

Министерство образования и науки Российской Федерации

Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова

Л.И. Короткова
Г.А. Павлова

ТЕПЛОЗАЩИТА И ОТОПЛЕНИЕ ЗДАНИЙ

*Рекомендовано Министерством образования и науки
Челябинской области в качестве учебного пособия
для студентов строительных специальностей
высших учебных заведений*

Магнитогорск
2012

УДК 696/697.001.2(031)

Рецензенты:

Доцент кафедры теплогазоснабжения, вентиляции
и охраны воздушного бассейна
ГОУ ВПО «Пермский государственный технический университет»,
кандидат технических наук
А.В. Гришкова

Заведующий кафедрой СМИИ
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»,
доктор технических наук, профессор
М.С. Гаркави

Л.И. Короткова, Г.А. Павлова
Теплозащита и отопление зданий: учеб. пособие. Магнито-
горск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012.
125 с.
ISBN 978-5-9967-0262-6

В учебном пособии изложены основные положения переноса теплоты, влаги, фильтрации воздуха в наружных ограждениях, методики расчета, приведены схемы современных систем отопления, рекомендации по их конструированию, расчёту и выбору оптимальных решений.

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям: 270102 «Промышленное и гражданское строительство», 270106 «Производство строительных материалов изделий и конструкций», 270109 «Теплогазоснабжение и вентиляция».

УДК 696/697.001.2(031)

ISBN 978-5-9967-0262-6

© Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г.И. Носова, 2012
© Короткова Л.И., Павлова Г.А., 2012

ВВЕДЕНИЕ

Снижение расходов энергии в сфере потребления является важным вопросом развития России. На теплоснабжение жилых и общественных зданий тратится около 30% всех вырабатываемых энергоресурсов. Наиболее эффективным способом экономии топливно-энергетических ресурсов является повышение теплозащиты зданий. В последнее время разработан ряд нормативных документов, направленных на повышение теплозащиты зданий, в которых усовершенствованы методы нормирования теплозащиты зданий. В пособии изложены современные методы теплотехнических расчетов ограждающих конструкций, на основании которых проектируется микроклимат внутри помещений.

На тепловой, воздушный и влажностный режимы зданий оказывают влияние совместное воздействие всех факторов наружного климата через ограждающие конструкции и работа систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. В наружных ограждениях и помещениях зданий происходят процессы тепло- и влагообмена, фильтрации воздуха и др.

Ограждающие конструкции должны удовлетворять требованиям к тепловой защите зданий, обеспечивая экономию энергии, санитарно-гигиенические и оптимальные параметры микроклимата помещений, а также их долговечность.

Тепловая обстановка помещения зависит от ряда факторов: температуры, подвижности и влажности воздуха, наличия струйных течений, распределения параметров воздуха в плане и по высоте помещения, лучистых тепловых потоков, зависящих от температуры, размеров, радиационных свойств поверхности и их расположения.

Воздушный режим здания представляет собой процессы воздухообмена между помещениями и наружным воздухом, включающие перемещение воздуха внутри помещений, движение воздуха через ограждения, проёмы, воздухопроводы и обтекание здания потоком воздуха.

Для обеспечения требуемых внутренних условий в помещении служат системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, которые создают и поддерживают требуемые параметры воздуха.

Системы отопления обеспечивают в отапливаемых помещениях зданий нормируемую температуру воздуха в течение отопительного периода при параметрах наружного воздуха не ниже расчетных.

1. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОФИЗИКИ

1.1. Нормирование состояния воздушной среды в помещениях

В жилых, общественных и промышленных зданиях требуется поддерживать необходимые для людей и технологических процессов метеорологические условия – микроклимат помещений.

Микроклимат помещений характеризуется метеорологическими параметрами: температурой внутреннего воздуха $t_{в}$, температурой поверхностей ограждений и предметов (радиационной температурой) t_{R} , относительной влажностью $\varphi_{в}$, подвижностью воздуха $v_{в}$, а также содержанием в нём вредных веществ, пыли и микроорганизмов. Требуемые параметры воздушной среды должны быть обеспечены в обслуживаемой (рабочей) зоне помещения и зависят от назначения помещений, характера выполняемой работы и времени года.

Нормирование параметров воздуха в помещениях осуществляется согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»; СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»; СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»; СанПиН 2.1.2.1002-00 «Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям». Оптимальные (комфортные) параметры внутреннего воздуха обеспечивают благоприятное самочувствие человека, сохраняют тепловое равновесие в его организме. Они являются расчётными для автоматически регулируемых систем. Допустимые параметры вызывают некоторое напряжение системы терморегуляции человека. При этом состояние здоровья не нарушается, но может наблюдаться дискомфорт. Допустимые параметры принимают для расчёта обычных систем отопления и вентиляции.

Расчётные параметры нормируются в зависимости от периода года: тёплого, переходного и холодного.

Виды работ по интенсивности труда подразделяются на три категории: лёгкие, средней тяжести и тяжёлые. В холодный и переходный периоды года оптимальная температура внутреннего воздуха $t_{в}$ составляет: для лёгкой работы 21–24°C, для работы средней тяжести 17–20°C, для тяжелой работы 16–18°C. Для жилых зданий оптимальная $t_{в}$ равна 20–22°C. Допустимые температуры, в зависимости от степени тяжести работы, равны 12–26°C. Для тёплого периода года оптимальные температуры воздуха

следующие: для лёгкой работы 22–25°C, средней тяжести 20–23°C, тяжёлой 18–20°C. Максимально допустимая температура воздуха в рабочей зоне +28°C.

Оптимальные значения относительной влажности воздуха нормируются в диапазоне 40–60%, допустимые значения при отсутствии специальных требований не нормируются.

Оптимальные скорости воздуха в помещениях для холодного периода года принимаются 0,1–0,3 м/с, для тёплого периода 0,1–0,4 м/с, допустимые 0,1–0,5 м/с, для тяжёлой работы 0,2–0,6 м/с.

Содержание в воздухе вредных газов, паров, пыли не должно превышать предельно допустимую концентрацию (ПДК). **Предельно допустимая концентрация** – это такая концентрация вредного вещества, которая не вызывает неблагоприятного воздействия на организм человека и животных.

1.2. Расчётные параметры наружного воздуха

Для проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха приняты параметры А и Б.

При проектировании для жилых, общественных, административных и производственных помещений следует принимать:

- параметры А (400 ч необеспеченности, т.е. 400 ч в сезон наблюдаются параметры ниже, чем А) – для систем вентиляции, воздушного душирования для тёплого периода года;
- параметры Б (200 ч необеспеченности) – для систем отопления, вентиляции и воздушного душирования для холодного периода года и систем кондиционирования для теплого и холодного периодов года. Температура наружного воздуха t_n , удельная энтальпия I_n и скорость ветра V_n для различных климатических районов страны для теплого и холодного периодов года приведены в [5, табл. 1, 2, 6].

Для переходного периода года для всех климатических районов принимают температуру наружного воздуха +10°C, удельную энтальпию 26,5 кДж/кг.

1.3. Теплообмен в помещениях

В помещении происходит сложный процесс переноса теплоты. Различают следующие основные виды теплообмена: конвективный теплообмен между воздухом и поверхностями ограждений, отопительных приборов; лучистый – между отдельными поверхностями; теплопроводность – в толщине ограждающих конструкций и струйный – в результате перемещения и перемешивания неизотермических струй воздуха с воздухом основного объема помещения.

Распределение температуры обычно описывается с помощью температурного поля. Температурное поле – это совокупность значений температур во всех точках изучаемого пространства.

$$t = f(x, y, z, Z), \quad (1.1)$$

где x, y, z – координаты точки;

Z – время.

Стационарное температурное поле характеризуется зависимостью

$$t = f(x, y, z). \quad (1.2)$$

Простейшим температурным полем является одномерное стационарное, описываемое формулой

$$t = f(x). \quad (1.3)$$

Такое поле обычно имеет ограждение конструкции зданий (рис.1.1).

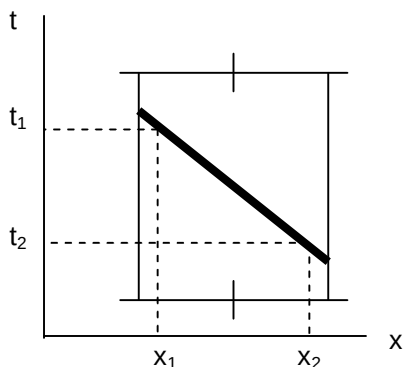


Рис. 1.1. Температурное поле наружного ограждения

1.3.1. Теплопроводность

Теплопроводность – это процесс переноса теплоты, возникающий при непосредственном соприкосновении между частицами тела.

Основным законом теплопроводности является закон Фурье (1822). Этот закон устанавливает зависимость между удельным тепловым потоком q и градиентом температуры.

Градиент температуры представляет собой изменение температуры на единицу длины

$$gradt = \frac{dt}{dl}. \quad (1.4)$$

Для стационарного одномерного температурного поля по закону Фурье удельный тепловой поток q , Вт/м², пропорционален градиенту температуры.

$$q_T = -\lambda \cdot gradt = -\lambda \frac{dt}{dx}, \quad (1.5)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, характеризующий способность материала проводить теплоту через свою толщину, Вт/(м·°C).

Знак минус показывает, что тепловой поток идет в направлении, обратном положительному распространению температуры.

На рис. 1.2 представлен график изменения температуры в однослойном однородном ограждении.

С учетом толщины слоя ограждения δ и конечных значений температуры на его поверхностях τ_1 и τ_2 уравнение для определения удельного теплового потока при переносе теплоты теплопроводностью записывается в виде

$$q_T = -\lambda \frac{\tau_2 - \tau_1}{\delta} = \frac{\lambda}{\delta} (\tau_1 - \tau_2). \quad (1.6)$$

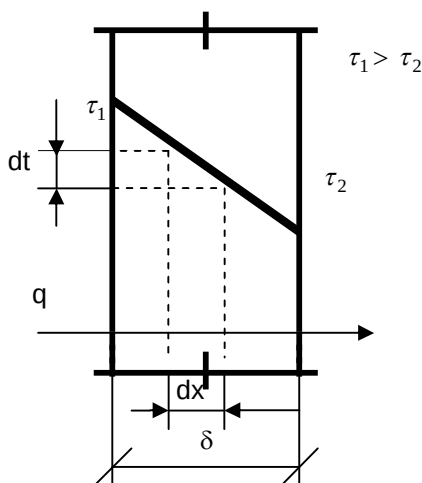


Рис. 1.2. График изменения температуры в однослойном однородном ограждении

Тепловой поток Q , Вт, через ограждение равен

$$Q_T = \frac{\lambda}{\delta} (\tau_1 - \tau_2) F, \quad (1.7)$$

где F – площадь ограждения.

При многослойной конструкции тепловой поток рассчитывают по формуле

$$Q_T = \frac{(\tau_1 - \tau_{i+1}) F}{\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}}. \quad (1.8)$$

1.3.2. Конвективный теплообмен

Конвективный теплообмен – это процесс переноса теплоты между воздухом и нагретыми или охлаждёнными поверхностями в помещении. Он происходит в результате перемещения и перемешивания потоков воздуха.

Различают свободную, естественную и вынужденную конвекцию.

Свободной конвекцией называют явление возникновения конвективных потоков около нагретых и охлаждённых, свободно расположенных, поверхностей. Конвективные потоки определяются действием только гравитационных сил и вязкостью воздуха. Около нагретой поверхности воздух нагревается и поднимается вверх, вытесняясь снизу более холодным. У охлаждённой поверхности поток свободной конвекции направлен вниз.

Вблизи поверхности образуется пограничный слой, толщина которого возрастает по направлению движения. В начальной зоне движения пограничный слой является ламинарным. На некотором расстоянии от границы поверхности режим течения становится турбулентным. Интенсивность переноса теплоты в различных областях движения разная.

Локальную интенсивность конвективного теплообмена на расстоянии x от поверхности находят по формуле

$$q_{k,x} = \alpha_{k,x} (t_1 - t_2) = \alpha_{k,x} \cdot \Delta t, \quad (1.9)$$

где $\alpha_{k,x}$ – локальный коэффициент конвективного теплообмена, Вт/(м²·°С);

Δt – разность температур поверхности и воздуха, °С.

Установлено, что при комнатных перепадах температур практически все поверхности помещения находятся в области турбулентного режима.

Гидродинамика конвекции определяется произведением критериев Грасгофа (Gr) и Прандтля (Pr). Эти критерии вычисляются по формулам

$$Gr = \frac{\beta g l^3 \cdot \Delta t}{2 \nu}; \quad (1.10)$$

$$Pr = \frac{\nu}{a}, \quad (1.11)$$

где β – коэффициент температурного расширения, $1/^\circ\text{C}$

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

l – определяющий размер поверхности в направлении потока воздуха, м;

ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$;

a – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$.

Определяемым критерием при расчете конвективного теплообмена является критерий Нуссельта Nu , который представляет собой комплекс величин

$$Nu = \frac{\alpha_k \cdot l}{\lambda}, \quad (1.12)$$

где λ – коэффициент теплопроводности воздуха.

Из анализа многочисленных опытных данных известно, что при свободной конвекции критериальная зависимость имеет вид

$$Nu = B(Gr \cdot Pr)^{1/3}, \quad (1.13)$$

где B – экспериментальный коэффициент.

Например, для вертикальной поверхности зависимость между критериями следующая:

$$Nu = 0.135(Gr \cdot Pr)^{1/3}. \quad (1.14)$$

После подстановки величин в формулы (1.10) – (1.14) и проведения расчетов получена формула для определения коэффициента конвективного теплообмена, характеризующего интенсивность переноса теплоты свободной конвекцией в помещении

$$\alpha_k = A \sqrt[3]{\Delta t}, \quad (1.15)$$

где A – коэффициент, зависящий от положения поверхности:

$A = 1.43$ – для вертикальной поверхности; $A = 1$ – для горизонтальной нагретой верхней поверхности $A = 1.89$ – для горизонтальной нагретой нижней поверхности.

Естественной конвекцией называют процесс, происходящий за счет действия гравитационных сил, но в ограниченном объеме помещения, где может быть несколько нагретых и охлажденных поверхностей.

В помещениях в том месте, где воздушные потоки натапливаются на потолок, они вынуждены развернуться (рис.1.3). При этом образуется зона торможения, а области ламинарного и турбулентного режимов деформируются по сравнению со свободной конвекцией. Процесс конвективного теплообмена интенсифицируется за счет возникновения общих потоков воздуха, но общая зависимость для вычисления коэффициента конвективного теплообмена (1.15) сохраняется.

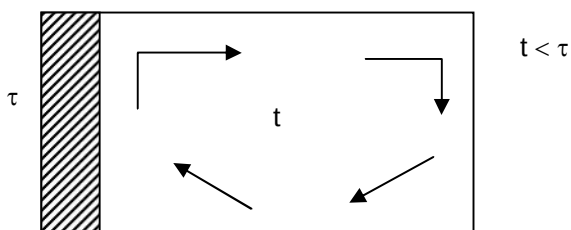


Рис.1.3. Движение воздуха в помещении при естественной конвекции

При **вынужденной конвекции** в помещении наблюдается усиление конвективного теплообмена. Подвижность воздуха в этом случае обусловлена гравитационными силами и побудителем движения (например, вентилятором), которую можно характеризовать условной разностью температур Δt_{ysel} .

$$\Delta t_{ysel} = \Delta t + \Delta t_v, \quad (1.16)$$

где Δt – фактическая разность температур между поверхностью и воздухом;

Δt_v – разность температур, эквивалентная подвижности воздуха в помещении v .

При вынужденной конвекции α_k рассчитывают по формуле

$$\alpha_k = A \sqrt[3]{\Delta t + \Delta t_v}. \quad (1.17)$$

Количество теплоты, переносимое конвекцией, равно

$$Q_k = \alpha_k \cdot F_{\Delta} t. \quad (1.18)$$

1.3.3. Лучистый теплообмен

Лучистый теплообмен осуществляется при передаче тепловой энергии электромагнитными волнами через лучепрозрачную среду. В помещении лучистый теплообмен происходит в условиях ограниченного диапазона температур, определённых излучающих свойств поверхностей и геометрии их расположения.

Интенсивность излучения подчиняется закону Стефана-Больцмана. Для абсолютно черного тела (а.ч.т.) по закону Стефана-Больцмана интенсивность излучения E , Вт/м², равна

$$E_0 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4, \quad (1.19)$$

где C_0 – коэффициент излучения а.ч.т., $C_0 = 5.57$ Вт/(м²·К);

T – температура поверхности, К.

Количество теплоты, участвующее в теплообмене между двумя абсолютно черными телами (рис.1.4), равно

$$Q_{\lambda} = (E_{0.1} - E_{0.2}) \varphi_{1-2} \cdot F_1 = C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \varphi_{1-2} \cdot F_1, \quad (1.20)$$

где φ_{1-2} – коэффициент облученности, равный доле лучистого потока, падающего с поверхности 1 на поверхность 2, от всего потока теплоты, излучаемого поверхностью 1.

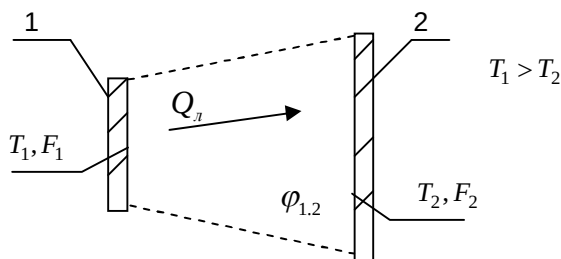


Рис.1.4. Схема расположения лучистообменных поверхностей

Для «серых» поверхностей интенсивность излучения при той же температуре меньше, чем у а.ч.т., т.е. $E_1 < E_{0.1}$.

По закону Стефана-Больцмана интенсивность излучения «серой» поверхности равна

$$E_1 = \varepsilon_1 \cdot E_{0,1} = \varepsilon_1 \cdot C_0 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 = C_1 \left(\frac{T_1}{100} \right)^4, \quad (1.21)$$

где C_1 – коэффициент излучения «серой» поверхности, $C_1 < C_0$;

ε_1 – степень черноты «серой» поверхности (коэффициент относительного излучения).

$$\varepsilon_1 = \frac{C_1}{C_0} < 1. \quad (1.22)$$

Количество теплоты, участвующее в лучистом теплообмене между двумя «серыми» поверхностями, равно

$$\begin{aligned} Q_{\lambda} &= E_{1-2} - E_{2-1} = \varepsilon_{np,1-2} (E_{0,1} - E_{0,2}) \cdot \varphi_{1-2} \cdot F_1 = \\ &= \varepsilon_{np,1-2} \cdot C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \varphi_{1-2} \cdot F_1, \end{aligned} \quad (1.23)$$

где $\varepsilon_{np,1-2}$ – приведённая степень черноты поверхностей 1 и 2, зависящая от размеров поверхностей и их взаимного расположения.

Для инженерных расчетов формулу (1.23) упрощают, заменяя разность четвертых степеней абсолютных температур разностью температур в градусах Цельсия в первой степени и вводя значение α_{λ} – коэффициента лучистого теплообмена между двумя поверхностями, Вт/(м²·°C). В этом случае формула (1.23) приобретает вид

$$Q_{\lambda} = \alpha_{\lambda} (t_1 - t_2) \cdot F_1. \quad (1.24)$$

1.3.4. Струйный теплообмен

Схема струйного теплообмена в помещении представлена на рис.1.5.

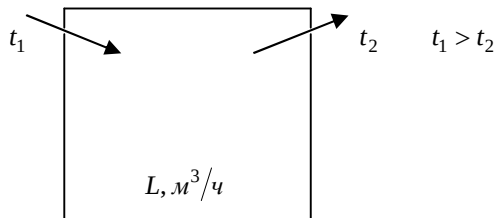


Рис.1.5. Струйный теплообмен в помещении

При поступлении потока воздуха в помещение с температурой t_1 (см. рис.1.5) и удалении его с температурой t_2 количество переданной в помещении теплоты Q_{cmp} , кДж/ч, равно

$$Q_{cmp} = L \, c \rho (t_1 - t_2), \quad (1.25)$$

где L – количество воздуха, проходящего через помещение, м³/ч;
 c – теплоёмкость воздуха, кДж/(кг·°C);
 ρ – плотность, кг/м³.

1.3.5. Теплопередача через ограждения

Рассмотрим процесс переноса теплоты через однослойное наружное ограждение в холодный период года (рис. 1.6).

При установившемся тепловом состоянии тепловой поток, Вт, через ограждение равен

$$Q = \frac{1}{R_B + R_T + R_H} (t_B - t_H) F = \frac{1}{R_0} (t_B - t_H) F, \quad (1.26)$$

где R_B – сопротивление теплообмену на внутренней поверхности ограждения, м²·°C/Вт;

$$R_B = \frac{1}{\alpha_B}, \quad (1.27)$$

где α_B – коэффициент теплообмена на внутренней поверхности ограждения, Вт/(м²·°C);

R_T – термическое сопротивление слоя стенки, м²·°C/Вт;

$$R_T = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (1.28)$$

где δ – толщина слоя стенки, м;

λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C);

R_H – сопротивление теплообмену на наружной поверхности ограждения, м²·°C/Вт;

$$R_H = \frac{1}{\alpha_H}, \quad (1.29)$$

где α_H – коэффициент теплообмена на наружной поверхности ограждения, Вт/(м²·°C);

R_0 – общее сопротивление теплопередаче ограждения, м²·°C/Вт.

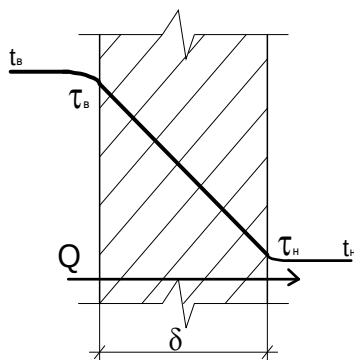


Рис.1.6. Распределение температуры в однослойном ограждении

Если ограждение многослойное и имеется воздушная прослойка, то общее сопротивление теплопередаче ограждения равно

$$R_o = R_{\text{в}} + \sum_{i, \text{т}} R_i + R_{\text{в, пр}} + R_{\text{н}}, \quad (1.30)$$

где $R_{\text{в, пр}}$ – сопротивление теплообмену замкнутой воздушной прослойки, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Для ограждений неоднородной конструкции приведенное термическое сопротивление определяют по формуле

$$R_{\kappa}^{np} = \frac{R_{\text{II}} + 2R_{\perp}}{3}, \quad (1.31)$$

где R_{II} – сопротивление при условном разрезе ограждения плоскостями, параллельными направлению теплового потока, на однослойные (однородные) и многослойные (слоистые) участки.

$$R_{\text{II}} = \frac{\sum F_i}{\sum \frac{F_i}{R_i}}, \quad (1.32)$$

где F_i – площади отдельных участков, м^2 ;

R_i – термические сопротивления отдельных участков, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{\perp}$ – сопротивление при условном разрезе плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, на однородные (из одного материала), слоистые и неоднородные (однослойные участки из различных материалов) слои, для которых R_i рассчитывается по формуле (1.28)

$$R_{\perp} = \sum R_i. \quad (1.33)$$

Величину, обратную общему сопротивлению теплопередаче, называют коэффициентом теплопередачи K .

$$K = \frac{1}{R_o} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{в, пр}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}}. \quad (1.34)$$

Величина R_o является важнейшей характеристикой наружного ограждения. Сопротивление теплопередаче ограждения должно быть не менее нормируемого.

$$R_o \geq R_o^{\text{нр}}, \quad (1.35)$$

где $R_o^{\text{нр}}$ – требуемое (нормируемое) сопротивление теплопередаче ограждения, определяемое по [3, 6].

1.3.6. Нормируемое сопротивление теплопередаче

Нормами установлены три показателя тепловой защиты здания:

- а) приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций зданий;
- б) сопротивление теплопередаче по санитарно-гигиеническим условиям, включающее температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций и температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы;
- в) удельный расход тепловой энергии на отопление зданий.

Приведенное сопротивление теплопередаче R_o , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций, окон и фонарей принимают не менее нормируемых значений $R_o^{\text{нр}}$ (табл.2.2), в зависимости от градусо-суток отопительного периода.

Градусо-сутки отопительного периода находят по формуле

$$ГСОП = (t_{\text{в}} - t_{\text{от. пер}}) Z_{\text{от. пер}}, \quad (1.36)$$

где $t_{\text{от. пер}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, $^\circ\text{C}$;

$Z_{\text{от. пер}}$ – продолжительность отопительного периода, сут. Отопительным является период с температурой наружного воздуха $t_{\text{н}} \leq 10^\circ\text{C}$ – для медицинских, детских учреждений и домов для престарелых; $t_{\text{н}} \leq 8^\circ\text{C}$ – для остальных зданий.

Для производственных зданий с избытками явной теплоты более $23 \text{ Вт}/\text{м}^3$ и зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации (осенью или весной), а также зданий с расчетной $t_{\text{в}} \leq 12^\circ\text{C}$,

приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций (за исключением светопрозрачных) принимают не менее значений, определяемых по формуле

$$R_0^{mp} = \frac{n(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\alpha_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{н}}}, \quad (1.37)$$

где n – поправочный коэффициент к расчетной разности температур ($t_{\text{в}} - t_{\text{н}}$), зависящий от положения поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху;

$\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности ограждения, Вт/(м²·°C);

$\Delta t_{\text{н}}$ – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °C;

$t_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, °C, для всех зданий, кроме производственных зданий, предназначенных для сезонной эксплуатации, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

В производственных зданиях, предназначенных для сезонной эксплуатации, в качестве расчетной $t_{\text{н}}$ принимают минимальную температуру наиболее холодного месяца, определяемую как среднюю месячную температуру января, уменьшенную на среднюю суточную амплитуду температуры воздуха наиболее холодного месяца.

1.4. Нестационарная теплопередача через ограждения

В естественных условиях режим теплопередачи через ограждения является нестационарным. Температура наружного воздуха постоянно изменяется (суточные, сезонные и другие колебания). Температура внутреннего воздуха также может колебаться, например, при изменении теплоотдачи нагревательных приборов. Эти колебания температуры часто близки к гармоническим. Под их влиянием в ограждении происходит изменение температур и тепловых потоков, наблюдается нестационарная теплопередача.

Ограждения по-разному реагируют на колебания температуры. Колебания температуры наружного воздуха через одни ограждения скорее передаются к их внутренней поверхности и к воздуху помещения, через другие медленно. Это свойство ограждений связано с их теплоустойчивостью.

Теплоустойчивость – это свойство ограждения сохранять относительное постоянство температуры при колебаниях теплового потока.

Часто встречается случай, когда температура наружного воздуха t_n изменяется около своего среднего значения $t_{n.o}$ с периодом T (рис.1.7). Изменение t_n происходит по закону косинусоиды, и в любой момент времени Z ее величина равна

$$t_n = t_{n.o} + A_{t_n} \cdot \cos \frac{2\pi}{T} Z, \quad (1.38)$$

где A_{t_n} – амплитуда колебаний температуры наружной среды, °С;
 $t_{n.o}$ – средняя за период колебания температура наружной среды, °С.

