных насосов, исполнительных механизмов автоматического регулирования, на обводных линиях [10, 11]. В табл. 5.3 представлены технические характеристики запорно–регулирующей арматуры, применяемой в системах отопления [4].

Таблица 5.3

Запорно-регулирующая арматура

Наименование арматуры	Тип арматуры	Диаметр D _у , мм	Рабочее условное давление P _у , МПа	Температура теплоносителя, °C	Коэффициент местного сопротивления	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
Кран регулирующий двойной регулировки	КРДП	15; 20	1,0	до 150	14,0; 13,0	ГОСТ 10944-75
Кран двойной регулировки	КДР	15; 20	0,6	до 130	3,5; 3,0	ГОСТ 10944-75
Кран регулирующий трехходовой латунный	КРТ	15; 20	1,0	до 150	3,5; 3,0	ГОСТ 10944-75
Кран конусный проходной муфтовый латунный сальниковый	11Б6бк	15; 20; 25	1,0	до 100	3,5; 1,5; 1,5	ТУ 26-07-1396-87
Вентиль латунный запорный муфтовый	15Б16к	15; 20; 25; 32; 40	1,6	до 200	15,9; 10,5; 9,3; 8,6; 7,6	ГОСТ 9086-74
Вентиль ковкого чугуна запорный муфтовый	15кч18п 15кч18п2	15; 20; 25; 32; 40; 50	1,6	до 200 До 225	7...16	ГОСТ 9086-74
Вентиль ковкого чугуна запорный фланцевый	15кч19п 15кч19п2	15; 20; 25; 32; 40; 50	1,6	до 200 До 225	7...16	ГОСТ 9086-74
Задвижка чугунная параллельная с выдвижным шпинделем, фланцевая	30ч6бр	50; 80; 100; 25; 150; 200; 250	1,0	до 225	0,5	ГОСТ 8437-75
Задвижка стальная клиновая фланцевая	30с41нж	50; 80; 100; 150; 200; 400	1,6	до 150	0,5	ГОСТ 12821-80

5.8 Теплоизоляция труб

При прокладке в неотапливаемых помещениях (чердаки, технические этажи, подвалы, подполья и др.) и в местах, где возможно замерзание теплоносителя (наружные двери, ворота, открытые проемы и др.), для снижения теплопотерь, подающие и обратные магистрали и участки стояков в местах присоединения к магистралям, покрывают тепловой изоляцией. Тепловая изоляция может быть оберточная (ленты, жгуты и маты), сборная (штучные кольца, скорлупа и сегменты) и литая, наносимая на трубы в заводских условиях. Изоляция трубопроводов снаружи покрывается защитным слоем: асбестовым или алюминиевым листом, или синтетической несгораемой пленкой [10].

В настоящее время используются новые теплоизоляционные материалы (например, «Термафлекс», «Энергофлекс»).

5.9 Конструирование аксонометрических схем систем отопления

Перед конструированием систем отопления необходимо определиться с их количеством в здании. Количество систем зависит от архитектурно-планировочного решения здания, числа самостоятельных корпусов и блоков. Даже в здании с простой планировкой с целью повышения надежности количество систем отопления можно увеличить. Некоторые типы зданий могут иметь помещения с особым тепловоздушным режимом, система отопления которых должна быть самостоятельной, не связанной с основной системой (зрительные и спортивные залы, торговые залы магазинов и предприятий общественного питания, встроенные гаражи и т.п.).

Выбор конструкции системы отопления также связан с архитектурно – планировочными особенностями здания. От наличия или отсутствия чердака (технического этажа) будет зависеть место прокладки подающей магистрали (верхняя или нижняя разводка).

Аксонометрическую схему системы отопления выполняют в масштабе 1:100 в проекции под углом 45° с указанием фактических длин горизонтальных и вертикальных труб. На схеме показывают все элементы и узлы системы, трубы, запорно-регулирующую арматуру на магистралях, регулирующие и запорные краны (у приборов), спускные и воздушные краны, изгибы труб, компенсаторы, стояки с отопительными приборами, воздухооборники.

Фасонные части трубной разводки на схеме не показывают. Для стояков лестничных клеток, а также стояков в зданиях свыше трех этажей показывают типовой узел присоединения этих стояков к магистралям с необходимой арматурой.

Прежде всего, располагают стояки в наружных углах помещений, затем размещают остальные стояки с одно- или двухсторонним присоедине-

нием к ним отопительных приборов. Двухстороннее присоединение предпочтительнее, так как при этом сокращается число стояков и увеличивается их гидравлическое сопротивление [2].

Стояки наносят на поэтажные планы в виде точек, соединяют их с приборами одной (подающей) подводкой и нумеруют, начиная с левого верхнего угла здания, по часовой стрелке (Ст.1, Ст.2 и т.д.). Номера стояков помечают на всех планах. В системе отопления с верхней разводкой или с опрокинутой циркуляцией на всех планах отмечают размещение главного стояка (Гл.ст.).

Магистрали всех систем отопления здания начинаются и заканчиваются в тепловом пункте. Подающая магистраль на чердаке или верхнем техническом этаже прокладывается на высоте 200...300 мм от верха перекрытия, на расстоянии от 1 до 1,5 м от наружных стен и соединяется с нанесенными на план стояками.

В верхних точках, как правило, на предпоследних участках отдельных ветвей системы с верхней разводкой подающей магистрали, намечаются места размещения проточных горизонтальных воздухо-сборников.

Прокладка магистралей в подвале или техническом подполье здания осуществляется, как правило, под потолком, на расстоянии 500...600 мм от низа перекрытия с целью обеспечения мест для размещения запорной арматуры стояков. В системе с нижней разводкой магистрали наносятся условно рядом (подающая - ближе к наружной стене), указываются величина и направление их уклона к тепловому пункту. В местах отключения отдельных ветвей системы наносится запорно-регулирующая арматура. Все магистрали обозначаются сплошной линией с указанием в ее разрыве их назначения (Т1 – подающая, Т2 – обратная).

Если в системе отопления есть расширительный бак, то он наносится в месте его установки (на чердаке или при его отсутствии в специальном помещении на крыше здания, над тепловым пунктом). На поэтажных планах указываются места прокладки труб от бака в тепловой пункт (в штробе одной из внутренних стен).

Отопительные приборы на схеме изображают в виде прямоугольников. Подводки к приборам показывают без уток (если они есть). При изображении присоединений двухсторонних подводок к угловым стоякам показывают изгиб одной из пары подводок.

В случаях, когда взаимное наложение стояков затрудняет изображение и рассмотрение схемы, отдельные стояки или ветви переднего фасада здания смещают по отношению к стоякам заднего фасада, условно обрывая трубы и помечая буквами места обрывов.

При изображении двухтрубных стояков подающий стояк вычерчивают справа при взгляде из помещения [1, 2, 18].

6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ И ЧИСЛА ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

6.1 Выбор и размещение отопительных приборов

Отопительные приборы - один из основных элементов систем отопления - предназначены для теплопередачи от теплоносителя в обогреваемые помещения.

К отопительным приборам как к оборудованию, устанавливаемому непосредственно в обогреваемых помещениях, предъявляются требования, дополняющие и уточняющие требования к системе отопления [6, 9]:

1 - санитарно-гигиенические - относительно пониженная температура поверхности; ограничение площади горизонтальной поверхности приборов для уменьшения отложения пыли; доступность, и удобство очистки от пыли поверхности приборов и пространства вокруг них;

2 - экономические - относительно пониженная стоимость прибора; экономный расход металла на прибор, обеспечивающий повышение теплового напряжения металла;

3 - архитектурно-строительные - соответствие внешнего вида приборов интерьеру помещений, сокращение площади помещений, занимаемой приборами. Приборы должны быть достаточно компактными, т. е. их строительные глубина и длина, приходящиеся на единицу теплового потока, должны быть наименьшими;

4 - производственно-монтажные - механизация изготовления и монтажа приборов для повышения производительности труда; достаточная механическая прочность приборов;

5 - эксплуатационные - управляемость теплоотдачи приборов, зависящая от их тепловой инерции; температуро-устойчивость и водонепроницаемость стенок при предельно допустимом в рабочих условиях (рабочем) гидростатическом давлении внутри приборов.

К отопительным приборам предъявляется теплотехническое требование передачи от теплоносителя в помещения через единицу площади наибольшего теплового потока при прочих равных условиях (расход и температура теплоносителя, температура воздуха, место установки и т. д.).

По используемому материалу различают металлические, комбинированные и неметаллические отопительные приборы. Металлические приборы выполняют в основном из серого чугуна и стали (листовой стали и стальных труб). Применяют также медные трубы, листовой и литой алюминий и другой металл.

1 - В комбинированных приборах используют теплопроводный материал (бетон, керамику), в который заделывают стальные или чугунные греющие элементы (панельные радиаторы); оребренные металлические трубы помещают в неметаллический (например, асбестоцементный) кожух (конвекторы).

2 - К неметаллическим приборам относят бетонные панельные радиаторы, потолочные и напольные панели с заделанными пластмассовыми греющими трубами или с пустотами вообще без труб, а также керамические, пластмассовые и тому подобные радиаторы.

По высоте вертикальные отопительные приборы подразделяют на высокие (высотой более 650 мм), средние (более 400 до 650 мм) и низкие (более 200 до 400 мм). Приборы высотой 200 мм и менее называют плинтусными.

По глубине в установке (с учетом расстояния от прибора до стены) имеются приборы малой глубины (до 120 мм), средней глубины (более 120 до 200 мм) и большой глубины (более 200 мм).

По величине тепловой инерции можно выделить приборы малой и большой инерции. К приборам малой тепловой инерции относят приборы, имеющие небольшую массу материала и вмещаемой воды. Такие приборы с греющими трубами малого диаметра (например, конвекторы) быстро изменяют теплоотдачу при регулировании количества подаваемого теплоносителя. Приборами, обладающими большой тепловой инерцией, считают массивные приборы, вмещающие значительное количество воды (например, бетонные или чугунные радиаторы). Такие приборы теплоотдачу изменяют сравнительно медленно.

Отопительные приборы по преобладающему способу теплоотдачи подразделяются на радиационные, конвективно-радиационные и конвективные.

К радиационным приборам, передающим излучением более 50% общего теплового потока, следует отнести отопительные панели металлические или бетонные, расположенные в подпотолочной зоне или в плоскости наружных и внутренних стен.

К конвективно-радиационным приборам, передающим конвекцией не менее 50% общего теплового потока, относят радиаторы секционные и панельные, гладкотрубные приборы.

К конвективным приборам, передающим конвекцией не менее 75% общего теплового потока, относят конвекторы, ребристые трубы и воздухонагреватели (калориферы), применяемые для нагревания воздуха.

В эти группы входят отопительные приборы пяти основных видов: радиаторы секционные и панельные, гладкотрубные приборы (эти три вида приборов имеют гладкую внешнюю поверхность), конвекторы, ребристые трубы (имеют ребристую поверхность).

К приборам с ребристой внешней поверхностью относят также калориферы, применяемые для нагревания воздуха в системах воздушного отопления, вентиляции и кондиционирования.

Отопительные приборы из гладких труб выполняются в виде регистров или змеевиков. Общая длина прибора и число труб по вертикали зависят от тепловой мощности отопительного прибора.

Ребристой трубой называют конвективный прибор, представляющий собой фланцевую чугунную трубу, наружная поверхность которой покрыта совместно отлитыми тонкими рёбрами.

На равномерность температурного поля на внешней поверхности отопительных приборов влияет направление движения теплоносителя (воды) внутри прибора, связанное с местами его подвода и отведения, т. е. способ соединения приборов с теплопроводами.

После того, как выбраны класс, вид и модель отопительных приборов, необходимо определить, как эти приборы будут подключаться к отопительной сети здания [6, 9].

Существуют две основные системы отопления: однотрубная и двухтрубная (рис. 6.1).

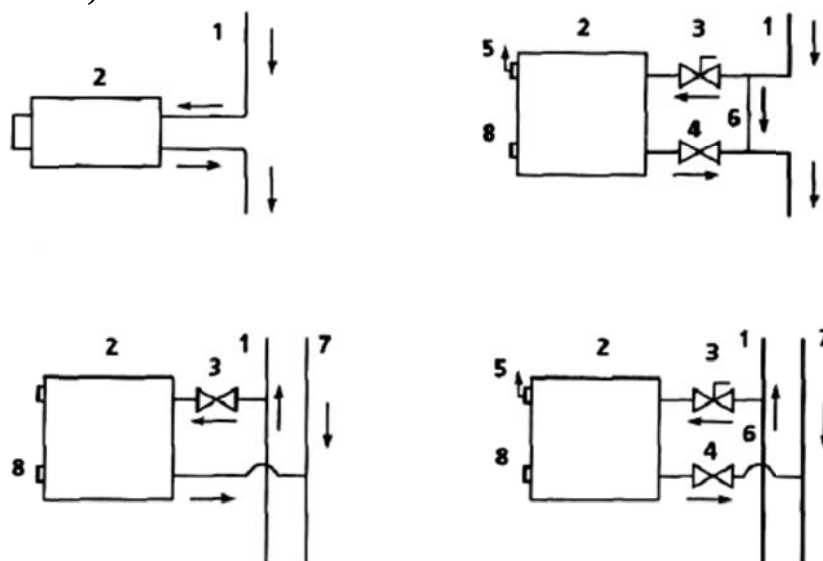


Рис. 6.1. Схемы подключения радиаторов: а - однотрубная система, стандартное подключение; б - однотрубная система, подключение с перемычкой; в - двухтрубная система, стандартное подключение; г - двухтрубная система, рекомендуемое подключение; 1 - подающий трубопровод; 2 - радиатор; 3 - терморегулятор (ручной или автоматический); 4 - вентиль нижний; 5 - воздухоотводчик; 6 - перемычка (байпас); 7 - обратный трубопровод; 8 - заглушка

Однотрубная система (рис. 6.1, а, б). Теплоноситель (вода) по одному трубопроводу (стояку) подаётся наверх здания, а по другому опускается вниз, последовательно проходя через все отопительные приборы, установленные на этажах. Чем ниже этаж, тем холоднее становится вода, поступающая в прибор. Какая-либо регулировка прибора при этом невозможна, так как всякое изменение сечения прохода воды приводит к уменьшению её потока во всём стояке.

Двухтрубная система (рис. 6.1, в, г). Теплоноситель подаётся по одному трубопроводу (подающий), а отводится по другому (обратный). Отопительные приборы подключаются к стоякам параллельно. Поэтому температура теплоносителя, входящего в приборы на всех этажах здания, одинакова.

