

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.09.2026 11:27:39
Уникальный программный ключ:
3beb265d5d589e7ff4c954946f3ad99a1e70ac12

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Строительный институт**

Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Методические указания по выполнению курсового проекта
для обучающихся специальности 08.05.01 Строительство
уникальных зданий, специализации Строительство высотных и
большепролетных зданий и сооружений,
очной формы обучения

Составители
К.В. Афонин,
доцент
О.А. Афонина,
ассистент

Тюмень
ТИУ
2016

Расчет системы отопления: методические указания по выполнению курсового проекта для обучающихся специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий, специализации Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений, очной формы обучения/ составители: К.В. Афонин, О.А. Афолина. – Тюменский индустриальный университет. - 1-е изд. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2016. – 27 с.

Ответственный редактор: Т.С. Жилина, к.т.н., доцент.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры Теплогазоснабжения и вентиляции «29» августа 2016 года, протокол №16.

АННОТАЦИЯ

Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Инженерные системы. Теплогазоснабжение и вентиляция высотных и большепролетных зданий и сооружений» предназначены для обучающихся по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий, специализации Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений, очной формы обучения.

В методических указаниях приведен состав курсового проекта, порядок разработки, пояснения по выполнению расчетов, список рекомендуемой литературы.

Содержание

Введение	4
1 ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО И ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА	6
1.1 Параметры наружного воздуха	6
1.2 Параметры внутреннего воздуха	6
2 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ	7
2.1 Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций	7
2.2 Определение теплопотерь помещения	8
2.2.1 Теплопотери через наружные ограждения	8
2.2.2 Теплопотери на нагрев инфильтрующегося воздуха	10
2.2.3 Бытовые тепловыделения (рассчитываются только для жилых помещений)	10
2.2.4 Суммарные теплопотери помещения	10
3 НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ	13
3.1 Расчет нагревательных приборов	16
4 КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ	18
5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ	20
6 ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ	24
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	25

Введение

Основная цель отопления — создание теплового комфорта в помещениях, т. е. тепловых условий, благоприятных для жизни и деятельности человека. Тепловой комфорт в холодное время года обеспечивается, если поддерживать определенную температуру воздуха в помещении, температуру внутренней поверхности наружных ограждений и поверхности отопительных установок. Отопление способствует также увеличению срока службы зданий и оборудования, нормализации технологических процессов, повышению производительности труда людей и качества выпускаемой продукции.

Отопление зданий начинают при устойчивом (в течение 6 суток) понижении температуры наружного воздуха до 8°C и ниже (для жилых и общественных зданий), 10°C (для больниц и детских дошкольных учреждений), когда теплоступлений в помещения уже недостаточно для поддержания нормальной температуры. Заканчивают отопление при устойчивом повышении температуры наружного воздуха выше 8°C (10°C) также в течение 6 суток. Продолжительность отопления зданий в холодное время года называют отопительным сезоном.

Курсовой проект состоит из пояснительной записки, включающей все разделы данных методических указаний, и графической части, выполненной на листе формата А1. На листе изображаются план типового этажа здания, план подвала здания, план технического этажа здания, аксонометрические схемы систем отопления.

Подведение итогов курсового проекта включает следующие этапы: сдачу курсового проекта на проверку руководителю; доработку курсового проекта с учетом замечаний руководителя; сдачу готового проекта на защиту; защиту курсового проекта.

Срок сдачи проекта на проверку руководителю определяется заданием.

Срок доработки проекта, если в этом есть необходимость, устанавливается руководителем с учетом времени на устранение замечаний.

Готовый проект подписывается обучающимся на титульном листе и представляется на защиту.

Курсовой проект, удовлетворяющий предъявленным требованиям, допускается руководителем к защите, что удостоверяется его подписью на титульном листе.

Оценка курсового проекта производится с учетом качества работы, обоснованности и оригинальности решения задач проектирования, соблюдения требований к оформлению пояснительной записки, содержания доклада при защите работы, ответов на вопросы и замечания.

Критерии оценки: курсовой проект оценивается по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Отлично (91-100 баллов):

- курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию;
- пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, последовательно, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы;
- графическая часть выполнена в полном объеме с соблюдением требований ГОСТ;
- защита курсовой работы проведена технически грамотно, охватывает все разделы работы;
- ответы на все поставленные вопросы верные, обоснованные и четкие.

Хорошо (76-90 баллов):

- курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию;
- пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы, но имеются некоторые замечания;
- графическая часть выполнена с незначительными отступлениями от стандартов;
- при защите проекта доклад обучающегося краток, строен, но допущены неточности в определениях и специальной терминологии;
- ответы на все поставленные вопросы верны, обоснованы, но на некоторые из них даны ответы после наводящих вопросов.

