

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
Владимирский государственный университет
Кафедра теплогазоснабжения, вентиляции и гидравлики

ОТОПЛЕНИЕ ГРАЖДАНСКОГО ЗДАНИЯ

Методические указания к выполнению курсового проекта
по дисциплине “Отопление”

Издание второе, дополненное

Составители:
Н.С. ТИМАХОВА
М.В. ГАВРИЛОВ

Владимир 2005

УДК 697.1/.8
ББК 38.762.1
О85

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент
Владимирского государственного университета
В.В. Муравьева

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Владимирского государственного университета

Отопление гражданского здания: метод. указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Отопление» / сост.: Н. С. Тимахова, М. В. Гаврилов ; Владим. гос. ун-т. – Изд. второе, доп. – Владимир : Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2005. – 44 с.

Рассмотрены основные этапы расчета и проектирования систем водяного отопления гражданских зданий.

Предназначены для студентов специальности 290700 – теплогазоснабжение и вентиляция дневной и заочной форм обучения.

Табл. 3. Ил. 2. Библиогр.: 11 назв.

ДК 697.1/.8
ББК 38.762.1

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| 1. Введение..... | 4 |
| 2. Порядок выполнения курсового проекта..... | 4 |
| 2.1. Проектное задание | 4 |
| 2.2. Расчетная часть..... | 4 |
| 2.3. Графическая часть..... | 5 |
| 3. Определение теплотерь помещения..... | 6 |
| 4. Выбор системы отопления и типа отопительных приборов..... | 12 |
| 5. Конструирование системы отопления | 17 |
| 5.1. Размещение отопительных приборов | 17 |
| 5.2. Размещение стояков и магистралей | 18 |
| 5.3. Конструирование схемы системы отопления | 19 |
| 6. Расчет отопительных приборов | 20 |
| 6.1. Площадь поверхности нагрева приборов | 20 |
| 6.2. Размер и число отопительных приборов | 22 |
| 7. Расчет системы отопления | 24 |
| 7.1. Общие указания..... | 24 |
| 7.2. Тепловая нагрузка и расход воды в системе | 25 |
| 7.3. Располагаемое давление в системе | 27 |
| 7.4. Расчет по удельным линейным потерям | 28 |
| 7.5. Построение эпюры циркуляционного давления в магистральных.... | 30 |
| 7.6. Расчет гравитационной системы отопления | 30 |
| 7.7. Теплотраты на отопление | 32 |
| 8. Подбор оборудования | 33 |
| 8.1. Циркуляционный насос | 33 |
| 8.2. Расширительный бак | 33 |
| 8.3. Сбор и удаление воздуха из системы..... | 35 |
| 9. Графическое оформление курсового проекта | 37 |
| 10. Оформление расчетно-пояснительной записки..... | 39 |
| Приложения | 41 |
| Библиографический список..... | 43 |

1. ВВЕДЕНИЕ

Разработка курсового проекта «Отопление гражданского здания» ставит целью закрепление теоретических знаний студентов, овладение ими практическими приемами проектирования современных систем водяного отопления.

Объектами курсового проекта служат гражданские здания объемом до 10 – 15 тыс. м³ следующих видов: многоэтажные жилые дома с встроенно-пристроенными предприятиями, учебные заведения, гостиницы, административные здания, кинотеатры, лечебные учреждения, торговые предприятия, спортивные сооружения и т.д.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

2.1. Проектное задание

Курсовой проект студенты выполняют на основании индивидуального задания, содержащего чертежи здания и необходимые для проектирования сведения. Проект состоит из двух частей: чертежей и расчетно-пояснительной записки. Объем курсового проекта определяет преподаватель.

Климатические данные для района строительства выбираются в соответствии со СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

Расчетная температура и влажность воздуха в помещениях устанавливаются по нормам проектирования, соответствующим теме проекта задания (прил. 1,2,5 СНиП 2.04.05 – 91[7]).

2.2. Расчетная часть

1. Определить коэффициенты теплопередачи наружных и внутренних ограждений, не определенных при выполнении курсовой работы по строительной теплофизике.

2. Определить теплотери всех помещений здания, приняв расчетную температуру воздуха в них по действующим нормам, определить суммарные теплотери помещений каждого этажа, лестничных клеток и здания в целом, удельную тепловую характеристику здания.

3. Разместить отопительные приборы в каждом помещении, приняв тип прибора в зависимости от назначения здания.

4. В зависимости от назначения здания выбрать систему отопления, схемы стояков, ветвей и магистралей, а также направление движения теплоносителя и уклон подающих и обратных магистралей.

5. Разместить стояки, ветви и магистрали системы отопления на планах здания, предусмотрев возможность пофасадного регулирования и отключения отдельных ее частей.

6. Разместить распределительный и сборный коллекторы в помещении теплового пункта, выбрать схему теплообменного узла при вводе в здание высокотемпературного теплоносителя.

7. Сконструировать схему системы отопления в аксонометрической проекции.

8. Выполнить гидравлический расчет одной части системы отопления с увязкой потери давления не менее чем в двух циркуляционных кольцах по способу удельной потери давления на трение.

9. Построить эпюру циркуляционного давления в магистралях рассчитанной части системы отопления.

10. Рассчитать отопительные приборы с учетом теплоотдачи труб.

11. Рассчитать, подобрать и разместить все необходимые элементы системы отопления (воздухосборник и воздухоотводчик, циркуляционный насос, арматуру, расширительный бак и т.п.).

12. Составить расчетно-пояснительную записку.

2.3. Графическая часть

1. Планы этажей, подвального и чердачного помещений здания с нанесением на них магистралей, стояков и приборов системы отопления с указанием размера и числа элементов приборов, номеров стояков, диаметра и уклона труб, воздухосборников, а также прочего отопительного оборудования.

2. Аксонометрическая схема системы отопления и схема теплообменного узла с указанием тепловых нагрузок и диаметра труб.

3. Эпюра циркуляционного давления в магистралях системы отопления.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОПОТЕРЬ ПОМЕЩЕНИЯ

Система отопления должна компенсировать теплопотери через ограждающие конструкции, теплопотери на нагревание наружного воздуха, поступающего через щели притворов окон и неоткрываемых зимой дверей (инфильтрация), теплопотери на нагревание вносимой холодной одежды или ввозимых материалов и оборудования. При определении мощности отопительных приборов следует учитывать постоянные тепловыделения в помещениях. В жилых зданиях учитывают бытовые тепловыделения. В общественных зданиях принимают, что в помещениях отсутствуют люди, нет искусственного освещения и других теплоисточников.

Теплопотери через ограждающие конструкции определяются в соответствии с прил. 9 СНиП 2.04.05 – 91 [7].

Основные и добавочные потери теплоты определяются суммированием потерь теплоты через отдельные ограждающие конструкции Q , Вт, с округлением до 10 Вт для помещений по формуле

$$Q = A(t_p - t_{\text{exp}})(1 + \sum \beta)n / R,$$

где A – расчетная площадь ограждающей конструкции, м²;

R – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, (м²·°C)/Вт. Сопротивление теплопередаче конструкции следует определять по СНиП II-3-79* [6] (кроме полов на грунте); для полов на грунте – в соответствии с формулами, приведенными ниже, принимая $R = R_c$ для неутепленных полов и $R = R_h$ для утепленных;

t_p – расчетная температура воздуха в помещении (с учетом повышения ее в зависимости от высоты) для помещений высотой более 4 м, °C;

t_{exp} – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года при расчете потерь теплоты через наружные ограждения или температура воздуха более холодного помещения при расчете потерь теплоты через внутренние ограждения, °C;

β – добавочные потери теплоты в долях от основных потерь;

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху, по СНиП II-3-79* [6].

Площади A наружных и внутренних ограждений при расчете теплопотерь определяются (с точностью до $0,1 \text{ м}^2$) с учетом правил обмера ограждений по планам и разрезам здания [1 – 3]. Эти правила учитывают сложность теплопередачи на границах ограждений, предусматривая условное увеличение площадей для соответствия фактическим теплопотерям.

При расчете теплопотерь помещения высотой свыше 4 м расчетная температура t_p определяется в соответствии с рекомендациями справочника проектировщика [4].

В качестве расчетной температуры наружного воздуха t_{exp} принимается температура, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СНиП 23-01-99 [5].

При расчете потерь теплоты через внутренние ограждения в качестве расчетной температуры t_{exp} принимается температура воздуха t_x , °С, более холодного помещения, рассчитанная по формуле:

$$t_x = \frac{\Sigma(kA)_{\text{вн}} t_p + \Sigma(kA)_{\text{нар}} t_{\text{exp}}}{\Sigma(kA)_{\text{вн}} + \Sigma(kA)_{\text{нар}}},$$

где $(kA)_{\text{вн}}$, $(kA)_{\text{нар}}$ – произведение коэффициента теплопередачи на площадь соответственно внутренних и наружных ограждений.

Теплопотери через внутренние ограждающие конструкции помещений допускается не учитывать, если разность температур в этих помещениях равна $3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и менее. Рассчитанные теплопотери в прилегающие помещения вычитаются из теплопотерь этих помещений (если они отапливаются) как теплопоступления.

Теплопотери через подземную часть наружных стен отапливаемых цокольных или подвальных помещений определяют по площади условных зон, причем пол рассматривается как продолжение подземной части наружных стен. Потери теплоты через полы, расположенные на грунте или на лагах, на практике определяются по зонам – полосам шириной 2 м, параллельным наружным стенам [1 – 3].