Если устанавливается новый отопительный прибор, то необходимо управление его теплоотдачи. В однотрубной системе это достигается с помощью установки перемычки (байпаса) и запорно-регулирующей арматуры (рис. 6.2). В двухтрубной системе для управления теплоотдачей байпас не требуется, достаточно на подводящей трубе (верхней подводке) установить терморегулятор 3.

Перемычка (байпас) - это отрезок трубы, установленный между прямой и обратной подводками прибора, диаметр которой меньше диаметра подводки на один калибр (обычно это труба диаметром полдюйма). Когда терморегулятор 3 (рис. 6.1, б; 6.2) ручной или автоматический, изменяет количество теплоносителя, поступающего в прибор, его избыточная часть через перемычку возвращается в стояк, не влияя на работу других приборов на стояке. При этом изменяется температура поверхности радиатора и, следовательно, температура воздуха в помещении.

Тепловой расчёт отопительного прибора заключается в определении площади внешней нагревательной поверхности прибора, обеспечивающей необходимый тепловой поток от теплоносителя в помещение (рис.6.3) [10].

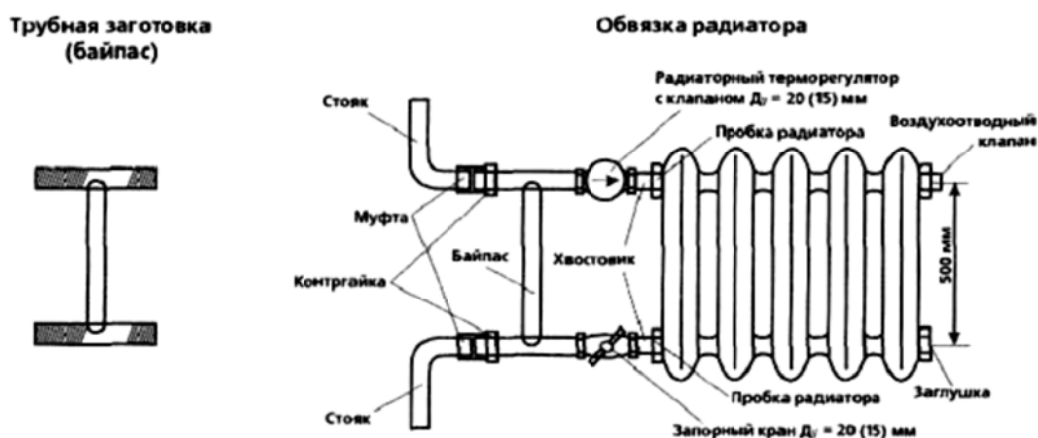


Рис. 6.2. Обвязка радиатора в однотрубной системе отопления

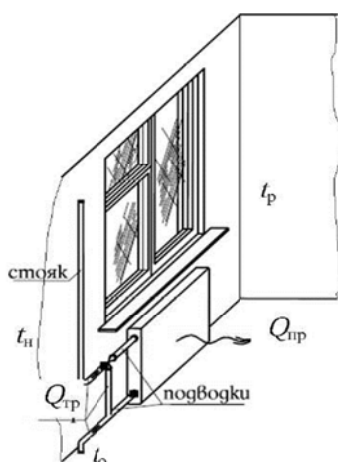


Рис. 6.3. Схема теплоотдачи отопительного прибора $Q_{пр}$ и труб $Q_{тр}$ для компенсации теплотребления

В расчетных условиях, при температуре наружного воздуха, расчетной для системы отопления здания, расход теплоты на отопление (теплопотребность) помещения $Q_{\text{п}}$ должна компенсироваться теплоотдачей отопительного прибора $Q_{\text{пр}}$ и нагретых труб $Q_{\text{тр}}$:

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{пр}} + Q_{\text{тр}} \quad (6.1)$$

Следовательно, тепловая мощность прибора, т.е. его расчетная теплоотдача $Q_{\text{пр}}$, Вт, определяется теплопотребностью помещения за вычетом теплоотдачи теплопроводов, проложенных в этом помещении $Q_{\text{тр}}$.

6.2 Расчет площади отопительных приборов в однотрубных системах отопления

Поверхность нагрева отопительных приборов в однотрубных системах отопления рассчитывается с учетом температуры теплоносителя на входе в каждый прибор $t_{\text{вх}}$, °C, количества теплоносителя, проходящего через прибор $G_{\text{пр}}$, кг/ч, и величины тепловой нагрузки прибора $Q_{\text{пр}}$, Вт.

Расчет площади каждого отопительного прибора осуществляется в определенной последовательности:

1. Вычерчивается расчетная схема стояка, принимается тип отопительного прибора и место установки, схема подачи теплоносителя в прибор, конструкция узла прибора. На расчетной схеме проставляются тепловые нагрузки приборов $Q_{\text{пр}}$, равные теплопотерям $Q_{\text{п}}$, Вт.

2. Рассчитывается действительный расход воды в приборе, кг/ч, по формуле:

$$G_{\text{пр}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{пр}} \cdot \beta_1^* \cdot \beta_2^* \cdot 3,6}{c \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{о}})} \quad (6.2)$$

где β_1^* - коэффициент учета дополнительного теплового потока (табл. 6.1);

β_2^* - коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительных приборов у наружных ограждений, в том числе под оконными проемами (табл. 6.2);

$c = 4,187$ кДж/(кг·°C) удельная массовая теплоемкость воды;

$Q_{\text{пр}}$ - тепловая нагрузка прибора, Вт.

Таблица 6.1

Значения коэффициента β_1^*

Шаг номенклатурного ряда отопительных приборов, Вт (кКал/ч)	β_1^*
120 (103)	1,02
150 (129)	1,03
180 (155)	1,04
210 (181)	1,06
240 (206)	1,08
300 (258)	1,13

Значения коэффициента β_2^*

Отопительный прибор	Значения β_2^* при установке прибора	
	у наружной стены, в том числе под световым проемом	у остекления светового проема
Радиатор: чугунный секционный стальной панельный	1,02	1,07
	1,04	1,1
Конвектор: с кожухом без кожуха	1,02	1,05
	1,03	1,07

Теплоотдача отопительного прибора $Q_{пр}$, Вт, определяется по формуле:

$$Q_{пр} = q_{пр} F_{пр}, \quad (6.3)$$

где $q_{пр}$ - поверхностная плотность теплового потока прибора, Вт/м²;

$F_{пр}$ - расчётная площадь отопительного прибора, м².

Отсюда площадь поверхности отопительного прибора:

$$F_{пр} = Q_{пр} / q_{пр}, \quad (6.4)$$

где требуемая теплоотдача прибора $Q_{пр}$, Вт, определяется:

$$Q_{пр} = Q_{п} - \beta_{тр} O_{тр} \quad (6.5)$$

где $\beta_{тр}$ - поправочный коэффициент, учитывающий долю теплоотдачи теплопроводов, полезную для поддержания заданной температуры воздуха в помещении ($\beta_{тр}$ составляет при прокладке труб: открытой - 0,9; скрытой в глухой борозде стены - 0,5; замоноличенной в тяжёлый бетон - 1,8);

$O_{тр}$ - суммарная теплоотдача проложенных в пределах помещения нагретых труб стояка (ветви) и подводок, к которым непосредственно присоединён прибор, Вт.

Суммарную теплоотдачу теплопроводов находят по формуле:

$$O_{тр} = q_v l_v + q_g l_g, \quad (6.6)$$

где q_v , q_g – теплоотдача 1 метра вертикальных и горизонтальных труб в i -ом помещении, Вт/м, принимаемая [6] в зависимости от диаметра и разности температуры теплоносителя на входе его в рассматриваемое помещение и температуры воздуха в помещении (табл. 6.3).

l_v , l_g – длина вертикальных и горизонтальных труб в пределах рассматриваемого помещения, м.

Марки выбранных приборов или число элементов в них наносят на схему системы отопления и на поэтажные планы здания.

Таблица 6.3

Теплоотдача открыто проложенных трубопроводов (вертикальных – верхняя, горизонтальных – нижняя строка) систем водяного отопления)

$t_r - t_b$, °C	Условный диаметр, мм	Теплоотдача, q , 1 м трубы, Вт/м, при $t_r - t_b$, °C, через 1 °C									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
70	15	59	60	61	63	64	65	66	67	68	70
		77	79	80	81	82	84	86	87	89	91
	20	74	75	77	78	80	81	83	84	86	87
		93	95	96	97	100	102	103	105	107	108
	25	93	94	96	97	100	101	103	107	107	109
		113	114	116	118	121	123	125	128	128	131
80	15	117	119	121	123	125	128	130	133	135	137
		138	141	143	145	148	151	153	156	159	162
	20	132	135	137	140	143	145	148	151	152	154
		155	157	160	163	166	168	172	174	178	180
	25	165	167	171	174	178	180	185	187	191	194
		187	191	194	198	202	205	208	213	215	218
90	15	71	72	73	74	75	77	78	79	81	81
		92	93	94	96	98	100	101	101	102	105
	20	88	89	92	93	94	96	98	99	101	102
		109	111	114	115	117	120	121	123	125	127
	25	110	113	114	116	119	120	122	124	125	128
		134	136	138	141	143	145	146	149	151	153
100	15	139	142	144	146	149	151	153	156	158	162
		164	166	170	172	174	178	180	182	186	188
	20	158	160	165	166	169	173	174	177	180	182
		184	186	189	192	195	198	201	204	208	210
	25	196	200	203	207	210	214	217	221	224	228
		223	227	230	235	238	242	246	250	253	257
110	15	82	84	86	87	88	89	91	92	93	94
		107	108	110	112	114	115	117	119	120	122
	20	103	106	107	108	110	112	114	115	116	118
		128	131	132	135	137	138	141	143	144	146
	25	130	131	134	136	137	138	139	142	146	148
		156	158	160	163	164	167	170	172	175	177
120	15	164	166	168	171	173	175	179	181	184	186
		191	194	196	200	201	204	208	212	214	216
	20	186	188	190	194	196	200	202	206	208	212
		214	217	220	223	227	229	232	236	238	242
	25	231	235	238	243	246	250	253	257	260	264
		260	265	270	272	275	280	284	288	293	296
130	15	95	97	99	100	100	101	102	103	105	106
		122	124	126	128	129	131	134	135	136	138
	20	120	122	123	124	127	129	130	132	134	136
		149	152	155	156	158	159	162	164	166	169
	25	149	150	152	154	157	159	162	164	166	167
		180	182	186	188	191	194	195	199	200	203

Окончание таблицы 6.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	32	188	191	193	196	199	202	204	206	209	212
		222	224	228	231	235	237	239	243	246	250
	40	214	217	220	223	227	230	233	236	239	242
		246	250	253	257	260	265	267	271	274	278
	50	268	272	275	279	284	287	292	295	299	303
		300	305	309	314	318	322	327	330	335	339

Примечание. Теплоотдача труб принята: при d_y до 50 мм включительно для труб легких и обыкновенных по ГОСТ 3262 – 75*; при d_y свыше 50 мм – для труб стальных электросварных прямошовных по ГОСТ 10704 – 76*.

В курсовом проекте полезной теплоотдачей труб стояка и подводок можно пренебречь, т.е. $Q_{тр}=0$.

В *однотрубных системах* водяного отопления нагревательные приборы соединены последовательно, поэтому температура теплоносителя, поступающего в последующий прибор, должна рассчитываться с учётом охлаждения воды в предыдущем приборе и с учётом охлаждения теплоносителя в трубах подающей магистрали на 2 °С меньше. Температура воды, входящей в первый нагревательный прибор, принимается $t_{вх} = t_e - 2$. Температура воды на выходе из прибора рассчитывается по формуле [11]: для первого прибора:

$$t_{вых(1)} = t_{вх(1)} - 0,5Q_{пр(1)}\beta_1\beta_2 \frac{3,6}{c_B G_{пр(1)}} \quad (6.7)$$

для второго прибора:

$$t_{вых(2)} = t_{вх(2)} - 0,5Q_{пр(2)}\beta_1\beta_2 \frac{3,6}{c_B G_{пр(2)}} \quad (6.8)$$

для третьего прибора:

$$t_{вых(3)} = t_{вх(3)} - 0,5Q_{пр(3)}\beta_1\beta_2 \frac{3,6}{c_B G_{пр(3)}} \quad (6.9)$$

и т.д.

где β_1 - поправочный коэффициент, учитывающий теплопередачу через дополнительную площадь отопительных приборов (для радиаторов и конвекторов $\beta_1 = 1,03...1,08$, для ребристых труб $\beta_1 = 1,13$);

β_2 - поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные тепловые потери вследствие размещения отопительных приборов у наружных ограждений ($\beta_2 = 1,02...1,04$).

1. Рассчитывается средний температурный напор в каждом отопительном приборе по ходу движения теплоносителя, °С при однотрубной системе отопления:

для первого прибора:

$$\Delta t_{cp(1)} = t_{вых(1)} - t_{в}, \quad (6.10)$$

для второго прибора:

$$\Delta t_{cp(2)} = t_{вых(2)} - t_{в}, \quad (6.11)$$

для третьего прибора:

$$\Delta t_{cp(3)} = t_{вых(3)} - t_{в}, \quad (6.12)$$

и т.д.

где $t_{в}$ - расчётная температура внутреннего воздуха в помещении, °С;

1. Определяется плотность теплового потока, Вт/м², для каждого отопительного прибора по ходу движения теплоносителя:

для первого прибора:

$$q_{пр(1)} = q_{ном} \cdot c \cdot \left(\frac{\Delta t_{cp(1)}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{пр(1)}}{360} \right)^p \quad (6.13)$$

для второго прибора:

$$q_{пр(2)} = q_{ном} \cdot c \cdot \left(\frac{\Delta t_{cp(2)}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{пр(2)}}{360} \right)^p \quad (6.14)$$

для третьего прибора:

$$q_{пр(3)} = q_{ном} \cdot c \cdot \left(\frac{\Delta t_{cp(3)}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{пр(3)}}{360} \right)^p \quad (6.15)$$

и т.д.

где $q_{ном}$ - номинальная плотность теплового потока отопительного прибора при стандартных условиях, Вт/м² (табл. 6.4),

n , p , c – показатели для определения теплового потока отопительного прибора, принимаемые по [6] в зависимости от $G_{пр}$, кг/ч, и схемы подачи теплоносителя в приборы (табл. 6.5).