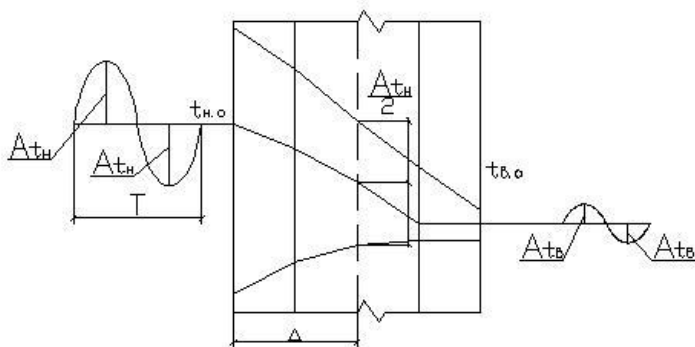


Рис.1.7. Затухание температурных колебаний в ограждении

Дойдя до внутренней поверхности, даже неправильные гармонические колебания отфильтровываются и становятся правильными. Изменение температуры τ_b на внутренней поверхности ограждения подчиняется уравнению

$$\tau_b = \tau_{b.o} + A_{\tau_b} \cdot \cos \frac{2\pi}{T} (Z + \varepsilon), \quad (1.39)$$

где $\tau_{b.o}$ – средняя за период колебания температура внутренней поверхности ограждения, °С;
 A_{τ_b} – амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности, °С;
 ε – показатель запаздывания во времени изменения температуры на внутренней поверхности, ч.

$$A_{\tau_g} = \frac{A_{\tau_n}}{\nu}, \quad (1.40)$$

где ν – коэффициент сквозного затухания амплитуды температуры наружной среды в толще ограждения, показывающий во сколько раз уменьшится амплитуда температурных колебаний, пройдя через всю толщу ограждения.

Теплоустойчивость ограждения зависит от коэффициента теплоусвоения поверхности ограждения Y , Вт/(м²·°С). Величина Y по физическому смыслу представляет собой отношение колебания теплового потока к амплитуде колебания температуры. « Y » зависит от свойств материалов ограждения, толщин слоев и последовательности их расположения в ограждении. В толще ограждения, где практически не сказывается влияние условий на поверхности (за пределами слоя резких колебаний температуры), коэффициент теплоусвоения Y равен коэффициенту теплоусвоения материала S , Вт/(м²·°С), величина которого связана с другими теплофизическими характеристиками материала зависимостью

$$S = \sqrt{2\pi\lambda c\rho/T}. \quad (1.41)$$

Для оценки теплоустойчивости ограждения применяют безразмерную величину D , равную:

– для однослойного ограждения

$$D = R \cdot S = \frac{\delta}{\lambda} S; \quad (1.42)$$

– для многослойного ограждения

$$D = \sum R_i S_i = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} S_i. \quad (1.43)$$

Слоем резких колебаний Δ принято считать слой, в пределах толщины которого амплитуда температурных колебаний уменьшается вдвое (см.рис.1.7). Для этого слоя показатель теплоустойчивости $D = 1$.

Проверка теплоустойчивости ограждений производится для теплого периода года для климатических районов со среднемесячной температурой июля 21°С и выше.

1.5. Воздухопроницаемость конструкций здания

При наличии разности давлений Δp воздуха на внутренней и наружной поверхностях ограждений через наружное ограждение будет проникать воздух. Этот неорганизованный естественный

воздухообмен увеличивает теплопотери помещения и снижает теплозащитные свойства наружных ограждений, но, с другой стороны, способствует вентиляции помещений.

Различают инфильтрацию (внутри помещений) и эксфильтрацию (из помещений) воздуха через наружные ограждения и проёмы.

Разность давлений на поверхностях ограждения возникает:

- вследствие разности температур (и плотностей) наружного и внутреннего воздуха – гравитационное давление (Δp_t);
- под влиянием ветра – ветровое давление (Δp_v).

Температура и плотность воздуха внутри и снаружи здания обычно неодинаковы, в результате чего гравитационное давление по сторонам ограждений оказывается разным. За счет действия ветра на наветренной стороне здания создаётся подпор, а на ограждающих поверхностях возникает избыточное статическое давление $p_{ст}^{изб}$. На заветренной стороне образуется разрежение и статическое давление оказывается пониженным $p_{ст}^{вак}$ (рис.1.8). Гравитационное и ветровое давление обычно действуют совместно. Величина гравитационного давления Δp_t , Па, на произвольном расстоянии h от среднего по высоте сечения (нейтральной плоскости) равна

$$\Delta p_t = \pm h(\rho_n - \rho_e)g, \quad (1.44)$$

где ρ_n и ρ_e – плотность соответственно наружного и внутреннего воздуха, кг/м³.

Максимальная величина гравитационного давления на поверхности наружной стены составляет

$$\Delta p_t^{\max} = \frac{H}{2}(\rho_n - \rho_e)g = \frac{H}{2}(\gamma_n - \gamma_e), \quad (1.45)$$

где γ_n и γ_e – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³;

H – высота здания, м.

Величина избыточного ветрового давления, Па, равна

$$\Delta p_v = \frac{K_1 - K_2}{2} \cdot \frac{v_n^2}{2} \rho_n, \quad (1.46)$$

где K_1 и K_2 – аэродинамические коэффициенты соответственно на наветренной и заветренной сторон здания;

$\frac{v_n^2}{2} \rho_n$ – динамическое давление набегающего на здание потока воздуха, Па.

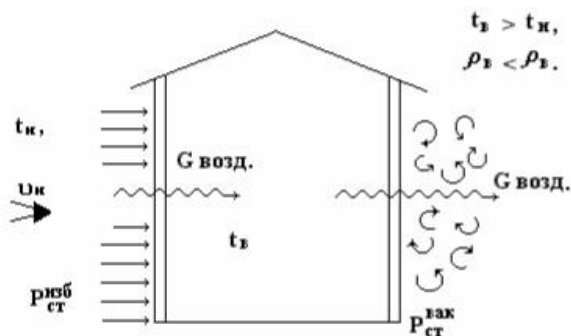


Рис.1.8. Проницаемость воздуха через наружные стены здания

При совместном действии гравитационного и ветрового давления расчетная разность давления с воздуха, с наружной и внутренней сторон ограждения рассчитывается по уравнению

$$\Delta p = \Delta p_t + \Delta p_v = \frac{H}{2} (\gamma_H - \gamma_B) + 0,25 \rho_H v_H^2 (K_1 - K_2). \quad (1.47)$$

1.6. Перенос влаги через ограждения. Паропроницаемость ограждений

Вследствие разности температур и влажностей внутреннего и наружного воздуха и наличия воздухопроницаемости конструкций происходит перенос влаги через ограждения. В процессе влагопереноса отдельные слои ограждений могут переувлажняться. Это приводит к заметному снижению теплозащитных свойств ограждения.

Степень насыщения воздуха водяным паром определяют с помощью относительной влажности φ , %.

$$\varphi = \frac{e}{E} 100, \quad (1.48)$$

где e – парциальное давление (упругость) водяного пара в воздухе, Па;

E – максимальное значение упругости водяного пара, соответствующее максимально возможному насыщению воздуха водяным паром, Па (при $\varphi=100\%$).

Величина E зависит от барометрического давления, температуры и приводится в справочных таблицах.

Если воздух охлаждается без изменения его влагосодержания, то относительная влажность φ увеличивается. При этом величина e

остаётся неизменной, а E с понижением температуры уменьшится. При достижении ситуации, когда E станет равным e , воздух становится полностью насыщенным водяными парами, т.е. $\varphi=100\%$.

Температуру, при которой наступает полное насыщение воздуха водяным паром, называют температурой точки росы t_p . При охлаждении воздуха ниже t_p происходит конденсация влаги.

На внутренней поверхности ограждения конденсат выпадает, если температура τ_e ниже точки росы t_p . Во избежание конденсации влаги следует, по возможности, снижать относительную влажность воздуха в помещении, улучшая его вентиляцию, или усилить движение воздуха вблизи поверхности ограждений. За счет увеличения общего сопротивления теплопередачи ограждения R_o можно повысить температуру на внутренней поверхности ограждения $\tau_{вн}$, чтобы она стала явно больше, чем температура точки росы.

Если избежать конденсации влаги на внутренней поверхности ограждения невозможно (например, бани, оранжереи и др.), то нужно принимать меры, чтобы влага не попадала в толщу ограждения. Для этого внутреннюю поверхность делают водонепроницаемой.

Отсутствие конденсации влаги на поверхности ограждения не гарантирует ограждения от увлажнения. При наличии разности упругостей водяного пара в воздухе у внутренней и наружной поверхностей ограждения возникает поток водяного пара через ограждение.

По аналогии с теплопроводностью, удельный поток диффундирующей влаги w , $\text{м}^2/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$, в стационарных условиях через однослойную стенку, равен

$$W = \frac{\mu}{\delta} (e_1 - e_2), \quad (1.49)$$

где e_1 и e_2 – упругости водяного пара с внутренней и наружной сторон ограждения;

μ – коэффициент паропроницания материала, $\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$.

При диффузии водяного пара слой материала оказывает сопротивление $R_{i,n}$, $\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}/\text{мг}$, аналогично сопротивлению теплового потока

$$R_{i,n} = \frac{\delta_i}{\mu_i}. \quad (1.50)$$

Полное сопротивление паропроницанию ограждения равно

$$R_{0,n} = R_{e,n} + \sum R_{i,n} + R_{H,n}, \quad (1.51)$$

где $R_{e,n}$ – сопротивление влагообмену на внутренней поверхности ограждения, $\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па}/\text{мг}$;

$R_{H,n}$ – то же на наружной поверхности ограждения;

$R_{i,n}$ – сопротивление паропрооницанию отдельных слоев ограждения, м²·ч·Па/мг.

Для нормальной эксплуатации ограждения необходимо, чтобы

$$R_{0,n} \geq R_n^{TP}, \quad (1.52)$$

где R_n^{TP} – требуемое сопротивление паропрооницанию ограждения, м²·ч·Па/мг, определяется по нормам [1], исходя из двух условий:

- недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации;
- ограничения накопления влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха.

Полная проверка ограждения по условиям накопления в нём влаги обычно проводится графоаналитическим способом.

2. РАСЧЕТ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

2.1. Выбор параметров наружного воздуха

Пользуясь таблицами [5], выписывают краткую характеристику климатического района строительства:

Город.....	.....
Влажностная зона.....	.....
Режим эксплуатации.....	.....
Коэффициент обеспеченности.....	.....
Средняя температура наиболее холодной пятидневки.....	.....
Средняя температура наиболее холодных суток.....	.....
Абсолютная минимальная температура.....	.....
Средняя температура отопительного периода.....	.....
Продолжительность отопительного периода.....	.....
Средняя температура самого жаркого месяца.....	.....
Максимальное значение суммарной солнечной радиации.....	.....
Среднее значение суммарной солнечной радиации.....	.....
Максимальная амплитуда колебаний температуры самого жаркого месяца.....	.....
Среднее значение среднемесячных температур зимнего периода...	.....
Средняя за зимний период упругость водяного пара.....	.....
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь.....	.....
Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль.....	.....
Географическая широта.....	.....

Среднюю температуру и продолжительность отопительного периода находят в зависимости от назначения здания.

При нахождении средних значений среднемесячных температур и упругости водяного пара за зимний период из [5] выбирают параметры за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха.

При отсутствии данных для конкретного пункта принимают параметры для ближайшего населенного пункта, указанного в [5].

2.2. Выбор параметров внутреннего воздуха

Температуру t_e и относительную влажность ϕ_e внутреннего воздуха принимают в зависимости от назначения здания в соответствии с ГОСТами [1, 2].

Для расчета ограждающих конструкций температуру внутреннего воздуха принимают:

- а) для жилых, лечебно-профилактических, детских учреждений, школ, интернатов, гостиниц и общежитий – по минимальным значениям оптимальной температуры [1] в соответствии с табл.2.1;
- б) для общественных (кроме указанных в п. а), административных, бытовых зданий и производственных помещений с влажным режимом – по минимальным значениям оптимальной температуры по [1];
- с) для производственных зданий с сухим и нормальным режимами – по нормам проектирования соответствующих зданий [2].

Расчетную относительную влажность воздуха внутри жилых и общественных зданий принимают не выше значений, приведенных в табл.2.1, для других зданий – в [2].

Таблица 2.1

Оптимальная температура и допустимая относительная влажность воздуха внутри здания для холодного периода года

Тип здания	Температура воздуха внутри здания t_e , °C	Допустимая относительная влажность воздуха ϕ_e , %
1. Жилые, школьные и другие общественные здания (кроме приведенных в 2 и 3)	20* - 22	55-60
2. Поликлиники и лечебные учреждения	21-22	55-60
3. Детские дошкольные учреждения	22-23	55-60
*21°C в районах с расчетной температурой наиболее холодной пятидневки минус 31°C и ниже		

2.3. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций здания

Теплотехнический расчет проводят для наружных стен, покрытий (или чердачных перекрытий), перекрытий над неотапливаемым подвалом или подпольем, окон и балконных дверей.

Целью теплотехнического расчета является определение толщины утепляющего слоя и коэффициента теплопередачи ограждающей конструкции (табл.2.2), удовлетворяющей требованиям СНиП [3].

Теплотехнический расчет выполняется в следующем порядке:

1. Определяют нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции по табл.2.2 или формуле (1.37) в зависимости от назначения здания. Значение коэффициентов в формуле (1.37) находят по табл.2.3–2.5.
2. Для выбранной конструкции ограждений выписывают теплотехнические показатели материалов в соответствии с приложением 1 и условиями эксплуатации, соответствующими табл.2.6.
3. Рассчитывают минимальную толщину утепляющего слоя конструкции (толщины фактурных и конструктивных слоев считаются известными), приравняв сопротивление теплопередаче к нормируемому.

$$\frac{1}{\alpha_e} + \sum \left(\frac{\delta_i}{\lambda_i} \right)_{\text{к.с.}} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} + \frac{1}{\alpha_n} = R_0^{np}, \quad (2.1)$$

где δ_i – толщина i -го слоя, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя, принимаемый по приложению 1, Вт/(м °С);

α_n – коэффициент теплоотдачи для зимних условий на наружной поверхности ограждения, принимаемый по табл.2.7, Вт/(м²·°С).

Индекс (к.с.) относится к конструктивным слоям ограждения, «ут» - к слою утеплителя.

Теплотехнические показатели материалов конструкций ограждений заносят в табл.2.8.

Таблица 2.2

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче
ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты a и b	Градусо-сутки отопительного периода ГСОП, °С·сут	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче R_0^{mp} , м ² ·°С/Вт, ограждающих конструкций				
		$C_{стен}$	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей с вертикальным остеклением
1	2	3	4	5	6	7
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
a	—	0,00035	0,0005	0,00045	—	0,000025
b	—	1,4	2,2	1,9	—	0,25
2. Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимом	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
a	—	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
b	—	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
a	—	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025
b	—	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15

Примечания к табл. 2.2:

1. Значения R_0^{mp} для величин ГСОП, отличающихся от табличных, следует определять по формуле

$$R_0^{mp} = a \text{ГСОП} + b,$$

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

- a, b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий, за исключением графы 6 для группы зданий в поз.1, где для интервала до 6000°С·сут: $a = 0,000075$, $b = 0,15$; для интервала 6000-8000°С·сут: $a = 0,00005$, $b = 0,3$; для интервала 8000°С·сут и более: $a = 0,000025$; $b = 0,5$.
2. Нормируемое приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее чем в 1,5 раза выше нормируемого сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих конструкций.
 3. Нормируемые значения сопротивления теплопередаче чердачных и цокольных перекрытий, отделяющих помещения здания от неотапливаемых пространств с температурой t_c ($t_n < t_c < t_a$), следует уменьшать умножением величин, указанных в графе 5, на коэффициент n , определяемый по примечанию к табл.6. При этом расчетную температуру воздуха в теплом чердаке, теплом подвале и остекленных лоджии и балконе следует определять на основе расчета теплового баланса.
 4. Допускается в отдельных случаях, связанных с конкретными конструктивными решениями заполнения оконных и других проемов, применять конструкции окон, балконных дверей и фонарей с приведенным сопротивлением теплопередаче на 5% ниже установленного в таблице.
 5. Для группы зданий в поз.1 нормируемые значения сопротивления теплопередаче перекрытий над лестничной клеткой и теплым чердаком, а также над проездами, если перекрытия являются полом технического этажа, следует принимать как для группы зданий в поз.2.

Таблица 2.3

Коэффициент, учитывающий зависимость положения
ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху

Ограждающие конструкции	Коэффициент n
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), зенитные фонари, перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительноклиматической зоне	1

Окончание табл. 2.3

Ограждающие конструкции	Коэффициент n
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительно-климатической зоне	0,9
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4

Примечание. Для чердачных перекрытий теплых чердаков и цокольных перекрытий над подвалами с температурой воздуха в них t_c , большей t_n , но меньшей t_e , коэффициент n следует определять по формуле

$$n = (t_e - t_c) / (t_e - t_n).$$

Таблица 2.4

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи α_e , Вт/(м ² ·°С)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9

Примечание. Коэффициент теплоотдачи α_e внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии со СНиП 2.10.03.

Таблица 2.5

Нормируемый температурный перепад между температурой
внутреннего воздуха и температурой внутренней
поверхности ограждающей конструкции

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt_n , °С, для			
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	зенитных фонарей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_{\epsilon}-t_p$
2. Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_{\epsilon}-t_p$
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	$t_{\epsilon}-t_p$, но не более 7	$0,8(t_{\epsilon}-t_p)$, но не более 6	2,5	$t_{\epsilon}-t_p$
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_{\epsilon}-t_p$	$0,8(t_{\epsilon}-t_p)$	2,5	-
5. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м ³) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха более 50%	12	12	2,5	$t_{\epsilon}-t_p$

Обозначения: t_p – температура точки росы, °С, при расчетной температуре t_{ϵ} и относительной влажности внутреннего воздуха, принимаемым согласно 5.9 и 5.10, СанПиН 2.1.2.1002, ГОСТ 12.1.005 и СанПиН 2.2.4.548, СНиП 41-01 и нормам проектирования соответствующих зданий.

Примечание. Для зданий картофеле- и овощехранилищ нормируемый температурный перепад Δt_n для наружных стен, покрытий и чердачных перекрытий следует принимать по СНиП 2.11.02.

Таблица 2.6

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений зданий ([4, табл. 1])	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности ([4, прил. В])		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Таблица 2.7

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для зимних условий

Наружная поверхность ограждающих их конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий α_n , Вт/(м ² °С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Таблица 2.8

Теплотехнические показатели материалов конструкции

Наименование слоя	Толщина δ , м	Объемная масса γ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С)	Коэффициент теплоусвоения S , Вт/(м ² ·°С)	Паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)

4. Найденную толщину слоя утеплителя увеличивают до стандартных значений, δ_{ym} , а для засыпок – до целого числа сантиметров.
5. Определяют фактическое сопротивление теплопередаче ограждения

$$R_0^\phi = \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta_{ym.cm.}}{\lambda_{ym}} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n}. \quad (2.2)$$

Должно быть выполнено условие

$$R_0^\phi \geq R_0^{mp}. \quad (2.3)$$

6. Приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных конструкций (окон, балконных дверей, фонарей) принимают на основании сертификационных испытаний; при отсутствии результатов сертификационных испытаний значения принимают по табл.2.9.
7. Фактическое сопротивление теплопередаче наружных дверей может быть найдено из условия, что

$$R_{н.дв.}^\phi \geq 0,6 R_{0нар.ст..}^{mp}. \quad (2.4)$$

8. Расчет заканчивают определением коэффициента теплопередачи K , Вт/(м² °С), для наружных стен, перекрытий, окон и дверей.

$$k = \frac{1}{R_0^\phi}. \quad (2.5)$$

Результаты теплотехнического расчета служат основой для вычисления потерь теплоты ограждающими конструкциями помещений.

Таблица 2.9

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 , коэффициент затенения непрозрачными элементами τ , коэффициент относительного пропускания солнечной радиации k окон, балконных дверей и фонарей

№ п/п	Заполнение светового проема	Светопрозрачные конструкции					
		в деревянных или ПВХ переплетах			в алюминиевых переплетах		
		R_0 , м ² ·°С/Вт	τ	k	R_0 , м ² ·°С/Вт	τ	k
1	Двойное остекление из обычного стекла в спаренных переплетах	0,40	0,75	0,62	—	0,70	0,62

Продолжение табл. 2.9

№ п/п	Заполнение светового проема	Светопрозрачные конструкции					
		в деревянных или ПХВ переплетах			в алюминиевых переплетах		
		R_o , м ² ·°С/Вт	τ	k	R_o , м ² ·°С/Вт	τ	k
2	Двойное остекление с твёрдым селективным покрытием в спаренных переплетах	0,55	0,75	0,65	—	0,70	0,65
3	Двойное остекление из обычного стекла в раз- дельных переплетах	0,44	0,65	0,62	0,34	0,60	0,62
4	Двойное остекление с твёрдым селективным покрытием в раздель- ных переплетах	0,57	0,65	0,60	0,45	0,60	0,60
5	Блоки стеклянные пус- тотные (с шириной швов 6 мм) размером, мм: 194×194×98 2544×244×98	0,31 0,33	0,90 0,90	0,40 (без переплета) 0,45 (без переплета)			
6	Профильное стекло ко- робчатого сечения	0,31	0,90	0,50 (без переплета)			
7	Двойное из органиче- ского стекла для зенит- ных фонарей	0,36	0,90	0,9	—	0,90	0,90
8	Тройное из органиче- ского стекла для зенит- ных фонарей	0,52	0,90	0,83	—	0,90	0,83
9	Тройное остекление из обычного стекла в раз- дельно-спаренных пе- реплетах	0,55	0,50	0,70	0,46	0,50	0,70
10	Тройное остекление с твёрдым селективным покрытием в раздельно- спаренных переплетах	0,60	0,50	0,67	0,50	0,50	0,67
11	Однокамерный стекло- пакет в одинарном пе- реплете из стекла: — обычного — с твёрдым селектив- ным покрытием — с мягким селективным покрытием	0,35	0,80	0,76	0,34	0,80	0,76
		0,51	0,80	0,75	0,43	0,80	0,75
		0,56	0,80	0,54	0,47	0,80	0,54

Продолжение табл. 2.9

№ п/п	Заполнение светового проема	Светопрозрачные конструкции					
		в деревянных или ПХВ переплетах			в алюминиевых переплетах		
		R_o , м ² ·°C/Вт	τ	k	R_o , м ² ·°C/Вт	τ	k
12	Двухкамерный стеклопакет в одинарном переплете из стекла: – обычного (с межстеколь- ным расстоянием 8 мм)	0,50	0,80	0,74	0,43	0,80	0,74
	– обычного (с межстеколь- ным расстоянием 12 мм)	0,54	0,80	0,74	0,45	0,80	0,74
	– с твердым селективным покрытием	0,58	0,80	0,68	0,48	0,80	0,68
	– с мягким селективным покрытием	0,68	0,80	0,48	0,52	0,80	0,48
	– с твердым селективным покрытием и заполнени- ем аргоном	0,65	0,80	0,68	0,53	0,80	0,68
13	Обычное стекло и однока- мерный стеклопакет в раз- дельных переплетах из стекла: – обычного	0,56	0,60	0,63	0,50	0,60	0,63
	– с твердым селективным покрытием	0,65	0,60	0,58	0,56	0,60	0,58
	– с мягким селективным покрытием	0,72	0,60	0,51	0,60	0,60	0,58
	– с твердым селективным покрытием и заполнени- ем аргоном	0,69	0,60	0,58	0,60	0,60	0,58
14	Обычное стекло и двухка- мерный стеклопакет в раз- дельных переплетах из стекла: – обычного	0,65	0,60	0,60	–	0,60	0,60
	– с твердым селективным покрытием	0,72	0,60	0,56	–	0,58	0,56
	– с мягким селективным покрытием	0,80	0,60	0,36	–	0,58	0,56
	– с твердым селективным покрытием и заполнени- ем аргоном	0,82	0,60	0,56	–	0,58	0,56
15	Два однокамерных стекло- пакета в спаренных пере- плетах	0,70	0,70	0,59	–	0,70	0,59

Окончание табл. 2.9

№ п/п	Заполнение светового проема	Светопрозрачные конструкции					
		в деревянных или ПВХ переплетах			в алюминиевых переплетах		
		R_o , м ² ·°C/Вт	τ	k	R_o , м ² ·°C/Вт	τ	k
16	Два однокамерных стеклопакета в раздельных переплетах	0,75	0,60	0,54	—	0,60	0,54
17	Четырехслойное остекление из обычного стекла в двух спаренных переплетах	0,80	0,50	0,59	—	0,50	0,59

Примечания:

1. Значения приведенного сопротивления теплопередаче, указанные в таблице, допускается применять в качестве расчетных при отсутствии этих значений в стандартах или технических условиях на конструкции или не подтвержденных результатами испытаний.
2. К мягким селективным покрытиям стекла относят покрытия с тепловой эмиссией менее 0,15, к твердым (K – стекло) – 0,15 и более.
3. Значения приведенного сопротивления теплопередаче заполнений световых проемов даны для случаев, когда отношение площади остекления к площади заполнения светового проема равно 0,75.
4. Значения для окон со стеклопакетами приведены:
 - для деревянных окон при ширине переплета 78 мм;
 - для конструкций окон в ПВХ переплетах шириной 60 мм с тремя воздушными камерами.

При применении ПВХ переплетов шириной 70 мм и с пятью воздушными камерами приведенное сопротивление теплопередаче увеличивается на 0,03 м²·°C/Вт; – для алюминиевых окон значения приведены для переплетов с термическими вставками.

2.4. Проверка теплоустойчивости наружных стен и покрытий зданий в теплый период

В районах со среднемесячной температурой июля +21°C и выше амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждений $A_{\tau\theta}$ не должна быть более требуемой амплитуды $A_{\tau\theta}^{mp}$.

$$A_{\tau\theta}^{mp} \geq A_{\tau\theta}. \quad (2.6)$$

Требуемую амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности определяют по формуле

$$A_{\tau\theta}^{mp} = 2,5 - 0,1(t_H - 21), \quad (2.7)$$

где t_H – среднемесячная температура наружного воздуха за июль, °С.

Амплитуду колебаний внутренней поверхности ограждений рассчитывают по зависимости

$$A_{\tau_6} = A_{th}^{расч} / \nu, \quad (2.8)$$

где $A_{th}^{расч}$ – расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха, °С;

ν – величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха.

Расчетная амплитуда колебаний наружного воздуха

$$A_{th}^{расч} = 0,5 A_{th} + p(J_{\max} - J_{cp}) / \alpha_H, \quad (2.9)$$

где A_{th} – максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, принимаемая по СНиП [5];

p – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждения, принимаемый по табл.2.10;

$J_{\max}$ J_{cp} – соответственно максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), принимаемые по табл.2.11, для вертикальных поверхностей западной ориентации;

α_H – коэффициент теплообмена на наружной поверхности ограждения в летних условиях, определяемый по формуле

$$\alpha_H = A(5 + 10\sqrt{\nu}), \quad (2.10)$$

где A – переводной коэффициент, $A = 1,16$;

ν – минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, принимают по СНиП [5], но не менее 1 м/с.

Величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждении определяют по выражению

$$\nu = \frac{0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}}(S_1 + \alpha_e)(S_2 + Y_1) \dots (S_n + Y_{n-1})(\alpha_H + Y_n)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2) \dots (S_n + Y_n)\alpha_H}, \quad (2.11)$$

где $e = 2,718$ – основание натурального логарифма;

D – тепловая инерция ограждающей конструкции, определяемая по формуле

$$D = \sum (\delta_i / \lambda_i) \cdot S_i; \quad (2.12)$$

S_1, S_2, S_n – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждения, принимаемые по прил.1;

Y_1, Y_2, Y_n – коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев реальной ограждающей конструкции, определяемые по формулам (2.14), (2.15);

α_n – коэффициент теплообмена на наружной поверхности ограждения в летних условиях, вычисляемый по формуле (2.10);

α_e – коэффициент теплообмена на внутренней поверхности ограждения (см. табл.2.4).