Теплопотери через полы, Вт, на грунте или на лагах определяются по формуле

$$Q = (A_I/R_I + A_{II}/R_{II} + A_{III}/R_{III} + A_{IV}/R_{IV})(t_p - t_{\text{ext}})(1 + \Sigma\beta)n,$$

где A_I , A_{II} , A_{III} , A_{IV} – площадь соответственно I, II, III, IV зон-полос, м^2 ;

$R_I, R_{II}, R_{III}, R_{IV}$ – сопротивление теплопередаче отдельных зон пола, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$.

При определении общей площади первой зоны участок пола размерами $2,0 \times 2,0$ м, примыкающий к наружному углу, учитывается дважды.

Сопротивление теплопередаче для полов определяется:

а) для неутепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с коэффициентом теплопроводности $\lambda \geq 1,2$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ по зонам шириной 2 м, параллельным наружным стенам, принимая R_c , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, равным: для I зоны – 2,1; II – 4,3; III – 8,6; IV зоны – 14,2 (для оставшейся площади пола);

б) для утепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с коэффициентом теплопроводности $\lambda_h < 1,2$ $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ утепляющего слоя толщиной δ , м, принимая R_h , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ по формуле

$$R_h = R_c + \delta / \lambda_h;$$

в) для полов на лагах, принимая R_h , $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, по формуле

$$R_h = 1,18(R_c + \delta / \lambda).$$

Теплопотери, Вт, через полы над подвалом определяются по формуле

$$Q_{\text{пол}} = q A,$$

где q – удельные теплопотери, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

A – площадь пола, м^2 .

В расчетах удельные теплопотери q принимают равными $q = 17,5$ $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Добавочные потери теплоты β через ограждающие конструкции следует принимать в долях от основных потерь:

а) в помещениях любого назначения через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна, обращенные на север, восток, северо-восток и северо-запад в размере 0,1, на юго-восток и запад – в размере 0,05; в угловых помещениях дополнительно – по 0,05 на каждую стену, дверь и окно, если одно из ограждений обращено на север, восток, северо-восток и северо-запад и 0,1 – в других случаях;

б) в помещениях, разрабатываемых для типового проектирования, через стены, двери и окна, обращенные на любую из сторон света, в размере

0,08 при одной наружной стене и 0,13 для угловых помещений (кроме жилых), а во всех жилых помещениях – 0,13;

в) через необогреваемые полы первого этажа над холодными подпольями зданий в местностях с расчетной температурой наружного воздуха $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже – в размере 0,05;

г) через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте зданий H , м, от средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты в размере:

0,2 H – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;

0,27 H – для двойных дверей с тамбурами между ними;

0,34 H – для двойных дверей без тамбура;

0,22 H – для одинарных дверей;

д) через наружные ворота, не оборудованные воздушными и воздушно-тепловыми завесами, – в размере 3 при отсутствии тамбура и в размере 1 – при наличии тамбура у ворот.

Примечание: для летних и запасных наружных дверей и ворот добавочные потери теплоты по пп.г и д не учитываются.

Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха, Q_i , Вт, определяется в соответствии с прил. 10 СНиП 2.04.05-91* [7] по формуле

$$Q_i = 0,28 \sum G_i c(t_p - t_i)k,$$

где G_i – расход инфильтрующегося воздуха через ограждающие конструкции помещения, кг/ч;

c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°C);

t_p , t_i – расчетные температуры воздуха соответственно в помещении (средняя с учетом повышения высоты для помещений высотой более 4 м) и наружного воздуха в холодный период года, °C;

k – коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для стыков панелей стен и окон с тройными переплетами, 0,8 – для окон и балконных дверей с отдельными переплетами и 1,0 – для одинарных окон, окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов.

Расход теплоты Q_i , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной

вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, определяется по формуле

$$Q_i = 0,28 L_n \rho c (t_p - t_i) k,$$

где L_n – расход удаляемого воздуха не компенсируемый подогретым приточным воздухом, м³/ч; для жилых зданий – удельный нормативный расход 3 м³/ч на 1 м² жилых помещений, для общественных зданий – из СНиП 2.08.02-89* «Общественные здания»;

ρ – плотность воздуха в помещении, кг/м³.

Из двух величин Q_i , полученных по расчету, принимается большая.

Расход инфильтрующегося воздуха в помещении G_i , кг/ч, через неплотности наружных ограждений определяется по формуле

$$G_i = 0,216 \sum A_1 \Delta p_i^{0,67} / R_u + \sum A_2 G_H (\Delta p_i / \Delta p_1)^{0,67} + 3456 \sum A_3 \Delta p_i^{0,5} + 0,5 \sum l \Delta p_i / \Delta p_1,$$

где A_1, A_2 – площади наружных ограждающих конструкций соответственно световых проемов (окон, балконных дверей, фонарей) и других ограждений, м²;

A_3 – площадь щелей, неплотностей и проемов в наружных ограждающих конструкциях;

$\Delta p_i, \Delta p_1$ – расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций соответственно на расчетном этаже при $\Delta p_1 = 10$ Па;

R_u – сопротивление воздухопроницанию, принимаемое по СНиП II-3-79* [6], (м²·ч·Па)/кг;

G_H – нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций, принимаемая по СНиП II-3-79* [6], кг/(м²·ч);

l – длина стыков стеновых панелей, м.

Расчетная разность между давлениями на наружной и внутренней поверхностях каждой ограждающей конструкции Δp_i , Па, принимается после определения условно-постоянного давления воздуха в здании p_{int} , Па (отождествляется с давлениями на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций), на основе равенства расхода воздуха, поступающего в здание $\sum G_i$, кг/ч, и удаляемого из него $\sum G_{ext}$, кг/ч, за счет теплового и ветрового давлений и дисбаланса расходов между подаваемым и удаляемым воздухом системами вентиляции с искусственным побуждением и расходуемого на технологические нужды.

Расчетная разность давлений Δp_i , определяется по формуле

$$\Delta p_i = (H - h_i) (\gamma_i - \gamma_p) + 0,5 p_i v^2 (c_{e,n} - c_{e,p}) k_l - p_{int},$$

где H – высота здания от уровня средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты, м;

h_i – расчетная высота от уровня земли до верха окон, балконных дверей, дверей, ворот, проемов или до оси горизонтальных и середины вертикальных стыков стеновых панелей, м;

γ_i, γ_p – удельный вес соответственно наружного воздуха и воздуха в помещении, Н/м, определяемый по формуле

$$\gamma = \frac{3463}{(273 + t)};$$

p_i – плотность наружного воздуха, кг/м³;

v – скорость ветра, принимаемая по СНиП 23-01-99 [5], м/с;

$c_{e,n}, c_{e,p}$ – аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и подветренной поверхностей ограждений здания, принимаемые по СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия»;

k_l – коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания, принимаемый по СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия»;

p_{int} – условно-постоянное давление воздуха в здании, Па.

Примечания: 1. Максимальный расход теплоты на нагревание наружного воздуха следует учитывать для каждого помещения при наиболее неблагоприятном для него направлении ветра. При расчете тепловой нагрузки здания с автоматическим регулированием расход теплоты на инфильтрацию следует принимать при наиболее неблагоприятном направлении ветра для всего здания.

2. Инфильтрацию воздуха в помещении через стыки стеновых панелей следует учитывать только для жилых зданий.

Перед расчетом теплопотерь помещения на плане каждого этажа нумеруют слева направо по часовой стрелке, начиная нумерацию подвальных помещений с № 01, помещения первого этажа с № 101, второго – с № 201 и т.д. Лестничные клетки нумеруют буквами А, Б и т.д. и определяют теплопотери не по отдельным этажам, а сразу по всей высоте лестничных клеток.

Результаты расчетов теплопотерь заносят в таблицу (прил. 1). В графу «Наименование» вносят сокращенные наименования ограждений: н.с. – наружная стена, в.с. – внутренняя стена, о.о., д.о., т.о. – соответственно одинарное, двойное и тройное остекление, пл, плI, плII, плIII, плIV – соответственно пол над подвалом, пол I, II, III, IV зоны, пт – перекрытие или покрытие; в.д. – входная дверь, вт – ворота.

Теплопотери помещения определяются путем суммирования теплопотерь через ограждающие конструкции и теплопотерь на инфильтрацию. Итоговые теплопотери определяют по отдельным этажам, лестничным клеткам и для здания в целом. После этого вычисляется удельная тепловая характеристика здания q , Вт/(м²·°С), по формуле

$$q = \frac{Q_{зд}}{V_{зд} (t_p - t_{exp})},$$

где $Q_{зд}$ – теплопотери здания, Вт;

$V_{зд}$ – объем здания по наружному обмеру, м³;

$t_p - t_{exp}$ – расчетная разность температуры внутреннего и наружного воздуха для основных помещений.

Найденное значение q сравнивается со справочным значением q [3].

4. ВЫБОР СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ТИПА ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Назначение, конструкция и условия эксплуатации здания определяют особенности теплового режима помещения и, следовательно, вид системы отопления и отопительных приборов, параметры теплоносителя и режим действия системы отопления. Вид системы отопления, отопительные приборы, теплоноситель и его предельная температура выбираются в зависимости от назначения здания и помещения в соответствии с прил. 11 СНиП 2.04.05-91* [7].

Параметры теплоносителя (температура, давление) в системах отопления с трубами из термостойких полимерных материалов не должны превышать предельно допустимые значения, указанные в нормативной документации на их изготовление, но не более 90 °С и 1,0 МПа.

В системах отопления здания и сооружения принимают единый вид теплоносителя. Для систем отопления следует применять в качестве теплоносителя, как правило, воду, другие теплоносители допускается применять при технико-экономическом обосновании.