Таблица 6.4

Номинальная плотность теплового потока отопительных приборов

Наименование и обозначение отопительного прибора	Номинальная плотность теп- лового потока, Вт/м ²
1	2
Радиаторы чугунные секционные	
МС-140-108	758
МС-140-98	725
МС-140-АО	595

Окончание таблицы 6.4

1	2
МС-140-А	646
М-90	700
МС-90-108	802
Радиаторы дальние панельные типа РСВ1	
однорядные	712
двухрядные	618
Конвектор настенный с кожухом типа «Универсал»	357
Конвектор настенный с кожухом типа	
«Универсал-С»	345
Конвектор настенный с кожухом типа	
«Комфорт-20»	462
Биметаллические отопительные приборы типа «Коралл»	
однорядные	510
двухрядные	469

Таблица 6.5

Тип отопительного прибора	Направление движения теплоносителя	Расход теплоносителя G, г/ч	n	p	c
Радиатор чугунный секционный и стальной панельный однорядный и двухрядный типа РСВ 1	Сверху – вниз	18-50	0,6	0,02	1,039
		54-536		0	1,0
		536-900		0,01	0,996
	Снизу – вниз	18-115	0,15	0,08	1,092
		119-900		0	1,0
	Снизу – вверх	18-61	0,25	0,12	1,113
Конвектор настенные с кожухом типов «Универсал», «Универсал С»	Любое	65-900	0,3	0,04	0,97
		36-86 90-900		0,18 0,07	1

2. Вычисляется расчетная наружная площадь, m^2 , отопительного прибора по ходу движения теплоносителя:
для первого прибора:

$$F_{\text{пр}(1)} = \frac{Q_{\text{пр}(1)}}{q_{\text{пр}(1)}}, \quad (6.16)$$

для второго прибора:

$$F_{\text{пр}(2)} = \frac{Q_{\text{пр}(2)}}{q_{\text{пр}(2)}}, \quad (6.17)$$

для третьего прибора:

$$F_{\text{пр}(3)} = \frac{Q_{\text{пр}(3)}}{q_{\text{пр}(3)}}, \quad (6.18)$$

и т.д.

Примечание: для конвектора на этом пункте расчет заканчивается.

Определение количества секций отопительного прибора:

$$N = \frac{F_{\text{пр}} \cdot \beta_4}{f \cdot \beta_3}, \quad (6.19)$$

где β_3 – поправочный коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе,

$$\beta_3 = 0,92 + \frac{0,16}{F_{\text{пр}}}; \quad (6.20)$$

β_4 – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении (табл. 6.7);

f – площадь секции отопительного прибора, м^2 (табл. 6.8).

Число панельных радиаторов типа PCB1 и PCB2 рассчитывается по формуле:

$$N = F_{\text{пр}} / f_1, \quad (6.21)$$

где f_1 – площадь одной панели, м^2 (табл. 6.8).

Число элементов конвекторов без кожуха или ребристых труб в ярусе по вертикали или в ряду по горизонтали определяется по формуле:

$$N = F_{\text{пр}} / (n f_1), \quad (6.22)$$

где n – число ярусов или рядов элементов, составляющих прибор;

f_1 – площадь одного элемента конвектора или одной ребристой трубы принятой длины, м^2 , (табл. 6.8).

Длина греющей трубы 1, м, в ярусе или в ряду гладкотрубного прибора составляет

$$l = \frac{F_{\text{пр}} \cdot \beta_4}{n f_1}, \quad (6.23)$$

где n – число ярусов или рядов греющих труб, составляющих прибор;

f_1 – площадь 1 м открытой горизонтальной трубы принятого диаметра, $\text{м}^2/\text{м}$.

Подбор нагревательных элементов для одного стояка проводится подробно с формулами и вычислениями. Подбор поверхности нагревательных приборов для всех стояков представляется в виде сводной табл. 6.6.

Таблица 6.6

Расчет поверхности отопительных приборов

№ помещения	Температура внутреннего воздуха, $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Теплопотребность помещения (теплоглотери), $Q_{п}, \text{Вт}$	Температура теплоносителя на входе, $t_{вх}, ^\circ\text{C}$	Температура теплоносителя на выходе, $t_{вых}, ^\circ\text{C}$	Средний температурный напор, $\Delta t_{ср}, ^\circ\text{C}$	Способ подачи теплоносителя	Расход теплоносителя, $G_{пр}, \text{кг/ч}$	Расчетная плотность теплового потока, $q_{пр}, \text{Вт/м}^2$	Поправочные коэффициенты		Тепловая мощность приборов, $Q_{пр}, \text{Вт}$	Расчетная площадь поверхности нагрева отопительного прибора, $F_{пр}, \text{м}^2$	Число секций, N
									β_3	β_4			

Таблица 6.7

Значения коэффициента β_4 , учитывающего способ установки отопительных приборов

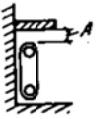
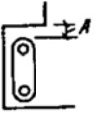
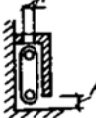
Эскиз установки прибора	Способ установки прибора	A, мм	β_4
	У стены без ниши и перекрыт доской в виде полки	40 80 100	1,05 1,03 1,02
	В стенной нише	40 80 100	1,11 1,07 1,06
	У стены без ниши и закрыт деревянным шкафом со щелями в его передней стенке у пола и в верхней доске	260 220 180 150	1,12 1,13 1,19 1,25
	То же, но с щелями в верхней части передней доски: открытыми закрытыми стенками	130 130	1,2 1,4
	У стены без ниши и закрыт шкафом: в верхней доске шкафа прорезана щель B, ширина которой не менее глубины прибора. Спереди шкаф закрыт деревянной решеткой, не доходящей до пола на расстояние A (не менее 100 мм)	100	1,15
	У стены без ниши и закрыт экраном, не доходящим до пола на расстояние 0,8A		0,9

Таблица 6.8

Техническая характеристика отопительных приборов

Обозначение прибора	Площадь нагревательной поверхности f , м ²	Номинальный тепловой поток, $Q_{Тп}$, Вт(ккал/ч)	n ₁ и n ₂		Строительные размеры, мм				Масса, кг
			n ₁	n ₂	l	l_1	l_2	l_3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Радиаторы чугунные секционные (ГОСТ 8690-75)									
МС-140-108	0,244	185 (159)	-	-	500	558	140	108	7,62
МС-140-98	0,240	174 (150)	-	-	500	558	140	98	7,4
М-140 АО	0,299	178 (153)	-	-	500	582	140	96	8,45
М-140А	0,254	164 (141)	-	-	500	582	140	96	7,8
М-90	0,2	140 (120)	-	-	500	582	90	96	6,15
МС-90-108	0,187	150 (129)	-	-	500	588	90	108	6,15
Конвектор настенный с кожухом "Универсал": концевой (с индексом «к») и проходной (с индексом «п») (ГОСТ 20849-75* с изменением от 17 ноября 1986 г.)									
КН20-0,4к	0,952	400	У1	-	645	568	660	500	9,027
КН20-0,4п	1,12*	(344)							9,043
КН20-0,479к	1,14	479	У2	-	745	668	760	600	10,243
КН20-0,479п	1,34*	(412)							10,259
КН20-0,655к	1,83	655	У3		645	568	660	500	10,831
КН20-0,655п		(563)							10,847
КН20-0,786к	2,20	786	У4	-	745	668	760	600	12,443
КН20-0,786п		(676)							12,497
КН20-0,918к	2,57	918	У5	-	845	768	860	700	14,163
КН20-0,918п		(789)							14,069
КН20-1,049к	2,94	1049	У6	-	945	868	960	800	15,620
КН20-1,049п		(902)							15,634
КН20-1,18к	3,30	1180	У7	-	1045	968	1060	900	17,572
КН20-1,18п		(1015)							17,588
КН20-1,311к	3,67	1311	У8	-	1145	1068	1160	1000	19,191
КН20-1,311п		(1127)							19,207
КН20-1,442к	4,04	1442	У9	-	1245	1168	1260	1100	20,798
КН20-1,442п		(1240)							20,814
КН20-1,573к	4,41	1573	У10	-	1345	1268	1360	1200	22,448
КН20-1,573п		(1353)							22,464
КН20-1,704к	4,77	1704	У11	-	1445	1368	1460	1300	24,097
КН20-1,704п		(1465)							24,113
КН20-1,835к	5,14	1835	У12	-	1545	1468	1560	1400	25,702
КН20-1,835п		(1578)							25,718
КН20-1,966к	5,51	1966	У13	-	1645	1568	1660	1500	27352
КН 20-1,966л		(1691)							27,368
Конвектор настенный с кожухом "Универсал-С": концевой (с индексом «к») и проходной (с индексом «п») (ГОСТ 20849-75* с изменением от 17 ноября 1986 г.)									
КН20-1,226к	3,55	1226(1054)	У14	-	700	578	715	500	18,016
КН20-1,348к	3,906	1348(1159)	У15	-	750	623	765	550	19,312
КН20-1,471к	4,26	1471(1265)	У16	-	800	678	815	600	20,659

Окончание таблицы 6.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
КН20-1,593к	4,61	1593(1370)	У17	-	850	728	865	650	20,211
КН20-1,716к	4,97	1716(1476)	У18	-	900	778	915	700	23,401
КН20-1,838к	5,325	1838(1581)	У19	-	950	828	965	750	24,731
КН20-1,838п					950	828	1015	750	24,635
КН20-1,961к	5,68	1961(1686)	У20	-	1000	878	1015	800	26,157
КН20-2,063к	6,035	2063(1774)	У21	-	1050	928	1065	850	27,473
КН20-2,206к	6,39	8206(1897)	У22	-	1100	978	1115	900	29,161
КН20-2,348к	6,745	2328(2002)	У23	-	1150	1028	1165	950	30,455
КН20-2,451к	7,1	2451(2108)	У24	-	1200	1078	1215	1000	31,912
КН20-2,451п					1200	828	1265	1000	29,486
КН20-2,574к	7,455	2574(2214)	У25	-	1250	1128	1265	1050	33,291
КН20-2,696к	7,81	2696(2318)	У26	-	1300	1178	1315	1100	34,675
КН20-2,819к	8,165	2819(2424)	У27	-	1350	1228	1365	1150	36,078
КН20-2,941к	8,52	2941(2529)	У28	-	1400	1278	1415	1200	37,415
КН20-2,941п					1400	1278	1465	1200	34,369
Конвекторы настенные с кожухом "Комфорт-20": концевые (с индексом «к») и проходные (с индексом «п») (ГОСТ 20849-75* с изменением от 17 ноября 1986 г.									
КН20-0,372к	0,71	372	-	-	340	200	300	140	5,6
КН20-0,372п	0,81*	(320)							
КН20-0,515к	0,065	515	-	-	440	300	400	240	7,15
КН20-0,515п	1,12*	(443)							
КН20-0,655к	1,42	655	-	-	540	400	500	340	8,68
КН20-0,655п		(563)							
КН20-0,820к	1,775	820	-	-	640	500	600	440	10,24
КН20-0,820п		(705)							
КН20-0,985к	2,13	985	-	-	740	600	700	540	11,75
КН20-0,985п		(847)							
КН20-1,150к	2,485	1150	-	-	840	700	800	640	13,32
КН20-1,150п		(989)							
КН20-1,315к	2,84	1315	-	-	940	800	900	740	14,87
КН20-1,315п		(1131)							
КН20-1,475к	3,195	1475		-	1040	900	1000	840	16,39
КН20-1,475п		(1268)							
КН20-1,640к	3,55	1640	-	-	1140	1000	1100	940	17,94
КН20-1,640п		(1410)							
КН20-1,805к	3,905	1805	-	-	1240	1100	1200	1040	19,51
КН20-1,805п		(1552)							
КН20-1,970к	4,26	1970	-	-	1340	1200	1300	1140	21,02
КН20-1,970п		(1694)							

При округлении дробного числа элементов приборов любого типа до целого допускается уменьшать их расчетную площадь $F_{пр}$ не более чем на 5% ($0,1 \text{ м}^2$). При других условиях принимается ближайший нагревательный прибор.

При подборе отопительных приборов по каталогам, после определения $F_{\text{пр}}$ выбирают ближайший типовой размер прибора (или число секций радиаторов).

Пример 6.1

Исходные данные:

- наименование объекта – жилое здание
- район строительства – г.Тюмень.
- расчетная температура внутреннего воздуха, $t_v = + 20^\circ\text{C}$.
- вид теплоносителя в системе отопления - вода; температура воды в подающем трубопроводе $t_r = 95^\circ\text{C}$, температура воды в обратном трубопроводе $t_o = 70^\circ\text{C}$;
- система отопления - однотрубная с нижней разводкой, проточная, регулируемая;
- тип отопительного прибора - чугунный радиатор М-90;
- диаметр стояка и подводок $D_y = 20$ мм;
- высота помещения 2,5 м;
- радиатор расположен у стены без ниши под подоконником на расстоянии от него $A = 40$ мм;
- теплотребность помещения составляет $Q_{\text{п}} = 1580$ Вт.

Порядок расчёта

1. Рассчитывается действительный расход воды в отопительном приборе по формуле (6.2):

$$G_{\text{пр}} = \frac{3,6 \cdot 1580 \cdot \beta_1^* \cdot \beta_2^* \cdot 3,6}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 54,3 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

2. Требуемая теплоотдача прибора $Q_{\text{пр}}$, Вт, определяется по формуле 6.5:

$$Q_{\text{пр}} = 1580 \text{ Вт}.$$

3. Температура воды, входящая в отопительный прибор:

$$4. t_{\text{ex}} = t_r - 2 = 95 - 2 = 93^\circ\text{C}.$$

5. Температура воды на выходе из прибора рассчитывается по формуле 6.7.

Поправочные коэффициенты принимаем: $\beta_1 = 1,05$; $\beta_2 = 1,03$.

Для первого прибора:

$$t_{\text{вых}(1)} = 93 - 0,5 \cdot 1580 \cdot 1,05 \cdot 1,03 \frac{3,6}{4,19 \cdot 54,3} = 79,5^\circ\text{C} \text{ и т.д.}$$

6. Рассчитывается средний температурный напор в каждом отопительном приборе по ходу движения теплоносителя, $^\circ\text{C}$ при однотрубной системе отопления (формула 6.10):

Для первого прибора:

$$\Delta t_{\text{ср}(1)} = 79,5 - 20 = 59,5^\circ\text{C} \text{ и т.д.}$$

7. Определяется плотность теплового потока, $\text{Вт}/\text{м}^2$, для каждого отопительного прибора по ходу движения теплоносителя (формула 6.13):

Для первого прибора:

$$q_{\text{пр}(1)} = 700 \cdot 1 \cdot \left(\frac{59,5}{70}\right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{54,3}{360}\right)^0 = 591,5, \text{ Вт/м}^2 \text{ и т.д.}$$

8. Вычисляется расчетная наружная площадь, м^2 , отопительного прибора по ходу движения теплоносителя:

Для первого прибора:

$$F_{\text{пр}(1)} = \frac{1580}{591,5} = 2,67, \text{ м}^2 \text{ и т.д.}$$

9. Количество секций отопительного прибора – чугунного радиатора М-90 рассчитывается по формуле 6.19.