Таблица 2.10

Коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции

Материал наружной поверхности ограждающей конструкции	Коэффициент поглощения солнечной радиации P
1. Алюминий	0,5
2. Асбестоцементные листы	0,65
3. Асфальтобетон	0,9
4. Бетоны	0,7
5. Дерево неокрашенное	0,6
6. Защитный слой рулонной кровли из светлого гравия	0,65
7. Кирпич глиняный красный	0,7
8. Кирпич силикатный	0,6
9. Облицовка природным камнем белым	0,45
10. Окраска силикатная темно-серая	0,7
11. Окраска известковая белая	0,3
12. Плитка облицовочная керамическая	0,8
13. Плитка облицовочная стеклянная синяя	0,6
14. Плитка облицовочная белая или палевая	0,45
15. Рубероид с песчаной посыпкой	0,9
16. Сталь листовая, окрашенная белой краской	0,45
17. Сталь листовая, окрашенная темно-красной краской	0,8
18. Сталь листовая, окрашенная зеленой краской	0,6
19. Сталь кровельная оцинкованная	0,65
20. Стекло облицовочное	0,7
21. Штукатурка известковая темно-серая или терракотовая	0,7
22. Штукатурка цементная светло-голубая	0,3
23. Штукатурка цементная темно-зеленая	0,6
24. Штукатурка цементная кремовая	0,4

Таблица 2.11

Максимальные и средние значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) при безоблачном небе в июле [4]

Широта, град с.ш.	Ориентация поверхности	Суммарная солнечная радиация, Вт/м ²	
		максимальная $J_{\max}$	средняя $J_{\text{ср}}$
36	Горизонтальная	1000	344
	Западная	712	162
38	Горизонтальная	942	334
	Западная	721	163
40	Горизонтальная	928	333
	Западная	740	169
42	Горизонтальная	915	334
	Западная	748	175
44	Горизонтальная	894	331
	Западная	756	180
46	Горизонтальная	880	329
	Западная	752	182
48	Горизонтальная	866	328
	Западная	764	184
50	Горизонтальная	859	328
	Западная	774	187
52	Горизонтальная	852	329
	Западная	781	194
54	Горизонтальная	838	329
	Западная	788	200
56	Горизонтальная	817	327
	Западная	786	201

Для определения коэффициентов теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции предварительно вычисляют тепловую инерцию D каждого слоя, начиная с первого слоя (считая от внутренней поверхности ограждающей конструкции) по формуле (1.42).

Если слой имеет тепловую инерцию $D \geq 1$, то для этого слоя

$$Y_i = S_i \cdot \quad (2.13)$$

Для слоев с тепловой инерцией $D < 1$ коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности находят следующим образом:

– для первого слоя

$$Y_1 = \frac{R_1 S_1^2 + \alpha_6}{1 + R_1 \alpha_6}; \quad (2.14)$$

– для i -го слоя

$$Y_i = \frac{(R_i S_i^2 + Y_{i-1})}{(1 + R_i Y_{i-1})}. \quad (2.15)$$

2.5. Проверка воздухопроницания ограждений здания

Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций R_u за исключением заполнений световых проемов должно быть не менее нормируемого (требуемого) сопротивления воздухопроницанию R_u^{Tp} .

$$R_u > R_u^{Tp}. \quad (2.16)$$

Требуемое сопротивление воздухопроницанию наружных стен здания определяют по формуле

$$R_u^{mp} = \Delta p / G_H, \quad (2.17)$$

где G_H – нормативная воздухопроницаемость ограждающих конструкций, принимаемая по табл.2.12;

Δp – разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па.

$$\Delta p = 0,55H(\gamma_H - \gamma_6) + 0,03\gamma_H v^2, \quad (2.18)$$

где H – высота здания от уровня пола первого этажа до верха вытяжной шахты, м;

v – максимальная из средних скоростей ветра за январь, повторяемость которых составляет 16% и более, м/с [5];

γ_H, γ_6 – удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м³, определяемый по формуле

$$\gamma = 3463 / (273 + t), \quad (2.19)$$

t – температура воздуха внутреннего и наружного, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки, °С.

Сопротивление воздухопроницанию многослойной ограждающей конструкции R_u рассчитывают по формуле

$$R_u = \sum R_{u,i}, \quad (2.20)$$

где $R_{u,i}$ – сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции, принимаемые по табл.2.13.

Сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей жилых и общественных зданий, а также фонарей производственных зданий, должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию $R_{u,ок}^{mp}$ определенного по формуле

$$R_{u,ок}^{mp} = \frac{1}{G_H} \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (2.21)$$

где Δp – разность давлений, определяемая по формуле (2.18), Па;

G_H – нормативная воздухопроницаемость для окон и балконных дверей, принимаемая по табл.2.12;

$\Delta p_0 = 10$ Па – разность давлений воздуха, при которой определяют сопротивление воздухопроницанию.

Фактическое сопротивление воздухопроницанию окон и фонарей производственных зданий принимают по сертификату не менее требуемого значения.

Сопротивление воздухопроницанию выбранного типа светопрозрачной конструкции $R_{u,ок}$ определяют по формуле

$$R_{u,ок} = \frac{1}{G_{ок}} \left(\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right)^n, \quad (2.22)$$

где $G_{ок}$ – воздухопроницаемость светопрозрачной конструкции, кг/(м²·ч), при $\Delta p_0 = 10$ Па, полученная в результате сертификационных испытаний;

n – показатель режима фильтрации светопрозрачной конструкции, полученный в результате сертификационных испытаний.

Таблица 2.12
Нормируемая воздухопроницаемость ограждающих конструкций [3]

Ограждающие конструкции	Воздухопроницаемость G_H , г/(м ² ·ч), не более
1. Наружные стены, перекрытия и покрытия жилых, общественных, административных и бытовых зданий и помещений	0,5
2. Наружные стены, перекрытия и покрытия производственных зданий и помещений	1,0
3. Стыки между панелями наружных стен: а) жилых зданий б) производственных зданий	0,5* 1,0*
4. Входные двери в квартиры	1,5

Окончание табл. 2.12

Ограждающие конструкции	Воздухопроницаемость G_n , г/(м ² ·ч), не более
5. Входные двери в жилые, общественные и бытовые здания	7,0
6. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений в деревянных переплетах; окна и фонари производственных зданий с кондиционированием воздуха	6,0
7. Окна и балконные двери жилых, общественных и бытовых зданий и помещений в пластмассовых или алюминиевых переплетах	5,0
8. Окна, двери и ворота производственных зданий	8,0
9. Фонари производственных зданий	10,0
* в кг/(м·ч)	

Таблица 2.13

Сопротивление воздухопроницанию
материалов и конструкций

Материалы и конструкции	Толщина слоя, мм	Сопротивление воздухопроницанию R_u , м ² ·ч·Па/кг
1. Бетон сплошной (без швов)	100	19620
2. Газосиликат сплошной (без швов)	140	21
3. Известняк-ракушечник	500	6
4. Картон строительный (без швов)	1,3	64
5. Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной в 1 кирпич и более	250 и более	18
6. Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной в полкирпича	120	2
7. Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-шлаковом растворе толщиной в 1 кирпич и более	250 и более	9
8. Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-шлаковом растворе толщиной в полкирпича	120	1
9. Кладка кирпича керамического пустотного на цементно-песчаном растворе толщиной в полкирпича	—	2
10. Кладка из легкогобетонных камней на цементно-песчаном растворе	400	13

Окончание табл.2.13

Материалы и конструкции	Толщина слоя, мм	Сопротивление воздухопроницанию R_u , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$
11. Кладка из легкогобетонных камней на цементно-шлаковом растворе	400	1
12. Листы асбестоцементные с заделкой швов	6	196
13. Обои бумажные обычные	—	20
14. Обшивка из обрезных досок, соединенных впритык или в четверть	20-25	0,1
15. Обшивка из обрезных досок, соединенных в шпунт	20-25	1,5
16. Обшивка из досок двойная с прокладкой между обшивками строительной бумаги	50	98
17. Обшивка из фибролита или из древесноволокнистых бесцементных мягких плит с заделкой швов	15-70	2,5
18. Обшивка из фибролита или из древесноволокнистых бесцементных мягких плит без заделки швов	15-70	0,5
19. Обшивка из жестких древесноволокнистых листов с заделкой швов	10	3,3
20. Обшивка из гипсовой сухой штукатурки с заделкой швов	10	20
21. Пенобетон автоклавный (без швов)	100	1960
22. Пенобетон неавтоклавный	100	196
23. Пенополистирол	50-100	79
24. Пеностекло сплошное (без швов)	120	Воздухонепроницаемо
25. Плиты минераловатные жесткие	50	2
26. Рубероид	1,5	Воздухонепроницаем
27. Толь	1,5	490
28. Фанера клееная (без швов)	3-4	2940
29. Шлакобетон сплошной (без швов)	100	14
30. Штукатурка цементно-песчаным раствором по каменной или кирпичной кладке	15	373
31. Штукатурка известковая по каменной или кирпичной кладке	15	142
32. Штукатурка известково-гипсовая по дереву (по драни)	20	17
33. Керамзитобетон плотностью 900 кг/м^3	250-400	13-17
34. То же, 1000 кг/м^3	250-400	53-80
35. То же, $1100-1300 \text{ кг/м}^3$	250-450	390-590
36. Шлакопемзобетон плотностью 1500 кг/м^3	250-400	0,3

Примечания к табл. 2.13:

1. Для кладок из кирпича и камней с расшивкой швов на наружной поверхности приведенное в настоящем приложении сопротивление воздухопроницанию следует увеличивать на $20 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$.
2. Сопротивление воздухопроницанию воздушных прослоек и слоев ограждающих конструкций из сыпучих (шлака, керамзита, пемзы и т.п.), рыхлых и волокнистых (минеральной ваты, соломы, стружки и т.п.) материалов следует принимать равным нулю независимо от толщины слоя.
3. Для материалов и конструкций, не указанных в настоящем приложении, сопротивление воздухопроницанию следует определять экспериментально.

2.6. Расчет паропроницания наружных ограждений здания

Анализ влажностного режима толщи ограждения проводят графоаналитическим методом. В результате расчета необходимо убедиться в наличии или отсутствии зоны конденсации водяного пара в толще ограждения при средней температуре воздуха за зимние месяцы.

Для расчета в масштабе вычерчивают разрез ограждения. Затем с помощью аналитических расчетов и графического построения вычерчивают графики распределения температуры t максимально возможной упругости E водяных паров и фактической упругости e водяных паров в воздухе.

В случае пересечения графиков фактической и максимально возможной упругости водяных паров определяют зону возможной конденсации.

Температуру в любой точке ограждения определяют по формуле

$$t_x = t_e - (t_e - t_n) R_{e-x} / R_0^{\phi}, \quad (2.23)$$

где R_{e-x} – сопротивление слоев ограждения от R_e до сечения x , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;

t_n – средняя температура воздуха за зимние месяцы, $^{\circ}\text{C}$.

График распределения максимальной упругости E водяного пара подобен графику распределения температуры. Построение его производят с помощью таблиц зависимости максимальной упругости водяного пара от температуры воздуха (прил. 3).

Полное сопротивление паропроницанию ограждения

$$R_{0,n} = R_{e,n} + \sum R_{i,n} + R_{n,n}, \quad (2.24)$$

где $R_{e,n}$ – сопротивление влагообмену внутренней поверхности ограждения, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$; $R_{e,n} = 0,0267 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$;

$R_{n,n}$ – то же наружной поверхности ограждения;

$$R_{n,n} = 0,0134 \text{ м}^2 \text{ ч Па/мг};$$

$R_{i,n}$ – сопротивления паропрооницанию отдельных слоев ограждения, $\text{м}^2 \text{ ч Па/мг}$;

$$R_{i,n} = \delta_i / \mu_i, \quad (2.25)$$

где δ_i – толщина слоев ограждения, м;

μ_i – коэффициенты паропрооницаемости материала слоев ограждения, принимаемые по приложению 1.

Значения фактической упругости водяных паров в любой точке ограждения e_x определяют по формуле

$$e_x = e_e - (e_e - e_n) R_{n,e-x} / R_{o,n}, \quad (2.26)$$

где e_e – упругость водяного пара во внутреннем воздухе, Па;

$$e_e = E_e \varphi_e / 100, \quad (2.27)$$

φ_e – относительная влажность внутреннего воздуха, для жилых и общественных зданий $\varphi_e, \%$;

e_n – средняя за зимний период упругость водяного пара, принимаемая по таблицам СНиП [5];

$R_{n,e-x}$ – сопротивления паропрооницанию слоев ограждения от $R_{e,n}$ до сечения X.

После построения графиков (рис.2.1) делают вывод о наличии зоны возможной конденсации влаги. Если такая зона в ограждении присутствует, то необходимо произвести расчет требуемого сопротивления паропрооницанию и, если необходимо, предусмотреть мероприятия по предотвращению поступления влаги в толщу ограждения.

Сопротивление паропрооницанию $R_{n, в-к}$ ограждающей конструкции (в пределах от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) должно быть не менее наибольшего из следующих нормируемых сопротивлений паропрооницанию:

а) нормируемого сопротивления паропрооницанию $R_{n,1}^{mp}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$ (из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации), определяемого по формуле

$$R_{n,1}^{mp} = \frac{(e_e - e_{к,зод}) R_{n,к-н}}{e_{к,зод} - e_{н,зод}}; \quad (2.28)$$

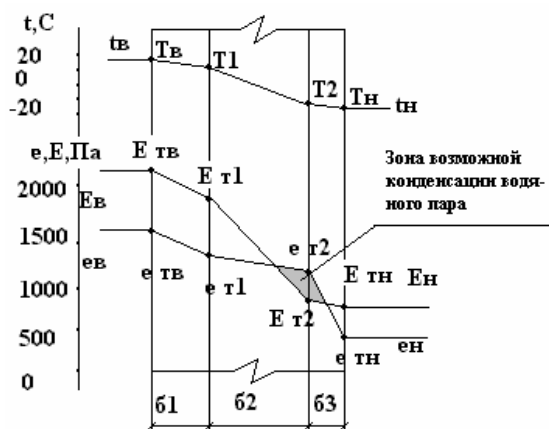


Рис.2.1. Графическое изображение зоны возможной конденсации

б) нормируемого сопротивления паропрооницанию $R_{п,2}^{mp}$, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$ (из условия ограничения влаги в ограждающей конструкции за период с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха), определяемого по формуле

$$R_{п,2}^{mp} = \frac{0,0024 \cdot Z_{\text{зим}} (e_{\text{в}} - e_{\text{к, зим}})}{\rho_{\text{увл}} \cdot \delta_{\text{увл}} \Delta \omega + \eta}, \quad (2.29)$$

где $R_{п,к-н}$ — сопротивление паропрооницанию, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$, части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью ограждающей конструкции и плоскостью возможной конденсации;

$Z_{\text{зим}}$ — продолжительность, сут., периода влагонакопления, принимаемая равной периоду с отрицательными средними месячными температурами наружного воздуха по СНиП [5];

$e_{\text{к, зим}}$ — парциальное давление (упругость) водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации, определяемое при средней температуре наружного воздуха периода месяцев с отрицательными средними месячными температурами;

$e_{\text{н, год}}$ — среднее парциальное давление водяного пара, Па, за годовой период определяемое по СНиП [5];

$\rho_{\text{увл}}$ — плотность материала увлажняемого слоя, принимаемая по приложению 1;

δ — толщина увлажняемого слоя ограждающей конструкции, м, принимаемая равной толщине теплоизоляционного слоя (утеплителя) многослойной ограждающей конструкции;

$\Delta\omega$ – предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале увлажненного слоя, %, за период влагонакопления $Z_{\text{зим}}$, принимаемое по табл.2.14;

Таблица 2.14
Предельно допустимые значения коэффициента $\Delta\omega$ [3]

Материал, ограждающий конструкции	Предельно допустимое приращение расчетного массового отношения влаги в материале, %
1. Кладка из глиняного кирпича и керамических блоков	1,5
2. Кладка из силикатного кирпича	2,0
3. Легкие бетоны на пористых заполнителях (керамзитобетон, шугизитобетон, перлитобетон, шлакопемзобетон)	5
4. Ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон, газосиликат и др.)	6
5. Пеногазостекло	1,5
6. Фибролит и арболит цементные	7,5
7. Минераловатные плиты и маты	3
8. Пенополистирол и пенополиуретан	25
9. Фенольно-резольный пенопласт	50
10. Теплоизоляционные засыпки из керамзита, шунгизита, шлака	3
11. Тяжелый бетон, цементно-песчаный раствор	2

$e_{\kappa, \text{год}}$ – парциальное давление водяного пара, Па, в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации, определяемое по формуле

$$e_{\kappa, \text{год}} = \frac{e_1 \cdot z_1 + e_2 \cdot z_2 + e_3 \cdot z_3}{12}, \quad (2.30)$$

где e_1, e_2, e_3 – парциальное давление водяного пара, Па, принимаемое по температуре в плоскости возможной конденсации, устанавливаемой при средней температуре наружного воздуха соответственно зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов;

z_1, z_2, z_3 – продолжительность, мес., зимнего, весенне-осеннего и летнего периодов года, определяемая по СНиП [5] с учетом следующих условий:

- а) к зимнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха ниже минус 5°C;
 - б) к весенне-осеннему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха от минус 5 до плюс 5°C;
 - в) к летнему периоду относятся месяцы со средними температурами воздуха выше плюс 5°C;
- η – коэффициент, определяемый по формуле

$$\eta = \frac{0,0024(e_{к, зим} - e_{н, зим})Z_{зим}}{R_{н, к-н}}, \quad (2.31)$$

где $e_{н, зим}$ – среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха, Па, периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, определяемыми по СНиП [5].

Плоскость возможной конденсации в однослойной ограждающей конструкции располагается на расстоянии, равном 2/3 толщины конструкции от ее внутренней поверхности, а в многослойной конструкции совпадает с наружной поверхностью утеплителя.

2.7. Определение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания

Для оценки выбранных теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания и объемно-планировочного решения определяют расход тепловой энергии на отопление здания q_0 на 1 м² отапливаемой площади помещений или на 1 м³ отапливаемого объема. Расчетный удельный расход тепловой энергии должен быть меньше или равен нормируемому значению $q_0^{норм}$.

$$q_0 \leq q_0^{норм} \quad (2.32)$$

Значения нормируемого удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий (далее «на отопление») при подключении их к системам централизованного теплоснабжения приведены в табл.2.15 и 2.16.

При устройстве поквартирных и автономных систем теплоснабжения величина $q_0^{норм}$ умножается на коэффициент ε [4].

Таблица 2.15

Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление зданий $q_0^{норм}$, кДж/(м²·°С·сут) или [кДж/(м³·°С·сут)] [3]

Типы зданий	Этажность зданий					
	1-3	4, 5	6, 7	8, 9	10, 11	12 и выше
1	2	3	4	5	6	7
1. Жилые, гостиницы, общежития	По табл. 8	85[31] для 4-этажных одноквартирных и блокированных домов – по табл. 8	80 [29]	76 [27,5]	72 [26]	70 [25]
2. Общественные, кроме перечисленных в поз. 3, 4 и 5 таблицы	[42]; [38]; [36] соответственно нарастанию этажности	[32]	[31]	[29,5]	[28]	–
3. Поликлиники и лечебные учреждения, дома-интернаты	[34]; [33]; [32] соответственно нарастанию этажности	[31]	[30]	[29]	[28]	—
4. Дошкольные учреждения	[45]	–	–	–	–	–
5. Сервисного обслуживания	[23]; [22]; [21] соответственно нарастанию этажности	[20]	[20]	–	–	–
6. Административного назначения (офисы)	[36]; [34]; [33] соответственно нарастанию этажности	[27]	[24]	[22]	[20]	[20]

Примечание. Для регионов, имеющих значение ГСОП = 8000°С·сут и более, нормируемые $q_0^{норм}$ следует снизить на 5%.

Таблица 2.16

Нормируемый удельный расход тепловой энергии
на отопление $q_0^{норм}$ жилых домов многоквартирных
отдельно стоящих и блокированных, $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сут})$ [3]

Отапливаемая площадь домов, м^2	С числом этажей			
	1	2	3	4
60 и менее	140	—	—	—
100	125	135	—	—
150	110	120	130	—
250	100	105	110	115
400	—	90	95	100
600	—	80	85	90
1000 и более	—	70	75	80

Примечание. При промежуточных значениях отапливаемой площади дома в интервале 60-1000 м^2 значения $q_0^{норм}$ должны определяться по линейной интерполяции.

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление жилых и общественных зданий за отопительный период q_0 , $\text{кДж}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}_{\text{сут}}$ или $\text{кДж}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}_{\text{сут}}$, рассчитывают по формуле

$$q_0 = \frac{Q_{om} \times 10^3}{F_n \times ГСОП} \quad (2.33)$$

или

$$q_0 = \frac{Q_{om} \times 10^3}{V \times ГСОП}, \quad (2.34)$$

где Q_{om} – расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж;

F_n – сумма площадей пола квартир или полезной площади помещений здания, за исключением технических этажей и гаражей, м^2 ;

V – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м^3 .

Расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода находят по формуле

$$Q_{om} = [Q_{оер} - (Q_{быт} + Q_{с.р}) \nu \times \xi] \beta, \quad (2.35)$$

где $Q_{оер}$ – общее тепло потери здания через наружные ограждающие конструкции, МДж;

$Q_{\text{быт}}$ – бытовые тепlopоступления в течение отопительного периода, МДж;

$Q_{\text{с.р}}$ – тепlopоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж;

ν – коэффициент снижения тепlopоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемое значение $\nu = 0,8$;

ξ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления; рекомендуемые значения:

$\xi = 1$ – в однотрубных системах с термостатами и с пофасадным авторегулированием на вводе или квартирной горизонтальной разводкой;

$\xi = 0,95$ – в двухтрубных системах отопления с термостатами и центральным авторегулированием на вводе;

$\xi = 0,9$ – в однотрубных системах с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе; в однотрубных системах без термостатов на вводе; в двухтрубных системах отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

$\xi = 0,85$ – в однотрубных системах отопления с термостатами и без авторегулирования на вводе;

$\xi = 0,7$ – в системах и без термостатов, и с центральным авторегулированием на вводе с коррекцией по температуре внутреннего воздуха;

$\xi = 0,5$ – в системах без термостатов и без авторегулирования на вводе – регулирование центральное в ЦТП или котельной;

β – коэффициент, учитывающий дополнительное тепlopотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплого номенклатурного ряда отопительных приборов, дополнительными тепlopотерями через радиаторные участки ограждений и в угловых помещениях тепlopотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения:

$\beta = 1,13$ – для многосекционных и других протяженных зданий;

$\beta = 1,11$ – для зданий башенного типа;

$\beta = 1,07$ – для зданий с отапливаемыми подвалами;

$\beta = 1,05$ – для зданий с отапливаемыми чердаками, а также с квартирными генераторами теплоты.

Общие тепlopотери здания

$$Q_{\text{огр}} = 0,0864 K_0 \times \text{ГСОП} \times F_0, \quad (2.36)$$

где K_0 – общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/м²·°С;

F_0 – общая площадь внутренних поверхностей наружных ограждающих конструкций, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и перекрытие пола нижнего отапливаемого помещения.

Величину общего коэффициента теплопередачи здания, K_0 , Вт/(м²·°С), находят по формуле

$$K_0 = K_3 + K_{\text{инф}}, \quad (2.37)$$

где K_3 – приведенный (эквивалентный) коэффициент теплопередачи через наружные ограждающие конструкции здания, Вт/м²·°С,

$K_{\text{инф}}$ – условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции, Вт/м²·°С.

Приведенный коэффициент теплопередачи K_3 , Вт/м²·°С, через наружные ограждающие конструкции здания определяют по формуле

$$K_3 = \frac{\frac{F_{н.с}}{R_{н.с}} + \frac{F_{ок}}{R_{ок}} + \frac{F_{нд}}{R_{нд}} + \frac{F_{пок}}{R_{пок}} + \frac{nF_{чп}}{R_{чп}} + \frac{nF_{пл}}{R_{пл}} + \frac{F_{пр}}{R_{пр}}}{F_0}, \quad (2.38)$$

где $F_{н.с}$, $R_{н.с}$ – площадь, м², и приведенное сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт, наружных стен (за исключением проемов);

$F_{ок}$, $R_{ок}$ – то же, заполнения световых проемов (окон, витражей, фонарей);

$F_{нд}$, $R_{нд}$ – то же, наружных дверей и ворот;

$F_{пок}$, $R_{пок}$ – то же, совмещенных покрытий;

$F_{чп}$, $R_{чп}$ – то же, чердачных перекрытий;

$F_{пл}$, $R_{пл}$ – то же, цокольных перекрытий;

$F_{пр}$, $R_{пр}$ – то же, перекрытий под проездами и под эркерами;

n – коэффициент, учитывающий положение ограждения по отношению к наружному воздуху, приведенный в табл.3.1.

Условный коэффициент теплопередачи здания, учитывающий теплопотери за счет инфильтрации и вентиляции, Вт/м²·°С рассчитывают по формуле

$$K_{\text{инф}} = \frac{0,28C \cdot n_{\text{с}} \cdot \beta_{\text{с}} \cdot V \cdot \rho \cdot \kappa}{F_0}, \quad (2.39)$$

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

$n_{\text{с}}$ – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч⁻¹;

β_e – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций, при отсутствии данных, $\beta_e = 0,85$;

ρ – средняя плотность приточного воздуха за отопительный период, кг/м^3 ;

$$\rho = \frac{353}{273 + 0,5(t_e + t_{\text{от.неп}})}, \quad (2.40)$$

K – коэффициент учета влияния встречного потока в светопрозрачных конструкциях;

$K=0,7$ – для стыков панелей стен, окон и балконных дверей с тройными раздельными переплетами;

$K=0,8$ – для окон и балконных дверей с раздельными переплетами;

$K=0,9$ – то же, со спаренными переплетами;

$K=1$ – то же, с одинарными переплетами.

Среднюю кратность воздухообмена здания за отопительный период n_e , ч^{-1} , находят по суммарному воздухообмену за счет вентиляции и инфильтрации по формуле

$$n_e = \frac{\frac{L \cdot Z_e}{168} + \frac{G_{\text{инф}} \cdot K \cdot Z_{\text{инф}}}{168 \cdot \rho}}{\beta_e V}, \quad (2.41)$$

где L – количество приточного воздуха в здание при неорганизованном притоке либо нормируемое значение при механической вентиляции, $\text{м}^3/\text{ч}$, равно:

а) $L = 3F_{\text{ж}}$ – для жилых зданий, предназначенные гражданам с учетом социальной нормы (с расчетной заселенностью квартиры 20 м^2 общей площади и менее на человека);

б) $L = 0,35 \cdot 3F_{\text{ж}}$, но не менее $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ – для других жилых зданий; m – расчетное число жителей в здании;

в) $L = 4F_{\text{ж}}$ – для офисов и объектов сервисного обслуживания;

г) $L = 5F_{\text{ж}}$ – для учреждений здравоохранения образования;

д) $L = 6F_{\text{ж}}$ – для спортивных, зрелищных и детских дошкольных учреждений;

$F_{\text{ж}}$ – для жилых зданий – площадь жилых помещений; для общественных зданий – расчетная площадь, определяемая как сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, переходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, пандусов, а также помещений, предназначенных для размещения инженерного оборудования и сетей, м^2 ;

Z_e – число часов работы механической вентиляции в течение недели; 168 – число часов в неделе;

$G_{инв}$ – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч: для жилых зданий – воздуха, поступающего в лестничные клетки в течение суток отопительного периода; для общественных зданий – воздуха, поступающего через неплотности светопрозрачных конструкций и дверей; допускается принимать в нерабочее время

$$G_{инф} = 0,5 \beta_v \times V, \quad (2.42)$$

где $Z_{инв}$ – число часов учета инфильтрации в течение недели, ч, равное: 168 – для зданий со сбалансированной приточно-вытяжной вентиляцией и $(168 - Z_{\theta})$ – для зданий, в помещениях которых поддерживается подпор воздуха во время действия приточной механической вентиляции.