Удовлетворительно (61-75 баллов):

- курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию;
- пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы, записка составлена непоследовательно, с ошибками;
- графическая часть выполнена с отклонениями от требований ГОСТ;
- доклад обучающегося сбивчив, непоследователен;
- на 30-40 % вопросов даны неправильные ответы.

Неудовлетворительно (меньше 61 балла):

- курсовой проект выполнен в полном объеме и соответствует заданию;
- пояснительная записка содержит все необходимые разделы, но составлена непоследовательно, с ошибками, без учета требований стандартов по составлению текстовых документов;

- доклад обучающегося непоследователен, сбивчив, без выделения ключевых моментов;

- нет ответов на 50 % и более поставленных вопросов;

Обучающимся, получившим неудовлетворительную оценку по курсовой работе, предоставляется право выбора нового варианта курсовой работы или, по решению преподавателя, доработки прежней темы и определяется новый срок для его выполнения.

1 ПАРАМЕТРЫ НАРУЖНОГО И ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА

1.1 Параметры наружного воздуха

Принимаются согласно [1] для принятого по заданию района строительства. Данные заносятся в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Республика, край, область, пункт	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92	Продолжительность, сут, и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха		Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	Средняя скорость ветра, м/с за период со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °С
		≤ 8°С			
		продолжительность	средняя температура		
1	2	3	4	5	6

1.2 Параметры внутреннего воздуха

Принимаются согласно [2] и представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий и общежитий

Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
Жилая комната	20-22	18-24 (20-24)	19-20	17-23 (19-23)	45-30	60	0,15	0,2
Жилая комната в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	21-23	20-24 (22-24)	20-22	19-23 (21-23)	45-30	60	0,15	0,2
Кухня	19-21	18-26	18-20	17-25	не нормируется	не нормируется	0,15	0,2
Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	не нормируется	не нормируется	0,15	0,2
Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	23-27	17-26	не нормируется	не нормируется	0,15	0,2
Помещения для отдыха и учебных занятий	20-22	18-24	19-21	17-23	45-30	60	0,15	0,2
Межквартирный коридор	18-20	16-22	17-19	15-21	45-30	60	не нормируется	не нормируется
Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	15-17	13-19	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется
Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	не нормируется	не нормируется	не нормируется	не нормируется

2 ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Ограждающие конструкции изолируют помещение от окружающей среды, что позволяет поддерживать в помещении определенный микроклимат с помощью систем: отопления, вентиляции, кондиционирования. При этом они должны обладать определенными теплотехническими свойствами, которые бы позволяли использовать ограждающую конструкцию в данных климатических условиях.

2.1 Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

Коэффициент сопротивления теплопередаче (R) показывает насколько ограждающая конструкция препятствует прохождению теплового потока в Вт, через 1 м^2 своей поверхности при разнице температур в 1° .

Согласно [3] для нахождения коэффициента сопротивления теплопередаче необходимо сначала определить ГСОП – градусо-сутки отопительного периода:

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{\text{ht}}) \cdot z_{\text{ht}} \quad (2.1)$$

где t_{int} – расчетная температура воздуха в помещении, $^\circ\text{C}$;

t_{ht} – средняя за отопительный период температура, $^\circ\text{C}$;

z_{ht} – продолжительность стояния температур 8°C и ниже, сут.

После определения ГСОП по [3] определяем коэффициент сопротивления теплопередаче R , $\text{м}^2\text{C}/\text{Вт}$.

Если известен состав ограждающей конструкции (слои ограждения), то можно определить действительный или фактический коэффициент сопротивления теплопередаче:

$$R_{\text{действ}} = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad \text{м}^2\text{C}/\text{Вт} \quad (2.2)$$

где α_{int} – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$, [3];

α_{ext} – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{C})$, [3];

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

λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{мC})$, [3].

Необходимо сравнить R и $R_{\text{действ}}$ и если окажется, что $R > R_{\text{действ}}$, то в ограждении необходимо пересчитать толщину слоя теплоизолятора (слой с наименьшим λ).

2.2 Определение теплотерь помещения

Так как ограждающие конструкции обладают не бесконечно большим коэффициентом сопротивления теплопередаче, то со временем (в холодный период года) через них начинается утечка тепла, что приводит к понижению внутренней температуры помещения.

2.2.1 Теплотери через наружные ограждения

$$Q_{\text{отр}} = \frac{F}{R} \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}), \text{ Вт} \quad [4] \quad (2.3)$$

где F – площадь ограждения, м^2 ;

R – коэффициент сопротивления теплопередаче;

β – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери (ориентация, высота помещений, две и более ограждающих конструкции и т.д.)

$\beta=0,1$ – при ориентации ограждения на С, В, С-В, С-З;

$\beta=0,05$ – при ориентации ограждения на З, Ю-В.