Поправочные коэффициенты равны: $\beta_4=1,05$;

$\beta_3=0,92+0,16/F_{\text{пр}}=0,92+0,16/2,2=0,99$ (формула 6.20).

Площадь поверхности нагрева одной секции принимается по табл. 6.8: $f=0,2 \text{ м}^2$.

$$N = \frac{2,67}{0,2} \cdot \frac{1,05}{0,99} = 14,41.$$

Принято к установке 15 секций.

7 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

7.1 Основные принципы гидравлического расчёта теплопроводов систем водяного отопления

Целью гидравлического расчёта является определение диаметров теплопроводов при заданной тепловой нагрузке и расчётном циркуляционном давлении, установленном для данной системы [11].

Гидравлический расчёт теплопроводов систем водяного отопления выполняют различными методами. Наибольшее распространение получили методы расчёта теплопровода по *удельным потерям* и по *характеристикам сопротивления*.

Первый метод заключается в раздельном определении потерь давления на трение и в местных сопротивлениях. При этом диаметры теплопроводов определяют при постоянных перепадах температуры воды во всех стояках и ветвях, равных расчётному перепаду температуры воды во всей системе.

Во втором методе устанавливают распределение потоков воды в циркуляционных кольцах системы и получают неравные перепады температуры воды в стояках и ветвях. Предварительно выбирают диаметр теплопровода на каждом расчётном участке с учётом допустимых скоростей движения воды.

Расчётным участком называют участок теплопровода с неизменным расходом теплоносителя.

При расчёте *главного циркуляционного кольца* (наиболее неблагоприятного в гидравлическом отношении циркуляционного контура) рекомендуется предусматривать запас давления на неучтённые сопротивления, но не более 10% расчётного давления.

Методика гидравлического расчёта теплопроводов систем водяного отопления [12]:

1. До гидравлического расчёта теплопроводов выполняют аксонометрическую схему системы отопления со всей запорно-регулирующей арматурой. К составлению такой схемы приступают после того, как: подсчитана тепловая мощность системы отопления здания; выбран тип отопительных приборов и определено их число для каждого помещения; размещены на поэтажных планах здания отопительные приборы, подающие и обратные стояки, а на планах чердака и подвала - подающие и обратные магистрали; выбрано место для теплового пункта или котельной; показано на плане чердака или верхнего этажа (при совмещённой крыше) размещение расширительного бака и приборов воздухоудаления.

На планах этажей, чердака и подвала подающие и обратные стояки системы отопления должны быть пронумерованы, а на аксонометрической схеме, кроме стояков, нумеруют все расчётные участки циркуляционных колец - участки труб, а также указывают тепловую нагрузку и длину каждого участка. Сумма длин всех расчётных участков составляет величину расчётного циркуляционного кольца.

2. Выбирают главное циркуляционное кольцо. В тупиковых схемах однотрубных систем за главное принимается кольцо, проходящее через дальний стояк, а в двухтрубных системах - кольцо, проходящее через нижний прибор дальнего стояка.

3. В том случае, когда гидравлический расчет системы отопления выполняется при условии, что давление для создания циркуляции воды в системе в расчетных условиях P_p , P_a , является заданным, оно определяется по следующим формулам:

- в вертикальной однотрубной системе с верхней разводкой подающей магистрали или с «опрокинутой» циркуляцией воды:

$$\Delta P_p = \Delta P_{\text{нас}} + \Delta P_{\text{е.пр}} + \Delta P_{\text{е.тр}} \quad (7.1)$$

- в двухтрубной или горизонтальной однотрубной системе с верхней разводкой:

$$\Delta P_p = \Delta P_{\text{нас}} + 0,4(\Delta P_{\text{е.пр}} + \Delta P_{\text{е.тр}}) \quad (7.2)$$

- в двухтрубной или горизонтальной однотрубной системе с нижней разводкой:

$$\Delta P_p = \Delta P_{\text{нас}} + 0,4\Delta P_{\text{е.пр}} \quad (7.3)$$

где $\Delta P_{\text{нас}}$ - циркуляционное давление, создаваемое насосом или элеватором, Па;

$\Delta P_{\text{е}}$ - расчетное циркуляционное давление, Па;

$\Delta p_{e.пр.}$ - естественное циркуляционное давление, возникающее вследствие охлаждения воды в отопительных приборах системы отопления, Па.

$\Delta p_{e.тр.}$ - естественное циркуляционное давление, вызываемое охлаждением воды в теплопроводах, Па (в курсовом проекте допускается не учитывать).

При типовом проектировании $\Delta p_{нас}$ принимают равным 10...12 кПа, а при подключении системы отопления к тепловым сетям рассчитывают по формуле:

$$\Delta p_{нас} = \frac{p_э}{1,4(1+u)^2} \quad (7.4)$$

где $p_э$ - давление, которое необходимо иметь перед элеватором для обеспечения нормальной его работы, кПа;

u - коэффициент смешения.

$\Delta p_{e.пр.}$, Па, определяется по формуле:

$$\Delta p_{e.пр.} = \frac{\beta \cdot q \cdot 3,6}{c \cdot G_{ст}} \cdot \sum^N Q_i h_i, \quad (7.5)$$

где Q_i - теплоподача теплоносителя в i -е помещение, Вт;

β - среднее приращение плотности (объемной массы) при понижении температуры воды на 1°C ;

h_i - вертикальное расстояние между условными центрами охлаждения в стояке для i -го прибора и нагревания, м;

c - удельная теплоемкость воды, $c = 4,187$, кДж/(кг $^\circ\text{C}$);

$G_{ст}$ - расход воды в стояке, кг/ч;

N - количество приборов в стояке, входящем в расчетное кольцо, шт.

$$G_{ст} = 3600 Q_{ст} / c (t_r - t_o), \text{ кг/ч.} \quad (7.6)$$

где $Q_{ст}$ - тепловая нагрузка стояка, составленная из тепловых нагрузок отопительных приборов, Вт;

c - удельная теплоемкость воды, равная $4,187$ кДж/кг $^\circ\text{C}$;

$(t_r - t_o)$ - перепад температур воды в системе, $^\circ\text{C}$.

В насосных системах с нижней разводкой магистрали допускается не учитывать $\Delta p_{e.пр.}$, если оно составляет менее $0,1 \Delta p_n$ [9, 12].

В курсовом проекте допускается $\Delta p_{e.пр.}$ не учитывать.

7.2 Установка арматуры

Широко распространенные в России однотрубные системы отопления могут оснащаться радиаторными терморегуляторами с проходными регулирующими клапанами пониженного гидравлического сопротивления обычного исполнения RTD-G при наличии в узле обвязки отопительного

прибора байпаса (закрывающего участка) между трубными подводками. При использовании терморегуляторов в однотрубных схемах с обычными отопительными приборами диаметр RTD-G, как правило, принимается по диаметру присоединительных элементов прибора (патрубков или пробок), а диаметр закрывающего участка – на калибр меньше. Для обеспечения наибольшего затекания воды в отопительный прибор целесообразно принимать диаметр подводок к прибору и калибр клапана терморегулятора, равные 20 мм, при диаметре закрывающего участка 15 мм. Клапан RTD-G пониженного гидравлического сопротивления - без устройства для ограничения пропускной способности. Производится условным диаметром от 15 до 25 мм, прямой и угловой. Клапаны RTD-G имеют никелевое покрытие и поставляются с серым защитным колпачком (рис. 7.1). Клапаны RTD-G могут сочетаться со всеми термостатическими элементами серии RTD [8].

Характеристики клапанов RTD-G представлены в табл. 7.1.



Рис. 7.1. Клапаны терморегуляторов RTD-G

Таблица 7.1

Характеристики регулирующих клапанов типа RTD-G

Тип	Пропускная способность K_v клапана с термоэлементом				Макс. давление, бар		Макс. темпер. воды, °C
	0,5	1,0	1,5	2,0	рабочее	перепад давлений	
RTD-G 15	0,40	0,70	1,2	1,45	0,20	16	120
RTD-G 20	0,50	0,90	1,45	1,90			
RTD-G 25	0,55	1,15	1,70	2,25	0,16		

В целях отключения и демонтажа отдельного отопительного прибора на его обратной подводке рекомендуется устанавливать полнопроходной шаровой кран (рис. 7.2), применять клапан RLV не следует. Условная пропускная способность шарового крана X2777 представлена в таблице 7.2.



Рис. 7.2. Кран шаровой из нержавеющей стали
полнопроходной муфтовый типа X2777

Таблица 7.2

Кран шаровой из нержавеющей стали
полнопроходной муфтовый типа X2777

Условный проход D_v , мм	Максимальная температура перемещаемой среды, °C	Условная пропускная способность K_v , м ³ /ч
8	230	11,3
10		13,2
15		18,9
20		47,1
25		66
32		86,7
40		150,8

На стояках однетрубных систем отопления должны предусматриваться автоматические регуляторы постоянства расхода типа АВ-QM (рис. 7.3). Регуляторы АВ-QM могут устанавливаться как на обратной, так и на подающей части однетрубного стояка или ветви, выполняя одновременно функцию запорной арматуры (рис. 7.4). Для отключения стояка рекомендуется устанавливать полнопроходной шаровой кран в паре с регулятором АВ-QM.



Рис. 7.3. Автоматический балансировочный клапан АВ-QM

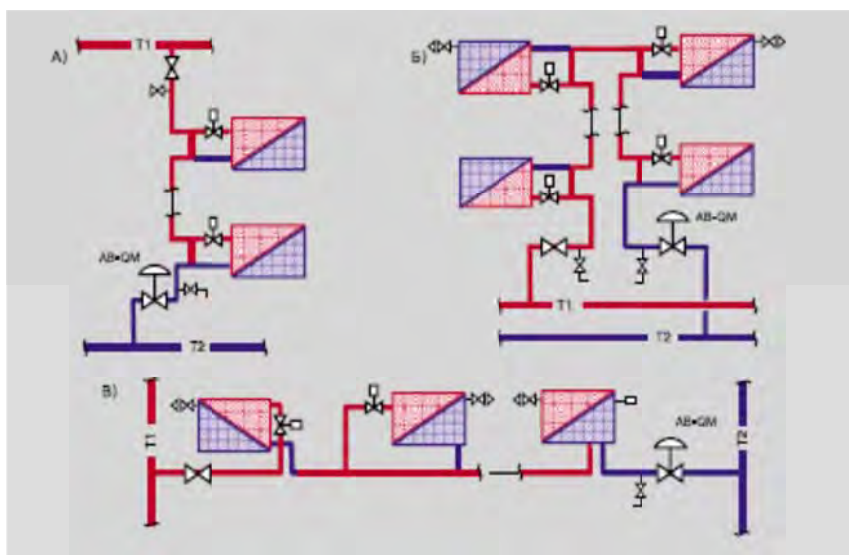


Рис. 7.4. Примеры размещения автоматических балансировочных клапанов АВ-QM на стояках и ветвях однотрубной системы отопления: А) стояк с верхним или нижним расположением подающей магистрали; Б) П-образный стояк при; В) горизонтальная ветвь

Клапан АВ-QM – регулирующий клапан со встроенным регулятором перепада давлений. Регулятор перепада давлений поддерживает постоянный перепад давлений на регулирующем клапане вне зависимости от изменения параметров в системе. Благодаря такой конструкции клапан обеспечивает стабильность регулирования во всем диапазоне нагрузок системы. Клапан настраивается на требуемый расход поворотом шкалы с относительными значениями расхода. Кроме того АВ-QM одновременно является запорным устройством [8].

Технические характеристики клапана АВ-QM представлены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Технические характеристики клапана АВ-QM

Условный проход D_v , мм	10	15	20	25	32	40/50
Минимальный расход (20%), л/ч	55	90	180	340	640	2000
Максимальный расход (100%), л/ч	275	450	900	1700	3200	10000
Перепад давлений ΔP , кПа	16-400			20-400		30-400
Условное давление P_v , бар	16					
Диапазон температур регулируемой среды, °C	-10...+120					

Установка расчетного расхода легко производится без применения специального инструмента. Шкала настройки на клапане размечена от 100 % номинального расхода (полностью открытое состояние) до 0 % (закрытое состояние). Компания Danfoss рекомендует использовать настройки расхода от 20 до 100 %. Заводская настройка – 100% (рис. 7.5) [8].

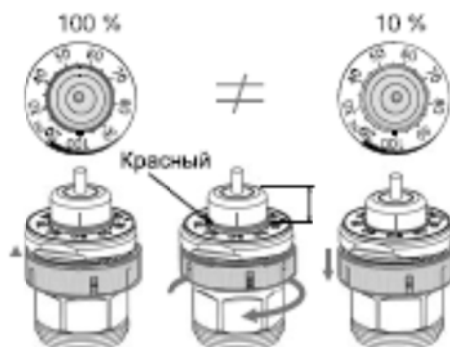


Рис. 7.5. Пример настройки клапана АВ-QМ

7.3 Методы гидравлических расчетов

Магистраль системы отопления рассчитывается по «Методу удельных линейных потерь давления», а стояки - по «Методу сложения характеристик сопротивления». Последовательность выполнения расчетов представлена далее [9, 12].

7.3.1 Метод удельных линейных потерь давления

Последовательность гидравлического расчета методом удельных линейных потерь давления:

а) вычерчивается аксонометрическая схема системы отопления в М 1:100.

Для проведения гидравлического расчета выбирается наиболее нагруженное кольцо, которое является расчетным (главным), и второстепенное кольцо. При тупиковом движении теплоносителя главное циркуляционное кольцо проходит через наиболее нагруженный и удаленный от теплового узла стояк.

Рекомендуется систему отопления разделить на две или более части (ветви) одинаковой длины и с примерно равными тепловыми нагрузками.