Количество инфильтрующегося воздуха в лестничную клетку жилого здания через неплотности заполнения проемов определяют по формуле

$$G_{инф} = \frac{F_{ок}}{R_{ок}^{Tp}} \left(\frac{\Delta P_{ок}}{10} \right)^{2/3} + \frac{F_{нд}}{R_{нд}^{mp}} \left(\frac{\Delta P_{нд}}{10} \right)^{1/2}, \quad (2.43)$$

где $F_{ок}$, $F_{нд}$ – соответственно для лестничной клетки и суммарная площадь окон и балконных дверей и входных наружных дверей, m^2 ;

$R_{ок}^{Tp}$, $R_{нд}^{Tp}$ – соответственно для лестничной клетки требуемое сопротивление воздухопроницанию окон и балконных дверей и входных наружных дверей;

$\Delta P_{ок}$, $\Delta P_{нд}$ – соответственно для лестничной клетки расчетная разность давлений наружного и внутреннего воздуха для окон и балконных дверей и входных наружных дверей.

Бытовые тепlopоступления в течение отопительного периода $Q_{быт}$, МДж, вычисляют по формуле

$$Q_{быт} = 0,0864 q_{быт} \cdot Z_{от.пер} \cdot F_{жс}, \quad (2.44)$$

где $q_{быт}$ – величина бытовых тепловыделений на $1 m^2$ жилых помещений или расчетной площади общественного здания, $Вт/m^2$, принимаемая:

- а) $q_{быт} = 17 \text{ Вт}/m^2$ – для жилых зданий, предназначенных гражданам с учетом социальной нормы ($20 m^2$ общей площади и менее на человека);
- б) $q_{быт} = 10 \text{ Вт}/m^2$ – для жилых зданий без ограничения социальной нормы ($45 m^2$ общей площади и более на одного человека);

в) $q_{\text{быт}}$ между 10 и 17 Вт/м² – для других жилых зданий в зависимости от расчетной заселенности квартиры по интерполяции;

г) для общественных и административных зданий бытовые тепловыделения учитываются по расчетному числу людей (90 Вт/чел), находящихся в здании, освещения (по установочной мощности) и оргтехники (10 Вт/м²) с учетом рабочих часов в неделю.

Теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода $Q_{с.р.}$, МДж, для четырех фасадов здания, ориентированных по четырем направлениям, находят по формуле

$$Q_{с.р.} = b_{ок} f_{ок} (F_{1;ок} I_1 + F_{2;ок} I_2 + F_{3;ок} I_3 + F_{4;ок} I_4) + (b_{з.ф} f_{з.ф} F_{з.ф} I_{зоп}), (2.45)$$

где $b_{ок}, b_{з.ф}$ – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема соответственно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, принимаемые по прил.2;
 $f_{ок}, f_{з.ф}$ – коэффициенты относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений соответственно окон и зенитных фонарей, принимаемые по приложению 2;

$F_{1;ок}; F_{2;ок}; F_{3;ок}; F_{4;ок}$ – площадь светопроемов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырем направлениям, м²;

$F_{з.ф}$ – площадь светопроемов зенитных фонарей, м²;

I_1, I_2, I_3, I_4 – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности при действительных условиях облачности, соответственно ориентированная по четырем фасадам здания, МДж/м², принимаемая по СНиП [5];

$I_{зоп}$ – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности, МДж/м² [5].

2.8. Составление энергетического паспорта здания

Энергетический паспорт здания (табл.2.17) составляют для подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности и теплотехнических показателей нормируемым значениям.

Энергетический паспорт здания содержит:

- общую информацию о проекте;
- расчетные условия;

- сведения о функциональном назначении и типе здания;
- объемно-планировочные и компоновочные показатели здания;
- расчетные энергетические показатели здания, в том числе показатели энергоэффективности и теплотехнические показатели;
- сведения о сопоставлении с нормируемыми показателями;
- рекомендации по повышению энергетической эффективности здания;
- результаты измерения энергоэффективности и уровня тепловой защиты здания после годичного периода его эксплуатации;
- класс энергетической эффективности здания.

Таблица 2.17

Энергетический паспорт здания

Общая информация

Дата заполнения (число, месяц, год)	
Адрес здания	
Разработчик проекта	
Адрес и телефон разработчика	
Шифр проекта	

Параметры	Единица измерения	Значение параметра
1. Нормативные параметры теплозащиты здания, строения, сооружения		
1.1. Требуемое сопротивление теплопередаче:		
наружных стен	кв.м град С/Вт	
окон и балконных дверей	кв.м град С/Вт	
покрытий, чердачных перекрытий	кв.м град С/Вт	
перекрытий над проездами	кв.м град С/Вт	
перекрытий над неотапливаемыми подвалами и подпольями	кв.м град С/Вт	
1.2. Требуемый приведенный коэффициент теплопередачи здания, строения, сооружения	Вт/(кв.м град С)	
1.3. Требуемая воздухопроницаемость:		
ограждающих конструкций	кг/(кв.м ч)	
наружных стен (в т.ч. стыки)	кг/(кв.м ч)	
окон и балконных дверей (при разности давлений 10 Па)	кг/(кв.м ч)	
покрытий и перекрытий первого этажа	кг/(кв.м ч)	
выходных дверей в квартиры	кг/(кв.м ч)	

Продолжение табл. 2.17

Параметры	Единица измерения	Значение параметра
1.4. Нормативная обобщенная воздухопроницаемость здания, строения, сооружения при разности давлений 10 Па	кг/(кв.м ч)	
2. Расчетные показатели и характеристики здания, строения, сооружения		
2.1. Объемно-планировочные и заселения		
2.1.1. Строительный объем всего, в том числе	куб.м	
отопливаемой части	куб.м	
2.1.2. Количество квартир (помещений)	шт.	
2.1.3. Расчетное количество жителей (работников)	чел.	
2.1.4. Площадь квартир, помещений (без летних помещений)	кв.м	
2.1.5. Высота этажа (от пола до пола)	м	
2.1.6. Общая площадь наружных ограждающих конструкций отопливаемой части здания всего, в том числе:	кв.м	
стен, включая окна, балконные и входные двери в здание	кв.м	
окон и балконных дверей	кв.м	
покрытий, чердачных перекрытий	кв.м	
перекрытий над неотапливаемыми подвалами и подпольями, проездами и под эркерами, полов по грунту	кв.м	
2.1.7. Отношение площади наружных ограждающих конструкций отопливаемой части здания к площади квартир (помещений)		
2.1.8. Отношение площади окон и балконных дверей к площади стен, включая окна и балконные двери		
2.2. Уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций		
2.2.1. Приведенное сопротивление теплопередаче:		
стен	кв.м град С/Вт	
окон и балконных дверей	кв.м град С/Вт	
покрытий, чердачных перекрытий	кв.м град С/Вт	
перекрытий над подвалами и подпольями	кв.м град С/Вт	
перекрытий над проездами и под эркерами	кв.м град С/Вт	
2.2.2. Приведенный коэффициент теплопередачи здания	Вт/(кв.м град С)	

Продолжение табл. 2.17

Параметры	Единица измерения	Значение параметра
2.2.3. Сопротивление воздухопроницанию наружных ограждающих конструкций при разности давлений 10 Па		
стен (в т.ч. стыки)	кв.м ч/кг,	
окон и балконных дверей	кв.м ч/кг	
входных дверей в квартиры	кв.м ч/кг	
стыков элементов стен	м ч/кг	
2.2.4. Приведенная воздухопроницаемость ограждающих конструкций здания при разности давлений 10 Па	кг/(кв.м ч)	
2.3. Энергетические нагрузки здания		
2.3.1. Потребляемая мощность систем инженерного оборудования:		
отопления	кВт	
горячего водоснабжения	кВт	
электроснабжения	кВт	
других систем (каждой отдельно)	кВт	
2.3.2. Средние суточные расходы:		
природного газа	куб.м/сут	
холодной воды	куб.м/сут	
горячей воды	куб.м/сут	
2.3.3. Удельный максимальный часовой расход тепловой энергии на 1 кв.м площади квартир (помещений):		
на отопление здания	Вт/кв.м	
в том числе на вентиляцию	Вт/кв.м	
2.3.4. Удельная тепловая характеристика	Вт/(куб.м град С)	
2.4. Показатели эксплуатационной энергоёмкости здания, строения, сооружения		
2.4.1. Годовые расходы конечных видов энергоносителей на здание (жилую часть здания), строение, сооружение:		
тепловой энергии на отопление в холодный и переходный периоды года	МДж/год	
тепловой энергии на горячее водоснабжение	МДж/год	
тепловой энергии других систем (раздельно)	МДж/год	
электрической энергии всего, в том числе:	МВт ч/год	
на общедомовое освещение	МВт ч/год	
в квартирах (помещениях)	МВт ч/год	
на силовое оборудование	МВт ч/год	
на водоснабжение и канализацию	МВт ч/год	

Продолжение табл. 2.17

Параметры	Единица измерения	Значение параметра
природного газа	тыс.куб.м/год	
2.4.2. Удельные годовые расходы конечных видов энергоносителей в расчете на 1 кв.м площади квартир(помещений):		
тепловой энергии на отопление в холодный и переходный периоды года	МДж/кв.м год	
тепловой энергии на горячее водоснабжение	МДж/кв.м год	
тепловой энергии других систем (раздельно)	Мдж/кв.м год	
электрической энергии	кВт ч/кв.м год	
природного газа	куб.м/кв.м год	
2.4.3. Удельная эксплуатационная энергоемкость здания (обобщенный показатель годового расхода топливно-энергетических ресурсов в расчете на 1кв. м площади квартир, помещений)	кг у.т./ кв.м год	
3. Сведения об оснащенности приборами учета		
3.1. Количество точек ввода со стороны энергоресурсов и воды, оборудованных приборами учета, при централизованном снабжении:		
электрической энергии	шт.	
тепловой энергии	шт.	
газа	шт.	
воды	шт.	
3.2. Количество точек ввода со стороны энергоресурсов и воды, не оборудованных приборами учета, при централизованном снабжении		
электрической энергии	шт.	
тепловой энергии	шт.	
газа	шт.	
воды	шт.	
3.3. Количество точек ввода электрической энергии, тепловой энергии, газа, воды, не оборудованных приборами учета, при децентрализованном снабжении этими ресурсами:		
электрической энергии	шт.	
тепловой энергии	шт.	
газа	шт.	
воды	шт.	

Окончание табл. 2.17

Параметры	Единица измерения	Значение параметра
3.4. Оснащенность квартир (помещений) приборами учета потребляемых:		
электрической энергии	%	
тепловой энергии		
газа	%	
воды	%	

4. Характеристики наружных ограждающих конструкций (краткое описание)

4.1. Стены _____

4.2. Окна и балконные двери _____

4.3. Перекрытие над техническим подпольем, подвалом _____

4.4. Перекрытие над последним жилым этажом либо над «теплым» чердаком _____

Дата составления энергетического паспорта

« ____ » « _____ » ____ г.

Подпись ответственного исполнителя

Должность, ФИО _____

Подпись заказчика

Должность, ФИО _____

МП

3. ОСНОВЫ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

3.1. Определение отопительной нагрузки помещений

Отопительная нагрузка помещений определяется исходя из теплового баланса, составленного отдельно для каждого помещения.

Отопительная система должна компенсировать потери теплоты через ограждения, на нагревание инфильтрующегося воздуха, а также на нагрев вносимых холодных материалов (в промышленных зданиях) с учётом постоянных тепловыделений в помещениях.

До расчёта потерь теплоты через ограждения нумеруют помещения трёхзначными цифрами. Помещение первого этажа нумеруют с 101 номера, второго соответственно с 201 и т.д.

Лестничные клетки обозначаются литерными буквами А, Б и т.д.

Потери тепловой энергии определяют через все ограждения, которые граничат с наружным воздухом (стены, окна, покрытия), с неотапливаемыми помещениями (чердачные перекрытия, перекрытия над неотапливаемыми подвалами, техподпольями), а также с помещениями, имеющими температуру на 3°С и ниже, чем в рассчитываемом помещении.

Через каждый вид ограждения теплопотери рассчитываются по формуле

$$Q = kF(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})np, \quad (3.1)$$

где F – расчётная площадь ограждения, м²;

$t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха для расчёта отопления, равная температуре по параметрам Б, °С;

n – коэффициент, учитывающий положение ограждения по отношению к наружному воздуху (см. табл. 2.3);

p – множитель, учитывающий дополнительные теплопотери, определяемый из выражения

$$p = 1 + \sum \beta, \quad (3.2)$$

где $\sum \beta$ – сумма дополнительных потерь через ограждения, принимаемая в долях от основных теплопотерь.

Расчётную площадь ограждающей конструкции F , м², определяют с точностью до 0,1 м² по правилам обмера линейных размеров ограждений в плане и разрезе здания.

Линейные размеры ограждения определяют следующим образом:

- а) площадь окон, дверей и фонарей – по наименьшим размерам строительных проемов в свету;
- б) площадь полов и потолков – по размерам между осями внутренних стен или от внутренней поверхности наружных стен до оси внутренних стен;
- в) высота стен первого этажа при наличии пола, расположенного непосредственно на грунте, – от уровня чистого пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа; при наличии неотапливаемого подвала или подполья – от уровня нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа;
- г) высота стен промежуточного этажа – между уровнями чистых полов данного и вышележащего этажей;

- д) высота стен верхнего этажа – от уровня чистого пола верхнего этажа до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия или от уровня чистого пола до линии пересечения внутренней поверхности наружной стены с верхней плоскостью бесчердачного покрытия;
- е) длина наружных стен неугловых помещений – между осями внутренних стен, а угловых помещений – от угла до оси внутренних стен;
- ж) длина внутренних стен – от внутренней поверхности наружных стен до оси внутренней стены или между осями внутренних стен.

Добавочные теплопотери $\Sigma \beta$ через ограждающие конструкции помещений любого назначения принимают в долях от основных теплопотерь:

- а) для наружных вертикальных и наклонных (вертикальная проекция) стен, дверей и окон, обращенных на север (С), восток (В), северо-восток (СВ) и северо-запад (СЗ), – в размере 0,1, на юго-восток (ЮВ) и запад (З) – в размере 0,05, на юг (Ю) и юго-запад (ЮЗ) – 0;
- б) в угловых помещениях – по 0,15 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;
- в) для наружных дверей, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте здания H , м (от уровня земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или шахты), в размере:
 $0,2 H$ – для тройных дверей с двумя тамбурами между ними,
 $0,27 H$ – для двойных дверей с тамбуром между ними,
 $0,34 H$ – для двойных дверей без тамбура,
 $0,22 H$ – для одинарных дверей;
- г) для наружных ворот, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами, – в размере 3 при отсутствии тамбура и в размере 1 при наличии тамбура у ворот;
- д) через необогреваемые полы первого этажа над холодными подпольями зданий в местностях с расчетной температурой наружного воздуха минус 40°C и ниже (параметры Б) – в размере 0,05.

Коэффициент учета положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху η принимают по табл.2.3.

Теплопотери через внутренние ограждающие конструкции помещений можно не учитывать, если разность температур в этих помещениях равна 3°C и меньше.

Расчёт тепловой нагрузки представляется в табличной форме (табл.3.1).

Расчет теплопотерь через ограждения

Таблица 3.1

Номер помещения	Наименование помещения и температура воздуха t_a , °C	Характеристики ограждения					Расчетная разность температур $(t_e - t_{ij})$, °C	Коэффициент n	Основные теплопотери, Вт	Добавки				Коэффициент учёта добавок	Общие теплопотери, Вт	
		Обозначение	Ориентация по сторонам света	Количество и линейные размеры, м	Площадь поверхности ограждения, м ²	Коэффициент теплопередачи K				На ориентацию по сторонам света	На входные наружные двери	На угловые помещения	На необогреваемые полы		Ограждения $Q_{огр}$	помещения
101	1 этаж, жилая комната 20°C	НС	Ю-З	3,3x2,8	9,2	0,44	35	1	142	-	-	0,1	-	1,1	156	652
		ДО	Ю-В	1,6x1,4	2,2	1,44	35	1	111	0,05	-	0,1	-	1,15	128	
		НС	Ю-В	5,4x2,8	15,1	0,44	35	1	233	0,05	-	0,1	-	1,15	268	
		ПЛ	-	5,0x2,9	14,5	0,33	35	0,6	100	-	-	-	-	1,0	100	

Примечания:

1. Названия ограждений в таблице обозначают: НС – наружная стена, ДО – двойное окно, ПТ – чердачное перекрытие (потолок), ПЛ – перекрытие над подвалом (пол), ДД – двойные двери.
2. При определении размеров наружных ограждений необходимо соблюдать правила, изложенные в [3].
3. Подсчет потерь теплоты лестничной клетки вести как для одного помещения, а при определении теплопотерь через наружную стену из ее площади вычитать площадь двери.

Площадь окна не вычитают из площади стены, а при определении теплотерь через окна из коэффициента теплопередачи окна вычитают коэффициент теплопередачи наружной стены, т.е. в таблице записывают (*кок-кн.с*).

Отопительную нагрузку помещений жилых и ряда общественных зданий $Q_{от}$, Вт, рассчитывают по формуле

$$Q_{от} = Q_{огр} + Q_{инф} - Q_{быт}, \quad (3.3)$$

где $Q_{огр}$ – суммарные теплотери ограждающих конструкций помещения, Вт;

$Q_{инф}$ – количество теплоты, потребное для нагрева инфильтрующегося воздуха, Вт;

$Q_{быт}$ – бытовые тепловыделения, Вт.

Расход теплоты Q_i , Вт, на нагревание инфильтрующегося воздуха следует определять по формуле

$$Q_u = 0,28 \sum [G_i c (t_e - t_n) k], \quad (3.4)$$

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

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

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

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, следует принимать равным большей из величин, полученных по расчету по формулам (3.4) и (3.5).

$$Q_e = 0,28 L_n \rho c (t_e - t_n) k, \quad (3.5)$$

где L_n – расход удаляемого воздуха, м³/ч, не компенсируемый подогретым приточным воздухом; для жилых зданий – удельный нормативный расход 3 м³/ч на 1 м² жилых помещений;

ρ – плотность воздуха в помещении, кг/м³.

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

$$G_i = 0,216 \Sigma F_1 \Delta p_i^{0,67} / R_u + \Sigma F_2 G_H (\Delta p / \Delta p_1)^{0,67} + 3456 \Sigma F_3 \Delta p_i^{0,5} + 0,5 \Sigma l \Delta p / \Delta p_1, \quad (3.6)$$

где F_1, F_2 – площади наружных ограждающих конструкций, м^2 , соответственно световых проемов (окон, балконных дверей, фонарей) и других ограждений;

F_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 световых проёмов, $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$;

G_H – нормативная воздухопроницаемость наружных ограждающих конструкций, $\text{кг} / (\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, принимаемая по табл.2.12;

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 $p_{доп}$, Па (отождествляется с давлениями на внутренних поверхностях наружных ограждающих конструкций), на основе равенства расхода воздуха, поступающего в здание ΣG_i , $\text{кг} / \text{ч}$, и удаляемого из него ΣG_{ext} , $\text{кг} / \text{ч}$, 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

$$\Delta p_i = (H - h_i) (\gamma_n - \gamma_{в}) + 0,5 \rho_n v^2 (c_n - c_3) k_l - p_{доп}, \quad (3.7)$$

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

$\gamma_n, \gamma_{в}$ – удельный вес, $\text{Н} / \text{м}^3$, соответственно наружного воздуха и воздуха в помещении, определяемый по формуле

$$\gamma = \frac{3463}{(273 + t)}; \quad (3.8)$$

ρ_n – плотность наружного воздуха, $\text{кг} / \text{м}^3$;

v – скорость ветра, $\text{м} / \text{с}$;

C_n, C_z – аэродинамические коэффициенты соответственно для наветренной и подветренной поверхностей ограждений здания;

k_l – коэффициент учета изменения скоростного давления ветра в зависимости от высоты здания;

$P_{доп}$ – условно-постоянное давление воздуха в здании, Па.

При расчёте отопительной нагрузки учитывают тепловой поток, регулярно поступающий в помещения комнат и кухонь жилых домов от электроприборов, освещения, людей (бытовые тепловыделения – $Q_{быт}$), который принимают в количестве не менее 10 Вт на 1 м² площади пола.

$$Q_{быт} \geq 10 F_{пл}. \quad (3.9)$$

Для жилых комнат и кухонь отопительную нагрузку находят по формуле (3.3).

Для нежилых помещений (коридоров, лестничных клеток, кладовых и т.п.)

$$Q_{от} = Q_{огр} + Q_{инф}. \quad (3.10)$$

Результаты расчёта отопительной нагрузки сводят в табл.3.2.

Таблица 3.2

Расчёт отопительной нагрузки помещений

Номер помещения, его назначение	Суммарные теплотери через ограждающие конструкции помещения $Q_{огр}$, Вт	Расход теплоты на нагрев infiltrующегося воздуха $Q_{и}$, Вт	Расход теплоты на нагрев воздуха, компенсирующего расход вытяжного воздуха $Q_{в}$, Вт	Бытовые тепловыделения $Q_{быт}$, Вт	Отопительная нагрузка $Q_{от}$, Вт
1	2	3	4	5	6

3.2. Виды систем отопления

Система отопления – это комплекс конструктивных элементов, предназначенных для получения, переноса и передачи необходимого количества теплоты во все обогреваемые помещения.

В зависимости от вида теплоносителя (среды, осуществляющей перенос теплоты) системы отопления могут быть водяные, паровые, воздушные, газовые, электрические.

Системы отопления подразделяются на местные и центральные.

Местными являются системы, в которых все конструктивные элементы объединены в одной установке, где происходит получение, перенос и передача теплоты в помещение. К ним относят электрическое, газовое и печное отопление.

Центральными называют системы, предназначенные для отопления многих помещений из единого теплового центра. Центральные системы отопления могут быть комбинированными, когда теплоноситель систем отопления (вторичный) нагревается первичным теплоносителем (высокотемпературной водой или паром). Наибольшее распространение при водяном теплоснабжении получило водо-водяное, водо-воздушное отопление.

В гражданских зданиях чаще всего применяются водяные системы отопления. При водяном отоплении наблюдаются невысокая температура поверхности нагревательных приборов и труб, равномерная температура помещений при качественно-количественном регулировании теплоотдачи, экономия топлива, значительный срок службы, бесшумность действия, простота обслуживания и ремонта.

Существует несколько схем присоединения систем водяного отопления к наружным тепловым сетям (рис.3.1).

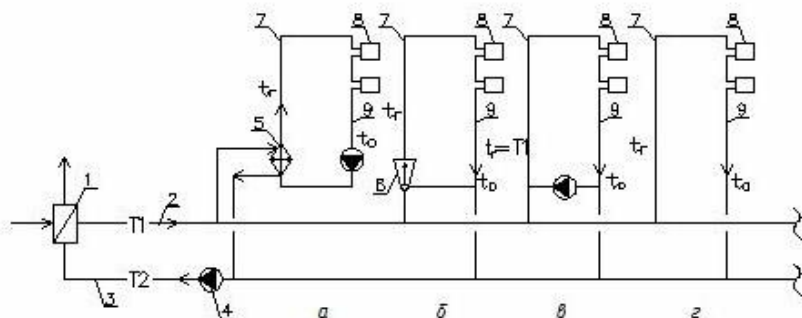


Рис.3.1. Схемы присоединения систем водяного отопления к наружным тепловым сетям:

- 1 – центральный теплообменник; 2 – подающий трубопровод наружной тепловой сети; 3 – обратный трубопровод наружной тепловой сети;
- 4 – циркуляционный насос; 5 – местный теплообменник; 6 – смесительная установка (эlevator); 7 – подающий трубопровод системы отопления;
- 8 – отопительный прибор; 9 – обратный трубопровод системы отопления

Независимую схему присоединения (рис.3.1, а) применяют для создания местного теплового и гидравлического режима при $t_a < T_1$, когда давление в обратном трубопроводе тепловой сети больше допустимого на отопительные приборы или когда давле-

ние в подающем трубопроводе тепловой сети недостаточно для преодоления сопротивления системы отопления.

Зависимые схемы присоединения со смешением в элеваторе (рис.3.1,б) и с помощью циркуляционного насоса (рис.3.1,в) применяют в случаях, когда в системе отопления требуется соблюдать условие $t_e < T_1$. Зависимая прямоточная без смешения воды (рис. 3.1,г) используется в том случае, когда в системе отопления допускаются высокотемпературная вода ($t_e = T_1$) и значительное гидростатическое давление.

Первичный высокотемпературный теплоноситель с температурой получает теплоту в центральном теплообменнике 1 и движется по трубопроводам наружной теплосети 2 и 3. Вторичный низкотемпературный теплоноситель получает теплоту от первичного в местном теплообменнике 5 или образуется при смешении высокотемпературной и охлажденной воды в смесительной установке 6, переносит её по внутренним теплопроводам 7 и 9 в отопительные приборы 8.

3.3. Водяное отопление

3.3.1. Классификация систем водяного отопления

Системы водяного отопления различают:

1. *По способу создания циркуляции* – с естественной циркуляцией теплоносителя (гравитационные), в которых движение возникает вследствие разности плотностей нагретой и охлажденной воды, и с механическим побуждением циркуляции насосами.

2. *По температуре теплоносителя* – низкотемпературные с теплоносителем, температура которого не превышает 105°C, и высокотемпературные, имеющие температуру теплоносителя до 150°C.

3. *По способу соединения стояков с отопительными приборами* – однотрубные с последовательным соединением приборов, двухтрубные с параллельным соединением приборов и бифилярные с последовательным соединением сначала всех первых половин приборов, затем для течения воды в обратном направлении всех вторых их половин.

4. *По расположению труб, соединяющих отопительные приборы*, – вертикальные и горизонтальные.

5. *В зависимости от места прокладки магистралей* – с верхней разводкой подающей магистрали; с нижней разводкой подающей и обратной магистралей ниже отопительных приборов; с

«опрокинутой» циркуляцией воды при прокладке обратной магистрали выше приборов.

По направлению движения воды в подающей и обратной магистралях – с тупиковым (встречным) и попутным (в одном направлении) движением воды в магистралях.

На рис.3.2 приведена схема вертикальной однотрубной системы насосного водяного отопления с верхней разводкой с нерегулируемым проточным (стояк 1), с осевыми замыкающими участками (стояк 2), со смещёнными замыкающими участками (стояк 3), с проточно-регулируемыми стояками с трёхходовыми кранами (стояки 4 и 5).

На рис.3.3 показана схема вертикальной однотрубной системы насосного водяного отопления с нижней разводкой и П-образными стояками: нерегулируемым проточным (стояк 1), регулируемым со смещёнными замыкающими участками и проходными кранами (стояки 2 и 3), проточным регулируемым с обходными участками и трёхходовыми кранами (стояк 4) и бифилярным (стояк 5).

На рис.3.4 дана схема вертикальной однотрубной системы насосного отопления с опрокинутой циркуляцией воды и проточным расширительным баком. Стояки могут быть проточными (стояки 1,3) или со смещёнными обходными (стояки 2 и 5) и замыкающими (стояк 4) участками.