Для зданий в районах с расчетной температурой наружного воздуха $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже допускается применять воду с добавками, предотвращающими ее замерзание. В качестве добавок не следует использовать взрыво- и пожароопасные вещества, а также вещества 1, 2 и 3-го классов опасности по ГОСТ 12.1.005-88 в количествах, от которых могут возникнуть при аварии выделения, превышающие НКПРП и ПДК в воздухе помещения. При применении труб из полимерных материалов в качестве добавок в воду не следует использовать поверхностно активные и другие вещества, к которым материал труб не является химически стойким.

Дежурное отопление предусматривается для поддержания температуры воздуха не ниже $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ в помещениях общественных и административно-бытовых зданий, используя основные отопительные системы и обеспечивая восстановление нормируемой температуры к началу использования помещения или к началу работы. Специальные системы дежурного отопления допускается проектировать только при экономическом обосновании.

Отопление электроэнергией с непосредственной трансформацией ее в тепловую или с помощью тепловых насосов допускается применять при технико-экономическом обосновании. Отпуск электроэнергии следует согласовывать в установленном порядке.

Для отапливаемых зданий в районах с расчетной температурой наружного воздуха $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже предусматривается обогрев поверхности полов, расположенных над холодными подпольями жилых помещений и помещений с постоянным пребыванием людей (общественные, административно-бытовые и производственные здания) или предусматривать теплозащиту в соответствии с требованиями СНиП II-3-79* [6].

Отопление лестничных клеток не проектируется для зданий, оборудуемых системами квартирного отопления, а также для зданий с любыми системами отопления в районах с расчетной температурой наружного воздуха для холодного периода года $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше.

Системы отопления зданий должны обеспечивать равномерное нагревание воздуха помещений, гидравлическую и тепловую устойчивость, взрыво-, пожаробезопасность и доступность для очистки и ремонта.

При проектировании отопления жилых зданий необходимо предусматривать технические решения, обеспечивающие регулирование и учет расхода теплоты на отопление каждой квартиры, помещений общественного назначения, расположенных в доме, а также здания или секции здания в целом в соответствии с требованиями СНиП 2.04.07-86* «Тепловые сети».

Для определения расхода теплоты в каждой квартире (с учетом показаний общего счетчика) в жилых зданиях предусматривается:

- устройство поквартирных систем отопления с горизонтальной разводкой труб и установку счетчика расхода теплоты для каждой квартиры;
- устройство поквартирных систем учета теплоты индикаторами расхода теплоты на каждом отопительном приборе в домах с общими стояками для нескольких квартир;
- установку общего счетчика расхода теплоты для здания в целом с организацией поквартирного учета теплоты пропорционально отапливаемой площади квартир.

В зданиях, включающих отдельные помещения (площадью 5 % и менее общей площади отапливаемых помещений здания) иного назначения, предусматривают одну общую систему отопления. Крупные помещения или комплексы помещений специального назначения при основном здании оборудуют отдельными системами отопления.

В зданиях устраивают отдельные системы или ответвления от общих систем отопления для обогрева помещений, различно ориентированных по сторонам горизонта, с резко изменяющимся недостатком теплоты или предназначенных для периодического пребывания и работы людей.

У дверей главных входов и наружных технологических проемов зданий применяют воздушные завесы в тех случаях, когда их открывают не менее чем на 40 мин в смену, а через один тамбур входных дверей проходят в час не менее 400 человек при расчетной температуре от -15 до -25 °С, 250 чел. при температуре от -26 до -45 °С, 100 чел. при температуре ниже -45 °С. Воздушные завесы предусматривают также при расчетной температуре -15 °С и ниже в тамбурах входов для посетителей в предприятиях общественного питания с числом мест в залах 100 и более, в магазинах с торговыми залами общей площадью 150 м² и более.

Трубопроводы систем отопления и воздушно-тепловых завес проектируются из стальных, медных, латунных труб, термостойких труб из полимерных материалов (в том числе металлополимерных и из стеклопла-

стика), разрешенных к применению в строительстве. В комплекте с пластмассовыми трубами следует применять соединительные детали и изделия, соответствующие применяемому типу труб.

Характеристики стальных труб приведены в прил. 13, а труб из полимерных материалов – в прил. 25* СНиП 2.04.05-91* [7].

Трубы из полимерных материалов, применяемые в системах отопления совместно с металлическими трубами или с приборами и оборудованием, имеющими ограничения по содержанию растворенного кислорода в теплоносителе, должны иметь антидиффузный слой.

Тепловая изоляция предусматривается для трубопроводов систем отопления, прокладываемых в неотапливаемых помещениях, в местах, где возможно замерзание теплоносителя, в искусственно охлаждаемых помещениях, а также для предупреждения ожогов и конденсации влаги на них.

В качестве тепловой изоляции необходимо применять теплоизоляционные материалы с теплопроводностью не менее $0,05 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ и толщиной, обеспечивающей на поверхности температуру не выше $+40 \text{ }^\circ\text{С}$.

Дополнительные потери теплоты трубопроводами, прокладываемыми в неотапливаемых помещениях, и потери теплоты, вызываемые размещением отопительных приборов у наружных ограждений, не должны превышать 7 % теплового потока системы отопления здания, прил. 12 СНиП 2.04.05-91* [7].

Прокладка трубопроводов отопления должна быть предусмотрена скрытой: в плинтусах, за экранами, в штробах, шахтах и каналах. Допускается открытая прокладка металлических трубопроводов, а также пластмассовых в местах, где исключается их механическое и термическое повреждение и прямое воздействие ультрафиолетового излучения.

В районах с расчетной температурой $-40 \text{ }^\circ\text{С}$ и ниже прокладка подающих и обратных трубопроводов систем отопления на чердаках зданий (кроме теплых чердаков) и в проветриваемых подпольях не допускается.

На чердаках допускается установка расширительных баков систем отопления с тепловой изоляцией из негорючих материалов.

В системах отопления предусматриваются устройства для их опорожнения: в зданиях с числом этажей 4 и более, в системах отопления с нижней разводкой в зданиях в 2 этажа и более и на лестничных клетках независимо от этажности здания. На каждом стояке следует предусматривать запорную арматуру со штуцерами для присоединения шлангов.

В горизонтальных системах отопления необходимо устанавливать устройства для их опорожнения на каждом этаже здания с любым числом этажей.

Уклоны трубопроводов воды принимаются не менее 0,002. Трубопроводы воды допускается прокладывать без уклона при скорости движения воды в них 0,25 м/с и более.

Удаление воздуха из систем отопления при теплоносителе воде предусматривается в верхних точках. Для удаления воздуха в системах водяного отопления используются, как правило, проточные воздухоборники или краны. Непроточные воздухоборники устанавливаются при скорости движения воды в трубопроводе менее 0,1 м/с.

При проектировании систем центрального водяного отопления из пластмассовых труб необходимо предусматривать приборы автоматического регулирования с целью защиты трубопроводов от повышения параметров теплоносителя.

Тип приборов, устанавливаемых непосредственно в отапливаемых помещениях, выбирается в соответствии с прил. 11 СНиП 2.04.05-91* [7] и рекомендациями справочника проектировщика [4]. Следует придерживаться одного типа отопительных приборов для всего здания, приборы разного типа необходимо применять в обоснованных случаях.

В помещениях, рассчитанных на постоянное пребывание людей (помещения зданий детских и лечебных учреждений, предприятий общественного питания), с повышенными санитарно-гигиеническими требованиями, применяются бетонные, стальные панельные или чугунные (только типа МС) радиаторы.

В помещениях, рассчитанных на постоянное или длительное пребывание людей (помещения жилых зданий, общежитий, гостиниц, административных и учебных заведений и т.п.), устанавливаются радиаторы и конвекторы.

В помещениях зданий, предназначенных для кратковременного пребывания людей, могут применяться приборы любого типа. Но предпочтение отдается приборам с повышенной теплоотдачей на 1 м их длины.

Для отопления лестничных клеток многоэтажных зданий применяют высокие конвекторы (типа КВ), располагая их в нижней части клеток. Высокие конвекторы применяют также для отопления помещений большого объема, предназначенных для кратковременного пребывания людей.

5. КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

5.1. Размещение отопительных приборов

Приборы располагают преимущественно под световыми проемами, под витринами и витражами по всей их длине. При размещении приборов под окнами вертикальные оси приборов и оконного проема должны совпадать. В жилых зданиях, гостиницах и общежитиях возможно смещение оси приборов от оси проемов с целью унификации приборных узлов.

В крупных помещениях без рабочих мест у наружных ограждений допустим перенос части приборов к внутренним стенам с применением высоких конвекторов. Более подробные указания по размещению приборов даны в [1, 2, 4].

Приборы наносят на планы в виде прямоугольников в соответствии с изображением типа приборов по ГОСТ 21.602-79 [8]. Способы установки приборов зависят от назначения помещения и конструкции стен. Следует применять открытую установку. Ограждения и укрытия отопительных приборов допустимы в помещениях детских учреждений, картинных галерей и музеев, в спортивных, торговых и зрелищных залах, в фойе, холлах, вестибюлях и тому подобных помещениях гражданских зданий.

При расстановке отопительных приборов следует учитывать, что в помещениях, не имеющих вертикальных наружных ограждений (например во внутренних коридорах), приборы не устанавливаются, а теплопотери этих помещений относят к теплопотерям смежных с ними помещений с наружными ограждениями.

В лестничных клетках двух-, трехэтажных зданий отопительные приборы устанавливают, как правило, на первом этаже или в подвальной части лестниц. В случае невозможности разместить все приборы при входе в здание часть их (20 – 30 %) переносят на площадку между первым и вторым этажами.

В зданиях массового строительства следует предусматривать, как правило, одностороннее присоединение труб к приборам, при котором используются унифицированные проточно-регулируемые узлы и узлы с замыкающими участками.