б) главное циркуляционное кольцо разбивается на расчетные участки, обозначаемые порядковым номером (начиная от наиболее нагруженного и удаленного от теплового узла стояка); указывается расход теплоносителя на участке G , кг/ч, длина участка l , м;

в) определяют расходы воды на расчётных участках при данной тепловой нагрузке;

$$G_{\text{уч}} = 3600 Q_{\text{уч}} / c (t_{\text{г}} - t_{\text{о}}), \text{ кг/ч}, \quad (7.7)$$

где $Q_{\text{уч}}$ – тепловая нагрузка участка, составленная из тепловых нагрузок отопительных приборов, Вт;

c – удельная теплоемкость воды, равная 4,187 кДж/кг °С;

$(t_{\text{г}} - t_{\text{о}})$ - перепад температур воды в системе, °С;

г) для предварительного выбора диаметра труб определяются средние удельные потери давления на трение по главному циркуляционному кольцу (главное - основное циркуляционное кольцо выбирают в наиболее протяженной и нагруженной (имеющей наибольшую тепловую нагрузку) части системы, где средние удельные потери давления на трение R_{cp} , Па/м, имеют наименьшее значение):

$$R_{cp} = \frac{0,65 \cdot j \cdot \Delta p_p}{\sum l}, \text{ Па/м}, \quad (7.8)$$

где j – коэффициент, учитывающий долю потерь давления на магистралях и стояках, $j=0,3$ – для магистралей, $j=0,7$ – для стояков;

$\sum l$ – суммарная длина трубопроводов (магистралей или стояков), м;

Δp_p – располагаемое давление в системе отопления, Па,

$\Delta p_p=25$ кПа - для теплоносителя $t_r=95$ °С.

При попутном движении воды в магистралях вертикальной системы основное циркуляционное кольцо должно проходить через один из средних наиболее нагруженных стояков выбранной части системы.

При тупиковом движении воды в магистралях вертикальной системы основное циркуляционное кольцо в выбранной части системы - через наиболее удаленный, но достаточно нагруженный стояк.

В однотрубном проточном или проточно-регулируемом стояке основное циркуляционное кольцо проходит через отопительные приборы. В стояке или горизонтальной ветви с замыкающими участками - через них.

В двухтрубном стояке основное циркуляционное кольцо, выбирают проходящим через нижний прибор.

При двухстороннем присоединении приборов к стояку основное циркуляционное кольцо назначают проходящим через наиболее нагруженный из них, а в горизонтальной системе отопления - через ее верхнюю ветвь.

Основное циркуляционное кольцо разбивается на n участков (элемент схемы с неизменными условным диаметром трубы D_n , мм, и расходом теплоносителя G_n , кг/ч). Участки основного циркуляционного кольца нумеруют, начиная от распределительного коллектора и кончая сборным. Номера участков записывают в кружках у выносных линий, сверху которых указывают тепловую нагрузку участка Q_n , Вт (количество теплоты, которое несет в себе участок к последующим стоякам, ветвям или частям системы отопления, или уже им отдал), а снизу - длину l_n , м.

Следует обратить внимание на определение длины участка, проходящего в вертикальном стояке через отопительные приборы конвекторного типа, а также длины замыкающего участка в горизонтальной однотрубной ветви с двухсторонним присоединением прибора любого типа. В этом случае необходимо заранее по величине номинального теплового потока определить ориентировочно марку и длину прибора.

д) по расходу теплоносителя на участке, $G_{уч}$, находятся: предварительный диаметр труб - d , мм, фактические удельные потери давления на трение на 1 м - R , Па/м, фактическая скорость теплоносителя - v , м/с (табл. 7.13).

Полученные данные заносятся в таблицу гидравлического расчета.

е) определяются потери давления на участках:

$$\Delta p_{расч} = R \cdot l + Z, \text{ Па}, \quad (7.9)$$

где R – удельные потери давления на трение, Па/м;

l – длина участка, м;

Z – потери давления на местных сопротивлениях, Па,

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2}; \quad (7.10)$$

где ξ – коэффициент, учитывающий местное сопротивление на участке, (табл. 7.4, 7.5);

ρ – плотность теплоносителя (вода с параметрами 95-70⁰С), кг/м³, ($\rho=961,8$ кг/м³);

v - скорость теплоносителя на участке, м/с, (табл. 7.13);

Таблица 7.4

Коэффициенты местных сопротивлений (приближенные значения)

Местное сопротивление	Значения ξ при условном проходе труб, мм					
	15	20	25	32	40	50и более
1	2	3	4	5	6	7
Радиаторы двухколонные	2	2	2	2	2	2
Котлы: Чугунные стальные	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	2	2	2	2	2	2
Внезапное расширение (относится к большой скорости) Внезапное сужение (относится к больш- шой скорости)	1	1	1	1	1	1
	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Тройники: проходные (схема I)	1	1	1	1	1	1
поворотные на ответвление (схема II)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
на противотоке (схема III)	3	3	3	3	3	3
проходные (схема IV)	2	2	2	2	2	2
поворотные (схема V)	3	3	3	3	3	3
П-образные и лирообразные	2	2	2	2	2	2
сальниковые	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Вентили: обыкновенные прямоточные	16	10	9	9	8	7
	3	3	3	2,5	2,5	2
Краны: проходные двойной регулировки с цилиндрической пробкой	4	2	2	2	-	-
	4	2	2	2	-	-

Окончание таблицы 7.4

1	2	3	4	5	6	7
Отводы: 90° и утка двойные узкие широкие	1,5	1,5	1	1	0,5	0,5
	2	2	2	2	2	2
	1	1	1	1	1	1
Скобы	3	2	2	2	2	2

Таблица 7.5

Коэффициенты местных сопротивлений (усредненные значения)

Местное сопротивление	Коэффициент ξ при условном диаметре, мм						
	10	15	20	25	32	40	50
Чугунный радиат.	1,2	1,3	1,4	1,5	-	-	-
Конвекторы: «КОМФОРТ-20»(концевой) «КОМФОРТ-20» (проходной)							
	0,76/0,68	2,0/1,6	6,4/5,4	16,2/14,4	-	-	-
	0,42/0,38	1,1/0,9	3,5/3,0	9,0/8,0	-	-	-
Кран регулирующий трехходовой КРТ: при проходе при повороте	4,5/4	4,4/3,5	3,5/3				
	4,5	4,5	3				
Кран регулирующий проходной	4,5/4	4,4/3,5	3,5/3				
Кран регулирующий двойной регулировки	20,4/18	17,5/14,0	15,4/13				
Вентиль запорный муфтовый		19,9/15,9	12,4/10,5	10,4/9,3	9,4/8,6	8,4/7,6	7,4/6,9
Отвод гнутый под углом 90°	0,9	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3
Внезапное расширение	1	1	1	1	1	1	1
Внезапное сужение	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Задвижка параллельная	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Грязевик	10	10	10	10	10	10	10

По результатам расчетов заполняются табл. 7.11, 7.12.

7.3.2 Метод сложения характеристик сопротивления

Гидравлический расчет стояков системы отопления производится с использованием удельных характеристик гидравлического сопротивления отдельных ее элементов ($S_{уд} \cdot 10^4$). Эта величина соответствует потере давления (Па) при расходе воды через элемент сети, равном 100 кг/ч [9, 12].

При фактическом расчетном расходе воды потеря давления в элементе трубопроводной сети с заданной характеристикой гидравлического сопротивления рассчитывается по формуле:

$$\Delta P = (S \cdot 10^4) \cdot \left(\frac{G}{100} \right)^2, \quad (7.11)$$

где ΔP – потеря давления, Па;

$(S \cdot 10^4)$ – характеристика гидравлического сопротивления, Па/(кг/ч)²;

G – расчетный расход воды, кг/ч.

При последовательном соединении N элементов сети ее общая характеристика гидравлического сопротивления ($S \cdot 10^4$) равна:

$$(S \cdot 10^4) = (S \cdot 10^4)_1 + (S \cdot 10^4)_2 + \dots + (S \cdot 10^4)_N. \quad (7.12)$$

Характеристики гидравлического сопротивления обычно принимаются из [6, 9, 12], а также могут быть вычислены с использованием данных, приведенных в табл. 7.6.

Таблица 7.6

Характеристика гидравлического сопротивления ($S \cdot 10^4$), Па/(кг/ч)², для 1 м стальной трубы и местного сопротивления при $\zeta=1$

	Условный проход трубопроводов, Д _у , мм						
	10	15	20	25	32	40	50
$(S \cdot 10^4)_{1 \text{ м тр.}}$	95,04	30,71	7	1,75	0,46	0,24	0,06
$(S \cdot 10^4)_{\zeta=1}$	23,91	9,72	2,98	1,13	0,38	0,16	0,08

$(S \cdot 10^4)$ является средней величиной между значениями для легких и обыкновенных водогазопроводных труб по ГОСТ 3262-75*.

Диаметры участков определяют, сопоставляя полученное значение $S_{уд}$ со значением, приведенным в табл. 7.6. Для стояков принимается ближайший меньший размер, для магистралей ближайший больший размер.

1. После выбора диаметра труб и типа отопительных приборов определяется характеристика сопротивления стояка:

$$S_{ст} = \sum S_{м.у.} + \sum S_{п.у.} \quad (7.13)$$

где $\sum S_{м.у.}$ – характеристика сопротивления трубных узлов стояка, (табл. 7.8);

$\sum S_{п.у.}$ – характеристика сопротивления приборных узлов,

$$\sum S_{n.y.} = \sum S_n + \sum S_{np} \cdot l; \quad (7.14)$$

$\sum S_n$ – характеристика сопротивления подводов к отопительным приборам, (табл. 7.9).

Рекомендуемые диаметры трубопроводов узла нагревательных приборов приведены в табл. 7.7.

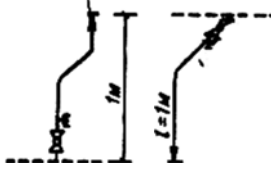
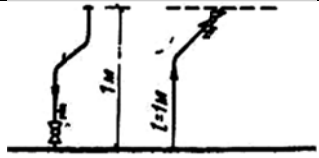
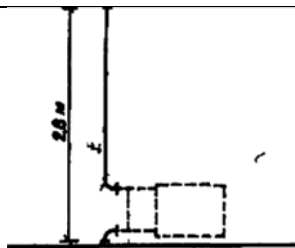
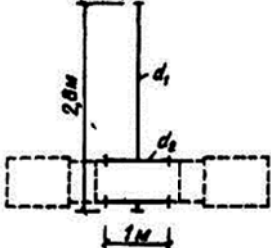
Таблица 7.7

Рекомендуемые диаметры трубопроводов узла нагревательного прибора

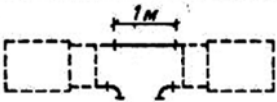
Наименование узла стояка	Диаметр труб D_y , мм		
	стояка	замыкающего участка	подводки
Этажестояк со смещенным обходным участком	15	15	15
	20	20	20
	25	20	25/20
Этажестояк проточный	15	-	15
	20	-	20

Таблица 7.8

Характеристика сопротивления трубных узлов стояков однетрубной системы отопления

№	Наименование узла	Эскиз узла	Диаметр трубы D , мм	$S_{уз} \cdot 10^4$ $\text{Па}/(\text{кг/ч})^2$
1	2	3	4	5
1	Присоединение к подающей магистрали		15	266/133
			20	57/30
			25	20/11
2	Присоединение к обратной магистрали		15	229/96
			20	46/19
			25	16/6,7
3	Этажестояк с односторонним присоединением		15	113
			20	23
			25	8
4	Этажестояк с двусторонним присоединением		15	97
			20	21
			25	7

Окончание таблицы 7.8

1	2	3	4	5
5	Подводки в верхнем этаже П-образного стояка		15	56
			20	12
			25	4
6	Прямая труба длиной 1 м (добавка к узлам 1-5)		15	28,6
			20	5,74
			25	1,72

Вычисляются потери давления по стояку:

$$\Delta p_{cm} = S_{cm} \cdot G_{cm}^2. \quad (7.15)$$

Таблица 7.9

Характеристика сопротивления приборных узлов
однотрубной системы отопления

Отопительный прибор	Диаметр подводки	Обозначение	Характеристика сопротивления элемента узла $S \cdot 10^4$			
			№ схемы присоединения			
			1	2	3	4
Конвектор «Универсал», «Комфорт-20», «Ритм»	20	$S_{пр}$	11,5	-	1,45	11,5
		$S_{п}$	15/25	-	5,1/25	15/25
Конвектор «Универсал С»	20	$S_{пр}$	-	-	-	23
		$S_{п}$	-	-	-	44/54
Радиаторы чугунные сек- ционные и панельные ти- па РСВ1	15	$S_{пр}+S_{п}$	87/119	-	87/119	-
		$S_{пр}+S_{п}'$	100/131	-	100/131	-
То же	20	$S_{пр}+S_{п}$	22/31	-	22/31	-
		$S_{пр}+S_{п}'$	26	-	26	-

Гидравлические характеристики клапанов терморегуляторов влияют на коэффициент затекания воды в отопительный прибор системы отопления с замыкающими участками, а также определяют гидравлическое сопротивление трубного узла прибора.

Коэффициент затекания α без учета гравитационного давления в малом циркуляционном кольце может быть рассчитан по формулам:

а) Через характеристики гидравлического сопротивления:

$$\alpha = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{(S \cdot 10^4)_{он}}{(S \cdot 10^4)_{зу}}}}, \quad (7.16)$$

где $(S \cdot 10^4)_{\text{оп}}$ - суммарная характеристика гидравлического сопротивления подводов, клапана терморегулятора и отопительного прибора, $\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$;

$(S \cdot 10^4)_{\text{зз}}$ - то же, замыкающего участка, $\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$;

б) Через пропускную способность:

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{K_{v \text{ зз}}}{K_{v \text{ оп}}}}, \quad (7.17)$$

где $K_{v \text{ оп}}$ - суммарная пропускная способность подводов, клапана терморегулятора и отопительного прибора, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$K_{v \text{ зз}}$ - то же, замыкающего участка, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Коэффициент затекания и общая характеристика гидравлического сопротивления узла отопительного прибора практически не зависят от типа отопительного прибора. Поэтому для стандартных сочетаний диаметров подводов к прибору и замыкающего участка (рис. 7.6) значения α и характеристики гидравлического сопротивления всего этажестояка $(S \cdot 10^4)_{\text{э-ст}}$ при его высоте 3 м представлены в табл. 7.10.

Таблица 7.10

Коэффициент затекания α и характеристики гидравлического сопротивления всего этажестояка $(S \cdot 10^4)_{\text{э-ст}}$ при его высоте 3 м с терморегулятором RTD-G

Условный проход трубопроводов D_y , мм			Коэффициент α (в числителе) и $(S \cdot 10^4)_{\text{э-ст}}$ (в знаменателе), $\text{Па}/(\text{кг}/\text{ч})^2$, в зависимости от длины замыкающего участка h , м			
$d_{\text{ст}}$	$d_{\text{зз}}$	$d_{\text{п}}$ и RTD-G	0,08	0,15	0,3	0,5
15	10	15	-	-	0,28/179	0,3/179,8
	15	15	-	-	0,21/159,6	0,22/156,5
	15	20	0,23/148,8	0,24/147,6	0,25/144,8	0,26/141,2
20	15	15	-	-	0,21/66,9	0,22/68,5
	15	20	0,23/50,8	0,24/51,3	0,25/52,1	0,26/53,2
25	15	20	0,23/26,9	0,24/27,8	0,25/29,3	0,26/31,5

7.1 Пример расчета

Произведен гидравлический расчет стояка, изображенного на рис. 7.6.