Во всех остальных случаях $\beta=0$

$\beta=0,05$ – для угловых помещений (т.е. имеющих две и более наружных стены), или t_{int} повышается на 2°C .

Площадь отдельных ограждений при подсчете потерь теплоты через них должна вычисляться с соблюдением определенных правил обмера. Эти правила по возможности учитывают сложность процесса теплопередачи через элементы ограждения и предусматривают условные увеличения и уменьшения площадей, когда фактические теплотери могут быть соответственно больше или меньше подсчитанных по принятым простейшим формулам. Как правило, площади определяются по внешнему обмеру:

1) площади окон (ОК), дверей (Д) и фонарей измеряются по наименьшему строительному проему;

2) площади потолка (ПТ) и пола (ПЛ) измеряются между осями внутренних стен и внутренней поверхностью наружной стены. Площади зон пола по лагам и грунту определяются с условной их разбивкой на зоны;

3) площади наружных стен (НС) измеряются:

а) в плане – по внешнему периметру между наружным углом и осями внутренних стен;

б) по высоте: в первом этаже (в зависимости от конструкции пола) – или от внешней поверхности пола по грунту, или от поверхности подготовки под конструкции пола на лагах, или от нижней поверхности перекрытия над подпольем или неотапливаемым подвальным помещением до чистого пола второго этажа; в средних этажах — от поверхности пола до поверхно-

сти пола следующего этажа; в верхнем этаже — от поверхности пола до верха конструкции чердачного перекрытия или бесчердачного покрытия. При необходимости определения теплотерь через внутренние ограждения их площади берутся по внутреннему обмеру [4].

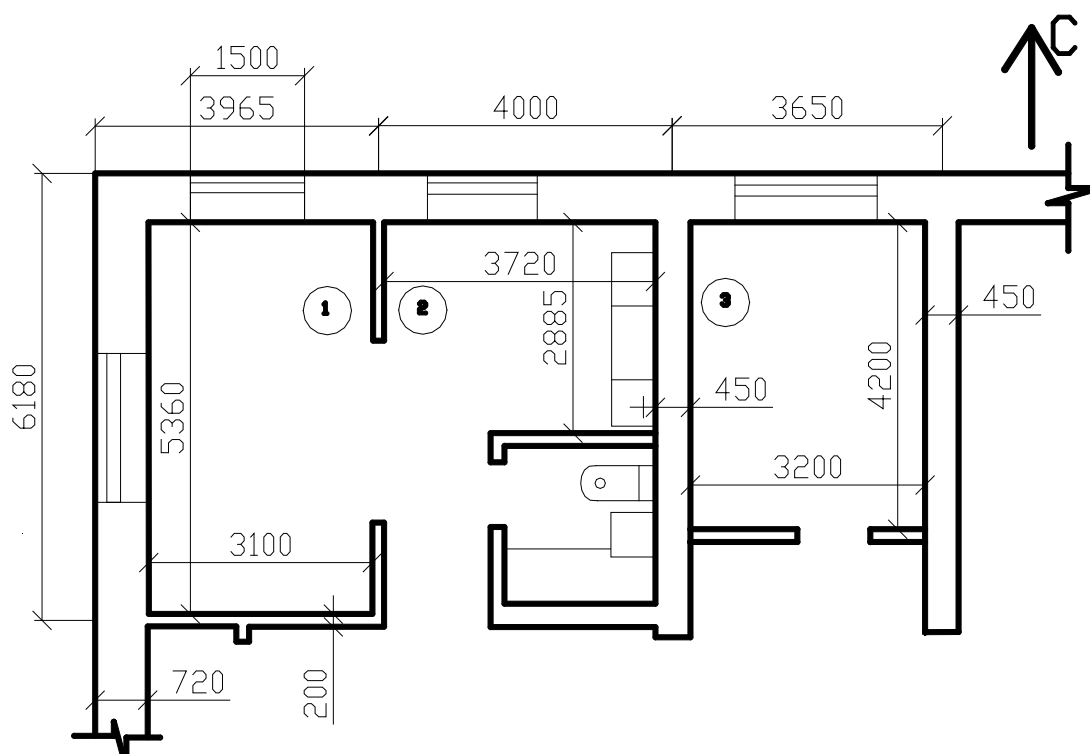


Рисунок 2.1. Пример обмера ограждающих конструкций в плане

2.2.2 Теплотери на нагрев инфильтрующегося воздуха

Инфильтрация — это процесс проникновения холодного воздуха внутрь помещения через неплотности в ограждающих конструкциях (поры, стыки, притворы окон и т.д.) из-за разности давлений с наружной и внутренней поверхности ограждения, возникающей вследствие разности температур и действия ветрового напора [4].

$$Q_{\text{инф}} = C \times \rho_n \times L_n \times F_{\text{пом}} \times (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}) \times 0,278, \text{ Вт} \quad (2.4)$$

где C — удельная теплоемкость воздуха, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, $C=1,005$;

ρ_n — плотность наружного воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$, $\rho_n = \frac{353}{t_n + 273}$;

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

$F_{\text{пом}}$ — площадь помещения, м^2 .