Разностороннее присоединение труб к приборам делается в случаях, когда обратная магистраль находится непосредственно под приборами или

когда приборы необходимо установить ниже магистралей системы отопления, а также при соединении нескольких приборов на «сцепке». Длина «сцепки» при этом не должна превышать 1,5 м.

Присоединение гладких или ребристых труб, устанавливаемых в несколько ярусов или рядов, рекомендуется выполнять по последовательной схеме для движения теплоносителя сверху вниз.

У отопительных приборов необходимо устанавливать регуливающую арматуру, за исключением приборов в помещениях гардеробов, душевых, санитарных узлов, кладовых, а также в помещениях, где имеется опасность замерзания теплоносителя (на лестничных клетках, в тамбурах и т.п.).

В жилых и общественных зданиях у отопительных приборов устанавливаются, как правило, автоматические терморегуляторы.

Регулирующая арматура для отопительных приборов однотрубных систем отопления выбирается с минимальным гидравлическим сопротивлением, а для приборов двухтрубных систем – с повышенным сопротивлением.

Запорная арматура предусматривается:

а) для отключения и спуска воды от отдельных колец, ветвей и стояков систем отопления;

б) для автоматически или дистанционно управляемых клапанов. Для другого оборудования запорную арматуру следует предусматривать при технико-экономическом обосновании;

в) для отключения части или всех отопительных приборов в помещениях, в которых отопление используется периодически или частично.

Запорную арматуру допускается не предусматривать на стояках в зданиях с числом этажей три и менее.

5.2. Размещение стояков и магистралей

Стояки располагают, прежде всего, в наружных углах помещений и отдельно в лестничных клетках (если там не предусмотрена установка высоких конвекторов), затем размещают остальные стояки с учетом одно- или двухстороннего присоединения к ним приборов. Стояки наносят на поэтажные планы в виде кружков, при двухтрубных системах изображают только подающие стояки и, соответственно, только подающие подводки к приборам. Стояки нумеруют начиная с левого верхнего угла здания по ча-

совой стрелке (Ст 1, Ст 2 и т.д). Номера стояков помечают на всех планах по оси стояков.

Магистраль системы отопления располагают на планах чердачного (при верхней разводке) и подвального этажей, причем на чердаке магистраль размещают на расстоянии от 1 до 1,5 м от наружных стен. На плане подвального этажа показывают основное оборудование теплового пункта (теплообменники, насосы с распределительным и сборным коллекторами), наносят подающие и обратные магистрали (условно рядом) и стояки (с их номерами). При этом необходимо задать направление уклона подающих и обратных магистралей, учитывая централизацию спуска воды при ремонте системы и возможность воздухоудаления. При верхней разводке в верхних точках магистралей намечают места расположения воздухоборников (их показывают на плане чердака).

В повышенной части чердака или лестничной клетки здания помещают расширительный бак (в зависимости от схемы присоединения системы отопления к наружным тепловым сетям) по вертикали над тепловым пунктом.

Варианты размещения стояков и магистралей приведены в [1 – 4].

5.3. Конструирование схемы системы отопления

Систему делят на две и более пофасадных или различных по технологии части. Каждая часть системы должна иметь задвижки для отключения.

Схему системы отопления конструируют во фронтальной аксонометрической проекции (без искажения), начиная от распределительного коллектора и кончая сборным коллектором, т.е. отдельно от схемы теплопроводов теплового пункта.

Отопительные приборы на схеме изображают в виде прямоугольников (параллелограммов), длина которых должна соответствовать принятой на планах, а высота – действительной высоте приборов. Все подающие трубы обозначают с индексом Т1, обратные – индексом Т2. Подводки к приборам наносят в масштабе, но утки (если они имеются) не показывают. При изображении присоединений двухсторонних подводок к угловым стоякам показывают изгиб одной из подводок.

В случаях, когда взаимное положение стояков затрудняет изображение и рассмотрение схемы, стояки 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).

На схеме изображают воздухоотводчики с воздухоотводчиками (если они имеются), регулирующие краны, запорную, спускную, воздушную задвижки и другую арматуру, а также отдельные типовые узлы присоединения стояков к магистралям с арматурой.

Схему теплопроводов теплового пункта выполняют в соответствии с расположением основного оборудования (теплообменники, циркуляционные и подпиточные насосы, распределительный и сборный коллекторы, расширительный бак, грязевики, тепломер, регулирующие клапаны).

Тепловые нагрузки, равные теплотерям, записываются на схеме над прямоугольниками, изображающими отопительные приборы, тепловые нагрузки участков, ветвей и магистралей, на выносных линиях от них.

Суммарные тепловые нагрузки стояков наносят под номером стояка, ветвей – рядом с подающей трубой ветви, тепловые нагрузки приборов, размещенных в подвальных помещениях, в суммарные тепловые нагрузки не включают, учитывая использование обратной воды для этих приборов.

Оформление чертежей приведено в ГОСТ 21.602-79 [8].

6. РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

К определению количества нагревательных приборов приступают после определения теплотер, расположения приборов в здании, выбора типа приборов и способа присоединения их к системе.

6.1. Площадь поверхности нагрева приборов

Требуемую площадь наружной нагревательной поверхности прибора $A_{пр}$, м², независимо от вида теплоносителя находят по формуле

$$A_{пр} = \frac{Q_{пр}}{70 K_{н.у} \varphi_k},$$

где $Q_{пр}$ – необходимая теплопередача прибора в рассматриваемое помещение, Вт;

70 – номинальный температурный напор, °С;

$K_{н.у}$ – номинальный условный коэффициент теплопередачи отопительного прибора, Вт/(м² К);

φ_k – комплексный коэффициент приведения номинального условного теплового потока прибора $Q_{н.у}$ к расчетным условиям.

Необходимую теплопередачу прибора в рассматриваемое помещение определяют по формуле

$$Q_{пр} = Q_{п} - 0,9 Q_{тр},$$

где $Q_{п}$ – теплотребность помещения, Вт;

$Q_{тр}$ – суммарная теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения нагретых труб стояка (ветвей) и подводок, к которым непосредственно присоединен прибор, а также транзитного теплопровода, если он имеется в помещении, Вт.

Теплоотдачу теплопроводов можно приближенно определить по формуле (с использованием таблиц в справочной литературе [4, табл. II. 22]):

$$Q_{тр} = q_v l_v + q_g l_g,$$

где даны значения q_v и q_g – теплоотдачи 1 м вертикально и горизонтально расположенных труб, Вт/м, исходя из их диаметра и разности температуры теплоносителя при входе в рассматриваемое помещение t_g и температуры воздуха в помещении t_v : ($t_g - t_v$);

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

Значения номинального условного коэффициента теплопередачи $K_{н.у}$ отопительного прибора для наиболее употребительных приборов приведены в табл. 9.7 [4].

Комплексный коэффициент приведения φ_k при теплоносителе воде

$$\varphi_k = \left(\frac{\Delta t_{ср}}{70} \right)^{1+n} \left(\frac{G_{пр}}{360} \right)^p \text{ в } \psi \text{ с ,}$$

где $\Delta t_{ср}$ – разность средней температуры воды $t_{ср}$ в приборе и температуры окружающего воздуха t_v , °С:

$$\Delta t_{ср} = \frac{t_{вх} + t_{вых}}{2} - t_v,$$

где $t_{\text{вх}}$ и $t_{\text{вых}}$ – температура воды, входящей в прибор и выходящей из него, $^{\circ}\text{C}$, для однотрубных систем соответственно 105 и 70°C , для двухтрубных систем – 95 и 70°C ;

$G_{\text{пр}}$ – расход воды в приборе, кг/с;

v – коэффициент учета атмосферного давления в данной местности (табл. 9.1 [4]);

ψ – коэффициент учета направления движения теплоносителя воды в приборе снизу вверх (табл. 11 [4]):

$$\psi = 1 - a (t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}),$$

где $a = 0,006$ – для чугунных секционных и стальных панельных радиаторов типа РСВ 1, $a = 0,002$ – для конвекторов настенных типа «Универсал», «Аккорд» и прибора «Коралл» в двухрядном исполнении по высоте; для остальных приборов $\psi = 1$;

n, p, c – экспериментальные числовые показатели (табл. 9.2 [4]).

Средняя температура воды в отопительном приборе в однотрубной системе отопления

$$t = 0,5 (t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}}) = t_{\text{вх}} - \frac{0,5 Q_{\text{пр}} \beta_1 \beta_2}{c G_{\text{пр}}},$$

где β_1 – поправочный коэффициент, учитывающий теплопередачу через дополнительную площадь (сверх расчетной) приборов (табл. 9.4 [4]);

β_2 – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери вследствие размещения приборов у наружных ограждений (табл. 9.5 [4]);

$G_{\text{пр}}$ – расход воды в приборе.

Если $G_{\text{пр}}$ выражен в килограмме в час, то в числитель в данной формуле вводят множитель 3,6 для перевода ватта в килоджоуль в час (при удельной массовой теплоемкости воды $c = 4,187$ кДж/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$)).

6.2. Размер и число отопительных приборов

После определения требуемой площади поверхности отопительных приборов $A_{\text{пр}}$ находят их расчетную площадь A_p , м²:

$$A_p = A_{\text{пр}} \beta_4 / v,$$

где β_4 – коэффициент, учитывающий способ установки отопительных приборов (принимают по табл. 9.12 [4]).

Сопоставляя площадь A_p со значениями площади нагревательной поверхности приборов, выбирают необходимый типоразмер и номинальный тепловой поток прибора. При этом площадь выбираемого прибора не должна быть меньше A_p .

Минимальное число секций чугунных секционных радиаторов определяется по формуле

$$N_{\text{мин}} = A_p / a_c \beta_3$$

где a_c – площадь нагревательной поверхности одной секции, м^2 ;

β_3 – коэффициент учета числа секций в приборе для радиатора типа МС – 140, принимаемый равным: при числе секций до 15 – 1,0; 16–20–0,98; 21–25 – 0,96.