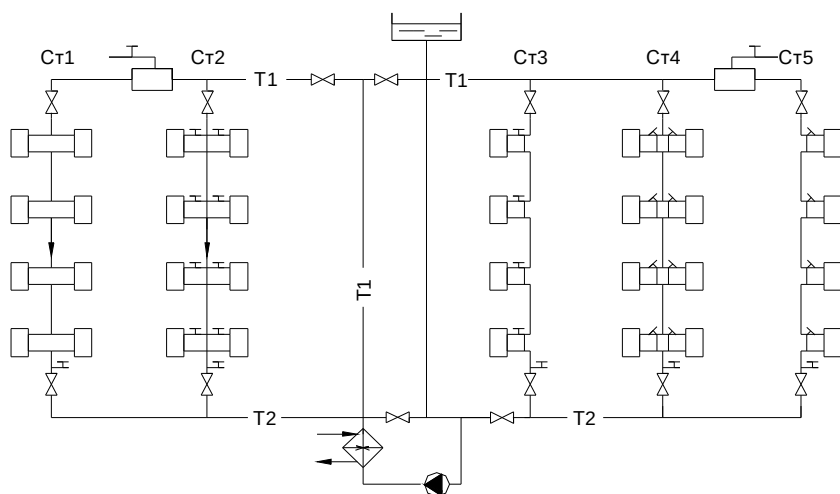


Рис.3.2. Схема вертикальной однотрубной системы насосного водяного отопления с верхней разводкой

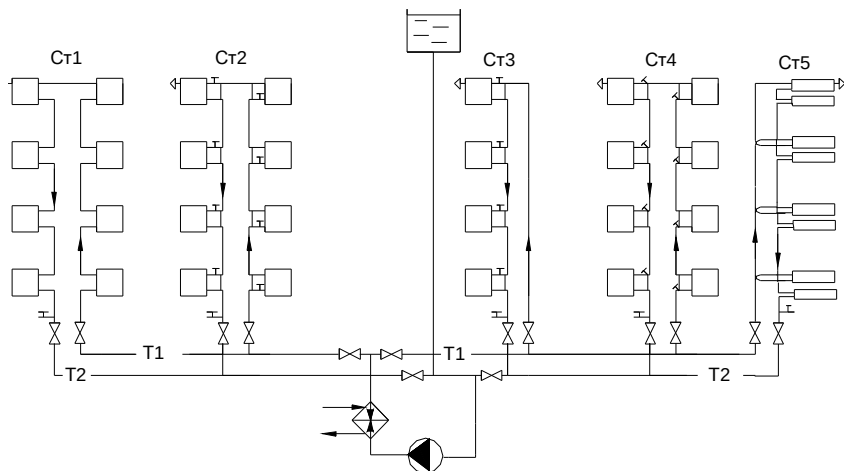


Рис. 3.3. Схема вертикальной однотрубной системы насосного водяного отопления с нижней разводкой

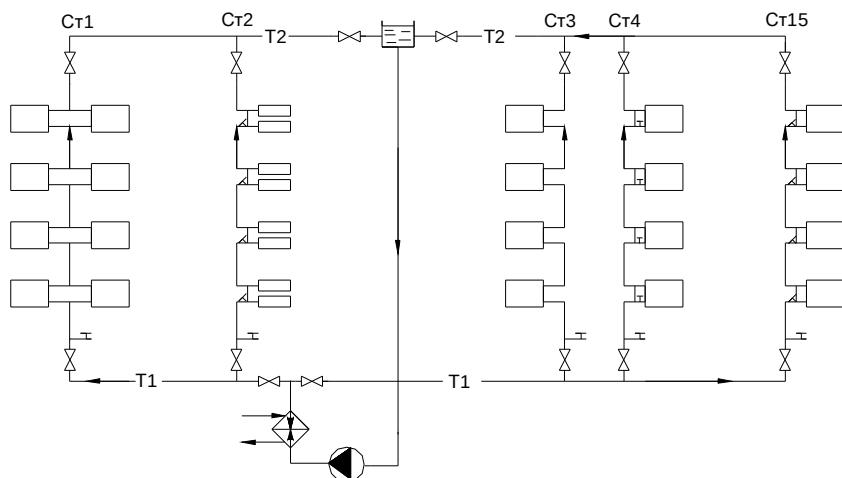


Рис.3.4. Схема вертикальной однотрубной системы отопления с опрокинутой циркуляцией воды

На рис.3.5 приведена схема вертикальной двухтрубной системы насосного водяного отопления с верхней (а) и нижней (б) разводкой. При нижней разводке удаление воздуха из системы может осуществляться через воздушную линию или через воздушные краны.

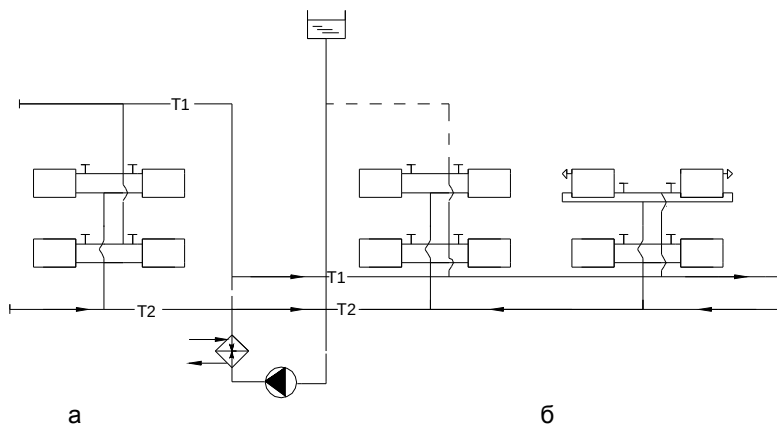


Рис.3.5. Схема вертикальной двухтрубной системы насосного водяного отопления с верхней (а) и нижней (б) разводкой

Вид системы отопления, параметры теплоносителя, а также тип нагревательных приборов принимают по соответствующим нормам и рекомендациям справочной литературы [7].

3.3.2. Конструирование системы отопления

До начала конструирования систем отопления необходимо определиться с их количеством в здании. Количество систем отопления зависит от архитектурно-планировочного решения здания, числа самостоятельных корпусов и блоков, которые могут иметь различную этажность. В зданиях с обычной планировкой также можно увеличить количество систем отопления для повышения надёжности работы. Некоторые здания могут иметь помещения с особым тепловоздушным режимом, система отопления которых должна быть самостоятельной, не связанной с основной системой (например, зрительные и спортивные залы, торговые залы магазинов и предприятий общественного питания, встроенные помещения и т.п.).

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

В многоэтажных зданиях применяют однотрубную систему отопления с проточно-регулируемыми стояками или стояками с замыкающими участками (осевыми или смещёнными). В малоэтажных зданиях (до 3-х этажей) используют двухтрубные стояки, но в этом случае не рекомендуется использовать в качестве отопительных приборов конвекторы, имеющие при малом расходе теплоносителя низкую теплоотдачу.

Для отопления помещения большой площади и при наличии витражей или значительного остекления применяют горизонтальную одно- или двухтрубную систему отопления.

Разводка магистралей в зданиях может быть с тупиковым и попутным движением воды. Тупиковую схему применяют, если ветви системы имеют небольшое количество однотрубных стояков с большим гидравлическим сопротивлением. При значительном количестве стояков однотрубной системы выполняют систему с попутным движением теплоносителя в магистралах.

На планах этажей зданий размещают стояки системы отопления и нагревательные приборы в соответствии с правилами, изложенными в [7]. Стояки наносят на план в виде кружков и нумеруют, начиная с левого верхнего угла здания по часовой стрелке (рис.3.6). Номера помечают по оси стояков с внешней стороны стен здания. При двухтрубных системах изображают только подающие стояки и подающие подводы к приборам. Отопительные приборы изображают в виде прямоугольников. Длина подводки не должна превышать 1,5 м. В угловых комнатах обязательна установка отопительного стояка в углу, образованном наружными стенами. В кухнях, расположенных рядом с лестничной клеткой, стояк устанавливают в углу, прилегающем к лестничной клетке. Установка стояков при верхней разводке, как правило, производится в углах, ближайших к главному стояку. При нижней разводке подъемный стояк прокладывают в помещении с меньшей тепловой нагрузкой, опускной стояк – в помещении с большей тепловой нагрузкой; оба стояка должны находиться в пределах одной квартиры. Допускается при необходимости установка стояков, подъемная ветвь которых не имеет отопительных приборов.

Отдельно размещают стояки лестничных клеток, к которым приборы присоединяют по проточной схеме без кранов. При системе отопления с верхней разводкой или опрокинутой циркуляцией на всех планах отмечают размещение главного стояка (Г.Ст.).

На планах чердака (при верхней разводке) и подвала наносят магистральные трубопроводы (рис.3.7). На чердаке подающие магистрали размещают на расстоянии 1–1,5 м от внутренней поверхности стен. Высота над перекрытием верхнего этажа принимается 0,2–0,3 м. Обратные магистрали в подвале или техническом подполье прокладывают на кронштейнах вдоль наружных стен в плоскости стояков на расстоянии 0,5–0,6 м от низа перекрытия для размещения запорной арматуры стояков. Магистрали обозначаются сплошной линией с указанием в её разрыве их значения: Т1 – подающая, Т2 – обратная. Обозначают направление и величину уклона. Затем строят схему системы отопления в аксонометрической проекции без искажения размеров в масштабе 1:100 (рис.3.8).

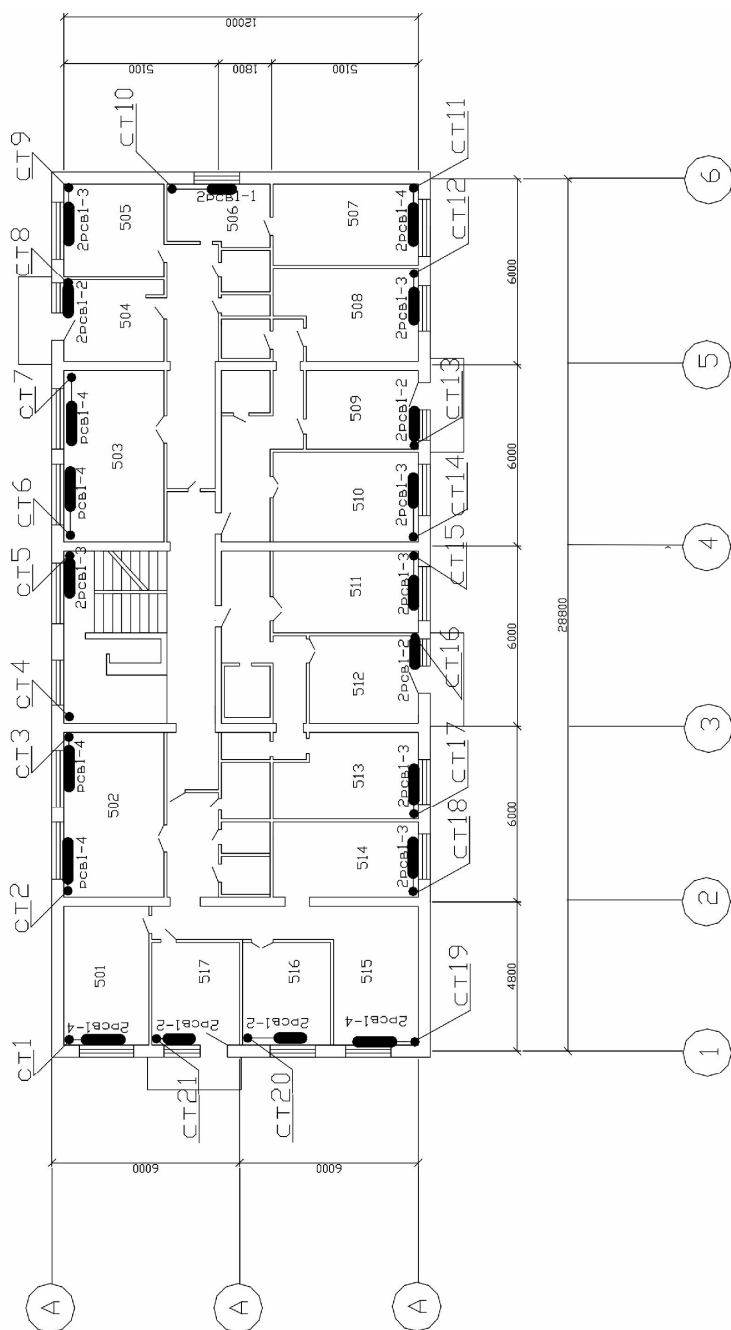


Рис. 3.6. План типового этажа

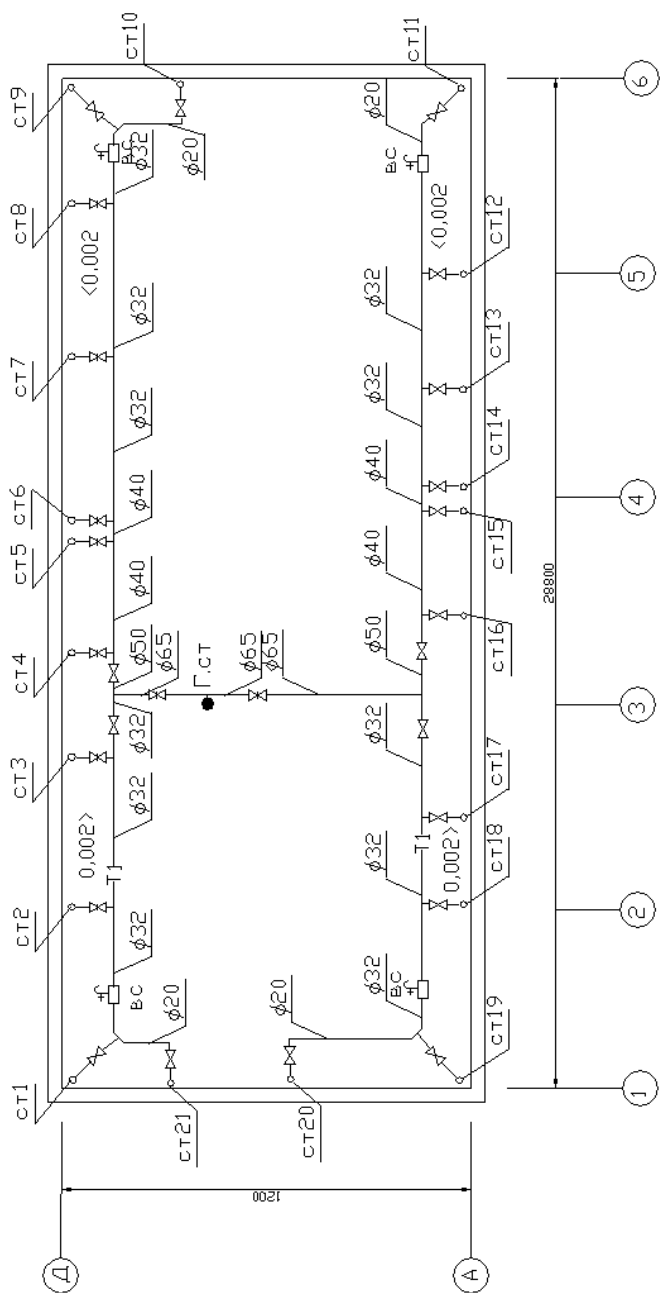


Рис. 3.7. План чердака (толщина)

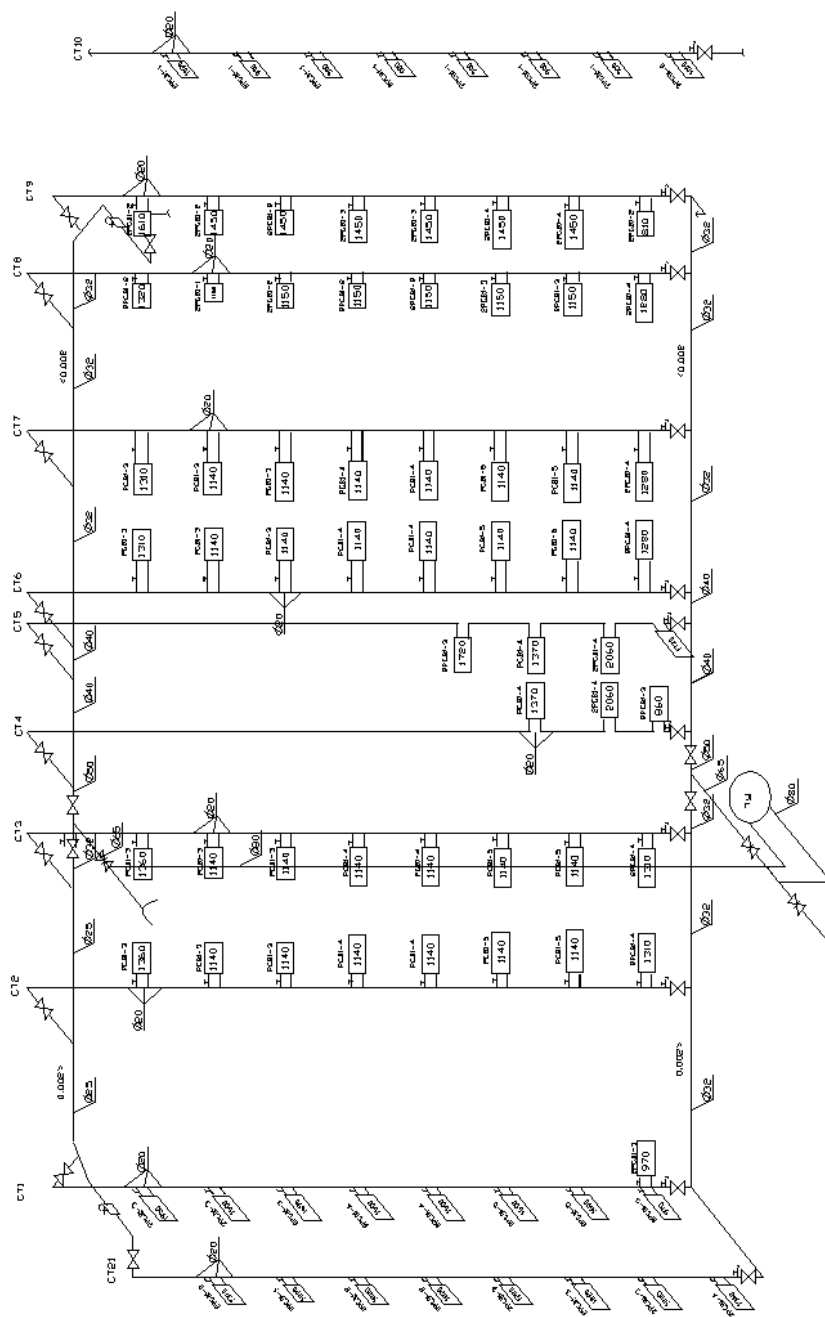


Рис. 3.8. Схема системы отопления в аксонометрической проекции (толщина)

На приборах показывают их тепловую мощность, равную отопительной нагрузке помещений. На подводках к отопительным приборам, на стояках и магистралях указывают запорно-регулирующую арматуру в соответствии с [7]. В случаях, когда взаимное расположение стояков затрудняет рассмотрение схемы здания, их 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 подающих подводках к радиаторам устанавливают краны двойной регулировки или трёхходовые краны.

На всех стояках в зданиях, имеющих более трёх этажей, устанавливают вентили или пробковые краны в начале и конце стояков. Для спуска воды предусматривают тройники с пробкой или краны.

После узла ввода на каждой ветви системы отопления устанавливают вентили ($d_y \leq 50$) или задвижки ($d_y > 50$).

Необходимо также предусмотреть устройства для удаления воздуха из системы отопления и указать их в схеме, отметить уклон трубопроводов. При верхней разводке воздух удаляется с помощью воздухоотборников, которые устанавливают в конце каждой ветви перед последним стояком. При нижней разводке подающих магистралей воздух удаляется через воздухоотпускные краны, устанавливаемые в верхних пробках радиаторов верхнего этажа и на подводках к конвекторам.

Для спуска воды из системы отопления в узле теплового ввода устанавливают спускные вентили. Уклон трубопроводов должен быть в сторону теплового ввода. Вода может удаляться также из нижних точек системы отопления через тройники с пробками или вентили.

3.3.3. Гидравлический расчёт трубопроводов систем водяного отопления

Задача гидравлического расчёта состоит в обоснованном выборе экономических диаметров труб с учётом располагаемого циркуляционного давления и требуемых расходов теплоносителя на всех участках сети, обеспечивающих расчётные тепловые нагрузки отопительных приборов. Расчёт ведётся подбором диаметров по имеющемуся сортаменту труб.

Гидравлический расчёт начинают с основного (главного) циркуляционного кольца, которое находится в наиболее неблагоприятных условиях. Затем производят расчёт и увязку остальных циркуляционных колец. Для различных систем отопления основное

циркуляционное кольцо выбирают по-разному. В двухтрубных вертикальных системах водяного отопления оно проходит через нижний отопительный прибор наиболее нагруженного и удаленного от теплового ввода стояка при тупиковой разводке магистралей и через нижний прибор наиболее нагруженного среднего стояка – при попутном движении воды в магистральных.

В однотрубных вертикальных системах отопления основное циркуляционное кольцо проходит при тупиковой системе через наиболее нагруженный и удаленный от теплового ввода стояк, при попутном же движении воды в магистральных – через средний, наиболее нагруженный, стояк.

Основное циркуляционное кольцо разбивают на расчетные участки по ходу движения теплоносителя. На каждом участке обозначают тепловую нагрузку и длину трубопроводов. По вычисленным расходам воды и принятым диаметрам труб определяют потери давления на каждом расчетном участке и суммарную потерю давления $\sum \Delta P_{\text{пот}}$ на циркуляционном кольце. Сравнивают величину суммарной потери давления с располагаемым давлением ΔP_r . В системе необходим запас 10% на неучтенные потери, т.е.

$$\sum \Delta P_{\text{пот}} = 0,9 \Delta P_r. \quad (3.11)$$

Если условие (3.11) не выполняется в первом варианте подбора труб, то меняют диаметры трубопроводов на некоторых участках системы и добиваются выполнения этого условия.

При увязке потерь давления в остальных циркуляционных кольцах трубопроводов системы отопления рассчитывают потери давления в общих расчетных участках, входящих в состав увязываемых колец. При невозможности увязки потерь давления в циркуляционных кольцах для погашения избыточного давления на трубопроводе предусматривают установку диафрагмы (как правило, в нижней части стояка). Диаметр отверстия диафрагмы, мм, находят по формуле

$$d_d = 3,54 \left(\frac{G^2}{\Delta P_d} \right)^{0,25}, \quad (3.12)$$

где G – расход воды на участке, кг/ч;

ΔP_d – требуемая потеря давления в диафрагме, Па.

Располагаемое давление ΔP_r в насосных системах определяют с учетом естественного давления, образующегося от охлаждения воды в нагревательных приборах и трубопроводах

$$\Delta P_r = P_n + B \Delta P_e, \quad (3.13)$$

где P_n – давление, развиваемое насосом, Па;

ΔP_e – гравитационное давление, Па, не учитывается, если оно составляет не более 10% от P_H ;

B – поправочный коэффициент, учитывающий, что система в течение отопительного сезона длительное время может работать при уменьшенной величине естественного давления:

$B=1$ – для систем с естественной циркуляцией и для вертикальных однотрубных систем с искусственной циркуляцией;

$B=0,4$ – для горизонтальных однотрубных систем.

$$\Delta P_e = \Delta P_{e,mp} + \Delta P_{e,пр}, \quad (3.14)$$

где $\Delta P_{e,mp}$ – естественное циркуляционное давление, возникающее вследствие охлаждения воды в трубопроводах системы отопления, определяется по [8, рис. II.1, прил. 4];

$\Delta P_{e,пр}$ – естественное циркуляционное давление, возникающее вследствие охлаждения воды в отопительных приборах, определяется по формулам:

в двухтрубной системе

$$\Delta P_{e,пр} = gh_1(\rho_0 - \rho_a) = \beta gh_1(t_a - t_o); \quad (3.15)$$

в вертикальной однотрубной системе

$$\Delta P_{e,пр} = \frac{\beta g}{Q_{ст}} (t_{Г} - t_o) \sum (Q_i h_i), \quad (3.16)$$

где h_1 – расстояние между центром отопительного прибора нижнего этажа и центром нагрева в системе, м;

ρ_a, ρ_0 – соответственно плотность горячей и охлажденной воды, кг/м³;

β – среднее приращение плотности при понижении температуры на 1°С, принимается по табл.3.4;

t_a, t_o – расчетная температура горячей и охлажденной воды, °С;

Q_{cm} – отопительная нагрузка всех приборов стояка, Вт;

Q_i – отопительная нагрузка прибора i -го этажа, Вт;

h_i – вертикальное расстояние между центром охлаждения прибора i -го этажа и центром нагрева, м.

Таблица 3.4

Значение β в зависимости от расчетной температуры воды в системе отопления

$(t_a - t_o), ^\circ\text{C}$	$\beta, \text{кг}/(\text{м}^3\text{К})$
85-65	0,6
95-70	0,64
105-70	0,66
115-70	0,68

Располагаемое давление при перемещении теплоносителя по трубам может быть израсходовано на преодоление сопротивления трения среды о стенки трубопровода $\Delta p_{тр}$ и местных сопротивлений Z

$$\Delta p_{ном} = \Delta p_{тр} + Z, \quad (3.17)$$

где $\Delta p_{ном}$ – суммарные потери давления на участке сети.

Потери давления на преодоление сопротивления трения на участке трубопровода определяются по формуле

$$\Delta p_{тр} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \rho, \quad (3.18)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления, зависящий от режима движения вода и шероховатости стен труб;

l – длина участка трубопровода, м;

d – внутренний диаметр трубы, м;

v – скорость потока, м/с;

ρ – плотность теплоносителя, кг/м.

Потери давления в местных сопротивлениях определяют, пользуясь выражением

$$Z = \sum \xi \frac{v^2}{2} \rho, \quad (3.19)$$

где $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке. Общие потери давления на участке составляют

$$\Delta p_{ном} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \rho + \sum \xi \frac{v^2}{2} \rho. \quad (3.20)$$

В отопительной технике используют различные методы гидравлического расчета трубопроводов, обеспечивающие разную точность полученных результатов.

Для расчета двухтрубных систем отопления применяют **метод удельных потерь давления на трение**.

На участке трубопровода с постоянным расходом теплоносителя потери давления равны

$$\Delta p_{ном} = \frac{\lambda}{d} \frac{v^2}{2} \rho l + \sum \xi \frac{v^2}{2} \rho = Rl + Z, \quad (3.21)$$

где R – удельная потеря давления на 1 м трубы, Па/м;

$$R = \frac{\lambda}{d} \frac{v^2}{2} \rho. \quad (3.22)$$

Для расчета выбирают главное (расчетное) циркуляционное кольцо и разбивают его на участки (рис.3.8–3.10). Каждый участок характеризуется постоянным расходом воды и одинаковым диа-

метром. На схеме проставляют номера участков, их длины и тепловые нагрузки.

Количество циркулирующей воды, кг/ч, на каждом участке определяют по формуле

$$G_i = \frac{Q_i}{1,16(t_r - t_o)}, \quad (3.23)$$

где Q_i – тепловая нагрузка участка, Вт.