2.2.3 Бытовые тепловыделения (рассчитываются только для жилых помещений)

$$Q_{\text{быт}} = 10 \times F_{\text{пом}}, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

2.2.4 Суммарные теплопотери помещения

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}} - Q_{\text{быт}}, \text{ Вт} \quad (2.6)$$

Результаты расчета заносятся в таблицу 2.1

Таблица 2.1

№ п/п	Наименование помещения	Характеристика ограждения				Соппротивление теплопередаче R, м ²⁰ C/Вт	n	t _{int} , °C	t _{ext} °C	Δt= t _{int} - t _{ext} , °C	Q ₀ =(F/R _{расч})·n·Δt, Вт	β	Q _{огр} =(1+β)·Q ₀ , Вт	Q _{инф} , Вт	Q _{быт} , Вт	Q _{общ} , Вт 1 этаж	Q _{общ} , Вт 2 этаж	Q _{общ} , Вт 3 этаж	
		Наименование	Ориентация	Размер ограждения, м															Площадь F, м²
				А	В														

3 НАГРЕВАТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

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:

- 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;
- экономические — относительно пониженная стоимость прибора; экономный расход металла на прибор, обеспечивающий повышение теплового напряжения металла.
- 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;
- производственно-монтажные — механизация изготовления и монтажа приборов для повышения производительности труда; достаточная механическая прочность приборов;
- 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 также и важное для них 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.).

Всем перечисленным требованиям одновременно удовлетворить невозможно и этим объясняется рыночное разнообразие типов отопительных приборов. При этом каждый их тип в наибольшей степени отвечает какой-либо группе требований, уступая другому в отношении прочих требований.

Классификация отопительных приборов

Все отопительные приборы по преобладающему способу теплоотдачи делятся на три группы.

- радиационные приборы, передающие излучением не менее 50% общего теплового потока; к первой группе относятся потолочные отопительные панели и излучатели;
- конвективно-радиационные приборы, передающие конвекцией от 50 до

75% общего теплового потока; вторая группа включает радиаторы секционные и панельные, гладкотрубные приборы, напольные отопительные панели;

— конвективные приборы, передающие конвекцией не менее 75% общего теплового потока; к третьей группе принадлежат конвекторы и ребристые трубы.

В эти три 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 относятся также калориферы, применяемые для нагревания воздуха в системах воздушного отопления и вентиляции. 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, листовый и литой алюминий и другой металл.

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).

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.



Рисунок 3.1. Биметаллический радиатор



Рисунок 3.2. Конвектор с кожухом



Рисунок 3.3. Гладкотрубный отопительный прибор



Рисунок 3.4. Чугунный секционный радиатор

3.1 Расчет нагревательных приборов

Определение средней температуры теплоносителя в приборе [4]:

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{вх}} - 0,5 \times \frac{3,6 \times Q_{\text{пр}} \times \beta_1 \times \beta_2}{C \times G_{\text{ст}}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.1)$$

где $t_{\text{вх}}$ – температура входящего в прибор теплоносителя;

$Q_{\text{пр}}$ – тепловая мощность отопительного прибора, $Q_{\text{пр}} = Q_{\text{общ}} - 0,9 \times Q_{\text{тр}}$;

$Q_{\text{тр}}$ – теплоотдача открыто проложенных трубопроводов в помещении,

$$Q_{\text{тр}} = q_{\Gamma} \cdot \ell_{\Gamma} + q_{\text{В}} \cdot \ell_{\text{В}};$$

q_{Γ} – удельная теплоотдача 1м открытой горизонтальной трубы, Вт/м;

$q_{\text{В}}$ – удельная теплоотдача 1м открытой вертикальной трубы, Вт/м;

ℓ_{Γ} ; $\ell_{\text{В}}$ – длина, соответственно, горизонтального и вертикального участка трубопровода, м;

β_1 – коэффициент учета дополнительного теплового потока сверх расчетного;

β_2 – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами у наружных ограждений;

c – удельная теплоемкость воды, $c=4,187$;

$G_{\text{ст}}$ – расход теплоносителя по стояку, кг/ч;

$$G_{\text{ст}} = \frac{3,6 \times \sum Q_{\text{общ}} \times \beta_1 \times \beta_2}{c(\tau_1 - \tau_2)};$$

$\sum Q_{\text{общ}}$ – суммарные теплопотери помещений, обслуживаемых данным стояком, Вт.