В случае, когда отопительный прибор размещен в специальном укрытии ($\beta_4 = 1$), расчетное число секций принимают по ближайшему большему числу A_p , пользуясь табл. 9.13[4].

Длина стальных панельных радиаторов определяется размерами выпускаемых марок. При необходимости, чтобы увеличить площадь прибора, отдельные марки панельных радиаторов объединяются в блоки, состоящие из двух параллельно расположенных панелей.

Число панельных радиаторов $N = A_p / A_1$, где A_1 – площадь нагревательной поверхности одного радиатора, м^2 .

Аналогично определяется число конвекторов с кожухом.

Число элементов конвекторов без кожуха или ребристых труб в ярусах по вертикали и в ряду по горизонтали определяют по формуле $N = A_p / n a_1$, где n – число ярусов и рядов элементов, составляющих прибор; a_1 – площадь одного элемента конвектора или одной ребристой трубы, м^2 .

Длина греющей трубы в ярусе или в ряду гладкотрубного прибора составит

$$L = A_p \beta_4 / n a_1,$$

где n – число ярусов или греющих труб;

a_1 – площадь 1 м открытой горизонтальной трубы, м^2 .

Расчет отопительных приборов удобно представить в виде таблиц (прил. 2).

7. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

7.1. Общие указания

Перед расчетом системы отопления необходимо выполнить следующее:

- на планах этажей разместить нагревательные приборы и стояки;
- нанести подающие и обратные магистрали;
- вычертить аксонометрическую схему системы отопления с указанием расположения запорной арматуры;
- расположить на магистралях компенсаторы, воздухоотделители и другое вспомогательное оборудование;
- на каждом нагревательном приборе поставить тепловые нагрузки в зависимости от теплопотерь помещения;
- определить тепловые нагрузки каждого стояка системы у всех расчетных участков с указанием их длины;
- определить основное циркуляционное кольцо.

В насосной вертикальной однотрубной системе – это кольцо через наиболее нагруженный стояк из удаленных при тупиковом движении воды или через наиболее нагруженные из средних стояков при попутном движении воды в магистралях. В двухтрубной системе – это кольцо через нижний отопительный прибор аналогично выбранных стояков. В горизонтальной однотрубной системе многоэтажного здания основное циркуляционное кольцо выбирают по наименьшему значению $\Delta p = \Delta p_p / \Sigma l$ в двух кольцах на нижнем и верхнем этажах. Так же поступают при расчете гравитационной системы, сравнивая значения $\Delta p = \Delta p_p / \Sigma l$ в циркуляционных кольцах через отопительные приборы, находящиеся на различных расстояниях от теплового пункта.

При выполнении расчета необходимо учитывать, что скорость движения теплоносителя в трубах систем водяного отопления следует принимать в зависимости от допустимого эквивалентного уровня звука в помещении:

а) выше 40 дБА – не более 1,5 м/с в общественных зданиях и помещениях; не более 2 м/с – в административно-бытовых зданиях и помещениях; не более 3 м/с – в производственных зданиях и помещениях;

б) 40 дБА и ниже – по обязательному прил. 14 СНиП 2.04.05-91* [7].

Разность давления воды в подающем и обратном трубопроводах для циркуляции воды в системе отопления определяется с учетом давления, возникающего вследствие разности температур воды.

Неучтенные потери циркуляционного давления в системе отопления принимаются равными 10 % максимальных потерь давления. Для систем отопления с температурой воды 105 °С и выше необходимо предусматривать меры, предотвращающие вскипание воды.

Разность давлений в подающем и обратном трубопроводах на вводе в здание для расчета систем отопления в типовых проектах принимается 150 кПа.

При применении насосов системы водяного отопления рассчитываются с учетом давления, развиваемого насосом.

Разность температур теплоносителя в стояках (ветвях) систем водяного отопления с местными отопительными приборами при расчете систем с переменными разностями температур не должна отличаться более чем на 25 % (но не более 8 °С) от расчетной разности температур.

В однотрубных системах водяного отопления потери давления в стояках должны составлять не менее 70 % общих потерь давления в циркуляционных кольцах без учета потерь давления в общих участках.

В однотрубных системах с нижней разводкой подающей магистрали и верхней разводкой обратной магистрали потери давления в стояках принимаются не менее 300 Па на каждый метр высоты стояка.

В двухтрубных вертикальных и однотрубных горизонтальных системах отопления потери давления в циркуляционных кольцах через верхние приборы (ветви) принимаются не менее естественного давления в них при расчетных параметрах теплоносителя.

Невязка потерь давления в циркуляционных кольцах (без учета потерь давления в общих участках) не должна превышать 5 % при попутной и 15 % при тупиковой разводке трубопроводов систем водяного отопления при расчете с постоянными разностями температур.

7.2. Тепловая нагрузка и расход воды в системе

Расчетный тепловой поток Q , кВт, системы водяного отопления определяется по формуле

$$Q = \Sigma Q_1 \beta_1 \beta_2 + Q_2 + Q_3,$$

где Q_1 – часть расчетных потерь теплоты зданием, возмещаемых отопительными приборами, кВт;

β_1 – коэффициент учета дополнительного теплового потока установ-

ливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины, принимаемый по табл. 1;

β_2 – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами, расположенными у наружных ограждений, принимаемый по табл. 2;

Q_2 – дополнительные потери теплоты при остывании теплоносителя в подающих и обратных магистралях, проходящих в неотапливаемых помещениях определяемые расчетом, кВт;

Q_3 – часть расчетных потерь теплоты, возмещаемых поступлением теплоты от трубопроводов, проходящих в отапливаемых помещениях (10 % от теплового потока, поступающего в помещение), кВт.

Таблица 1

| | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Шаг номенклатурного ряда отопительных приборов, кВт | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,21 | 0,24 | 0,30 |
| β_1 | 1,02 | 1,03 | 1,04 | 1,06 | 1,08 | 1,13 |

Примечание. Для отопительных приборов помещения с номинальным тепловым потоком более 2,3 кВт следует принимать вместо коэффициента β_1 коэффициент β_1' , определяемый по формуле $\beta_1' = 0,5 (1 + \beta_1)$.

Таблица 2

| Отопительный прибор | Коэффициент β_2 при установке прибора | |
|---------------------|--|-------------------------------|
| | у наружной стены, в том числе под световым проемом | у остекления светового проема |
| Радиатор: | | |
| чугунный секционный | 1,02 | 1,07 |
| стальной панельный | 1,04 | 1,10 |
| Конвектор: | | |
| с кожухом | 1,02 | 1,05 |
| без кожуха | 1,03 | 1,07 |

Дополнительные потери теплоты n , %, через участки наружных ограждений, расположенных за отопительным прибором, а также за счет остывания теплоносителя в трубопроводах, проложенных в неотапливаемых помещениях, в сумме принимаются не более 7 % теплового потока системы отопления и определяются по формуле

$$n = 100 \Sigma [Q_1(\beta_{2\text{ mt}} - 1) + Q_2] / Q \leq 7,$$

где $\beta_{2\text{мт}}$ – средневзвешенный коэффициент из принятых при расчете коэффициентов β_1 и β_2 .

Расход теплоносителя G , кг/ч, в системе отопления, ветви или в стояке определяется по формуле

$$G = 3,6 \Sigma Q / (c\Delta t),$$

где Q – расчетный тепловой поток, обеспечиваемый теплоносителем системы, ветви или стояка, Вт;

c – удельная теплоемкость воды, равная 4,2 кДж / (кг · °С);

Δt – разность температур теплоносителя на входе и выходе из системы, ветви или стояка, °С.

Тепловая нагрузка участка $Q_{\text{уч}}$ составляется из тепловых нагрузок приборов, обслуживаемых протекающей по участку водой: $Q_{\text{уч}} = \Sigma Q_{\text{пр}}$.

7.3. Располагаемое давление в системе

Располагаемое циркуляционное давление в системе с искусственной циркуляцией складывается из давления, создаваемого насосом $\Delta p_{\text{н}}$, и естественного циркуляционного давления $\Delta p_{\text{е}}$:

$$\Delta p_{\text{р}} = \Delta p_{\text{н}} + B\Delta p_{\text{е}},$$

где B – поправочный коэффициент, учитывающий значение естественного циркуляционного давления в период поддержания расчетного гидравлического режима в системе.

В насосной вертикальной однетрубной системе при качественном регулировании теплоносителя $B = 1$, в насосной вертикальной однетрубной системе при автоматическом качественно-количественном регулировании теплоносителя $B = 0,7$, в насосных двухтрубной и горизонтальной однетрубной системах $B = 0,4$.

Располагаемое циркуляционное давление в гравитационной системе $\Delta p_{\text{р}} = B\Delta p_{\text{е}}$. Давление $\Delta p_{\text{е}} = \Delta p_{\text{е.пр}} + \Delta p_{\text{е.тр}}$.

Естественное циркуляционное давление, возникающее вследствие охлаждения воды в трубах:

$$\Delta p_{\text{е.тр}} = \Sigma^N h_i (\gamma_{i+1} - \gamma_i),$$

где h_i – вертикальное расстояние между условными центрами охлаждения i -го участка и нагревания, м;

γ_{i+1}, γ_i – удельный вес воды при температуре в начале t_i и в конце t_{i+1} того же участка, Н/м³.

В насосных системах с нижней разводкой величиной $\Delta p_{e.тр}$ можно пренебречь.