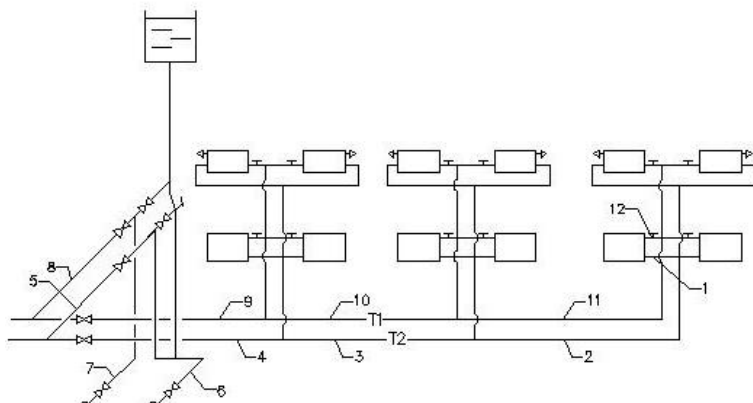


Рис.3.9. Схема ветви вертикальной двухтрубной системы водяного отопления с нижней разводкой с разбивкой на гидравлические участки (12)

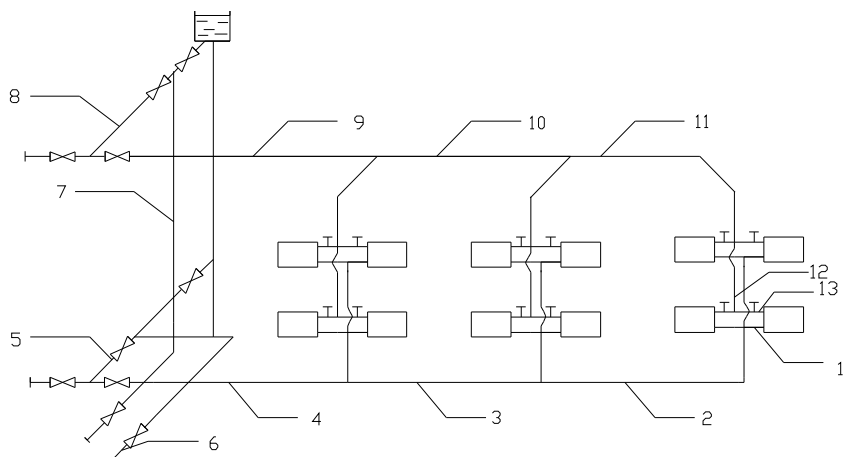


Рис.3.10. Схема ветви вертикальной двухтрубной системы водяного отопления с верхней разводкой с разбивкой на гидравлические участки

Находят среднюю ориентировочную величину удельной потери давления на трение в трубопроводах расчетного циркуляционного кольца

$$R_{cp} = \frac{0,9(1-k)\Delta p_p}{\sum l}, \quad (3.24)$$

где k – коэффициент, учитывающий долю потери давления на местные сопротивления от общей величины расчетного давления, для систем отопления с искусственной циркуляцией $K=0,35$, для систем с естественной циркуляцией $K=0,5$;

$\sum l$ – общая длина последовательно соединенных участков расчетного кольца, м.

По значению R_{cp} и расходу теплоносителя на рассчитываемом участке G в пределах допустимых скоростей по таблицам находят ближайший диаметр участка d , действительную величину потерь давления R и скорость воды v .

Определяют сумму коэффициентов местных сопротивлений на каждом участке $\sum \xi$ и потерю давления в местных сопротивлениях Z . Находят величину общих потерь давления на участке $(R+Z)$.

Результаты гидравлического расчета сводят в табл.3.5.

Таблица 3.5

Гидравлический расчет трубопроводов

Номер участка	Q , Вт	G , кг/ч	l , м	dy , мм	v , м/с	R , Па/м	Rl , Па	$\sum \xi$	Z , Па	$R+Z$, Па

Определяют суммарные потери давления на трение и в местных сопротивлениях на участках расчетного циркуляционного кольца $\sum p_{пот}$, складывая значения потерь давления в последней графе таблицы. Сравнивают полученную величину с располагаемым давлением Δp_p , пользуясь выражением (3.11).

Если это условие не выполняется, то необходимо на некоторых участках кольца изменить диаметры труб и добиться выполнения условия.

После расчета главного циркуляционного кольца производят увязку остальных колец. В каждом новом кольце рассчитывают только дополнительные, не общие, участки, параллельно соединенные с участками основного кольца.

Термин «увязка» означает получение равенства потерь давления на параллельно соединенных дополнительных участках какого-либо второстепенного кольца и на общих участках основного кольца, т.е. в каждом новом кольце рассчитываются только дополнительные (не общие) участки.

В двухтрубных системах водяного отопления при гидравлическом расчете стояков необходимо увязывать потери давления на параллельно соединенных участках с учетом разности естественного циркуляционного давления для приборов, размещаемых на различных этажах здания.

При ограниченном сортаменте труб достигнуть выполнения равенства потерь давления на параллельно соединенных участках затруднительно. Поэтому при определении потерь давления во второстепенных кольцах допускают невязку.

Для надежного сохранения расчетной пропорциональности распределения воды между стояками в течение отопительного сезона потери давления в стояках системы необходимо принимать не менее 70% общих потерь давления в рассчитываемом кольце (не считая потерь давления в головных участках системы).

Невязка потерь давлений на параллельно соединенных участках допускается до 15% при тупиковом движении воды и до 5% при попутном.

Для расчета одноконтурных систем отопления применяют в основном **метод характеристик сопротивления**.

Потери давления на трение и местные сопротивления на участке по этому методу находят по формуле

$$\Delta P_{ном} = \left(\frac{\lambda}{d} l + \sum \xi \right) \frac{v^2}{2} \rho = A \left(\frac{\lambda}{d} l + \sum \xi \right) G^2 = S G^2, \quad (3.25)$$

где G – расход воды, кг/ч;

v – скорость на участке трубопровода, м/с, определяемая по зависимости

$$v = \frac{G}{\frac{\pi d^2}{4} 3600 \rho}, \quad (3.26)$$

A – величина удельного динамического давления на участке, Па/(кг/ч)², возникающего при расходе воды 1 кг/ч.

$$A = \frac{16}{3600^2 2 \pi \rho d^4}, \quad (3.27)$$

S – характеристика сопротивления участка, Па/(кг/ч), равна потере давления на участке при расходе 1 кг/ч.

$$S = A \left(\frac{\lambda}{d} l + \sum \xi \right). \quad (3.28)$$

Для последовательно соединенных участков характеристика сопротивления

$$S_{\text{общ}} = \sum S_i. \quad (3.29)$$

Для параллельно соединенных участков (узла)

$$S = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots \right)^2}. \quad (3.30)$$

Гидравлический расчет, проведенный по этому методу, сводят в табл.3.6.

Таблица 3.6

Гидравлический расчет трубопроводов

Номер участка	Q, Вт	G, кг/ч	l, м	d, мм	$\frac{\lambda}{d}$	$\frac{\lambda}{d} l$	$A \cdot 10^4$, Па/(кг/ч) ²	$S \cdot 10^4$, Па/(кг/ч) ²	$\Delta p = SG^2$, Па

3.3.4. Отопительные приборы. Тепловой расчет приборов

Отопительные приборы предназначены для передачи теплоты от теплоносителя в помещения зданий, в которых необходимо обеспечить требуемый тепловой режим. Приборы должны удовлетворять санитарно-гигиеническим, теплотехническим, технико-экономическим, архитектурно-строительным и монтажным требованиям.

Отопительные приборы подразделяются по виду передачи теплоты (радиационные и конвективные), по виду материала (металлические и неметаллические, комбинированные), по характеру внешней поверхности (гладкие и ребристые).

В настоящее время в системах отопления применяют чугунные секционные, биметаллические, алюминиевые и стальные радиаторы, конвекторы с кожухом и без кожуха, бетонные отопительные панели, гладкие и ребристые трубы.

Тип отопительного прибора выбирают в зависимости от назначения помещения, уровня санитарно-гигиенических требований, длительности пребывания людей, особенностей теплового режима, а также архитектурно-планировочного решения помещения. Рекомендации по выбору отопительных приборов и предельных температур на их поверхности приведены в [7, прил.Б].

Отопительные приборы устанавливают у наружных ограждений и в первую очередь под световыми проемами.

В лестничных клетках отопительные приборы концентрируют в нижней их части рядом с входными дверями (но не в тамбурах, сообщающихся с наружным воздухом).

Присоединение приборов к стоякам может быть одно- и разносторонним. У разностороннего присоединения приборов наблюдается теплотехническое преимущество, однако, конструктивное преимущество – у одностороннего присоединения.

Движение теплоносителя в приборе осуществляется по трем схемам: «сверху-вниз» (рис.3.11), «снизу-вверх» (рис.3.12) и «снизу-вниз» (рис.3.13).

Количество теплоты, которое передается с поверхности прибора в помещение, определяется по формуле

$$Q_{np} = q_{np} F, \quad (3.31)$$

где q_{np} – плотность теплового потока Вт/м²;

F – площадь внешней поверхности прибора, м².

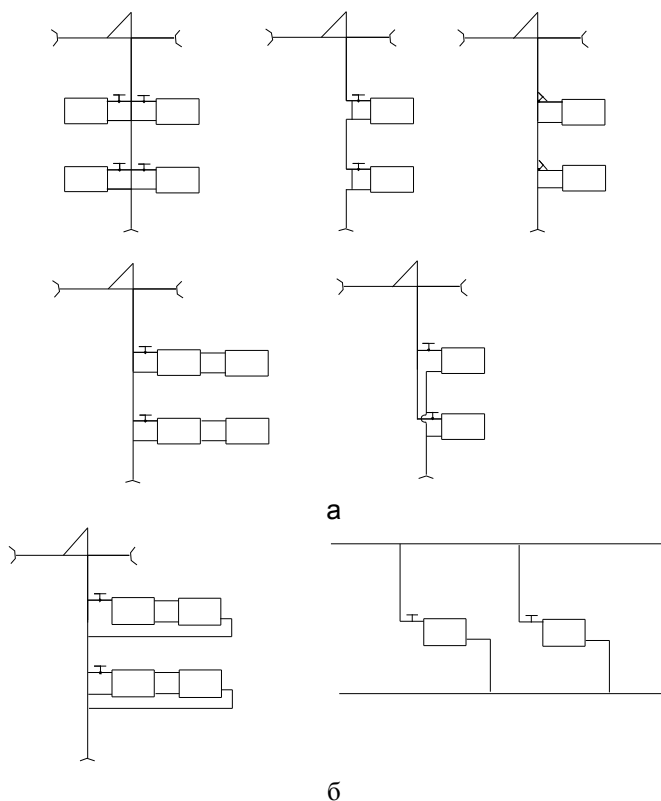


Рис.3.11. Схемы присоединения отопительных приборов при движении теплоносителя «сверху-вниз»: а – одностороннее присоединение; б – разностороннее присоединение

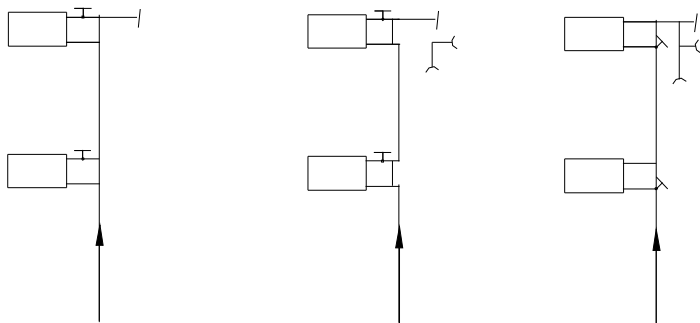


Рис.3.12. Схемы присоединения отопительных приборов при движении теплоносителя «снизу-вверх»

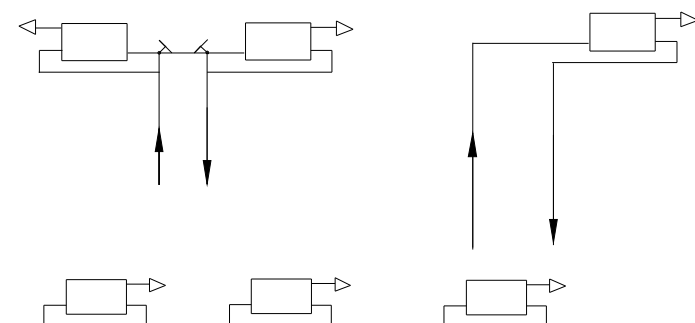


Рис.3.13. Схемы присоединения отопительных приборов при движении теплоносителя «снизу-вниз»

Плотность теплового потока равна

$$q_{пр} = k_{пр} \Delta t_{ср}, \quad (3.32)$$

где $k_{пр}$ – коэффициент теплопередачи прибора, Вт/(м² · °С);

$\Delta t_{ср}$ – средний температурный напор прибора, °С.

При теплоносителе воде коэффициент теплопередачи прибора определяется по зависимости

$$k_{пр} = m \Delta t_{ср}^n \bar{G}^p. \quad (3.33)$$

При теплоносителе паре

$$k_{пр} = m \Delta t^n, \quad (3.34)$$

где m , n , p – опытные коэффициенты;

$\bar{G}$ – относительный расход воды.

В справочных таблицах для каждого типа приборов приводятся значения номинальной плотности теплового потока $q_{\text{ном}}$, полученные в результате испытаний приборов при стандартных условиях их работы: для теплоносителя воды

$$\Delta t_{cp} = \frac{105 + 70}{2} - 18^0 = 69,5 \approx 70^0 \text{ C} ,$$

$$G=360 \text{ кг/ч (0,1 кг/с)}.$$

При фактических условиях эксплуатации плотность теплового потока прибора рассчитывается по выражениям:

– для воды

$$q_{пр} = q_{ном} \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{пр}}{360} \right)^p ; \quad (3.35)$$

– для пара

$$q_{пр} = q_{ном} \left(\frac{\Delta t}{70} \right)^{1+n} . \quad (3.36)$$

Площадь поверхности прибора равна:

$$F = \frac{Q_{пр}}{q_{пр}} . \quad (3.37)$$

Тепловой расчет отопительных приборов заключается в определении площади внешней поверхности прибора, обеспечивающей требуемый тепловой поток в помещении. Подбор приборов можно производить по условному номинальному тепловому потоку или площади поверхности.

Последовательность теплового расчета отопительных приборов

1. Находят температуру воды, поступающей в первый по ходу движения воды прибор стояка однотрубной системы отопления, или температуру воды, поступающей в подающий стояк двухтрубной системы отопления

$$t_e = t_{e(расч)} - \Delta t_M, \quad (3.38)$$

где $t_{e(расч)}$ – температура воды в подающей магистрали на вводе, °С;
 Δt_M – понижение температуры воды в подающей магистрали до расчетного стояка, °С, принимается в соответствии с рекомендациями на [8, с.45].

2. Для однотрубной системы определяют температуру воды, поступающей в прибор каждого этажа

$$t_{e,n}=t_e-\frac{\sum Q_{np}}{Q_{ст}}(t_r-t_o), \quad (3.39)$$

где $Q_{ст}$ – тепловая нагрузка, Вт, всех приборов стояка;

$\sum Q_{np}$ – тепловая нагрузка, Вт, приборов выше расчетного по ходу движения воды.

3. Рассчитывают среднюю температуру теплоносителя в приборе:

– в однотрубной системе

$$t_{cp,e}=\frac{t_r,n+t_r,n+1}{2}; \quad (3.40)$$

– в двухтрубной системе средняя температура теплоносителя во всех приборах одинакова, её находят по формуле

$$t_{cp,m}=\frac{t_r+t_o}{2}. \quad (3.41)$$

4. Вычисляют температурный напор прибора

$$\Delta t_{cp}=t_{cp,m}-t_e. \quad (3.42)$$

5. Для однотрубной системы отопления определяют расход воды в стояке $G_{ст}$ и фактический расход воды в отопительном приборе G_{np} по формуле

$$G_{ст}=\frac{Q_{ст}\beta_1\beta_2}{1,16(t_r-t_o)}, \quad (3.43)$$

где β_1 – поправочный коэффициент, зависящий от вида прибора, определяемый по [8, табл. 9.4];

β_2 – коэффициент, учитывающий способ установки прибора, определяемый по [8, табл. 9.5];

$$G_{np}=\alpha G_{ст}, \quad (3.44)$$

где α – коэффициент затекания воды в прибор, определяемый по [8, табл. 9.3].

6. Для двухтрубной системы отопления расход воды в приборе находят по формуле

$$G_{np}=\frac{Q_{от}\beta_1\beta_2}{1,16(t_r-t_o)}. \quad (3.45)$$

7. Вычисляют тепловую нагрузку прибора, Вт,

$$Q_{np}=Q_{от}-0,9Q_{mp}-60, \quad (3.46)$$

где Q_{mp} – теплоотдача открыто проложенных в помещении труб;

$$Q_{mp} = q_6 l_6 + q_2 l_2, \quad (3.47)$$

где q_6, q_2 – теплоотдача 1 м открыто проложенных вертикальных и горизонтальных труб, определяемая по [8, табл. II.22];

l_6, l_2 – длина вертикальных и горизонтальных труб в помещении.

Тепловой поток прибора не должен уменьшиться более чем на 5% (при $Q_{np}=1200$ Вт) или на 60 Вт ($Q_{np}>1200$ Вт) по сравнению с Q_{mp} .

8. Находят требуемый номинальный тепловой поток прибора, по нему выбирают прибор по [8, табл. X.I]

$$Q_{HT} = \frac{Q_{np}}{\varphi_k}, \quad (3.48)$$

где φ_k – комплексный коэффициент приведения $Q_{н.т}$ к расчетным условиям,

$$\varphi_k = \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1+n} \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p b \Psi c, \quad (3.49)$$

где b – коэффициент учета атмосферного давления, определяемый по [8, табл. 9.1];

Ψ – коэффициент учета направления движения воды, если сверху-вниз, то $\Psi=1$, если снизу-вверх, то по [8, табл. 9.2];

n, p, c – экспериментальные числовые показатели, находятся по [8, табл. 9.2].

9. По величине $Q_{н.т}$ по [8, табл. X.I] подбирают типоразмер прибора и выписывают его характеристику и фактическое значение $Q_{н.у}$.

Расчет сводят в табл.3.7.

Таблица 3.7

Тепловой расчет приборов

Номер стояка	Номер помещения	Отопит. нагрузка $Q_{от}, \text{Вт}$	Температура воды, поступающей в прибор $t_{в,п}$	Средняя температура теплоносителя в приборе $t_{ср,т}$	Температурный напор $\Delta t_{ср}, ^\circ\text{C}$	Теплоотдача открыто проложенных труб $Q_{тр}, \text{Вт}$	Тепловая нагрузка прибора $Q_{np}, \text{Вт}$	φ_k	Требуемый номин. тепловой поток прибора $Q_{н.т}, \text{Вт}$	Фактич. номин. условн. тепловой поток $Q_{н.у}, \text{Вт}$	Тип прибора

3.3.5. Выбор оборудования теплового ввода

Ввод тепловой сети в здание располагают в подвале ближе к середине здания под вспомогательными помещениями первого этажа (кухня, санузел, коридоры). Элеваторный узел рекомендуется проектировать у капитальной стены (у лестничной клетки).

Размеры помещений тепловых пунктов зависят от вида размещаемого в них оборудования. В жилых и общественных зданиях при отсутствии водонагревательной системы горячего водоснабжения узел ввода теплосети размещают в помещении размерами не менее: длина – 4 м, ширина – 1 м, высота – 2 м; при наличии систем горячего водоснабжения с водо-водяными подогревателями размерами: длина – 7 м, ширина – 4 м, высота – 2,5 м.

Помещение теплового пункта должно быть изолировано и иметь естественное освещение.

При выборе схемы присоединения системы отопления в водяных тепловых сетях учитывают допустимое давление на отопительные приборы, а также необходимость снижения температуры подающей воды в теплофикационной сети до величины температуры горячей воды в системе отопления.

В соответствии с указаниями по выбору схемы присоединения [7] принимают одну из следующих основных схем:

- а) с элеватором;
- б) с насосом на перемычке или на падающей либо обратной линии;
- в) непосредственно без подмешивания;
- г) через подогреватель (независимое присоединение).

На рис.3.14 и 3.15 показаны схемы теплового ввода с насосом на перемычке и с элеватором соответственно. Основным оборудованием тепловых вводов являются элеваторы, подогреватели, грязевики, насосы, водомеры. Выбор оборудования производят по справочной литературе [8].

Расчет и подбор элеватора осуществляется в следующем порядке.

Определяют коэффициент смешения элеватора (отношение расхода подмешиваемой воды к расходу эжектирующей воды)

$$U = \frac{T_1 - t_2}{t_2 - t_0} 1,15, \quad (3.50)$$

где T_1 – температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети, равная 150°C (или 130°C).

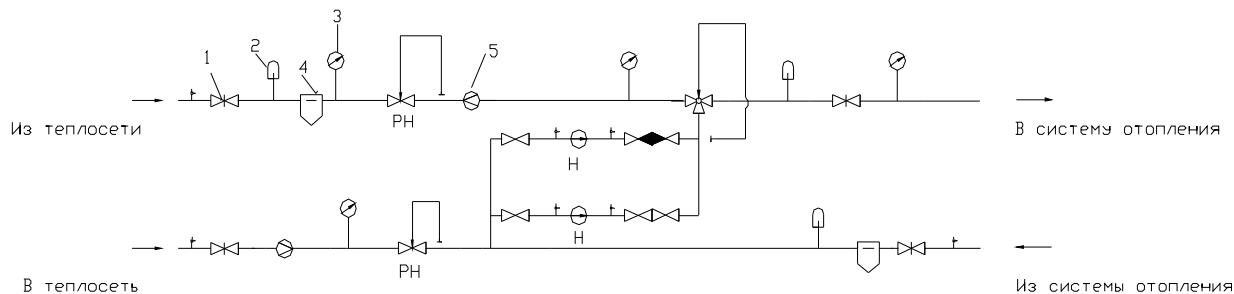


Рис.3.14. Схема теплового ввода с насосом на перемычке:
 1 – задвижка; 2 – термометр; 3 – манометр; 4 – грязевик; 5 – расходомер;
 РН – регулятор напора прямого действия; Н – насос

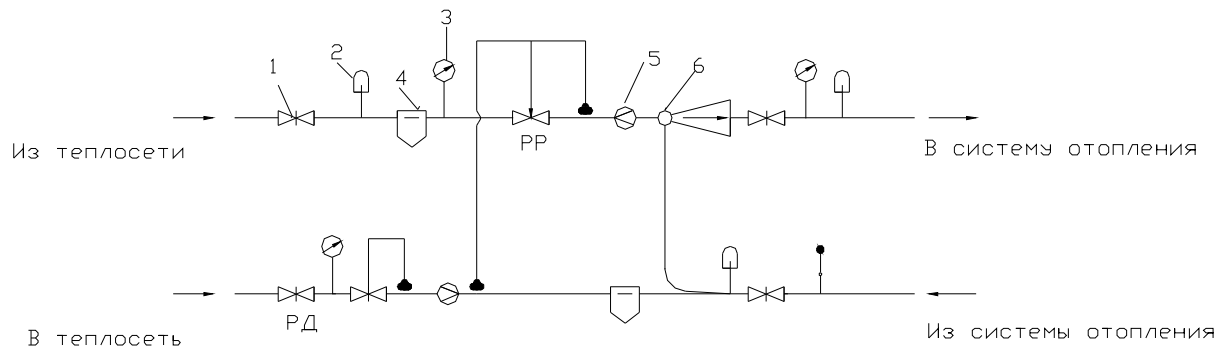


Рис.3.15. Схема теплового ввода с элеватором:
 1 – задвижка; 2 – термометр; 3 – манометр; 4 – грязевик; 5 – расходомер; 6 – элеватор;
 РР – регулятор расхода; РД – регулятор давления

Находят приведенный расход смешанной воды, м³/ч,

$$G_{np} = \frac{\sum Q_{om}}{1,16\sqrt{0,1\Delta p_{nom}}(t_z - t_0)10^3}, \quad (3.51)$$

где $\sum Q_{om}$ – суммарная отопительная нагрузка здания, Вт;
 Δp_{nom} – общие потери давления в системе отопления, кПа.

Вычисляют расход эжектирующей воды из теплофикационной сети, м³/ч,

$$G_T = \frac{\sum Q_{om}}{1,16(T_1 - T_2)10^3}, \quad (3.52)$$

где T_2 – температура обратной воды в тепловой сети, равная 70°C.

Определяют диаметр горловины элеватора, м,

$$d_z = 0,874 \cdot 10^{-2} \sqrt{G_{np}}. \quad (3.53)$$

По [8] выбирают элеватор.

Находят диаметр сопла элеватора, м, по формуле

$$d_c = \frac{d_z}{\sqrt{\frac{0,78}{G_{np}^2}(1+u)^2 d_z^4 + 0,6(1+u)^2 - 0,4u^2}}. \quad (3.54)$$

Вычисляют требуемое располагаемое давление перед элеватором, кПа,

$$\Delta p_{p,эл} = \frac{0,64G_T^2}{d_c^4} \cdot 10^{-6}. \quad (3.55)$$

Выбор элеватора можно вести также по номограммам, приведенным в справочной литературе.

3.4. Паровое отопление

3.4.1. Схемы систем парового отопления

В системах парового отопления в помещения передается теплота, получаемая при конденсации насыщенного пара в отопительных приборах.

Конденсат удаляется из приборов и возвращается в паровой котел.

Системы парового отопления подразделяются:

- **в зависимости от давления** – вакуум-паровые с давлением пара меньше атмосферного и температурой ниже 100°C, системы низкого давления с давлением пара 0,1–0,17 МПа и тем-

- пературой 100–115°C, а также высокого давления, в которых пар имеет давление 0,17–0,27 МПа и температуру 115–130°C;
- **по способу возвращения конденсата** – замкнутые с самоотечным возвращением конденсата в котел и разомкнутые с принудительным возвращением конденсата насосом;
 - **в зависимости от расположения обратной магистрали** – с «сухим» самотечным и «мокрым» напорным конденсатопроводом;
 - **в зависимости от расположения магистрального паропровода** – с верхней, нижней и средней разводкой магистрали.

На рис.3.16 приведена замкнутая система парового отопления низкого давления со средней разводкой. Пар из котла поступает по паропроводу в приборы через регулирующие вентили. По сухому конденсатопроводу над стекающим под уклоном конденсатом перемещается воздух. В самой низкой точке воздух, который является более тяжелым, чем пар, удаляется в атмосферу по воздушной трубе. На схеме указаны номера расчетных участков паровой ветви.

Системы парового отопления, как правило, устраивают двухтрубные.

Схема разомкнутой системы парового отопления высокого давления изображена на рис.3.17.

На прямых участках магистралей для компенсации тепловых удлинений труб устанавливают компенсаторы. После каждого отопительного прибора и на спускных трубах помещают конденсатоотводчики, чтобы пар не попал в конденсатопровод. На подводках к приборам (и на паровых, и на конденсатных) предусмотрены вентили, так как при установке лишь одного вентиля пар может проникать из приборов в конденсатную линию. Сбор конденсата осуществляется в конденсатном баке, откуда насосом перекачивается в котел. Удаление воздуха происходит через воздушные трубки, установленные на баке и в самых отдаленных от котла местах.

3.4.2. Гидравлический расчет систем парового отопления низкого давления

В системах низкого давления предельная скорость пара составляет 30 м/с при движении пара и попутного конденсата в одном направлении и 20 м/с – при встречном движении.

В отличие от расчета систем водяного отопления расчет трубопроводов систем парового отопления состоит из двух частей: расчета диаметров паропровода и диаметров конденсатопровода.