Определение плотности теплового потока отопительного прибора

[4]:

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ном}} \times \left(\frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70} \right)^{1+n} \times \left(\frac{G_{\text{ст}}}{360} \right)^p, \text{ Вт/м}^2 \quad (3.2)$$

где $\Delta t_{\text{ср}}$ – средний температурный напор в отопительном приборе, $\Delta t_{\text{ср}} = t_{\text{ср}} - t_{\text{в}}$;

n , p – поправочные коэффициенты;

$q_{\text{ном}}$ – номинальная плотность теплового потока прибора, Вт/м².

Определение расчетной площади отопительного прибора [4]:

$$F_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{q_{\text{пр}}}, \text{ м}^2, \quad (3.3)$$

Примечание: для несекционных отопительных приборов на этом пункте расчет заканчивается.

Определение количества секций отопительного прибора:

$$N = \frac{F_{\text{пр}} \times \beta_4}{f \times \beta_3}, \quad (3.4)$$

где β_3 – поправочный коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе, $\beta_3 = 0,92 + \frac{0,16}{F_{\text{пр}}}$;

β_4 – поправочный коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении;

f – площадь секции отопительного прибора, м².

Представленный выше расчет, относится к однотрубной системе отопления. Для двухтрубных систем отопления применяется следующая формула для расчета площади отопительного прибора [4]:

$$F_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{пр}}^{\text{норм}}}, \text{ м}^2, \quad (3.5)$$

где $Q_{\text{пр}}^{\text{норм}}$ – теплоотдача отопительного прибора, принятая по каталогу, Вт/м².

4 КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

В курсовом проекте необходимо запроектировать вертикальную систему водяного отопления с искусственной циркуляцией (двухтрубную или однотрубную) с верхней или нижней разводкой магистралей.

Задачей конструирования системы водяного отопления является правильное размещение отопительных приборов, стояков, магистралей, устройств для удаления воздуха из системы, запорно-регулирующей арматуры, назначение уклонов труб, места расположения теплового пункта в подвале здания [4].

В системах с верхней разводкой подающие магистрали прокладываются на чердаке на расстоянии 1...1,5м от наружных стен, обратные – в подвале, при отсутствии подвала – в подпольном канале. В системах с нижней разводкой прокладка подающих и обратных магистралей осуществляется совместно в подвале, при отсутствии подвала – в подпольном канале. Магистрали прокладывают с уклоном не менее 0,002. В зданиях шириной до 9 метров магистрали можно прокладывать вдоль их продольной оси. В зданиях шириной более 9 метров рационально использовать две разводящие магистрали вдоль каждой фасадной стены [4].

Целесообразно разделить систему отопления на две или более частей (ветвей) одинаковой длины и с примерно равными тепловыми нагрузками.

Главный стояк систем отопления с верхней разводкой размещают во вспомогательных помещениях (например, в коридоре или лестничной клетке). Отопительные стояки, как правило, располагаются у наружных стен. В угловых помещениях их следует располагать в углах, образованных наружными стенами, чтобы предохранить углы от сырости и промерзания.

Удаление воздуха из системы водяного отопления предусматривают в верхних точках системы. Для выпуска воздуха из системы с верхней разводкой магистралей на подающих магистралях в верхних точках устанавливают автоматические воздухоотводчики или проточные воздухоборники. В системах с нижней разводкой обеих магистралей для этих целей предусматривают воздухоотводчики, чаще всего ручные, устанавливаемые в верхней пробке прибора верхнего этажа.

Трубопроводы систем отопления следует проектировать из полимерных, металлополимерных, стальных и медных труб. Прокладка сталь-

ных и медных трубопроводов систем отопления должна предусматриваться открытой. Тепловую изоляцию следует предусматривать для трубопроводов систем отопления, прокладываемых в неотапливаемых помещениях, а также в местах, где возможно замерзание теплоносителя. Трубопроводы в местах пересечения перекрытий, внутренних стен и перегородок следует прокладывать в гильзах из негорючих материалов [4].

Компенсация удлинения стояков в зданиях до 4 этажей обеспечивается естественными их изгибами в местах присоединения к подающим магистралям. В 4-7 этажных зданиях однотрубные стояки изгибают не только в местах присоединения к подающей, но и к обратной магистрали.

Запорную арматуру следует предусматривать для отключения и спуска воды от отдельных колец, ветвей и стояков систем отопления. Установка запорной арматуры не обязательна на стояках в зданиях с числом этажей три и менее. В системах отопления следует предусматривать устройства для их опорожнения и заполнения водой. На каждом стояке, на котором устанавливается арматура, следует предусматривать запорную арматуру со штуцерами для присоединения шлангов [4].

Уклоны трубопроводов необходимы для обеспечения движения воздуха к местам его удаления в подающих магистралях при верхней разводке и самотечного слива воды из подающих и отводящих магистралей при нижней разводке и отводящих магистралей при верхней разводке. Уклоны трубопроводов следует принимать не менее 0,002 (рекомендуется 0,003). Трубопроводы допускается прокладывать без уклона при скорости движения воды в них 0,25 м/с и более [4].