Естественное циркуляционное давление, возникающее вследствие охлаждения воды в отопительных приборах $\Delta p_{e.пр}$, Па, определяется по формулам:

а) в вертикальной однотрубной системе при N приборах в стояке (без множителя g при расчетах в килограмме на метр квадратный)

$$\Delta p_{e.пр} = \frac{\beta g}{Q_{ст}} (t_{г} - t_{о}) \sum_{i=1}^N (Q_{п.i} h_i),$$

где $Q_{ст} = \sum_{i=1}^N Q_{п.i}$ – тепловая нагрузка стояка, Вт;

β – коэффициент, значение которого берут из табл. 10.4 [1];

б) в горизонтальной однотрубной или двухтрубной системе (без множителя g при расчете в килограмме на сантиметр квадратный)

$$\Delta p_{e.пр} = h_i (\gamma_o - \gamma_{г}) \approx \beta g h_i (t_{г} - t_{о}),$$

где h_i – вертикальное расстояние между условными центрами охлаждения в ветви или отопительном приборе на нижнем этаже и нагревания в системе (см. рис. 10.8 и 10.9 [1]), м.

В насосных системах допустимо не учитывать Δp_e , если оно составляет менее $0,1 \Delta p_{н}$.

7.4. Расчет по удельным линейным потерям

Метод расчета по удельным линейным потерям давления заключается в раздельном определении потерь давления на трение и в местных сопротивлениях. При этом для предварительного выбора диаметров труб определяют среднее значение удельного падения давления по основному циркуляционному кольцу

$$R_{ср} = \frac{(1 - k) \Delta p_p}{\sum l},$$

где k – коэффициент, учитывающий долю местных потерь давления в сис-

теме ($k = 0,35$ – для систем отопления с искусственной циркуляцией, $k = 0,5$ – для систем с естественной циркуляцией);

Σl – общая длина последовательных участков, составляющих расчетное циркуляционное кольцо, м.

Ориентируясь на полученное $R_{\text{ср}}$ и определив расходы воды на участках $G_{\text{уч}}$, кг/ч, с помощью расчетных таблиц, прил. II [4], подбирают оптимальные диаметры труб d , скорость теплоносителя W и фактическую удельную потерю на трение R . Затем определяют величину произведения Rl . Потери давления в местных сопротивлениях для каждого участка определяют в зависимости от скорости движения теплоносителя и суммы коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma \zeta$ [4].

Если местное сопротивление расположено на стыке двух смежных участков (тройник, крестовины), то его при расчете относят к участку с меньшим расходом теплоносителя, местные сопротивления отопительных приборов, котлов и подогревателей учитывают поровну в каждом примыкающем к ним теплопроводе.

Суммарные фактические потери давления должны быть на 10 % меньше располагаемого расчетного давления. В противном случае на отдельных или всех участках следует изменить диаметр труб.

После расчета основного циркуляционного кольца рассчитывают второстепенные (параллельные) циркуляционные кольца, которые состоят из уже рассчитанных участков основного кольца и дополнительных участков (не общих), еще не рассчитанных. В каждом случае определяется невязка.

Все данные, получаемые при расчете, заносят в таблицу (прил. 3).

Для увязки потерь давления могут применяться составные стояки из труб различного диаметра.

При невозможности увязки потерь давления предусматривается установка диафрагмы (дроссельной шайбы) диаметром, мм:

$$d_{\text{ш}} = 3,5 \sqrt{\frac{G_{\text{ст}}}{\sqrt{\Delta p_{\text{ш}}}}},$$

где $G_{\text{ст}}$ – расход теплоносителя в стояке, кг/ч;

$\Delta p_{\text{ш}}$ – требуемая потеря давления в шайбе, Па.

Диафрагмы диаметром менее 5 мм не устанавливаются. Диафрагмы устанавливаются у крана на подземной части стояка в месте присоединения к подающей магистрали.

Методика увязки расходуемых давлений в циркуляционных кольцах через отдельные ветви, части и стояки системы отопления представлена в [1 – 4].

7.5. Построение эпюры циркуляционного давления в магистралях

Эпюры падения давления в магистралях строят для определения предполагаемого давления в точках присоединения стояков. Эпюры строят в координатах $p - l$. По оси абсцисс откладываем длины участков магистралей, а по оси ординат отмечают падение давления на каждом участке, считая, что давление падает равномерно. Пример построения эпюры циркуляционного давления приведен в справочной литературе [1, 2, 4].

7.6. Расчет гравитационной системы отопления

Гидравлический расчет гравитационной системы отопления многоэтажного здания, в которой циркуляция происходит в результате охлаждения воды в отопительных приборах, выполняется по удельным линейным потерям давления в соответствии с приведенной выше методикой.

Гравитационная система отопления малоэтажного здания, в которой котел помещается на одном уровне с отопительными приборами, называется квартирной и чаще всего выполняется двухтрубной с верхней разводкой.

Гидравлический расчет гравитационной квартирной системы, в которой циркуляция происходит в основном под влиянием охлаждения воды в трубах, выполняют в два этапа.

На первом этапе, задаваясь величиной расчетного циркуляционного давления в системе и расходом воды на ее участках, выбирают диаметр труб. На втором этапе после теплового расчета труб определяют действительную величину естественного циркуляционного давления, возникающего при охлаждении воды в трубах, и выявляют необходимость уточнения предварительно сделанного гидравлического и теплового расчетов.

Расчетное циркуляционное давление Δp_p , Па, для предварительного гидравлического расчета гравитационной квартирной системы водяного отопления определяют:

- для двухтрубной системы

$$\Delta p_p = b h_r (l + h_2) \pm \beta g h_1 (t_r - t_o);$$

- для однетрубной системы

$$\Delta p_p = b \Sigma l h_2 / 2 \pm \beta g h_1 (t_r - t_o),$$

где h_2 – вертикальное расстояние от условного центра нагревания воды в котле (принимается на 150 мм выше уровня колосниковой решетки или горелки) до верхней горизонтальной трубы, м;

l – горизонтальное расстояние от главного стояка до расчетного, м;

Σl – общая длина последовательно соединенных участков расчетного циркуляционного кольца, м;

b – коэффициент, равный: при неизолированных трубах или тепловой изоляции только главного стояка – 3,9; при изолированных главном стояке и обратной магистрали – 3,3; при всех изолированных трубах – 1,6.

Второе слагаемое получает знак “плюс”, если центр охлаждения воды в отопительных приборах выше условного центра нагревания воды в котле, и “минус” – если ниже.

Основное циркуляционное кольцо выбирается с учетом рекомендаций, приведенных в п. 7.1 настоящих методических указаний или в справочной литературе [1 – 4]. Гидравлический расчет проводится в соответствии с методикой, приведенной выше, при этом расход воды на участках циркуляционного кольца определяют исходя из предположения, что теплотери каждого помещения возмещаются только через отопительные приборы при охлаждении воды в них на 20 °С. Результаты расчета заносят в таблицу (см. прил. 3).

После выбора диаметра всех труб определяют теплопередачу в помещение каждого участка труб и находят температуру воды в конце каждого участка (начиная от котла и считая там $t_n = t_r$) по формуле, °С:

$$t_k = t_n - \Delta t_{yч},$$

где $\Delta t_{yч}$ – температура воды по длине участка, °С:

$$\Delta t_{yч} = \frac{q_1 l}{c G_{yч}},$$

здесь q_1 – теплопередача 1 м трубы в помещение с температурой t_b (принимается по табл. II. 22 [4]), Вт;

$G_{\text{уч}}$ – расход воды на участке, берется из предварительного гидравлического расчета, кг/ч.

Действительное естественное циркуляционное давление в основном кольце системы $\Delta p_{\text{д}}$ определяется по вышеприведенным формулам. При сопоставлении его с потерей давления в этом же кольце, полученной в результате предварительного гидравлического расчета, возможны случаи:

1. $\Sigma(Rl + Z) = (0,85 \div 1,0) \Delta p_{\text{д}}$ – предварительные гидравлический и тепловой расчеты оставляют без изменения;

2. $\Sigma(Rl + Z) = (0,7 \div 0,85) \Delta p_{\text{д}}$ или $\Sigma(Rl + Z) = (1 \div 1,15) \Delta p_{\text{д}}$ – требуется изменение предварительного гидравлического расчета, при этом тепловой расчет может не уточняться;

3. $0,7\Delta p_{\text{д}} > \Sigma(Rl + Z) > 1,15 \Delta p_{\text{д}}$ – требуется изменение и гидравлического, и теплового расчетов системы.

Расчет отопительных приборов проводится в соответствии с методикой, приведенной выше.

7.7. Теплотраты на отопление

Теплотраты на отопление Q_o , Вт, принимаются по данным расчета теплопотерь и системы отопления здания:

$$Q_o = k Q_{\text{зд}} \beta_1 \beta_2,$$

где $Q_{\text{зд}}$ – расчетные теплопотери отапливаемого здания, Вт;

k – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери, связанные с охлаждением теплоносителя в магистралях, проходящих в неотапливаемых помещениях, при прокладке обеих магистралей в техническом подполье (подвале): $k = 1,03$; при прокладке одной из магистралей на чердаке $k = 1,1$;

β_1 – поправочный коэффициент, учитывающий теплопередачу через дополнительную площадь (сверх расчетной) приборов (табл. 9.4 [4]);

β_2 – поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплопотери вследствие размещения приборов у наружных ограждений (табл. 9.5 [4]).

При необходимости Q_o дополняют теплотратами на воздушную завесу у наружного входа. Расчет теплопотребности выполняют в соответствии с методикой, приведенной в [1 – 4].

8. ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ

8.1. Циркуляционный насос

При использовании циркуляционного насоса выбирают тип и марку насоса по каталогу [11], исходя из подачи G_n , м³/ч и давления Δp_n , кПа. Подача G_n и давление Δp_n определяются в соответствии с рекомендациями, приведенными в справочной литературе [1 – 4].