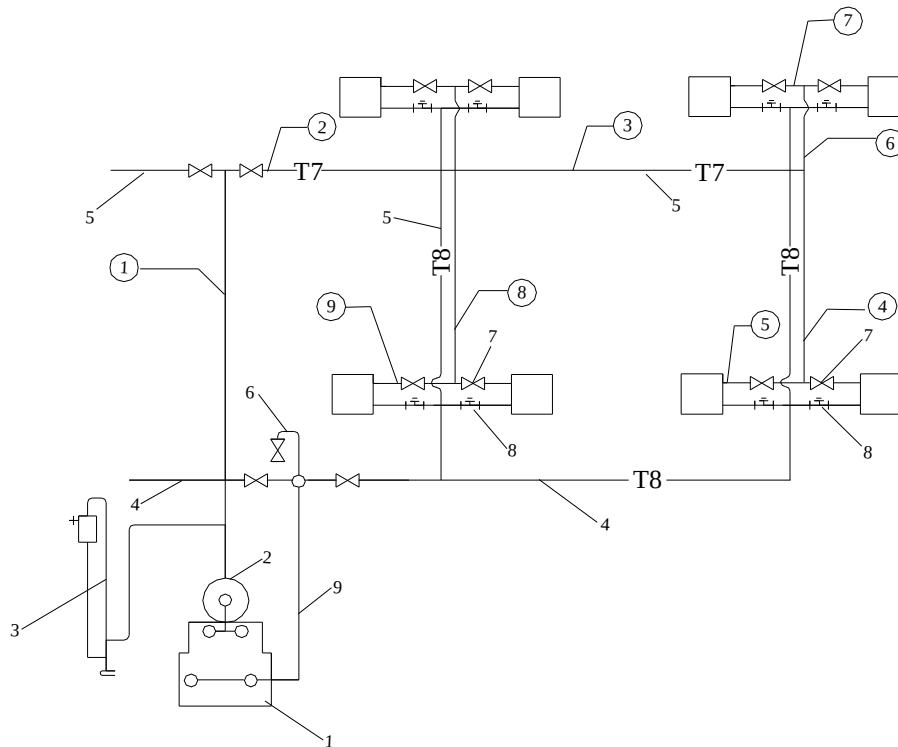


Рис.3.16. Замкнутая система парового отопления низкого давления со средней разводкой:
 1 – котел; 2 – паросборник; 3 – предохранительное устройство; 4 – сухой конденсатопровод; 5 – паропровод;
 6 – воздушная труба; 7 – паровой вентиль; 8 – тройник с пробкой; 9 – мокрый конденсатопровод

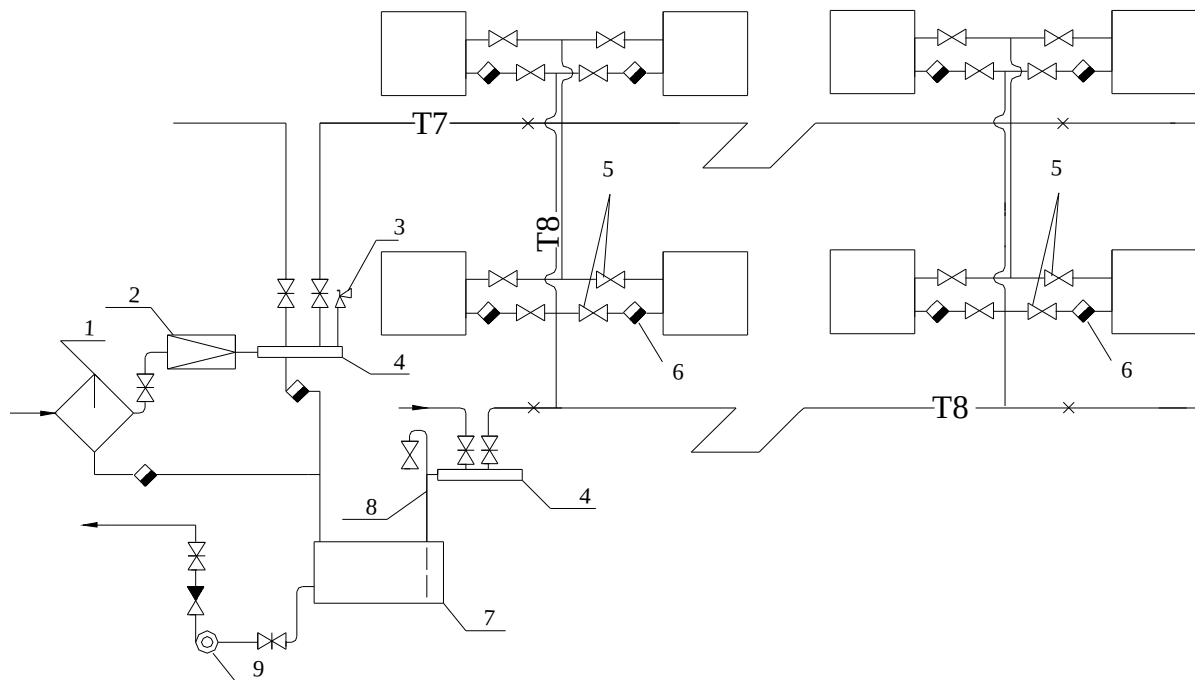


Рис.3.17. Разомкнутая система парового отопления высокого давления со средней разводкой:
 1 – водоотделитель; 2 – редукционный клапан (для снижения давления); 3 – предохранительный клапан;
 4 – коллекторы; 5 – паровые вентили; 6 – конденсатоотводчики;
 7 – конденсатный бак; 8 – воздушная труба; 9 – конденсатный насос

При расчете паропровода выбирают основную (расчетную) ветвь до наиболее удаленного прибора и разбивают ее на участки. При движении пара его давление расходуеться, во-первых, на гидравлические потери на участках от котла до отопительных приборов; во-вторых, на потери в самих приборах и, в-третьих, на выдвигание конденсата из приборов при повышенном давлении в конденсатопроводе. Расчет диаметров паропровода ведут методом удельных потерь давления на трение. Таблицы для гидравлического расчета паропроводов [7] составлены с учетом тепловых нагрузок Q и скорости движения пара.

В результате расчета участков основной ветви паропровода должно быть выполнено условие

$$\Sigma (R \cdot l + Z)_{\text{осн.в}} + \Delta p_{\kappa} = 0,9 \Delta p_p, \quad (3.56)$$

где Δp_{κ} – давление перед расчетным отопительным прибором, Па. Его принимают равным 1500-2000 Па – при замкнутых системах, а при разомкнутых системах определяют по формуле

$$\Delta p_{\kappa} = \frac{P_1}{0,95}, \quad (3.57)$$

где P_1 – давление в конденсатопроводе после нагревательного прибора, Па;

Δp_p – располагаемое давление, соответствующее давлению пара в котле.

После расчета основной ветви паропровода производят гидравлическую увязку остальных ветвей.

Гидравлический расчет конденсатопроводов проводится в зависимости от вида конденсатопровода различными способами.

Диаметры самотечных сухих и мокрых конденсатопроводов подбирают без расчета по таблице [7] по значениям количества теплоты, выделенной паром при образовании конденсата, длины труб и положения, – горизонтальные или вертикальные.

Расчет напорных конденсатопроводов проводится методом эквивалентных длин.

При этом на каждом участке потери давления определяют по формуле

$$\Delta p_{\text{уч}} = R(l + l_3) = Rl_{\text{прив}}, \quad (3.58)$$

где l_3 – эквивалентная длина, равная длине прямого участка трубы, потери давления на трение в котором равны потерям в местных сопротивлениях участка, м;

$l_{\text{прив}} = l + l_3$ – расчетная приведенная длина участка, включающая фактическую и эквивалентную местным сопротивлениям длины участка, м.

После расчета основной ветви производят увязку параллельно соединенных участков.

3.4.3. Гидравлический расчет систем парового отопления высокого давления

При выполнении гидравлического расчета систем парового отопления высокого давления необходимо, чтобы выполнялось условие: скорость пара в трубопроводах не должна превышать 80 м/с при движении пара и попутного конденсата в одном направлении и 60 м/с – при встречном их движении.

Расчет трубопроводов систем высокого давления также состоит из двух частей: расчета паропровода и расчета конденсатопровода. Гидравлический расчет паропровода выполняют по способу эквивалентных длин. В результате расчета участков основной ветви необходимо выполнение условия

$$\Sigma[R(l + l_{\text{э}})]_{\text{осн.в}} + \Delta p_{\text{к}} = 0,9 \Delta p_{\text{р}}. \quad (3.59)$$

Далее увязывают потери давления в остальных ветвях паропровода.

Гидравлический расчет паропровода высокого давления проводят с учетом изменения объема пара при изменении его давления. Для подбора диаметра труб с использованием таблиц [7] для каждого участка вычисляют среднюю плотность пара, соответствующую среднему давлению на участке в паропроводе

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{нач}} + \rho_{\text{кон}}}{2}. \quad (3.60)$$

По величине $\rho_{\text{ср}}$ находят по таблице среднюю удельную потерю давления $R_{\text{ср}}$ на участке и потери давления.

Расчет конденсатопроводов проводят аналогично расчету в системах парового отопления низкого давления.

3.5. Воздушное отопление

3.5.1. Классификация систем воздушного отопления

Теплоносителем в системах воздушного отопления является воздух, нагретый до температуры более высокой, чем температура помещения. Поступая в помещение и охлаждаясь, воздух отдает необходимое количество теплоты для возмещения теплопотерь.

Воздушное отопление применяют, в основном, в производственных, общественных и вспомогательных помещениях. Часто воздушное отопление совмещают с приточной вентиляцией, используя

в качестве дежурного отопления водяное. При этом оно позволяет обеспечить быстрый прогрев помещений до начала рабочего периода. В теплый период года воздушное отопление может быть использовано для охлаждения помещений, если через воздухонагреватель пропускать хладагент. Применение воздушного отопления снижает расход металла и общую стоимость системы.

К недостаткам систем воздушного отопления можно отнести низкую относительную влажность воздуха, поступающего в помещение, если при обработке не производится его увлажнение; возможность возникновения потоков воздуха, неблагоприятно воздействующих на людей, а также значительные размеры воздухопроводов, затрудняющих увязку со строительными конструкциями зданий.

Системы воздушного отопления подразделяются:

- **в зависимости от вида первичного теплоносителя**, используемого для нагрева воздуха: водовоздушные, паровоздушные и электровоздушные;
- **по способу подачи воздуха**: центральные, с подачей воздуха из единого теплового центра по воздухопроводам в каждое помещение, и местные, с подачей воздуха воздушно-отопительными агрегатами;
- **по способу перемещения нагретого воздуха**: с естественной и механической циркуляцией;
- **по качеству подаваемого воздуха**: рециркуляционные (с использованием только внутреннего воздуха помещений), с частичной рециркуляцией, когда к наружному воздуху подмешивается часть внутреннего воздуха, и прямоточные (для отопления используется только наружный воздух после подогрева его в воздухонагревателе).

3.5.2. Центральное воздушное отопление

Центральные системы воздушного отопления являются канальными. Воздух нагревается в приточной камере, которая располагается на техническом этаже или в подвале здания, и по каналам подается в помещения. В приточной камере устанавливают калориферы для нагрева воздуха, фильтры для очистки воздуха от пыли, вентиляторы с электродвигателями и шумоглушителями и, при необходимости, оросительные камеры для увлажнения воздуха.

На рис.3.18 даны принципиальные схемы центрального воздушного отопления. Рециркуляционная система является самой дешевой. Она применяется, если в помещении допускается рециркуляция воздуха, когда в воздухе помещения не содержатся вредные вещества, неприятные запахи, бактерии. Система воздушного отопления с частичной рециркуляцией является наиболее распространенной. Прямоточная система применяется в том случае, ко-

гда рециркуляция не разрешена. Расход теплоты на нагрев воздуха в такой системе является наибольшим. Для уменьшения затрат теплоты используют схемы с рекуперацией.

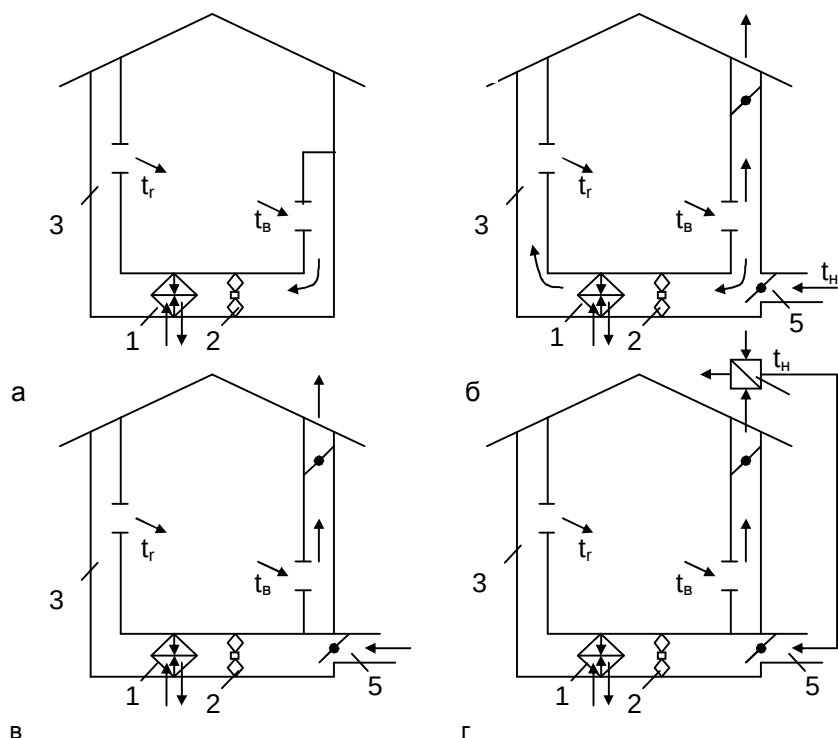


Рис.3.18. Принципиальные схемы центрального воздушного отопления:
 а – рециркуляционная; б – с частичной рециркуляцией;
 в – прямоточная; г – прямоточная с рекуператором;
 1 – калорифер; 2 – вентилятор; 3 – канал приточного нагретого воздуха;
 4 – канал удаляемого воздуха; 5 – канал наружного воздуха;
 6 – рекуператор (воздухо-воздушный теплообменник)

Количество воздуха, кг/ч, подаваемое системой для воздушного отопления, определяют по формуле

$$G = \frac{Q_{om}}{c(t_{\Gamma}^{\max} - t_{\epsilon})} \quad , \quad (3.61)$$

где c – теплоемкость воздуха;

$t_{\Gamma}^{\max}$ – максимальная температура подаваемого воздуха, °С.

Максимальная температура подаваемого воздуха зависит от высоты подачи воздуха и составляет 45°C – при подаче на высоте до 3,5 м и 70°C – при высоте свыше 3,5 м.

Полученная величина G количества воздуха, рассчитанная по формуле (3.61), должна быть не меньше количества воздуха, удаляемого вытяжной вентиляцией $G_{\text{вент}}$. Если $G \geq G_{\text{вент}}$, то за расчетное количество воздуха системы отопления принимают $G_{\text{расч}} = G$, полученное по формуле (3.61). Если $G < G_{\text{вент}}$, то систему делают прямоточной, за расчетное количество принимают $G_{\text{расч}} = G_{\text{вент}}$ и производят перерасчет температуры подаваемого воздуха.

$$t_r = t_6 + \frac{Q_{om}}{cG_{\text{расч}}} \quad (3.62)$$

Расход теплоты, требуемый для нагрева воздуха, зависит от схемы воздушного отопления:

– для систем, работающих на полной рециркуляции

$$Q = c \cdot G_p (t_z - t_6); \quad (3.63)$$

– для систем с частичной рециркуляцией

$$Q = c \cdot [G_p (t_z - t_6) + G_H (t_z - t_H)]; \quad (3.64)$$

– для прямоточных систем

$$Q = c \cdot G_H (t_z - t_H), \quad (3.65)$$

где G_p – количество рециркуляционного воздуха, кг/ч;

G_H – количество наружного воздуха, кг/ч.

3.5.3. Местное воздушное отопление

В системе местного воздушного отопления применяют воздушно-отопительные агрегаты. Принципиальные схемы местного воздушного отопления приведены на рис.3.19.

Отопительные агрегаты устанавливают непосредственно в отапливаемых помещениях. Они включают в себя в качестве основных элементов калорифер, вентилятор, электродвигатель (рис.3.20) и могут быть подвесными и напольными, с осевой и центробежными вентиляторами.

Подача нагретого воздуха осуществляется параллельными компактными струями или, при наличии рассеивающей решетки, веерными струями (рис.3.21).

Количество отопительных агрегатов, необходимых для отопления помещений, равно

$$N = \frac{Q_{om}}{Q_{aep}}, \quad (3.66)$$

где Q_{aep} – теплопроизводительность агрегата, Вт.

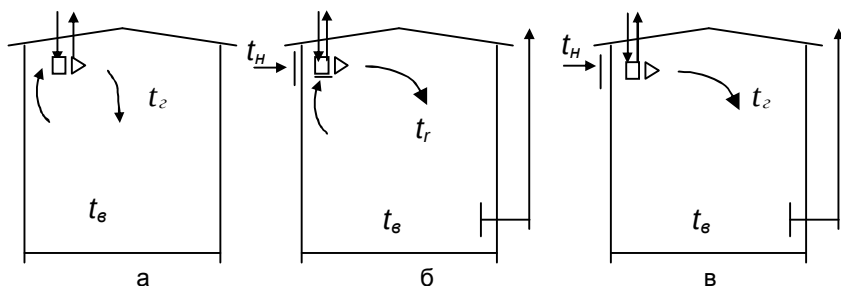


Рис.3.19. Принципиальные схемы местного воздушного отопления:
а – рециркуляционная; б – с частичной рециркуляцией;
в – прямоточная

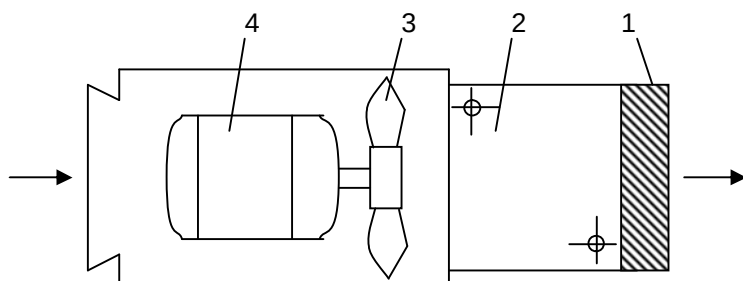


Рис.3.20. Схема воздушно-отопительного агрегата:
1 – клапан; 2 – калорифер; 3 – вентилятор; 4 – электродвигатель

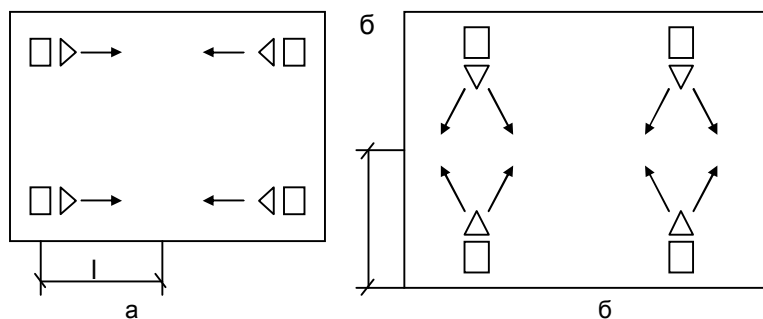


Рис.3.21. Схема расположения отопительных агрегатов в плане помещения при параллельных (а) и веерных (б) струях

Расчетом проверяют дальность воздушной струи отопительного агрегата с тем, чтобы она была не меньше длины обслуживаемой зоны помещения (см. рис.3.21), используя эмпирические формулы. Выбрав тип агрегата, уточняют объем части помещения (и ее отопительную нагрузку), приходящийся на один агрегат, и число агрегатов.

3.6. Эксплуатация систем центрального отопления

3.6.1. Пуск систем отопления в эксплуатацию

Смонтированная система отопления должна быть налажена, испытана и доведена до состояния, при котором ее технические показатели соответствовали бы проектным.

Приемку систем отопления осуществляют в три этапа:

- наружный осмотр;
- испытание на прочность и герметичность;
- испытание на тепловой эффект.

При наружном осмотре проверяют соответствие выполненного монтажа системы проекту, правильность сборки и крепления труб и отопительных приборов, установки арматуры, контрольно-измерительных приборов, расположение спускных и воздушных кранов и др.

Испытание на прочность и герметичность может производиться пневматическим или гидростатическим методом под давлением, превышающим рабочее давление на величину, зависящую от вида системы отопления и метода испытания. Системы считают выдержавшими испытания, если в течение 5 мин падение давления не превышает 20 кПа. Котельные установки, тепловые вводы и другое оборудование испытывают в течение 48 ч.

Испытание на тепловой эффект производят при температуре теплоносителя, соответствующей температурному графику. При температуре наружного воздуха выше 0°C температура теплоносителя в подающей магистрали поддерживается 60–70°C. При испытаниях замеряют температуру воздуха в помещениях на высоте 1,5 м от пола и 1 м от наружных ограждений. Отклонения t_s не должны превышать: $\pm 2^\circ\text{C}$ – в производственных зданиях; $+2 - -1^\circ\text{C}$ – в жилых и общественных зданиях; $\pm 1^\circ\text{C}$ – в помещениях, оборудованных приборами автоматики.

При сдаче в эксплуатацию системы отопления представляются акты приемки скрытых работ, паспорта котлов, насосов, электродвигателей и другого оборудования.

Все обнаруженные недостатки устраняются монтажной организацией в установленные сроки.

После отопительного сезона систему промывают и оставляют заполненной водой до следующего отопительного сезона. Перед началом отопительного сезона систему промывают свежей водой.

3.6.2. Регулирование систем отопления

Расчет системы отопления и ее элементов производится на максимальную тепловую мощность, которая соответствует расчетным наружным условиям (параметрам Б). В течение отопительного периода наблюдается температура наружного воздуха выше расчетной, при этом теплопотери помещений уменьшаются, и система отопления должна подавать меньше теплоты. Для выполнения этого требования применяют **регулирование** систем.

Регулирование может быть **центральный** (в котельной или на ТЭЦ), **местным** (на вводе в отапливаемое здание) и **индивидуальным** (в отдельных помещениях здания).

Центральное регулирование может быть **качественным**, с изменением температуры теплоносителя, и **количественным**, при котором меняется расход теплоносителя, а его температура остается постоянной. При совместном применении качественного и количественного регулирования получают **смешанное** регулирование.

Качественное регулирование производится в соответствии с температурным графиком. По этому графику определяют температуру подающей t_r и обратной воды t_o в зависимости от температуры наружного воздуха. На рис.3.22 приведен температурный график для климатического района с расчетной температурой наружного воздуха (для условий г. Магнитогорска).

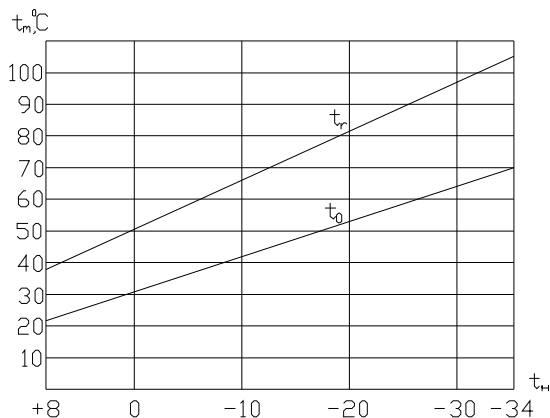


Рис.3.22. Температурный график

Индивидуальное регулирование осуществляется автоматическими регуляторами или вручную кранами.

Регулирование паровых систем отопления осуществляется «пропусками» с периодической подачей пара в приборы.

В связи с изменением наружных условий и соответственно отопительной нагрузки расчетный тепловой режим нарушается.

Гидравлическая устойчивость – это способность системы отопления сохранять постоянные расходы воды на каждом из участков или пропорционально изменять расходы на участках при изменении общего расхода воды.

Способность системы к пропорциональному изменению теплоотдачи всех отопительных приборов при изменении параметров теплоносителя называют **тепловой устойчивостью**.

Гидравлическая и тепловая устойчивость зависит от конструктивных особенностей систем отопления и от способа регулирования. Отклонения от оптимального режима работы называют **разрегулировкой** системы. Различают вертикальную разрегулировку, характеризующуюся неравномерностью теплоотдачи отопительных приборов по этажам, и горизонтальную – при неравномерной теплоотдаче по стоякам в пределах одного этажа.

Наиболее устойчивыми в работе являются системы отопления с естественной циркуляцией, обладающие способностью саморегулирования. Из систем с насосной циркуляцией наиболее устойчивы однотрубные системы отопления. Для повышения гидравлической устойчивости магистральные участки трубопроводов проектируют с меньшей потерей давления, а стояки – с большей. Регулировочные краны у приборов принимают с большим гидравлическим сопротивлением. Разрегулирование системы отопления будет меньше, если ответвления с переменной отопительной нагрузкой приборов присоединять как можно ближе к главному стояку.

3.6.3. Организационные мероприятия при эксплуатации систем отопления

Для обеспечения надежности и долговечности работы систем отопления необходимо выполнение следующих мероприятий:

- систематический осмотр систем с целью выявления неисправностей и своевременного их устранения;
- техническое обслуживание;
- планово-профилактический и капитальный ремонт;
- резервирование основного оборудования (котлов, насосов и др.);
- бесперебойное обеспечение систем теплоносителем, электроэнергией, водой;
- создание необходимых запасов расходных материалов, инструмента, отдельных узлов, элементов.

Организацию эксплуатации систем отопления жилых зданий осуществляет начальник ЖЭУ. Непосредственное руководство эксплуатацией ведут техники-смотрители зданий. Мероприятия по обслуживанию систем выполняют рабочие – слесари текущего ремонта.

В общественных зданиях эксплуатацию систем отопления осуществляет служба эксплуатации в составе инженера (или техника) и слесарей-сантехников.

На промышленных предприятиях эта служба подчиняется главному энергетiku или главному механику предприятия. В состав ее вводится теплотехник, осуществляющий руководство эксплуатацией систем отопления.

За организацию мероприятий по технике безопасности при эксплуатации систем отопления отвечает руководитель предприятия, а непосредственное руководство и ответственность за выполнение правил по технике безопасности несет инженер по технике безопасности или другое лицо по приказу.

Для учета и технического контроля за состоянием отопительных систем необходимо наличие и ведение документации.

Паспорт составляется монтажной или пусконаладочной организацией. В него заносятся технические характеристики системы и оборудования по проекту и фактические. Указываются изменения после капитального ремонта и в процессе эксплуатации.

Журнал учета работы системы (может быть сменный или вахтенный) заполняется ежедневно. В него заносят показания термометров, манометров, водомеров, тепломеров. Указывается время включения и выключения насосов и другого оборудования.

Оперативный журнал служит для регистрации неисправностей и отметок об их устранении. Сюда заносят указания представителей теплосети, начальника предприятия и других лиц.

Журнал заявок используют для записи заявок администрации, жильцов. В нем указывают даты устранения дефектов.

Инструкция по эксплуатации разрабатывается для обслуживающего и отвечающего за работу систем персонала. Утверждается руководителем предприятия, учреждения или ЖЭУ. В нем указываются правила эксплуатации оборудования, средства и порядок связи с диспетчером Теплосети, описывается порядок допуска персонала к работе, приема и сдачи смены, приведен температурный график, а также методы и способы регулирования теплоотдачи, порядок технического обслуживания системы отопления. Указаны часто встречающиеся неисправности и способы их устранения. Даны рекомендации на случай стихийных бедствий, чрезвычайных ситуаций и т.п.