В качестве отопительных приборов в жилых зданиях используют радиаторы или конвекторы. Отопительные приборы следует размещать, как правило, под световыми проемами в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки. Длина отопительного прибора должна быть не менее 75% длины светового проема. Если приборы под окнами разместить нельзя, то допускается их установка у наружных или внутренних стен, ближе к наружным. В угловых помещениях приборы необходимо размещать на обеих наружных стенах. При таком размещении движение восходящего теплового воздуха от отопительных приборов препятствует образованию ниспадающих холодных потоков от окон и холодных поверхностей стен и попаданию их в рабочую зону [4].

Полная высота отопительного прибора должна быть меньше расстояния от чистого пола до низа подоконной доски (или низа оконного проема при ее отсутствии) на величину не менее 110 мм. Отопительные приборы в жилых зданиях следует устанавливать ближе к полу помещений на расстоянии 60-100 мм от пола. Это позволяет обеспечивать равномерный прогрев воздуха у поверхности пола и в рабочей зоне.

В лестничных клетках зданий до 12 этажей отопительные приборы размещают на первом этаже на уровне входных дверей; в тамбуре установ-

ка приборов и прокладка трубопроводов недопустима во избежание замерзания воды в них. В случае невозможности размещения всех приборов рядом с входными дверями в лестничной клетке, часть их переносят на площадку между 1 и 2 этажами.

Отопительные приборы подсоединяют к стоякам с одной или с двух сторон. Присоединение отопительных приборов к стоякам системы отопления может быть односторонним, разносторонним и нижним. Присоединение отопительных приборов, располагаемых у наружных углов помещений и в лестничных клетках, следует предусматривать одностороннее. Для отопительных приборов в лестничной клетке предусматривается отдельный стояк, к которому не присоединяются приборы других помещений. Разностороннее присоединение применяется в случаях, когда отопительный прибор состоит из 25 и более секций радиаторов или имеет длину более 2 метров.

Для регулирования температуры воздуха в помещениях у отопительных приборов следует устанавливать ручную или автоматическую регулирующую арматуру, кроме приборов лестничных клеток. В жилых зданиях у отопительных приборов следует устанавливать, как правило, автоматические терморегуляторы, обеспечивающие поддержание заданной температуры в каждом помещении и экономию подачи тепла за счет использования внутренних теплоизбытков (бытовые тепловыделения, солнечная радиация).

Конструирование системы заканчивают вычерчиванием схемы системы отопления с нанесением тепловых нагрузок отопительных приборов и расчетных участков циркуляционных колец.

5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Цель гидравлического расчета – подобрать диаметры трубопроводов, регулировочные и балансировочные клапаны при условии использования располагаемого перепада давления на вводе для обеспечения стабильности и бесшумности работы системы отопления, минимизации эксплуатационных и капитальных затрат. Гидравлический расчет основан на законах гидравлики: при движении воды по трубам существуют потери давления на преодоление трения по длине трубопроводов и в местных сопротивлениях. Сумма этих потерь в трубопроводах циркуляционного кольца системы отопления должна быть меньше расчетного циркуляционного давления для этой системы.

Метод удельных линейных потерь давления [4]

1. Вычерчивается аксонометрическая схема системы отопления (М1:100). На аксонометрической схеме выбирается главное циркуляци-

онное кольцо. При тупиковом движении теплоносителя оно проходит через наиболее нагруженный и удаленный от теплового центра (узла) стояк, при попутном движении – через наиболее нагруженный средний стояк.

2. Главное циркуляционное кольцо разбивается на расчетные участки, обозначаемые порядковым номером (начиная от реперного стояка); указывается расход теплоносителя на участке G , кг/ч, длина участка l , м;

3. Для предварительного выбора диаметра труб определяется средняя удельная потеря давления на трение:

$$R_{cp} = \frac{0,65 \cdot j \cdot \Delta p_p}{\Sigma l}, \text{ Па/м} \quad (5.1)$$

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

Δp_p – располагаемое давление в системе отопления, Па, $\Delta p_p=16$ кПа ($t_r=95$ °С), $\Delta p_p=25$ кПа ($t_r=105$ °С).

4. По величине R_{cp} и расходу теплоносителя на участке G по [4] находятся предварительные диаметры труб d , мм, фактические удельные потери давления R , Па/м, фактическая скорость теплоносителя v , м/с. Полученные данные заносятся в таблицу 5.2.

5. Определяются потери давления на участках:

$$\Delta p_{расч} = R \cdot l + Z, \text{ Па} \quad (5.2)$$

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

l – длина участка, м;

Z – потери давления на местных сопротивлениях, Па, $Z = \sum \xi \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2}$;

ξ – коэффициент, учитывающий местное сопротивление на участке;

v – скорость теплоносителя на участке, м/с;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м³.