В насосных системах водяного отопления устанавливают специальные малошумные бесфундаментные циркуляционные насосы и центробежные насосы общепромышленного назначения. Схемы присоединения труб к насосам приведены в литературе [1 – 4]. Предпочтение отдается бесфундаментным насосам.

8.2. Расширительный бак

Расширительные баки (открытые и закрытые с воздушной или газовой подушкой) применяют при тепловой мощности систем отопления одного или нескольких зданий не более 6 МВт в случае использования зависимой схемы присоединения систем отопления к наружным тепловым сетям. При мощности более 6 МВт необходимое давление в системах поддерживается постоянно действующими подпиточными насосами.

Схемы присоединения открытого и закрытого расширительных баков к системе приведены в справочной литературе [1 – 4]. Выбранную схему присоединения необходимо привести в пояснительной записке.

Полезный объем открытого расширительного бака $V_{\text{пол}}$, л, определяют в зависимости от объема воды в системе V_c по формуле $V_{\text{пол}} = k V_c$, где k – коэффициент, учитывающий объемное расширение воды, определяемый по табл. 10.2 [4].

Общий объем воды в системе отопления V_c , л, определяется по формуле

$$V_c = (V_{\text{пр}} + V_{\text{кал}} + V_{\text{тр}} + V_{\text{кот}}) Q_c,$$

где $V_{\text{пр}}$, $V_{\text{кал}}$, $V_{\text{тр}}$, $V_{\text{кот}}$ – объем воды соответственно в приборах, калориферах, трубах, котлах, приходящихся на 1 кВт тепловой мощности системы отопления (табл. 10.3 [4]), л;

Q_c – мощность системы отопления, кВт.

Размеры баков принимают по типовым чертежам исходя из рассчитанного объема бака.

Полезный объем закрытого расширительного бака определяют по формуле, м³:

$$V_{\text{пол}} = \frac{\Delta V_c}{(p_a / p_{\text{min}}) - (p_a / p_{\text{max}})},$$

где ΔV_c – увеличение объема воды в системе при нагревании, определяется по формуле 6.21[1], м³;

p_a – абсолютное давление в баке до первого поступления воды (в том числе атмосферное давление), Па;

p_{min} – абсолютное давление в баке при наполнении системы водой (минимально необходимое давление воды в баке при минимальном уровне (см. рис. 6.22, а [1]));

p_{max} – абсолютное давление в баке при повышении температуры воды до расчетной и заполнении бака водой (максимально допустимое давление воды в баке при максимальном уровне (см. рис. 6.22, а [1])).

Минимально необходимое давление воды в закрытом расширительном баке равно гидростатическому давлению p_2 на уровне установки бака с некоторым запасом $p_{\text{верх}}$ для создания избыточного давления в верхней точке системы, которое позволит избежать подсоса воздуха из атмосферы или вскипания воды (особенно, если $t_r > 100$ °С):

$$P_{\text{min}} = p_a + p_2 + p_{\text{верх}}.$$

Максимально допустимое давление воды в баке при обычном присоединении его к обратной магистрали системы перед всасывающим патрубком циркуляционного насоса (рис. 6. 23 [1]) принимают в зависимости от рабочего давления $p_{\text{раб}}$, допустимого для элементов системы отопления в низшей ее точке (например для чугунного котла), уменьшенного на сумму давления насоса Δp_n и гидростатического давления p_1 , связанного с расстоянием h_1 от уровня воды в баке до низшей точки системы:

$$p_{\text{max}} = p_a + p_{\text{раб}} - (\Delta p_n + p_1).$$

Давление p_1 и p_2 пропорциональны вертикальным расстояниям h_1 и h_2 на рис. 6.23 [1].

Объем закрытого расширительного бака при начальном давлении в нем, равном атмосферному, получается больше объема открытого бака. Использование сжатого воздуха для повышения давления p_a сверх атмосферного (для «зарядки» бака) позволяет уменьшить объем закрытого ба-

ка. Объем закрытого расширительного бака уменьшается также при переносе его в верхнюю часть здания и присоединении там к магистрали системы отопления.

Современная конструкция бака представляет собой стальной цилиндрический сосуд, разделенный на две части резиновой мембраной: одна часть предназначена для воды системы отопления, вторая – заполнена газом под давлением.

8.3. Сбор и удаление воздуха из системы

Удаление воздуха из систем водяного отопления предусматривается в верхних точках через проточные воздухоборники или краны, установленные в отопительных приборах верхних этажей. Непроточные воздухоборники предусматривают при скорости движения воды в трубе менее 0,1 м/с [7]. Скопление воздуха нарушает циркуляцию теплоносителя, вызывает шум и коррозию стальных труб.

В системах отопления с верхней разводкой удаление воздуха осуществляется через горизонтальные или вертикальные проточные воздухоборники, установленные на концах ветви (рис. 1).

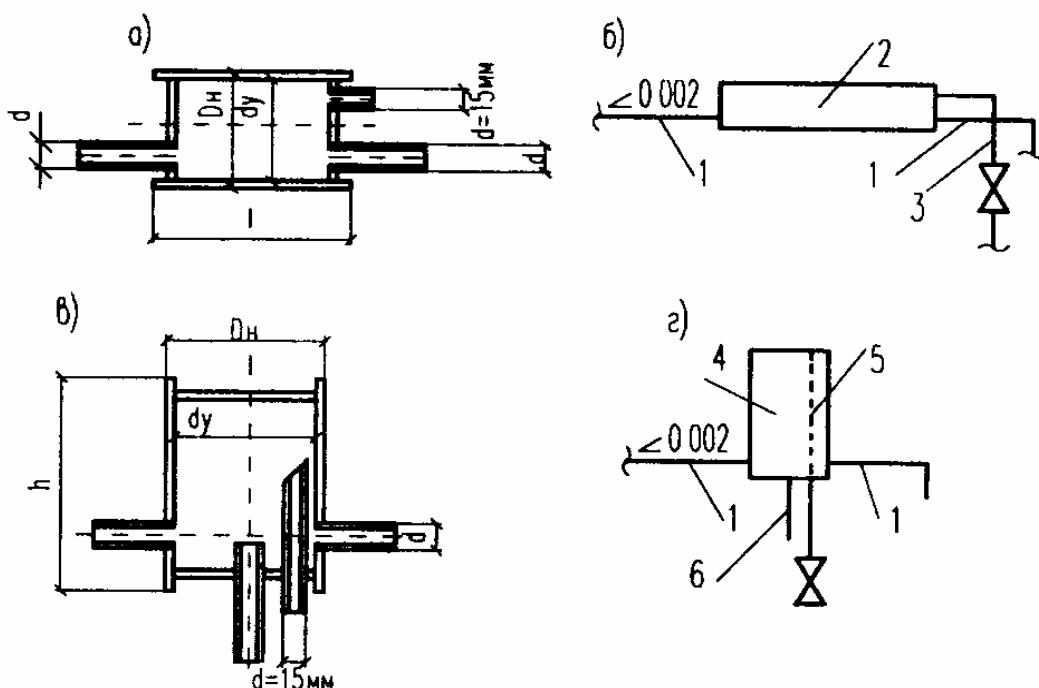


Рис. 1. Проточные воздухоборники: а – горизонтальный; б – схема присоединения; в – вертикальный; г – схема присоединения; 1 – подающая магистраль; 2 – горизонтальный воздухоборник; 3 – труба для выпуска воздуха; 4 – вертикальный воздухоборник; 5 – воздушная трубка; 6 – главный стояк

При этом рекомендуется предусматривать уклон трубопроводов против направления движения воды не менее 0,002 [7]. Диаметр D_H , мм, проточного воздухоборника должен быть не менее двух, а длина l , мм, не менее 2,5 диаметра магистральной трубы, с тем чтобы скорость движения воды в нем не превышала 0,1 м/с. Минимальный необходимый внутренний диаметр воздухоборника d_B , мм, определяется в зависимости от диаметра магистрали d_y по табл. 3 или при скорости воды в нем 0,1 м/с по формуле

$$d_B = 2G_M^{0,5},$$

где G_M – расход воды в магистрали, кг/ч.

Таблица 3

| Размеры проточных воздухоборников, мм | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-----|-----|--------------|-------|-----|-----|
| Горизонтальных | | | | вертикальных | | | |
| d_y | D_H | l | d | d_y | D_H | h | d |
| 150 | 159 | 355 | 32 | 150 | 159 | 351 | 20 |
| 200 | 219 | 476 | 32 | 250 | 273 | 544 | 50 |
| 250 | 273 | 690 | 50 | 300 | 325 | 548 | 70 |
| - | - | - | - | 400 | 426 | 560 | 80 |

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

В системах отопления с нижней разводкой удаление воздуха целесообразно предусматривать через ручные или автоматические краны конструкции Н.Б. Маевского, установленные в верхних пробках радиаторов верхних этажей (рис. 2, а, б, в, г), или в подводках к приборам (при применении стальных панелей, конвекторов) (рис. 2, е, ж, з, и, к), или централизованно через воздушные специальные трубы (рис. 2, л).

При централизованном удалении воздуха воздушные стояки 5 (см. рис. 2, л) соединяются воздушной горизонтальной линией с петлей для устранения циркуляции воды в линии.

Для периодического удаления воздуха к воздушной петле присоединяют вертикальный воздухоотборник.