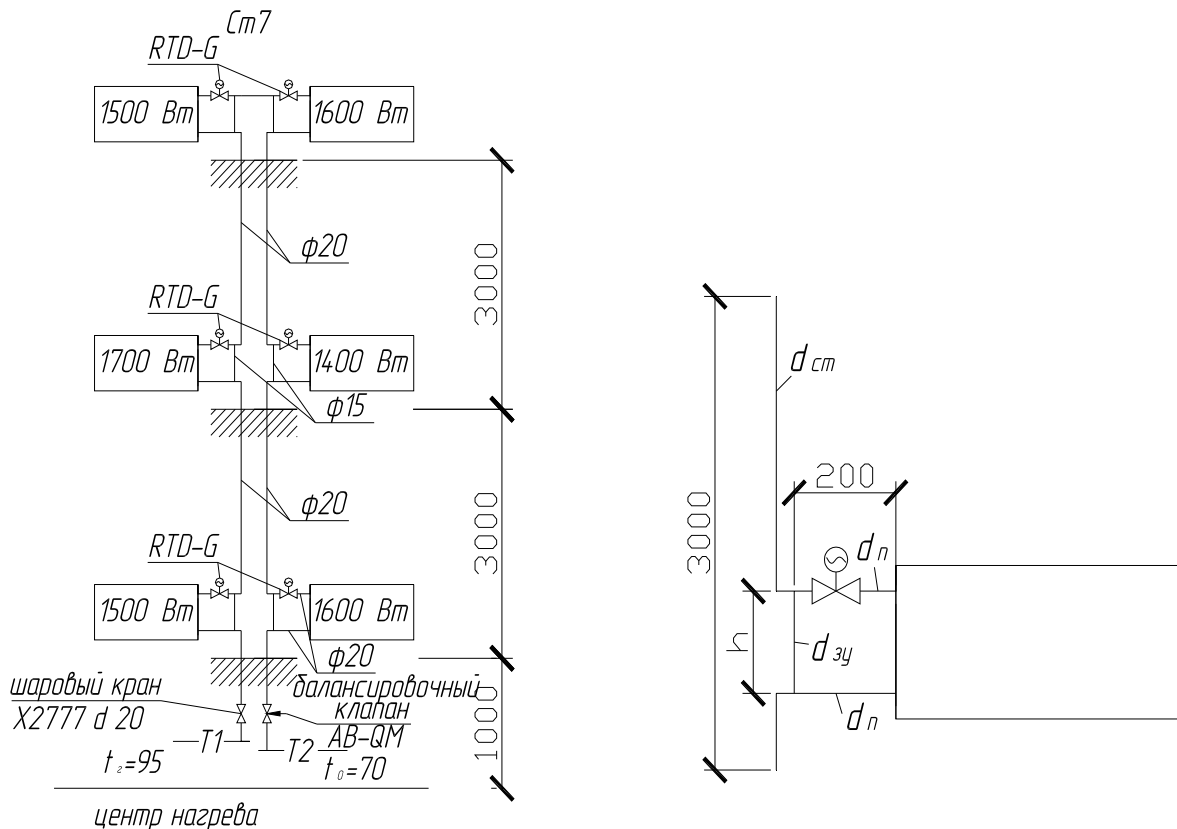


Рис. 7.6. Стояк однотрубной системы отопления

Располагаемое давление в стояке $\Delta P_{ст7}=25$ кПа.

Определим количество теплоносителя в стояке по формуле 7.6:

$$G_{ст} = \frac{0,86 \cdot 9300}{95 - 70} = 319,9 \text{ кг/ч}$$

По табл. 7.9, зная, что $d_{зп} = 15$ мм, $d_{ст} = d_{п} = 20$ мм, определяем коэффициент затекания α . Он равен 0,26, а характеристика гидравлического сопротивления всего этажестояка $(S \cdot 10^4)_{э-ст} - 53,2 \cdot 10^4 \text{ Па/(кг/ч)}^2$.

Определим гидравлическое сопротивление всего стояка по формуле 7.12:

$$(S \cdot 10^4)_{ст} = 53,2 \cdot 10^4 \cdot 4 + (53,2 \cdot 10^4 \cdot 2 - 7 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 2) + 7 \cdot 10^4 \cdot 2 = 305,2 \cdot 10^4 \text{ Па/(кг/ч)}^2$$

Потери давления в стояке определим по формуле 7.15:

$$\Delta P_{ст} = (305,2 \cdot 10^4) \cdot \left(\frac{319,9}{100} \right)^2 = 3,1 \text{ кПа}.$$

Клапан АВ-QM $D_y=20$ мм имеет максимальный расход 900 л/ч при настройке на 100 %. Для того чтобы получить расход 320 л/ч необходимо

установить настройку: $320/900=0,355$ (35,5%). Так как минимально необходимый перепад давлений на клапане АВ-QM должен быть не менее 16 кПа, то определяем потери давления на клапане АВ-QM:

$$\Delta P_{AB-QM} = \Delta P_p - \Delta P_{ст} = 25 - 3,1 = 21,9 \text{ кПа}, \quad (7.18)$$

что удовлетворяет условие его работы.

Последовательность заполнения таблиц гидравлического расчета.

1. Столбец 1 – номера участков;
2. Столбец 2 – тепловые нагрузки по участкам, Q, Вт, в соответствии с аксонометрической схемой;
3. Столбец 3 - расход воды на расчетном участке (или в стояке), G, кг/ч, (формула 7.7);
4. Столбец 4 – длина трубопроводов расчетного участка (или стояка), м;
5. Столбец 5 – по расходу теплоносителя на расчетном участке подбираются:

- диаметры трубопроводов d_y , мм;
- в соответствии с табл. 7.13 по диаметру стояка d_y , мм, подбираются диаметры подводок и замыкающего участка: $d_{y(n)}$, мм; $d_{y(з)}$, мм;

6. Столбец 6 - по расходу теплоносителя на расчетном участке подбираются потери давления на трение R, Па;

7. Столбец 7 - по расходу теплоносителя на расчетном участке подбирается фактическая скорость теплоносителя v , м/с;

Скорость движения теплоносителя в трубопроводах систем отопления следует принимать в зависимости от допустимого эквивалентного уровня звука в помещении: выше 40 дБА - не более 1,5 м/с в жилых зданиях и помещениях.

8. Столбец 9 - сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке (табл. 7.4, 7.5);

9. Столбец 10 - потери давления на местных сопротивлениях, Z Па, определяются по формуле 7.10;

10. Столбец 11 - потери давления на участках $\Delta p_{расч}$, Па, определяются по формуле 7.9;

11. Столбец 12 – сумма потерь давления в циркуляционном кольце системы отопления $\sum \Delta P$, Па, определяется суммированием потерь давления на местных сопротивлениях и потерь давления на участках.

После выполнения гидравлического расчета (табл. 7.11, 7.12) выполняется увязка давлений в стояках и полукольцах.

Производим увязку стояков:

$$A = \frac{\Delta P_{уч} - \Delta P_{стояка}}{\Delta P_{уч}} \cdot 100\%. \quad (7.19)$$

Таблица 7.11

Ведомость гидравлического расчета основного кольца системы отопления

№ участка	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	Ø, мм	R, Па	V, м/с	Rl, Па·м	Σξ	Z, Па	Δp _{расч} = Rl+ Z, Па	ΣΔP, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Участок 1											
Стояк 2											
Участок 2											
Стояк 3											
Участок 3											
...											

Увязка стояков производится с помощью балансировочных клапанов.

Таблица 7.12

Ведомость гидравлического расчета
второстепенного кольца системы отопления

№ участка	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	Ø, мм	R, Па	V, м/с	Rl, Па·м	Σξ	Z, Па	ΔP= Rl+ Z, Па	ΣΔP, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Участок 1											
Стояк 2											
Участок 2											
Стояк 3											
Участок 3											
...											

После проведения гидравлического расчета выполняется увязка давлений в полукольцах:

$$A = \frac{\Delta P_{уч1} - \Delta P_{уч2}}{\Delta P_{уч1}} \cdot 100\%. \quad (7.20)$$

Увязка полукольцев производится с помощью балансировочных клапанов.

Таблица 7.13

Таблица для гидравлического расчета системы трубопроводов водяного отопления при перепадах температуры воды в системе отопления 95-70⁰С и $k_{ш}=0,2$ мм

Потери давления на трение на 1 м, Па, R	Количество проходящей воды, кг/ч (верхняя строка), и скорость движения воды м/с (нижняя строка), по трубам стальным электросварным прямошовным (ГОСТ 10704-76 *) условным проходом, мм								
	15	20	25	32	40	50	65	80	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,8	5,0	26,2	81	123	177	337	771	1223	2131
	0,009	0,021	0,037	0,038	0,038	0,045	0,056	0,063	0,073
0,85	5,3	27,8	83,2	126	182	349	798	1265	2204
	0,01	0,023	0,038	0,039	0,039	0,046	0,058	0,065	0,076
0,9	5,6	29,4	83,2	129	188	360	824	1305	2274
	0,010	0,024	0,038	0,040	0,040	0,048	0,060	0,068	0,078
0,95	5,9	31,1	85,3	130	194	372	849	1345	2343
	0,011	0,025	0,039	0,041	0,041	0,049	0,062	0,070	0,080
1,00	6,2	32,7	87,5	132	199	383	874	1384	2410
	0,011	0,027	0,040	0,041	0,043	0,051	0,063	0,072	0,083
1,10	6,9	36,0	89,7	135	211	404	919	1455	2534
	0,013	0,029	0,041	0,042	0,045	0,054	0,067	0,075	0,087
1,2	7,5	39,2	91,9	138	222	425	965	1527	2658
	0,014	0,032	0,042	0,043	0,047	0,057	0,070	0,079	0,091
1,3	8,1	42,5	94,1	138	231	442	1009	1596	2777
	0,015	0,035	0,043	0,043	0,049	0,059	0,073	0,083	0,095
1,4	8,7	45,8	96,2	144	241	461	1051	1662	2892
	0,016	0,037	0,044	0,045	0,052	0,061	0,076	0,086	0,099
1,5	9,4	49,0	98,4	150	250	479	1092	1727	3003
	0,017	0,040	0,045	0,047	0,054	0,064	0,079	0,089	0,103
1,6	10,0	52,3	101	155	260	497	1131	1789	3110
	0,018	0,043	0,046	0,048	0,056	0,066	0,082	0,093	0,107
1,7	10,6	55,3	101	161	268	514	1170	1849	3214
	0,028	0,045	0,046	0,050	0,057	0,068	0,085	0,096	0,110
1,8	11,2	56,5	103	166	277	530	1207	1908	3316
	0,021	0,046	0,047	0,052	0,059	0,071	0,088	0,099	0,114
1,9	11,9	57,8	105	171	286	547	1244	1965	3414
	0,022	0,047	0,048	0,053	0,061	0,073	0,090	0,102	0,117
2,0	12,5	59,0	106	176	294	562	1279	2021	3510
	0,025	0,048	0,049	0,055	0,063	0,075	0,093	0,105	0,120
2,2	13,7	61,4	109	186	311	591	1344	2124	3689
	0,025	0,050	0,050	0,058	0,067	0,079	0,098	0,110	0,127
2,4	15,0	62,7	115	1%	325	621	1410	2227	3867
	0,028	0,051	0,053	0,061	0,070	0,083	0,102	0,115	0,133
2,6	16,2	65,1	119	204	340	649	1473	2326	4038
	0,030	0,053	0,055	0,063	0,073	0,086	0,107	0,120	0,139

Продолжение таблицы 7.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2,8	17,5	66,3	125	212	354	676	1534	2422	4202
	0,032	0,054	0,057	0,066	0,076	0,090	0,111	0,125	0,144
3,0	18,7	67,6	130	221	368	702	1593	2514	4361
	0,034	0,055	0,059	0,069	0,079	0,093	0,116	0,130	0,150
3,2	20,0	68,8	134	229	381	727	1650	2603	4515
	0,037	0,056	0,062	0,071	0,082	0,097	0,020	0,135	0,155
3,4	21,2	71,2	139	237	394	752	1705	2690	4664
	0,039	0,058	0,064	0,074	0,084	0,100	0,124	0,139	0,160
3,6	22,5	72,5	144	244	407	776	1758	2774	4809
	0,041	0,059	0,066	0,076	0,087	0,103	0,128	0,144	0,165
3,8	23,7	73,7	148	252	419	799	1811	2855	4950
	0,044	0,060	0,068	0,078	0,090	0,106	0,131	0,148	0,170
4,0	25,0	74,9	152	259	431	822	1862	2935	5087
	0,046	0,061	0,070	0,081	0,092	0,109	0,135	0,152	0,175
4,5	28,1	74,0	163	277	461	874	1978	3119	5404
	0,052	0,060	0,075	0,086	0,099	0,116	0,144	0,161	0,185
5,0	31,2	78,2	173	294	486	925	2094	3300	5717
	0,057	0,064	0,079	0,091	0,104	0,123	0,152	0,171	0,196
5,5	34,4	82,6	181	308	512	975	2204	3474	6015
	0,063	0,067	0,083	0,090	0,110	0,130	0,160	0,180	0,206
6,0	35,6	86,8	190	323	537	1022	2310	3639	6300
	0,065	0,071	0,087	0,101	0,115	0,136	0,168	0,188	0,216
6,5	36,7	90,3	198	338	561	1067	2411	3798	6573
	0,067	0,074	0,091	0,105	0,120	0,142	0,175	0,196	0,226
7,0	37,8	94,1	207	352	584	1111	2509	3950	6855
	0,069	0,077	0,095	0,109	0,125	0,148	0,182	0,204	0,235
7,5	38,8	97,8	215	365	607	1153	2603	4098	7089
	0,071	0,080	0,099	0,114	0,130	0,153	0,189	0,212	0,243
8,0	39,0	101	223	378	628	1194	2694	4240	7335
	0,073	0,083	0,102	0,118	0,135	0,159	0,196	0,219	0,252
8,5	40,5	105	230	391	649	1233	2782	4379	7573
	0,074	0,086	0,106	0,122	0,139	0,164	0,202	0,227	0,260
9,0	41,6	108	238	403	670	1271	2868	4513	7804
	0,076	0,088	0,109	0,126	0,143	0,169	0,208	0,234	0,268
9,5	42,1	112	245	415	689	1309	2951	4644	8029
	0,077	0,091	0,112	0,129	0,148	0,174	0,214	0,240	0,276
10,0	42,7	115	252	427	709	1345	3033	4771	8248
	0,078	0,094	0,116	0,133	0,152	0,179	0,220	0,247	0,283
11,0	44,3	121	265	449	745	1413	3185	5011	8661
	0,081	0,099	0,122	0,140	0,159	0,188	0,231	0,259	0,297
12,0	45,9	127	278	470	780	1480	3335	5246	9065
	0,084	0,103	0,127	0,146	0,167	0,197	0,242	0,271	0,311
13,0	47,0	132	290	491	815	1545	3480	5472	9453
	0,086	0,108	0,133	0,153	0,174	0,206	0,253	0,283	0,324