6. После предварительного выбора диаметров труб выполняется гидравлическая увязка, которая не должна превышать 15%.

7. Если увязка проходит, то начинают выполнять расчет второстепенных циркуляционных колец (аналогично), если же нет, то на нужных участках устанавливаются шайбы. Диаметр шайбы подбирают следующим образом:

$$d = 3,54 \sqrt[4]{\frac{G_{ст}^2}{\Delta p_{ш}}} \geq 5, \text{ мм} \quad (5.3)$$

Метод сложения характеристик сопротивления [4]

$$\Delta p_{уч} = S_{уч} \cdot G_{уч}^2, \text{ Па} \quad (5.4)$$

где $G_{уч}$ – расход теплоносителя на участке, кг/ч;

$S_{yч}$ – характеристика сопротивления участка, Па/(кг/ч)²,

$$S = A_d \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l_{yч} + \Sigma \xi_{yч} \right);$$

A_d – удельное динамическое давление в трубопроводе, Па/(кг/ч)²;

$\frac{\lambda}{d}$ – приведенный коэффициент гидравлического трения, м⁻¹;

$l_{yч}$ – длина участка, м;

$\Sigma \xi_{yч}$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке.

Таблица 5.1

Диаметр условного прохода, мм	Расход воды G, кг/ч, при скорости 1 м/с	$A_d \cdot 10^4$, Па/(кг/ч) ²	$\frac{\lambda}{d}$, м ⁻¹	$S_{уд} \cdot 10^4$, Па/(м(кг/ч) ²)
ГОСТ3262-75*				
10	425	26,50	3,60	95,40
15	690	10,60	2,70	28,62
20	1250	3,19	1,80	5,74
25	2000	1,23	1,40	1,72
32	3500	0,39	1,00	0,39
40	4650	0,23	0,80	0,18
50	7800	0,082	0,55	0,045
ГОСТ 10704-76*				
50	6600	0,113	0,60	0,068
65	13400	0,0269	0,40	0,0108
80	18400	0,0142	0,30	0,0043
100	27600	0,00642	0,23	0,00148
125	43000	0,00265	0,18	0,00048
150	61000	0,00135	0,15	0,00020

1. Вычерчивается аксонометрическая схема системы отопления (М1:100). На аксонометрической схеме выбирается главное циркуляционное кольцо. При тупиковом движении теплоносителя оно проходит через наиболее нагруженный и удаленный от теплового центра (узла) стояк, при попутном движении – через наиболее нагруженный средний стояк.

2. Главное циркуляционное кольцо разбивается на расчетные участки, обозначаемые порядковым номером (начиная от реперного стояка); указывается расход теплоносителя на участке G , кг/ч, длина участка l , м;

3. При предварительном выборе диаметра труб для каждого участка вычисляется удельная характеристика сопротивления:

$$S_{уд} = \frac{R_{ср}}{G_{уч}^2}, \text{Па}/(\text{м}(\text{кг}/\text{ч})^2) \quad (5.5)$$

Диаметры участков определяют, сопоставляя полученное значение $S_{уд}$ с значением приведенным в таблице 5.1. Для стояков принимается ближайший меньший размер, для магистралей ближайший больший размер.

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

$$S_{ст} = \Sigma S_{т.у.} + \Sigma S_{п.у.} \quad (5.6)$$

где $\Sigma S_{т.у.}$ - характеристика сопротивления трубных узлов стояка;

$\Sigma S_{п.у.}$ - характеристика сопротивления приборных узлов,

$$\Sigma S_{п.у.} = \Sigma S_{п.} + \Sigma S_{пр.} \cdot l;$$

$\Sigma S_{п.}$ – характеристика сопротивления подводов к отопительным приборам;

$\Sigma S_{пр.}$ – характеристика сопротивления отопительного прибора длиной 1м;

l – длина прибора, м.

5. Вычисляются потери давления по стояку $\Delta p_{ст} = S_{ст} \cdot G_{ст}^2$;

6. Для магистралей характеристика сопротивления рассчитывается по $S = A_d \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l_{уч} + \Sigma \xi_{уч} \right)$.

7. Выполняется гидравлическая увязка, которая не должна превышать 15%.

8. Если увязка проходит, то начинают выполнять расчет второстепенных циркуляционных колец (аналогично), если же нет, то на нужных участках устанавливаются шайбы.

Полученные данные вносятся в таблицу 5.3.