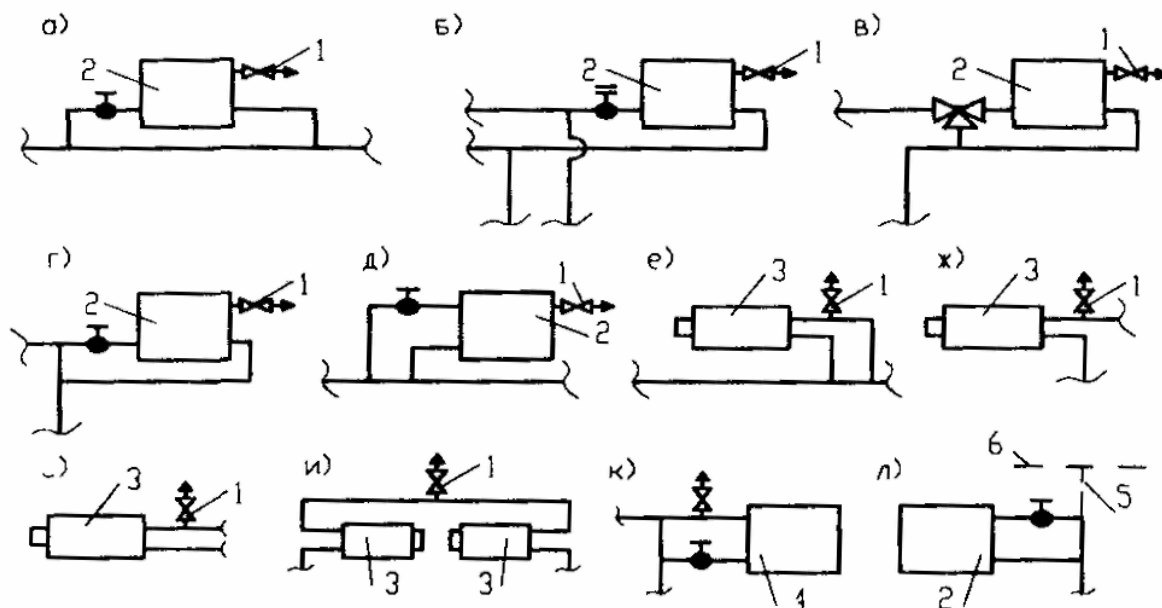


Рис 2. Способы удаления воздуха из систем водяного отопления с нижней разводкой: а, б, в, г, д – через краны, установленные в верхних пробках радиаторов; е, ж, з, и – через краны, установленные на подводках к стальным панелям; л – через воздушные трубы; 1 – воздушный кран; 2 – отопительный прибор (радиатор); 3 – конвектор; 4 – стальная панель; 5 – воздушный стояк; 6 – воздушная магистраль

9. ГРАФИЧЕСКОЕ ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

На план подвала или технического подполья наносят оборудование и трубы теплового пункта (распределительный и сборный коллекторы, теплообменник и насосы или водоструйный элеватор), магистрали, задвижки, стояки (кружками), отопительные приборы (если они необходимы) с указанием диаметра и уклона труб, номеров стояков, числа элементов приборов.

Наносят приборы и стояки на планы первого и типового (верхнего) этажей. Показывают номера стояков и число элементов отопительных приборов для всех рабочих этажей.

На плане чердака при верхней разводке показывают магистрали с воздухоотборниками, главный стояк и стояки, задвижки с указанием диаметра и уклона труб, номеров стояков.

Расширительный бак показывают на плане чердака или на выкопировке из плана чердака при нижней разводке магистралей. Трубы, связывающие расширительный бак с системой отопления, главный стояк при верхней разводке изображают на всех планах этажей здания.

Вычерчивают схему системы отопления во фронтальной аксонометрической проекции в масштабе 1:100.

На схеме системы показывают уклоны труб (стрелками), номера стояков, приспособления для спуска воды и удаления воздуха из стояков, ветвей и частей системы.

Над каждым отопительным прибором указывают тепловую нагрузку, внутри каждого прямоугольника, изображающего прибор, проставляют размер прибора (число секций, марку, длину и т.п.).

Над расчетными участками труб наносят в виде дроби тепловую нагрузку и диаметр (для труб по ГОСТ 3262-75* – условный, например, 40 мм, для труб по ГОСТ 10704-76* – наружный диаметр и толщину стенки, например 76×3 мм), а рядом номер участка (в кружке).

Над нерасчетными участками магистралей указывают тепловую нагрузку и ориентировочный (по аналогии с рассчитанными участками) диаметр трубы; под номером каждого стояка – его тепловую нагрузку.

Если все (или большинство) стояки и подводы к приборам приняты единого диаметра, то это указывают в примечании к схеме.

Примечания должны иметь примерно следующее (применительно к однотрубной системе с нижней разводкой) содержание:

1. Приняты отопительные приборы: радиаторы МС-140-108 и конвекторы с кожухом типа КБ-20 (на лестничных клетках).
2. Перед каждым прибором, за исключением приборов на лестничных клетках, установлен трехходовый кран.
3. Диаметры всех стояков, не указанные на схеме, необходимо принять $D_y=20$.
4. В верхних пробках радиаторов на верхнем этаже установить воздушные краны $D_y=15$.
5. Уклон труб считать $i = 0,003$ – по стрелкам на схеме.

6. Расчетные параметры теплоносителя воды приняты $105 - 70$ °С.

7. Тепловой изоляцией покрыть все магистрали, прокладываемые вне обогреваемых помещений (КПД изоляции 0,75).

В правом нижнем углу каждого чертежа помещают штамп с указанием темы проекта, наименования и номера листа, масштаба, даты, фамилии студента и руководителя-консультанта.

Чертежи оформляются в соответствии с ГОСТ 21.602-79 [8].

10. ОФОРМЛЕНИЕ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Расчетно-пояснительная записка выполняется чернилами с одной стороны стандартного листа писчей бумаги, сшивается вместе с текстом задания и снабжается обложкой с указанием учебного заведения, кафедры, темы курсового проекта, фамилии студента и руководителя-консультанта, года выполнения проекта.

В записке приводятся:

1) описание здания (назначение, число этажей, характеристика основных конструкций, наличие подвала и чердака, строительный объем);

2) место строительства здания, климатические характеристики местности (температура воздуха, скорость ветра), ориентация здания по сторонам горизонта;

3) краткая характеристика запроектированных устройств (источник теплоснабжения, теплоноситель и вид системы отопления, тип отопительных приборов);

4) метеорологические условия в основных помещениях (расчетные температура и относительная влажность воздуха);

5) теплотехнические расчеты (расчет коэффициентов теплопередачи, расчет количества инфильтрующегося воздуха, таблица расчета теплопотерь, общие теплопотери и удельная тепловая характеристика здания);

6) конструкция системы отопления (техико-экономическое обоснование выбранной системы, особенности системы, выбор уклонов и изоля-

ции труб, выбор воздухоборника, циркуляционного насоса, расширительного бака, решения по удалению воздуха, спуску и наполнению водой системы, выбор арматуры);

7) гидравлический расчет системы отопления (выбор основного циркуляционного кольца, расчетное циркуляционное давление, таблица гидравлического расчета, эпюра циркуляционного давления в магистралях, расчет диафрагмы для системы отопления);

8) тепловой расчет отопительных приборов (расчетные показатели приборов, расчетные формулы и поправочные коэффициенты, расчет теплоотдачи труб, таблица расчета приборов);

9) тепловая потребность здания;

10) Список использованной литературы.

Записка должна быть составлена кратко и ясно со ссылками на нормативную, учебную и справочную литературу. Во всех расчетах указываются размерности расчетных величин. Повторяющиеся расчеты и однотипные выкладки сводятся в таблицы.

Библиографический список

1. **Богословский, В. Н.** Отопление : учеб. для вузов / В. Н. Богословский, А. Н. Сканави. – М. : Стройиздат, 1991. – 468 с. – ISBN
2. **Богословский, В. Н.** Отопление : учеб. для вузов / В. Н. Богословский. – М. : Стройиздат, 1993. – 745 с. – ISBN
3. **Тихомиров, К. В.** Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция : учеб. для вузов / К. В. Тихомиров. – М. : Стройиздат, 1989. – 480 с.
4. Внутренние санитарно-технические устройства : справ. проектировщика : в 3 ч.: ч.1. Отопление / под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1990. – 343 с. – ISBN
5. **СНиП 23-01-99.** Строительная климатология. – М. : Стройиздат, 2000. – 58 с.
6. **СНиП II-3-79*.** Строительная теплотехника. – М. : Стройиздат, 1998. – 32 с.
7. **СНиП 2.04.05-91*.** Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М. : Стройиздат, 1997. – 80 с.
8. **ГОСТ 21.602-79.** Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Рабочие чертежи. – М. : Гос. ком. СССР по делам строительства, 1979. – 16 с.
9. **ГОСТ 30494-96.** Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 6 с.
10. **Будасов, Б. В.** Строительное черчение / Б. В. Будасов, В. П. Кашинский. – М. : Стройиздат, 1990. – 457 с. – ISBN
11. СК-8. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Разд. 86. Оборудование насосное для санитарно-технических систем и котельных установок. Насосы центробежные типов К, КМ, 1ЦВЦ. – М. : Госстрой СССР: Сантехник проект, 1992. – 72 с.

ОТОПЛЕНИЕ ГРАЖДАНСКОГО ЗДАНИЯ

Методические указания к выполнению курсового проекта
по дисциплине “Отопление”

Составители:

ТИМАХОВА Надежда Степановна
ГАВРИЛОВ Михаил Васильевич

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой доцент В.И. Тарасенко

Редактор И.А. Арефьева
Корректор В.В. Гурова
Компьютерная верстка Е.Г. Радченко

ЛР № 020275. Подписано в печать 18.02.05.

Формат 60×84/16. Бумага для множит. техники. Гарнитура Таймс.
Печать на ризографе. Усл. печ. л. 2,25. Уч.-изд. л. 2,76. Тираж 150 экз.

Заказ

Редакционно-издательский комплекс
Владимирского государственного университета.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.