Продолжение таблицы 7.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14,0	48,1	138	302	511	848	1607	3618	5689	9827
	0,088	0,113	0,139	0,159	0,182	0,214	0,263	0,294	0,337
15,0	49,7	143	314	531	880	1668	3752	5898	10187
	0,091	0,117	0,144	0,165	0,188	0 222	0,272	0,305	0,350
16,0	48,8	148	325	549	910	1725	3882	6101	10536
	0,090	0,121	0,149	0,171	0,195	0,230	0,282	0,316	0,362
17,0	50,4	153	336	568	940	1781	4008	6298	10874
	0,093	0,125	0,154	0,177	031	0,237	0,091	0326	0373
18,0	52,0	158	346	585	969	1836	4129	6489	11202
	0,096	0,129	0,159	0,182	038	0,244	0,300	0336	0384
19,0	53,6	163	356	602	998	1889	4248	6674	11521
	0,098	0,133	0,164	0,188	0,214	0,251	0308	0345	0395
20,0	55,2	168	366	619	1025	1941	4364	6855	11832
	0,101	0,137	0,168	0,193	0,219	0,258	0,317	0355	0,406
22,0	58,0	176	385	650	1077	2038	4582	7197	12421
	0,106	0,144	0,177	032	0Д31	0,271	0,333	0372	0,426
24,0	60,9	185	403	681	1128	2134	4795	7531	12995
	0,112	0,151	0,185	0,212	0,241	034	0348	0390	0,446
26,0	63,6	193	421	711	1176	2226	5000	7851	13545
	0,117	0,157	0,193	0,221	0,252	036	0363	0,406	0,465
28,0	66,2	201	438	739	1224	2314	5197	8160	14075
	0,122	0,164	031	0,230	032	0308	0,377	0,422	0,483
30,0	68,8	208	454	767	1269	2399	5387	8457	14586
	0,126	0,170	0,209	0,239	0,272	0,319	0391	0,438	0401
32,0	71,3	216	470	794	1313	2482	5571	8744	15080
	0,131	0,176	0,216	0,247	0,281	0,330	0,405	0,452	0,518
34,0	73,7	223	486	819	1355	2562	5749	9023	15559
	0,135	0,182	0,223	0,255	0,290	0,341	0,417	0,467	0,534
36,0	76,0	230	500	844	1396	2639	5922	9294	16024
	0,140	0,187	0,230	0,263	039	0351	0,430	0,481	0450
38,0	78,3	236	515	869	1437	2715	6090	9557	16476
	0,144	0,193	0,236	0,271	0308	0361	0,442	0,495	0,566
40,0	80,5	243	529	893	1476	2788	6254	9814	16917
	0,148	0,198	0,243	0,278	0,316	0,371	0,454	0,508	0481
45,0	85,5	258	562	948	1567	2960	6639	10417	17956
	0,157	0,211	0,258	035	0336	0,394	0,482	0,539	0,616
50,0	90,6	273	594	1002	1656	3127	7011	11000	18956
	0,166	0,223	0,273	0,312	0,355	0,416	0,509	0,569	0,651
55,0	95,4	287	625	1053	1740	3286	7365	11553	19907
	0,175	0,234	0,287	0,328	0,373	0,437	0,535	0,598	0,683
60,0	99,9	300	654	1102	1821	3438	7703	12082	20816
	0,184	0,246	0,300	0,343	0,390	0,458	0,559	0,625	0,714
65,0	104	314	682	1149	1899	3583	8028	12590	21687
	0,192	0,256	0,313	0,358	0,407	0,477	0,583	0,651	0,744

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
70,0	108	326	709	1195	1973	3723	8340	13078,2	22526
	0,199	0,266	0,326	0,372	0,423	0,496	0,606	0,677	0,773
75,0	112	338	735	1239	2045	3859	8641	13549	23335
	0,207	0,276	0,338	0,386	0,438	0,514	0,628	0,701	0,801
80,0	116	350	760	1281	2115	3989	8933	14005	24118
	0,214	0,286	0,349	0,399	0,453	0,531	0,649	0,725	0,828
85,0	120	361	785	1322	2182	4116	9215	14446	24876
	0,221	0,295	0,361	0,412	0,467	0,548	0,669	0,748	0,854
90	124	373	809	1362	2248	4239	9490	14875	25613
	0,228	0,304	0,371	0,424	0,481	0,564	0,689	0,770	0,879
95	127	383	832	1401	2312	4359	9756	15292	26329
	0,235	0,313	0,382	0,436	0,495	0,580	0,708	0,791	0,904
100	131	394	855	4439	2374	4476	10015	15698	27026
	0,241	0,321	0,392	0,448	0,508	0,596	0,727	0,813	0,928
110	137	413	897	1510	2492	4697	10511	16473	28359
	0,253	0,338	0,412	0,470	0,534	0,625	0,763	0,852	0,973
120	144	433	939	1580	2606	4912	10989	17222	29645
	0,265	0,353	0,431	0,492	0,558	0,654	0,798	0,891	1,018
130	150	451	979	1647	2716	5118	11449	17940	30878
	0,287	0,368	0,449	0,513	0,582	0,681	0,832	0,928	1,060
140	156	469	1017	1711	2822	5317	11890	18631	32065
	0,38	0,383	0,467	0,533	0,604	0,708	0,863	0,964	1,101
150	162	486	1054	1773	2924	5508	12317	19298	33209
	0,298	0,397	0,484	0,552	0,626	0,733	0,894	0,999	1,140
160	168	503	1090	1833	3022	5693	12729	19942	24317
	0,309	0,411	0,500	0,571	0,647	0,758	0,924	1,032	1,178

8 КОНСТРУИРОВАНИЕ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО ПУНКТА

Основным назначением теплового узла (ТП) при централизованном теплоснабжении (группового – ЦТП, индивидуального – ИТП, местного МТП) является трансформация параметров теплоносителя тепловой сети (давления $\Delta P_{m.c}$, Па, и температуры τ_1 , °С) на параметры, требующиеся для систем отопления ($\Delta P_{c.o}$, t₁).

Индивидуальные тепловые пункты (ИТП), встроенные в обслуживаемые ими здания, следует размещать в отдельных помещениях с самостоятельным входом.

Системы отопления зданий следует присоединять к тепловым сетям:

- непосредственно при совпадении гидравлического и температурного режимов тепловой сети и местной системы;

- через элеватор при необходимости снижения температуры воды в системе отопления и располагаемом напоре перед элеватором, достаточном для его работы;

- через смесительные насосы при необходимости снижения температуры воды в системе отопления и располагаемом напоре, недостаточном для работы элеватора, а также при осуществлении автоматического регулирования системы.

Высоту помещений от отметки чистого пола до низа выступающих конструкций перекрытия (в свету) рекомендуется принимать не менее, м: для наземных ЦТП - 4,2; для подземных - 3,6; для ИТП - 2,2.

При размещении ИТП в подвальных и цокольных помещениях, а также в технических подпольях зданий допускается принимать высоту помещений и свободных проходов к ним не менее 1,8 м [3].

Тепловой пункт - это комплекс трубопроводов, запорной арматуры, оборудования и приборов, обеспечивающий присоединение систем отопления, теплоснабжения, вентиляции, горячего водоснабжения к тепловым сетям.

Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) - тепловой пункт для присоединения систем теплоснабжения одного здания или его части к тепловым сетям. В тепловых пунктах осуществляется: преобразование, регулирование расхода и контроль параметров теплоносителя, распределение его по системам потребления теплоты; отключение систем потребления теплоты; защита местных систем от аварийного повышения параметров теплоносителя; заполнение и подпитка систем потребления теплоты; учет тепла.

В многоквартирных жилых домах следует устанавливать приборы учета теплоты на здание в целом. Прибор учета теплоты (теплосчетчик) состоит из двух датчиков температуры и счетчика воды, которые связаны с вычислительным блоком. Диаметр теплосчетчика подбирается по расчетному расходу теплоносителя, G , м³/ч (т/ч) с учетом потерь давления на приборах учета.

Системы теплоснабжения могут подсоединяться к тепловым сетям по зависимой (вода из тепловой сети подается непосредственно в систему) и независимой (вода из тепловой сети подается в теплообменник) схемам.

Зависимые схемы бывают с непосредственным подключением и подключением с узлом смешения, который применяется для понижения температуры воды, поступающей из тепловых сетей, до температуры t_g , допустимой в системе отопления. Узлы смешения бывают со смесительным насосом; с циркуляционным насосом; с элеватором.

В курсовом проекте следует присоединить систему отопления к наружным тепловым сетям по зависимой схеме присоединения системы отопления со смешением воды при помощи смесительного насоса, включенного в перемычку между подающей и обратной магистралями системы отопления.

Понижение температуры происходит в результате смешения высокотемпературной воды с температурой T_r с обратной охлажденной до t_0 водой системы отопления. Поток охлажденной воды возвращается из системы отопления и делится на два: первый - направляется в обратный теплопровод тепловой сети, второй поток - перемещается по перемычке к точке смешения в подающей магистрали с водой температурой T_r .

Количество воды G_0 , перемещаемой смесительным насосом по перемычке в точку смешения, определяют:

$$G_{см} = 0.86 \cdot Q_c \cdot \left(\frac{1}{t_r - t_0} - \frac{1}{T_r - T_0} \right), \quad (8.1)$$

где $Q_c = 1,07 \cdot Q_{зд}$ - тепловая мощность системы отопления здания, Вт;

$Q_{зд}$ - общие тепловые потери здания, Вт;

T_r, T_0 - температура воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети, °С;

t_r, t_0 - температура воды в подающей и обратной магистралях системы отопления, °С.

Оборудование и запорно-регулирующую арматуру теплового пункта подбирают по каталогам заводов-изготовителей.

8.1 Тепловой пункт системы отопления с зависимым присоединением, с водоструйным элеватором и пофасадным регулированием

Тепловой пункт с пофасадным регулированием обеспечивает корректировку теплового режима отопления фасада здания в зависимости от отклонения температуры воздуха помещения, изменения температуры наружного воздуха, величины солнечной радиации на наружную стенку и влияния инфильтрации. За счет регулирования повышаются комфортные условия в отапливаемых помещениях и обеспечивается сокращение расхода теплоты на отопление от 4 до 15%. Регулирование теплоотдачи отопительных приборов на фасадах производится за счет изменения количества теплоносителя. Для чего используется регулятор температуры (тип РТК-2216-ДП), имеющий датчик сопротивления.

Датчики внутренней температуры размещают на каждом фасаде и устанавливают на первом t_e^H , °С, и на верхнем t_e^6 , °С, этажах на внутренней стенке на высоте 1,5 м от пола. Датчики температуры наружного воздуха t_n , °С, на каждом фасаде устанавливают на высоте не менее 2 м от земли с защитным кожухом от солнечной радиации. Датчики t_e^H и t_e^6 регулируют дефицит или избыток теплоты и дают команду регуляторам температуры на каждой фазе. При этом происходит открытие или закрытие прохода и соответственно перераспределение расходов теплоносителя в зависимости от потребности в теплоте обоих фасадов. Общий расход теплоносителя на вводе остается постоянным, что обеспечивает гид-

равлическую и тепловую устойчивость системы отопления и тепловых сетей. При фасадном регулировании в зависимости от схемы присоединения в качестве смесительного устройства могут применяться насос или водоструйный элеватор.

Основное оборудование теплового узла: водоструйный элеватор; прибор учета тепла; грязевик; ручной насос; входная арматура; сливная арматура; воздуховыпускная арматура; контрольно-измерительные приборы [3].

8.2 Расчетное теплотребление системы отопления здания Q_c

Принимается по данным расчета его теплотеря, Вт:

$$Q_c = k Q_{зд} \beta_1 \beta_2 \quad (8.2)$$

где k - поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплотеря, связанные с охлаждением теплоносителя в магистралях, проходящих в неотапливаемых помещениях (при прокладке обеих магистралей в техподполье или подвале $k = 1,03$; при прокладке одной из магистралей на чердаке $k = 1,1$);

$Q_{зд}$ - расчетные теплотеря отапливаемого здания, Вт;

β_1 - коэффициент учета дополнительного теплового потока отопительных приборов за счет округления их площади сверх расчетной величины.

β_2 - коэффициент учета дополнительных потерь теплоты приборами, расположенными у наружных ограждений.

8.3 Выбор расчетной температуры воды t_r

Выбор расчетной температуры воды t_r , °C, подаваемой в систему отопления, зависит от конструкции, типа отопительных приборов, назначение здания и отапливаемых помещений.

Температура воды на выходе из системы отопления t_0 принимается равной 70 °C при зависимой схеме присоединения системы отопления к тепловой сети и 65 °C - при независимой схеме.

8.4 Общий расход воды в системе отопления G_c

Общий расход воды в системе отопления G_c , кг/ч, определяется:

$$G_c = 3,6 Q_c / (c (t_r - t_0)), \quad (8.3)$$

где c - удельная теплоемкость воды, равная 4,2 кДж/(кг °C).

8.5 Конструкция и состав оборудования теплового пункта

Выбор и расчет параметров, необходимых для гидравлического расчета системы отопления зависят от принятой в проекте схемы присоединения системы отопления к внешней тепловой сети [5, 10, 11, 14].

8.5.1 Зависимое присоединение системы отопления к тепловой сети без смешения

В этом случае циркуляция воды в системе отопления осуществляется за счет разницы давления в точках присоединения системы к тепловой сети, определяемой в соответствии с заданием к курсовому проекту.

Насосное циркуляционное давление ΔP_n , Па, для гидравлического расчета системы:

$$\Delta P_n = P_1 - P_2 - \Delta P_{\text{тп}} - \Delta P_{\text{рр}}, \quad (8.4)$$

где P_1 , P_2 - давление в точках присоединения системы отопления к соответственно подающей и обратной трубе тепловой сети, Па;

$\Delta P_{\text{тп}}$ - потери давления в теплопроводах теплового пункта, Па;

$\Delta P_{\text{рр}}$ - потери давления в регуляторе расхода (~ 50000 Па).