Таблица 5.2

№ участка	$G, \text{м}^3/\text{ч}$	$l, \text{м}$	$d, \text{мм}$	$v, \text{м}/\text{с}$	$R, \text{Па}$	$\Sigma \xi$	$Z., \text{Па}$	$\Delta p_{расч}, \text{Па}$
-----------	--------------------------	---------------	----------------	------------------------	----------------	--------------	-----------------	------------------------------

Таблица 5.3

№ стояка	$S_{ст.}$	$d_{ст.}, \text{мм}$	$G_{ст.}, \text{кг}/\text{ч}$	$\Delta P_{ст.}, \text{Па}$
----------	-----------	----------------------	-------------------------------	-----------------------------

6 ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Тепловой пункт (ТП) — один из главных элементов системы централизованного теплоснабжения зданий, выполняющий функции приема теплоносителя, преобразования (при необходимости) его параметров, распределения между потребителями тепловой энергии и учета ее расходования. ТП составляется из ряда отдельных функциональных узлов. Для упрощения процесса проектирования, комплектации и монтажа ТП могут изготавливаться в заводских условиях и поставляться на объект строительства в виде готовых блоков — блочный тепловой пункт (БТП). БТП представляет собой собранные на раме в общую конструкцию отдельные функциональные узлы, как правило, в комплекте с приборами и устройствами контроля, автоматического регулирования и управления. Схемы включают все необходимые функциональные узлы и модули теплового пункта: узел ввода; узел учета теплоснабжения (узел теплоучета); узлы обеспечения гидравлических режимов; узлы присоединения систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения; узлы подпитки с модулем расширительных сосудов [5].

Узел ввода

Узел ввода может различаться в зависимости от схемы системы теплоснабжения (закрытая или открытая), способа присоединения систем отопления и вентиляции к тепловой сети (зависимое или независимое), а также от общей тепловой мощности ТП. Для обеспечения надежной работы оборудования БТП узел ввода, кроме запорной арматуры и грязевика, должен оснащаться сетчатым фильтром. При открытой схеме теплоснабжения на обратном трубопроводе узла ввода устанавливается байпас с грязевиком и фильтром для обеспечения горячего водоснабжения в летний период года, когда система отопления бездействует. Допускается устройство такого же байпаса, но без грязевика, при закрытой схеме теплоснабжения с зависимым присоединением теплопотребителей для обеспечения очистки теплоносителя в период заполнения систем. При независимом присоединении потребителей к тепловой сети через водоподогреватели от обратного трубопровода узла ввода делается ответвление с отдельным для подключения узлов подпитки фильтром. Если общая тепловая мощность ТП превышает 2,3 МВт, то на штуцерах отбора давлений, предусматриваемых на трубопроводах до головной запорной арматуры (со стороны тепловой сети), обязательно должны присутствовать показывающие манометры.

В узле ввода первая запорная арматура на подающем и обратном трубопроводах должна быть стальной. Минимально допустимый условный проход трубопроводов узла ввода — 32 мм .

Узел учета теплоснабжения

Узлом учета теплоснабжения оснащаются все без исключения ТП. Он выполняется по отдельной части проекта ТП в соответствии с требова-

ниями «Правил учета тепловой энергии и теплоносителя». Расходомеры устанавливаются на подающем и обратном трубопроводах ТП, подпиточном трубопроводе (при его наличии), а также на трубопроводе системы ГВС после узла приготовления горячей воды при открытой схеме теплоснабжения. При конструировании УУ до и после расходомера следует предусматривать прямолинейные участки трубопровода.

Модуль расширительных сосудов

Модуль расширительных сосудов является принадлежностью узла подпитки, который применяется при независимом присоединении систем теплоснабжения к тепловой сети. В его состав входят, как правило, закрытые мембранные баки в комплекте с запорной арматурой и предохранительными клапанами. Обычно баки размещаются на полу непосредственно в помещении ТП [5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*.-Москва: Минрегион России, 2013. – 113 с.
2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.-Москва: Изд-во стандартов, 2012. – 20 с.
3. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. .-Москва: Минрегион России, 2012. – 139 с.
4. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч.1 . Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканами и др.; Под ред. И. Г. Старовойтова и Ю.И. Шиллера.-4-е изд., перераб. и доп.-М.: Стройиздат, 1990.-344 с
5. Блочные тепловые пункты [Электронный ресурс]: каталог продукции Danfoss.-2016.-режим доступа
<http://products.danfoss.ru/productrange/heatingsolutions>

Учебное издание

РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Методические указания к выполнению курсового проекта
по дисциплине «Инженерные системы. Теплогазоснабжение и вентиляция высотных и большепролетных зданий и сооружений»

Составители

АФОНИН Константин Викторович
АФОНИНА Олеся Александровна

Ответственный редактор

Т.С. Жилина, к.т.н., доцент

В авторской редакции

Подписано в печать _____ 2016. Формат 60х90 1/16. Печ.л. _____
Тираж 30 экз. Заказ № _____

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

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