Журнал инструктажа по технике безопасности служит для занесения результатов проверки знаний персонала.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Нормируемые теплотехнические показатели строительных материалов и изделий

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материа- ле (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Кoeffици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1. Теплоизоляционные материалы (ГОСТ 16381)											
а).. Полимерные											
1	Экструдированный пенополистирол фирмы БАСФ ТУ 2244-001-47547616-00 Стиродур 2500С	25	1,34	0,029	2	10	0,031	0,031	0,28	0,31	0,013
2	То же, 2800С	28	1,34	0,029	2	10	0,031	0,031	0,30	0,33	0,013
3	» 3035С	33	1,34	0,029	2	10	0,031	0,031	0,32	0,36	0,013
4	» 4000С	35	1,34	0,030	2	10	0,031	0,031	0,34	0,37	0,005
5	» 5000С	45	1,34	0,030	2	10	0,031	0,031	0,38	0,42	0,005
6	Пенополистирол фирмы БАСФ Стиропор PS15	15	1,34	0,039	2	10	0,040	0,044	0,25	0,29	0,035
7	То же PS20	20	1,34	0,037	2	10	0,038	0,042	0,28	0,33	0,030
8	» PS30	30	1,34	0,035	2	10	0,036	0,040	0,33	0,39	0,030
9	Пенополистирол	150	1,34	0,05	1	5	0,052	0,06	0,89	0,99	0,05
10	То же	100	1,34	0,041	2	10	0,041	0,052	0,65	0,82	0,05
11	Пенополистирол (ГОСТ 15588)	40	1,34	0,038	2	10	0,041	0,05	0,41	0,49	0,05

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материа- ле (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)	А	Б	теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
							А	Б	А	Б	
12	Пенопласт ПХВ-1 и ПВ1	125	1,26	0,052	2	10	0,06	0,064	0,86	0,99	0,23
13	То же	100 и менее	1,26	0,041	2	10	0,05	0,052	0,068	0,8	0,23
14	Пенополиуретан	80	1,47	0,041	2	5	0,05	0,05	0,67	0,7	0,05
15	То же	60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
16	»	40	1,47	0,029	2	5	0,04	0,04	0,4	0,42	0,05
17	Плиты из резольно- формальдегидного пе- нопласта (ГОСТ 20916)	100	1,68	0,047	5	20	0,052	0,076	0,85	1,18	0,15
18	Плиты из резольно- формальдегидного пе- нопласта (ГОСТ 20916)	75	1,68	0,043	5	20	0,05	0,07	0,72	0,98	0,23
19	То же	50	1,68	0,041	5	20	0,05	0,064	0,59	0,77	0,23
20	»	40	1,68	0,038	5	20	0,041	0,06	0,48	0,66	0,23
21	Перлитопластбетон	200	1,05	0,041	2	3	0,052	0,06	0,93	1,01	0,008
22	То же	100	1,05	0,035	2	3	0,041	0,05	0,58	0,66	0,008
23	Перлитофосфогеле- вые изделия	300	1,05	0,076	3	12	0,08	0,12	1,43	2,02	0,2
24	То же	200	1,05	0,064	3	12	0,07	0,09	1,1	1,43	0,23

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материа- ле (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°С)	Коэффици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°С)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°С)	теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°С)	паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)		
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
25	Теплоизоляционные изделия из вспененного синтетического каучука «Аэрофлекс»	80	1,806	0,034	5	15	0,04	0,054	0,65	0,71	0,003
26	То же, «Кайманфлекс»:										
	EC	60-80	1,806	0,039	0	0	0,039	0,039	0,6	0,6	0,010
	ST	60-80	1,806	0,039	0	0	0,039	0,039	0,6	0,6	0,009
	ECO	60-95	1,806	0,041	0	0	0,041	0,041	0,65	0,65	0,010
27	Экструзионный пенополистирол «Пенопл-экс» (ТУ 5767002-46261013), тип 35	35	1,65	0,028	2	3	0,029	0,030	0,36	0,37	0,018
28	То же, тип 45	45	1,53	0,030	2	3	0,031	0,032	0,40	0,42	
б) Минераловатные (ГОСТ 4640), стекловолокнистые, пеностекло, газостекло											
29	Маты минераловатные прошивные (ГОСТ 21880) и на синтетическом связующем (ГОСТ 9573)	125	0,84	0,056	2	5	0,064	0,07	0,73	0,82	0,30
30	То же	75	0,84	0,052	2	5	0,06	0,064	0,55	0,61	0,49
31	»	50	0,84	0,048	2	5	0,052	0,06	0,42	0,48	0,53

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материа- ле (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг.°C)	Коэффици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м.°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м.°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s, Вт/(м ² .°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
		А	Б	А	Б	А	Б	А, Б			
32	Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующих (ГОСТ 9573, ГОСТ 10140, ГОСТ 22950)	350	0,84	0,091	2	5	0,09	0,11	1,46	1,72	0,38
33	То же	300	0,84	0,084	2	5	0,087	0,09	1,32	1,44	0,41
34	»	200	0,84	0,07	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,49
35	»	100	0,84	0,056	2	5	0,06	0,07	0,64	0,73	0,56
36	»	50	0,84	0,048	2	5	0,052	0,06	0,42	0,48	0,6
37	Плиты минераловатные повышенной жесткости на органофосфатном связующем	200	0,84	0,064	1	2	0,07	0,076	0,94	1,01	0,45
38	Плиты полужесткие минераловатные на крахмальном связующем	200	0,84	0,07	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,38
39	То же	125	0,84	0,056	2	5	0,06	0,064	0,70	0,78	0,38
40	Плиты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем (ГОСТ 10499)	50	0,84	0,056	2	5	0,06	0,064	0,44	0,5	0,6

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материа- ле (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)	теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)	паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)		
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
41	Маты и полосы из стеклянного волокна прошивные	150	0,84	0,061	2	5	0,064	0,07	0,8	0,9	0,53
42	Пеностекло или газо- стекло	400	0,84	0,11	1	2	0,12	0,14	1,76	1,94	0,02
43	То же	300	0,84	0,09	1	2	0,11	0,12	1,46	1,56	0,02
44	»	200	0,84	0,07	1	2	0,08	0,09	1,01	1,1	0,03
в) Плиты из природных органических и неорганических материалов											
45	Плиты древесно- волокнистые и древес- но-стружечные (ГОСТ 4598, ГОСТ 8904, ГОСТ 10632)	1000	2,3	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
46	То же	800	2,3	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
47	»	600	2,3	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
48	»	400	2,3	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
49	»	200	2,3	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
50	Плиты фибролитовые и арболит (ГОСТ 19222) на порт- ландцементе	800	2,3	0,16	10	15	0,24	0,3	6,17	7,16	0,11
51	То же	600	2,3	0,12	10	15	0,18	0,23	4,63	5,43	0,11

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материале (при условиях экс- плуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)	А	Б	теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
							А	Б	А	Б	
52	То же	400	2,3	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
53	»	300	2,3	0,07	10	15	0,11	0,14	2,56	2,99	0,30
54	Плиты камышитовые	300	2,3	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
55	То же	200	2,3	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
56	Плиты торфяные теп- лоизоляционные	300	2,3	0,064	15	20	0,07	0,08	2,12	2,34	0,19
57	То же	200	2,3	0,052	15	20	0,06	0,064	1,6	1,71	0,49
58	Пакля	150	2,3	0,05	7	12	0,06	0,07	1,3	1,47	0,49
59	Плиты из гипса (ГОСТ 6428)	1200	0,84	0,35	4	6	0,41	0,47	6,01	6,7	0,098
60	То же	1000	0,84	0,23	4	6	0,29	0,35	4,62	5,28	0,11
61	Листы гипсовые обш- вочные (сухая штука- турка) (ГОСТ 6266)	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
62	Изделия из вспученно- го перлита на битум- ном связующем (ГОСТ 16136)	400	1,68	0,11	1	2	0,12	0,13	2,45	2,59	0,04
63	То же	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
е) Засыпки											
64	Гравий керамзитовый (ГОСТ 9757)	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,23	3,36	3,6	0,21

Продолжение прил. 1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материале (при условиях экс- плуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
65	То же	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,2	2,62	2,91	0,23
66	»	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
67	»	300	0,84	0,108	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
68	»	200	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,26
69	Гравий шунгизитовый (ГОСТ 9757)	800	0,84	0,16	2	4	0,2	0,23	3,28	3,68	0,21
70	То же	600	0,84	0,13	2	4	0,16	0,2	2,54	2,97	0,22
71	»	400	0,84	0,11	2	4	0,13	0,14	1,87	2,03	0,23
72	Щебень из доменного шлака (ГОСТ 5578), шлаковой пемзы и аглопорита (ГОСТ 9757)	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,21
73	То же	600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,7	2,98	0,23
74	»	400	0,84	0,12	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,24
75	Щебень и песок из перлита вспученного (ГОСТ 10832)	600	0,84	0,11	1	2	0,111	0,12	2,07	2,2	0,26
76	То же	400	0,84	0,076	1	2	0,087	0,09	1,5	1,56	0,3
77	»	200	0,84	0,064	1	2	0,076	0,08	0,99	1,04	0,34
78	Вермикулит вспучен- ный (ГОСТ 12865)	200	0,84	0,076	1	3	0,09	0,11	1,08	1,24	0,23

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материале (при условиях экс- плуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Кoeffици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропо- нициаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
							А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
79	То же	100	0,84	0,064	1	3	0,076	0,08	0,7	0,75	0,3
80	Песок для строитель- ных работ (ГОСТ 8736)	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
д) Теплые растворы (ГОСТ 28013)											
81	Цементно-шлаковый	1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11
82	То же	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
83	Цементно-перлитовый	1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,3	4,64	5,42	0,15
84	То же	800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
85	Гипсоперлитовый	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
86	Поризованный гипсо- перлитовый	500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43
87	То же	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
2. Конструкционно-теплоизоляционные материалы											
а) Бетоны на природных пористых заполнителях (ГОСТ 25820, ГОСТ 22263)											
88	Туфобетон	1800	0,84	0,64	7	10	0,87	0,99	11,38	12,79	0,09
89	То же	1600	0,84	0,52	7	10	0,7	0,81	9,62	10,91	0,11
90	»	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,11
91	»	1200	0,84	0,29	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,12
92	Пемзобетон	1600	0,84	0,52	4	6	0,62	0,68	8,54	9,3	0,075
93	То же	1400	0,84	0,42	4	6	0,49	0,54	7,1	7,76	0,083
94	»	1200	0,84	0,34	4	6	0,4	0,43	5,94	6,41	0,098
95	»	1000	0,84	0,26	4	6	0,3	0,34	4,69	5,2	0,11

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материале (при условиях экс- плуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Кoeffици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
							А	Б	А	Б	
96	То же	800	0,84	0,19	4	6	0,22	0,26	3,6	4,07	0,12
97	Бетон на вулканиче- ском шлаке	1600	0,84	0,52	7	10	0,64	0,7	9,2	10,14	0,075
98	То же	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,083
99	»	1200	0,84	0,33	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,09
100	Бетон на вулканиче- ском шлаке	1000	0,84	0,24	7	10	0,29	0,35	4,9	5,67	0,098
101	То же	800	0,84	0,20	7	10	0,23	0,29	3,9	4,61	0,11
б) Бетоны на искусственных пористых заполнителях (ГОСТ 25820, ГОСТ 9757)											
102	Керамзитобетон на ке- рамзитовом песке и керамзитопенобетон	1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
103	То же	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
104	»	1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
105	»	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
106	»	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
107	»	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
108	»	600	0,84	0,16	5	10	0,2	0,26	3,03	3,78	0,26
109	»	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,3
110	Керамзитобетон на кварцевом песке с по- ризацией	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материале (при условиях экс- плуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
111	То же	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
112	»	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
113	Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
114	То же	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
115	Шунгизитобетон	1400	0,84	0,49	4	7	0,56	0,64	7,59	8,6	0,098
116	То же	1200	0,84	0,36	4	7	0,44	0,5	6,23	7,04	0,11
117	»	1000	0,84	0,27	4	7	0,33	0,38	4,92	5,6	0,14
118	Перлитобетон	1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
119	То же	1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,5	6,38	0,19
120	»	800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
121	»	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,3
122	Шлакопемзобетон (термозитобетон)	1800	0,84	0,52	5	8	0,63	0,76	9,32	10,83	0,075
123	То же	1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
124	»	1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,9	0,098
125	»	1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
126	»	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
127	Шлакопемзопено- и шлакопемзогазобетон	1600	0,84	0,47	8	11	0,63	0,7	9,29	10,31	0,09
128	То же	1400	0,84	0,35	8	11	0,52	0,58	7,9	8,78	0,098
129	»	1200	0,84	0,29	8	11	0,41	0,47	6,49	7,31	0,11

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материале (при условиях экс- плуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
130	То же	1000	0,84	0,23	8	11	0,35	0,41	5,48	6,24	0,11
131	»	800	0,84	0,17	8	11	0,29	0,35	4,46	5,15	0,13
132	Бетон на доменных гра- нулированных шлаках	1800	0,84	0,58	5	8	0,7	0,81	9,82	11,18	0,083
133	То же	1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
134	»	1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098
135	»	1200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
136	Аглопоритобетон и бе- тоны на топливных (ко- тельных) шлаках	1800	0,84	0,7	5	8	0,85	0,93	10,82	11,98	0,075
137	То же	1600	0,84	0,58	5	8	0,72	0,78	9,39	10,34	0,083
138	»	1400	0,84	0,47	5	8	0,59	0,65	7,92	8,83	0,09
139	»	1200	0,84	0,35	5	8	0,48	0,54	6,64	7,45	0,11
140	»	1000	0,84	0,29	5	8	0,38	0,44	5,39	6,14	0,14
141	Бетон на зольном гра- вии	1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
142	То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
143	»	1000	0,84	0,24	5	8	0,3	0,35	4,79	5,48	0,12
144	Вермикулитобетон	800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	—
145	То же	600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
146	»	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
147	»	300	0,84	0,08	8	13	0,09	0,11	1,52	1,83	0,23

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материале (при условиях экс- плуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
148	Полистиролбетон (ТУ 5741-159-002-84807, ТУ 5760-160-0284807)	600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,20	3,07	3,49	0,068
149	То же	500	1,06	0,125	4	8	0,14	0,16	2,5	2,85	0,075
150	»	400	1,06	0,105	4	8	0,12	0,135	2,07	2,34	0,085
151	»	300	1,06	0,085	4	8	0,09	0,11	1,55	1,83	0,10
152	»	200	1,06	0,065	4	8	0,070	0,08	1,12	1,28	0,12
153	»	150	1,06	0,055	4	8	0,057	0,06	0,87	0,96	0,135
в) Бетоны ячеистые (ГОСТ 25485, ГОСТ 5742)											
154	Газо- и пенобетон, га- зо- и пеносиликат	1000	0,84	0,29	10	15	0,41	0,47	6,13	7,09	0,11
155	То же	800	0,84	0,21	10	15	0,33	0,37	4,92	5,63	0,14
156	»	600	0,84	0,14	8	12	0,22	0,26	3,36	3,91	0,17
157	»	400	0,84	0,11	8	12	0,14	0,15	2,19	2,42	0,23
158	»	300	0,84	0,08	8	12	0,11	0,13	1,68	1,95	0,26
159	Газо- и пенозолобетон	1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
160	То же	1000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,5	6,86	8,01	0,098
161	»	800	0,84	0,17	15	22	0,35	0,41	5,48	6,49	0,12
г) Кирпичная кладка из сплошного кирпича											
162	Глиняного обыкновен- ного на цементно- шлаковом растворе	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материале (при условиях экс- плуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
163	Глиняного обыкновен- ного (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,56	1	2	0,7	0,81	9,2	10,12	0,11
164	Глиняного обыкновен- ного на цементно- перлитовом растворе	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,7	8,08	9,23	0,15
165	Силикатного (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,7	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
166	Трепельного (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
167	То же	1000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
168	Шлакового на цемент- но-песчаном растворе	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,7	8,12	8,76	0,11
<i>д)Кирпичная кладка из пустотного кирпича</i>											
169	Керамического пустот- ного плотностью 1400 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материале (при условиях экс- плуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
170	Керамического пустот- ного плотностью 1300 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
171	Керамического пустот- ного плотностью 1000 кг/м ³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
172	Силикатного одинад- цатипустотного (ГОСТ 379) на цемент- но-песчаном растворе	1500	0,88	0,64	2	4	0,7	0,81	8,59	9,63	0,13
173	Силикатного четырнад- цатипустотного (ГОСТ 379) на цемент- но-песчаном растворе	1400	0,88	0,52	2	4	0,64	0,76	7,93	9,01	0,14
<i>е) Дерево и изделия из него</i>											
174	Сосна и ель поперек волокон (ГОСТ 8486, ГОСТ 9463)	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материале (при условиях экс- плуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
175	Сосна и ель вдоль во- локон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
176	Дуб поперек волокон (ГОСТ 9462, ГОСТ 2695)	700	2,3	0,1	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
177	Дуб вдоль волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
178	Фанера клееная (ГОСТ 8673)	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
179	Картон облицовочный (ГОСТ 8740)	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	6,2	6,75	0,06
180	Картон строительный многослойный	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
3. Конструкционные материалы											
а) Бетоны (ГОСТ 7473, ГОСТ 25192) и растворы (ГОСТ 28013)											
181	Железобетон (ГОСТ 26633)	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	18,95	0,03
182	Бетон на гравии или щебне из природного камня (ГОСТ 26633)	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
183	Раствор цементно- песчаный	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09
184	Раствор сложный (пе- сок, известь, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,7	0,87	8,95	10,42	0,098

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плотность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°C)	Коэффициент теплопроводности λ_0 , Вт/(м·°C)	А	Б	теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч Па)
							А	Б	А	Б	
185	Раствор известково-песчаный	1600	0,84	0,47	2	4	0,7	0,81	8,69	9,76	0,12
б) Облицовка природным камнем (ГОСТ 9480)											
186	Гранит, гнейс и базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
187	Мрамор	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
188	Известняк	2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06
189	То же	1800	0,88	0,7	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
190	»	1600	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
191	»	1400	0,88	0,49	2	3	0,56	0,58	7,42	7,72	0,11
192	Туф	2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
193	То же	1800	0,88	0,56	3	5	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
194	»	1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
195	»	1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,6	0,098
196	»	1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
197	»	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,2	4,8	0,11
в) Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и рулонные покрытия для полов (ГОСТ 23835, ГОСТ 30547)											
198	Листы асбестоцементные плоские (ГОСТ 18124)	1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
199	То же	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03

Продолжение прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массовое отношение влаги в материале (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плотность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°С)	Коэффициент теплопроводности λ_0 , Вт/(м·°С)			теплопроводности λ , Вт/(м·°С)		теплоусвоения (при периоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°С)		паропроницаемости μ , мг/(м·ч Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
200	Битумы нефтяные строительные и кровельные (ГОСТ 6617, ГОСТ 9548)	1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,8	6,8	0,008
201	То же	1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
202	»	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
203	Асфальтобетон (ГОСТ 9128)	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
204	Рубероид (ГОСТ 10923), пергамин (ГОСТ 2697), толь	600	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	—
205	Линолеум поливинилхлоридный на теплоизолирующей подоснове (ГОСТ 18108)	1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
206	То же	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
207	Линолеум поливинилхлоридный на тканевой основе (ГОСТ 7251)	1800	1,47	0,35	0	0	0,35	0,35	8,22	8,22	0,002
208	То же	1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
209	»	1400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002

Окончание прил.1

№ п/п	Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетное массо- вое отношение влаги в материале (при условиях экс- плуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*, %		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СНиП II-3-79*)				
		Плот- ность ρ_0 , кг/м ³	Удельная теплоем- кость c_0 , кДж/(кг·°C)	Кoeffици- ент тепло- проводно- сти λ_0 , Вт/(м·°C)			теплопровод- ности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвое- ния (при пе- риоде 24 ч) s , Вт/(м ² ·°C)		паропро- ницаемо- сти μ , мг/(м·ч Па)
					А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
а) Металлы и стекло											
210	Сталь стержневая ар- матурная (ГОСТ 10884, ГОСТ 5781)	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
211	Чугун (ГОСТ 9583)	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
212	Алюминий (ГОСТ 22233, ГОСТ 24767)	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
213	Медь (ГОСТ 931, ГОСТ 15527)	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
214	Стекло оконное (ГОСТ 111)	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0

Примечания:

1. Расчетные значения коэффициента теплоусвоения (при периоде 24 ч) материала в конструкции вычислены по формуле

$$s = 0,27 \sqrt{\lambda \rho_0 (c_0 + 0,0419 w)}$$

где λ , ρ_0 , c_0 , w – принимают по соответствующим графам настоящей таблицы.

2. Характеристики материалов в сухом состоянии приведены при массовом отношении влаги в материале w , %, равном нулю.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

**Значения коэффициентов затенения светового проема
и $\epsilon_{з.ф}$ относительно проникания солнечной радиации $f_{ок}$ и $f_{з.ф}$
соответственно окон и зенитных фонарей**

№ п/п	Заполнение светового проема	Коэффициенты			
		в деревянных или ПВХ переплетах		в металлических переплетах	
		$\epsilon_{ок}$ и $\epsilon_{з.ф}$	$f_{ок}$ и $f_{з.ф}$	$\epsilon_{ок}$ и $\epsilon_{з.ф}$	$f_{ок}$ и $f_{з.ф}$
1	Двойное остекление в спаренных переплетах	0,75/0,7	0,85	—	—
2	Двойное остекление в раздельных переплетах	0,65/0,6	0,85	0,8/0,6(0,8)	0,85
3	Блоки стеклянные пустотные (с шириной швов 6 мм) размером, мм: — 194x194x98 — 244x244x98	0,9 0,9	0,65 (без переплета) 0,7 (без переплета)		
4	Профильное стекло коробчатого сечения	0,9	0,75 (без переплета)		
5	Двойное из органического стекла для зенитных фонарей	0,9	0,9	—	—
6	Тройное из органического стекла для зенитных фонарей	0,9	0,83	—	—
7	Тройное остекление в раздельно-спаренных переплетах	0,5/-	0,76	0,7/-	0,76
8	Однокамерный стеклопакет из стекла: — обычного — с твердым селективным покрытием — с мягким селективным покрытием	0,8/- 0,8/- 0,8/-	0,85 0,57 0,57	0,9/- 0,9/- 0,9/-	0,85 0,57 0,57
9	Двухкамерный стеклопакет из стекла: — обычного (с межстекольным расстоянием 6 мм) — обычного (с межстекольным расстоянием 12 мм) — с твердым селективным покрытием — с мягким селективным покрытием — с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,78/- 0,78/- 0,78/- 0,78/- 0,78/-	0,76 0,76 0,51 0,51 0,51	0,85/- 0,85/- 0,85/- 0,85/- 0,85/-	0,76 0,76 0,51 0,51 0,51

№ п/п	Заполнение светового проема	Коэффициенты			
		в деревянных или ПВХ переплетах		в металлических переплетах	
		$\epsilon_{ок}$ и $\epsilon_{з.ф}$	$f_{ок}$ и $f_{з.ф}$	$\epsilon_{ок}$ и $\epsilon_{з.ф}$	$f_{ок}$ и $f_{з.ф}$
10	Обычное стекло и однока- мерный стеклопакет в раз- дельных переплетах из стек- ла:				
	– обычного	0,75/-	0,76	—	—
	– с твердым селективным покрытием	0,75/-	0,51	—	—
	– с мягким селективным по- крытием	0,75/-	0,51	—	—
	– с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,75/-	0,51	—	—
11	Обычное стекло и двухка- мерный стеклопакет в раз- дельных переплетах из стек- ла:				
	– обычного	0,73/-	0,72	—	—
	– с твердым селективным покрытием	0,73/-	0,48	—	—
	– с мягким селективным по- крытием	0,73/-	0,48	—	—
	– с твердым селективным покрытием и заполнением аргоном	0,73/-	0,48	—	—
12	Два однокамерных стекло- пакета в спаренных пере- плетах	0,7/-	0,72	—	—
13	Два однокамерных стекло- пакета в раздельных пере- плетах	0,6/-	0,72	—	—
14	Четырехслойное остекление в двух спаренных перепле- тах	0,5/-	0,72	—	—

Примечания:

1. К мягким селективным покрытиям стекла относят покрытия с тепловой эмиссией менее 0,15, к твердым – более 0,15.

2. Перед чертой приведены значения τ для светопрозрачных конструкций жилых, общественных и вспомогательных зданий, за чертой – промышленных зданий, в скобках – для светопрозрачных конструкций с глухими переплетами

Приложение 3

Упругость водяного пара в атмосферном воздухе при полном насыщении

$t, ^\circ\text{C}$	$E, \text{Па}$	$t, ^\circ\text{C}$	$E, \text{Па}$
-30	61,5	3	757
-20	123	4	814
- 15	187	5	872
- 14	207	6	934
- 13	214	7	990
-12	245	8	1068
- 11	260	9	1142
- 10	286	10	1278
-9	303	11	1310
-8	328	12	1405
-7	355	13	1500
-6	383	14	1598
-5	422	15	1709
-4	450	16	1820
-3	486	17	1940
-2	527	18	2065
- 1	570	19	2200
0	611	20	2340
1	660	25	3170
2	708	30	4255

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Изд-во стандартов, 1996.
2. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов. 1988.
3. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003.
4. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий – М.: Госстрой России. 2004.
5. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М.: Госстрой России. 2004.
6. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России, 2004.
7. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Госстрой России. 2004.
8. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства / под ред. И.Г. Староверова. Ч.1. Отопление. – М.: Стройиздат, 1990.
9. Богословский В.Н. Строительная теплофизика: Изд-во «АВОК Северо-Запад», 2006.
10. Сканава А.Н., Маков Л.М. Отопление: учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2006.
11. Тихомиров К.В., Сергеев Э.Г. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. – М.: Стройиздат, 1996.
12. Малявина Е.Г. Теплопотери здания: справ. пособие. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2007.
13. Хрусталева Б.М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование: учеб. пособие. – М.: Изд-во АСВ. 2007.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Основы строительной теплофизики	4
1.1. Нормирование состояния воздушной среды в помещениях.....	4
1.2. Расчётные параметры наружного воздуха	5
1.3. Теплообмен в помещениях	5
1.3.1. Теплопроводность	6
1.3.2. Конвективный теплообмен	8
1.3.3. Лучистый теплообмен.....	11
1.3.4. Струйный теплообмен	12
1.3.5. Теплопередача через ограждения	13
1.3.6. Нормируемое сопротивление теплопередаче	15
1.4. Нестационарная теплопередача через ограждения.....	16
1.5. Воздухопроницаемость конструкций здания	18
1.6. Перенос влаги через ограждения. Паропроницаемость ограждений	20
2. Расчет теплозащитных свойств наружных ограждений	22
2.1. Выбор параметров наружного воздуха	22
2.2. Выбор параметров внутреннего воздуха	23
2.3. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций здания	24
2.4. Проверка теплоустойчивости наружных стен и покрытий зданий в теплый период.....	33
2.5. Проверка воздухопроницаемости ограждений здания.....	37
2.6. Расчет паропроницаемости наружных ограждений здания	41
2.7. Определение удельного расхода тепловой энергии на отопление здания	45
2.8. Составление энергетического паспорта здания	52
3. Основы систем отопления	57
3.1. Определение отопительной нагрузки помещений.....	57
3.2. Виды систем отопления	63
3.3. Водяное отопление.....	65
3.3.1. Классификация систем водяного отопления	65
3.3.2. Конструирование системы отопления.....	68
3.3.3. Гидравлический расчёт трубопроводов систем водяного отопления.....	73
3.3.4. Отопительные приборы. Тепловой расчёт приборов	80
3.3.5. Выбор оборудования теплового ввода	86
3.4. Паровое отопление.....	88
3.4.1. Схемы систем парового отопления.....	88

3.4.2. Гидравлический расчет систем парового отопления низкого давления	89
3.4.3. Гидравлический расчет систем парового отопления высокого давления	93
3.5. Воздушное отопление	93
3.5.1. Классификация систем воздушного отопления	93
3.5.2. Центральное воздушное отопление.....	94
3.5.3. Местное воздушное отопление	96
3.6. Эксплуатация систем центрального отопления.....	98
3.6.1. Пуск систем отопления в эксплуатацию.....	98
3.6.2. Регулирование систем центрального отопления.....	99
3.6.3. Организационные мероприятия при эксплуатации систем отопления	100
Приложение 1. Нормируемые теплотехнические показатели строительных материалов и изделий.....	102
Приложение 2. Значения коэффициентов затенения светового проема $e_{ок}$ и $e_{з.ф}$ относительно проникания солнечной радиации $f_{ок}$ и $f_{з.ф}$ соответственно окон и зенитных фонарей	120
Приложение 3. Упругость водяного пара в атмосферном воздухе при полном насыщении.....	122
Библиографический список.....	123