8.5.2 Зависимое присоединение системы отопления к тепловой сети со смешением с помощью насоса

Для подбора смесительного насоса СН необходимо определить расход воды, поступающей в систему отопления из тепловой сети $G_{\text{тс}}$, кг/ч:

$$G_{\text{тс}} = 3,6 Q_c / (c (T_1 - T_2)), \quad (8.5)$$

где T_1 , T_2 - расчетная температура воды в соответственно подающей и обратной трубе тепловой сети, °C (по заданию к курсовому проекту).

Расход воды в смесительной перемычке схемы соответствует требуемой подаче смесительного насоса L_n , м³/ч:

$$L_n = (G_c - G_{\text{тс}}) / \rho_0, \quad (8.6)$$

где ρ_0 - плотность воды, кг/м³, соответствующая температуре t_0 .

Требуемое давление смесительного насоса $\Delta P_{\text{см}}$, Па, определяется разностью давления в точках присоединения смесительной перемычки.

$$\Delta P_{\text{см}} = P_a - P_b, \quad (8.7)$$

где $P_a = P_1 - P_{\text{тп,1}}$, Па; $P_b = P_2 + P_{\text{тп,2}}$, Па,

$\Delta P_{\text{тп,1}}$, $\Delta P_{\text{тп,2}}$ - потери давления в теплопроводах теплового пункта от точек присоединения системы отопления к тепловой сети до точек присо-

единения смесительной переключки к соответственно подающей и обратной магистрали теплового пункта, Па.

Потери давления в регуляторе температуры РТ можно принять в расчете ~50000 Па.

Расчетное насосное давление ΔP_n , Па, для гидравлического расчета системы отопления в этом случае:

$$\Delta P_n = P_{см}. \quad (8.8)$$

8.5.3 Зависимое присоединение системы отопления к тепловой сети со смешением с помощью водоструйного элеватора

Основным показателем работы водоструйного элеватора ВЭ является его коэффициент смешения u :

$$u = 1,15 (T_1 - t_r) / (t_r - t_0) \quad (8.9)$$

Расчетное насосное давление ΔP_n , Па, для гидравлического расчета системы отопления в этом случае в зависимости от величины u и разности давления в подающей и обратной магистрали элеваторного узла до точки смешения $\Delta P_{см}$, Па.

Тип и конструкция элеватора выбираются после выполнения гидравлического расчета системы отопления.

Для этого по величине расчетного расхода воды G_c , кг/с, и фактических потерь давления ΔP_c , МПа, в рассчитываемой системе отопления определяются оптимальные размеры элеватора, мм:

$$\text{диаметр горловины:} \quad d_r = 5,3 (G_c^2 / \Delta P_c)^{0,25};$$

$$\text{диаметр отверстия сопла:} \quad d_c = d_r / (1 + u).$$

8.5.4 Независимое присоединение системы отопления к тепловой сети

Сначала в выбранном помещении теплового пункта необходимо определить места установки основного оборудования: распределительного (РК1) и сборного (СК1) коллекторов высокотемпературной воды, водоводяного теплообменника системы отопления (ВВТ), группы циркуляционных насосов (ЦН), распределительного (РК2) и сборного (СК2) коллекторов системы отопления.

В качестве водоподогревателя в проекте рекомендуется принять водоводяной скоростной теплообменник по ОСТ 34-588-68. Размеры теплообменника выбирают при условии, что греющая вода пропускается по трубкам, а нагреваемая вода системы отопления - по межтрубному пространству. При выборе длины секции теплообменника (2 или 4 м) следует исходить из возможностей его размещения в тепловом пункте.

Предварительный выбор теплообменника делается по ориентировочной величине его площади поверхности нагрева $A', \text{м}^2$:

$$A' = Q_c / (K'_{\text{то}} \Delta t_{\text{то}}), \quad (8.10)$$

где $K'_{\text{то}}$ - ориентировочный коэффициент теплопередачи теплообменника, принимаемый равным $\sim 1250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$;

$\Delta t_{\text{то}}$ - средняя разность температуры воды в теплообменнике, $^\circ\text{C}$:

$$\Delta t_{\text{то}} = ((T_1 - t_r) - (T_2 - t_0)) / (2,3 \lg((T_1 - t_r) / (T_2 - t_0))) \quad (8.11)$$

По величине A' выбирается теплообменник и определяются его основные конструктивные характеристики: площадь поверхности нагрева $A', \text{м}^2$, и длина одной секции $l_1, \text{м}$; их количество n , наружный d_n и внутренний d_v диаметры трубок, м ; их количество в одной секции z_1 , площадь живого сечения трубок $f_{\text{тр}}, \text{м}^2$, и межтрубного пространства $f_{\text{м.тр}}, \text{м}^2$, а также внутренний диаметр корпуса теплообменника $D_v, \text{м}$.

Определяется действительный коэффициент теплопередачи выбранного теплообменника $K_{\text{то}}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$:

$$K_{\text{то}} = \mu \alpha_1 \alpha_2 / (\alpha_1 + \alpha_2), \quad (8.12)$$

где μ - коэффициент, учитывающий накипь и загрязнение на поверхности трубок и принимаемый равным 0,75;

α_1, α_2 - коэффициенты теплообмена на соответственно внутренней и наружной поверхности трубок теплообменника, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$.

Формула для определения коэффициента теплообмена имеет общий вид:

$$\alpha = 1,16 (1400 + 18 t_{\text{cp}} - 0,035 t_{\text{cp}}) w/d, \quad (8.13)$$

где t_{cp} - средняя температура теплоносителя, $^\circ\text{C}$;

w - скорость воды, $\text{м}/\text{с}$;

d - эквивалентный диаметр, м .

Указанные расчетные параметры определяются по следующим формулам: для трубного пространства:

$$t_{\text{cp}} = 0,5(T_1 + T_2), \quad (8.14)$$

$$w = G_{\text{тс}} / (3600 \rho f_{\text{тр}}), \quad (8.15)$$

$$d = d_v; \quad (8.16)$$

для межтрубного пространства:

$$t_{\text{cp}} = 0,5(t_r + t_0), \quad (8.17)$$

$$w = G_o / (3600 \rho f_{\text{м.тр}}), \quad (8.18)$$

$$d = (D_v^2 - z_1 d^2) / (D + z), \quad (8.19)$$

В формулах (8.15, 8.18) плотность воды $\rho, \text{кг}/\text{м}^3$, принимается соответствующей температуре t_{cp} по табл. 1.6 прил. 1 [12].

Действительная теплоотдающая способность теплообменника $Q_{то}$, Вт, составит:

$$Q_{то} = K_{то} n A_1 \Delta t_{ср}. \quad (8.20)$$

Требуемый запас величины $Q_{то}$ по отношению к величине Q_c должен составлять не менее 10%, что является подтверждением правильности выбора конструкции теплообменника. В противном случае необходимо выбрать другую его конструкцию и повторить проверочный расчет.

Потери давления в межтрубном пространстве теплообменника $\Delta P_{то}$, Па, составят:

$$\Delta P_{то} = 10^4 A w^2 n, \quad (8.21)$$

где A - коэффициент, принимаемый в зависимости от конструкции принятого теплообменника.

В соответствии с учетом размещения основного оборудования и реальных размеров конструируется и вычерчивается в аксонометрической проекции (М 1:20) действительная схема теплового пункта. При этом необходимо предусмотреть [11, 13]:

- запорно-регулирующую арматуру на всех ответвлениях и в местах установки основного оборудования;
- точки спуска воды и удаления воздуха, оснащенные необходимой арматурой;
- подключение к схеме труб от расширительного бака РБ;
- узел подпитки системы отопления водой из тепловой сети;
- контрольно-измерительные приборы, включая узел учета теплопотребления.

Для обеспечения циркуляции воды в системе отопления применяются бесшумные насосы, закрепляемые непосредственно на трубах без фундамента. К ним относятся отечественные насосы типа ЦВЦ или импортные, например, типа UP фирмы «Grundfos» (Германия). В случае выполнения гидравлического расчета системы отопления методом, при котором насосное давление известно, выбор марки циркуляционного насоса осуществляется в процессе конструирования теплового пункта по заводской рабочей характеристике насоса.

При этом по величине подачи насоса $L_{цн}$, м³/ч, соответствующей расчетному расходу воды в системе отопления G_0 , и температуре теплоносителя t_f или t_0 в магистрали, на которой установлен циркуляционный насос (установка импортного насоса допускается на подающей магистрали), определяется его расчетное давление $\Delta P_{цн}$, Па.

Марка насоса выбирается из условия обеспечения в его рабочей точке максимально возможного КПД - $\eta_{цн}$.

Определяется установочная мощность электродвигателя насоса $N_э$, Вт:

$$N_э = k L_{цн} \Delta P_{цн} / (3600 \eta_{цн}), \quad (8.22)$$

где k - коэффициент запаса мощности.

Расчетное насосное давление ΔP_n , Па, для последующего гидравлического расчета системы отопления при независимой схеме ее присоединения к тепловой сети определяется по формуле:

$$\Delta P_n = \Delta P_{цн} - \Delta P_{то} - \Delta P_{тп}, \quad (8.23)$$

где $\Delta P_{тп}$ - потери давления в трубах теплового пункта, Па.

Марку циркуляционного насоса ЦН необходимо выбрать (по согласованию с руководителем (консультантом проекта) таким образом, чтобы величина ΔP_n в зависимости от мощности и конструкции системы отопления составила 20...40 кПа.

В том случае, когда гидравлический расчет производится методом, при котором диаметры труб системы отопления принимаются по допустимой скорости теплоносителя, марку циркуляционного насоса выбирают после определения фактических потерь давления в системе - ΔP_c , Па. Расчетное давление насоса $\Delta P_{цн}$, Па, при этом определяется по формуле:

$$\Delta P_{цн} = \Delta P_c + \Delta P_{то} + \Delta P_{тп} - \Delta P_e, \quad (8.24)$$

где ΔP_e - естественное циркуляционное давление, возникающее в системе отопления, Па, и определяемое согласно п. 7.1.

Расчет и выбор закрытого расширительного бака осуществляется по рекомендациям фирмы-производителя.

Подпитывают систему отопления водой из обратной магистрали тепловой сети. При конструировании узла подпитки следует убедиться, что давление P_2 , Па, обеспечит заполнение системы, т.е. будет выше минимально допустимого значения $\Delta P_{мин}$, Па. В противном случае помимо регулятора подпитки РП узел оснащается подпиточным насосом ПН. Насос выбирают с относительно малой подачей и давлением $\Delta P_{пн}$, Па, равным:

$$\Delta P_{пн} = \Delta P_{мин} - P_2 = (9,81 \rho H + \Delta P_{зап}) - P_2, \quad (8.25)$$

где ρ - плотность воды, соответствующая температуре T_2 , кг/м³;

H - высота системы отопления от уровня установки подпиточного насоса (в системе с открытым расширительным баком до его контрольного уровня - 0,3 м от дна бака), м;

$\Delta P_{зап}$ - запас давления, принимаемый равным 10000 Па (только в системе отопления с закрытым расширительным баком).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие требования к текстовым документам (с Изменением N 1, с Поправками). - М.: Госстандарт Российской Федерации, 2001. - 40 с.
2. ГОСТ 21.602-2003 СПДС. Правила выполнения рабочей документации отопления, вентиляции и кондиционирования. - М.: Госстрой России, 2003. - 38 с.
3. ГОСТ 30494-2011 ЗДАНИЯ ЖИЛЫЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2011. - 82 с.
4. Еремкин А.И., Королева Т.И. «Тепловой режим зданий: Учебное пособие» - М.:Издательство АСВ, 2000. – 368 с.
5. Жилина Т.С. Отопление жилого дома. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Отопление» (для студентов всех форм обучения) по направлению 270800.62 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция». - Тюмень: РИЦ ГОУ ВПО ТюмГАСУ, 2014. - 31 с.
6. Махов Л.Н. Отопление: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программе бакалавриата по направлению 270800 «Строительство» (профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция») / Л. М. Махов. - Москва: Издательство АСВ, 2014. - 398 с.
7. Отопление жилого здания: методические указания по выполнению курсового проекта для студентов направления подготовки 08.03.01 Строительство, профиль подготовки Промышленное и гражданское строительство, заочной формы обучения / составители: С.Д. Вяткина, Ю.С. Вяткина. – Тюменский индустриальный университет. - 1-е изд. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2018. – 38 с.
8. Радиаторные терморегуляторы и трубопроводная арматура для систем водяного отопления [Электронный ресурс]: каталог продукции Danfoss.- 2016.- режим доступа <https://assets.danfoss.com/documents/DOC354748930235/DOC354748930235.pdf>
9. Сканава А.Н., Махов Л.М. «Отопление: Учебник для вузов» - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. – 400.
10. Сосков В. И. Технология монтажа и заготовительные работы: Учеб.для вузов по спец. «Теплогазоснабжение и вентиляция». - М.: Высш. шк., 1989. - 334с.
11. Справочник мастера-сантехника/ Б. А. Журавлев. - Изд. 6-е, перераб. и доп.. - Москва: Строиздат. - 1987. - 496 с.
12. Справочник проектировщика. Ч.1. Отопление. /Под ред. И.Г. Старовойтова и др. – М.: Стройиздат, 1990. -345.
13. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий России. –Москва, 2013. – 145 с.
14. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов. М.: Минстрой России, 1997. - 84 с.

15. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением N 1). - М.: Минрегион России, 2012. – 100.

16. СП 54.13330.2016 Здания жилые многоквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-01-2003 (с Изменениями N 1, 2, 3) - М. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. 2017. – 40.

17. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением N 1). - М. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. 2017. – 79.

18. СП 73.13330.2016 Внутренние санитарно-технические системы зданий. СНиП 3.05.01-85 (с Изменением N 1). - М. Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. 2017 г. - 39.

19. СП 131.13330.2018. «СНиП 23-01-99* Строительная климатология». – М.: Стандартинформ, 2018. -115.

Учебное издание

Вяткина Светлана Дмитриевна
Жилина Татьяна Семеновна
Шалагин Игорь Юрьевич
Ульянова Юлия Сергеевна

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

В авторской редакции

Подписано в печать 06.04.2021. Формат 60х90 1/16. Печ. л. 5,8.
Тираж 500 экз. Заказ № 2009.

Библиотечно-издательский комплекс
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет».
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.