

2. ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ

2.1 ПОНЯТИЕ О МИКРОКЛИМАТЕ ПОМЕЩЕНИЙ

Микроклимат помещения — состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризующееся показателями температуры воздуха t_v и ограждающих конструкций t_R , влажностью и подвижностью воздуха.

В результате протекающих в организме процессов обмена веществ освобождается энергия в виде теплоты, поскольку организм человека стремится к сохранению постоянной температуры. Для нормальной жизнедеятельности и хорошего самочувствия необходим тепловой баланс между теплотой, вырабатываемой организмом и теплотой, отдаваемой в окружающую среду. При нормальных условиях более 90% теплоты передается в окружающую среду (половина — излучением, четверть конвекцией, четверть — испарением). Интенсивность теплоотдачи зависит от сочетаний параметров микроклимата: различают:

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

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

Наиболее важно поддерживать в помещении благоприятные температурные условия, так как влажность и скорость имеют, как правило, несущественные колебания. Требования к параметрам микроклимата для разных частей помещения могут отличаться. Комфортные условия должны быть обеспечены прежде всего в обслуживаемой зоне помещения (зоне обитания):

Обслуживаемая зона помещения (зона обитания) — пространство в помещении, ограниченное плоскостями, параллельными полу и стенам: на высоте 0,1 и 2,0 м над уровнем пола (но не ближе чем 1 м от потолка при потолочном отоплении), на расстоянии 0,5 м от внутренних поверхностей наружных и внутренних стен, окон и отопительных приборов.

Тепловые условия в помещении зависят от сочетаний температуры воздуха и ограждающих конструкций, т.е. от температурной обстановки, которые характеризуются двумя условиями комфортности:

1) Условие определяет такую область сочетаний $t_{в}$ и $t_{г}$, при которых человек, находясь в центре рабочей зоны не испытывает ни перегрева, ни переохлаждения.

2) Условие определяет допустимые температуры нагретых и охлажденных поверхностей при нахождении человека в непосредственной близости от них.

Температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой ограждающей конструкции регламентируется СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий и в частности для наружных стен жилых зданий не должен превышать 4°C .

При определении расчетных параметров микроклимата в помещении учитываются метеорологические параметры окружающей среды, интенсивность выполняемой работы и характер тепловыделений в помещении.

Расчетные параметры воздуха нормируются в зависимости от периода года. Различают:

Холодный период года — период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха, равной 8°C и ниже.

Теплый период года — период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха выше 8°C .

По интенсивности труда: все виды работ делятся на три категории: легкие с затратами энергии до 172 Вт, средней тяжести до 193 Вт и тяжелые более 293 Вт.

В зависимости от интенсивности явных тепловыделений различают три группы помещений: с незначительными теплоизбытками явной теплоты (до 23 Вт/м^2); со значительными ($>23 \text{ Вт/м}^2$); жилые, общественные помещения и

вспомогательные помещения производственных зданий при всех значениях явной теплоты.

Под явной понимают теплоту, поступающую в рабочее помещение от оборудования, отопительных приборов, нагретых материалов, людей и других источников теплоты. Под избытком явной теплоты понимают остаточное количество явной теплоты (за вычетом теплопотерь) после осуществления всех мероприятий по их уменьшению.

Параметры микроклимата в обслуживаемой зоне жилых и общественных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», а в рабочей зоне производственных помещений по ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». В холодный период года оптимальная температура воздуха составляет, °С: для легкой работы 20—23, для работы средней тяжести 17—20, для тяжелой работы 16—18; допустимые температуры равны соответственно 19—25, 15—23 и 13—19°С. Для теплого периода года оптимальные температуры воздуха для указанных категорий работ составляют соответственно 22—25, 21—23 и 18—21 °С. Максимально допустимая температура воздуха в рабочей зоне равна 28 °С и лишь при расчетной температуре наружного воздуха больше 25 °С допускается до 33 °С.

Оптимальные значения относительной влажности воздуха нормируются в диапазоне 40—60%. Оптимальные скорости воздуха в помещении для холодного периода года принимаются 0,2—0,3, а для теплого 0,2—0,5 м/с.

В теплый период года параметры микроклимата не нормируются в помещениях жилых зданий, а также в общественных, административно-бытовых и производственных помещениях в периоды, когда они не используются.

Требуемый микроклимат в помещении создается следующими системами инженерного оборудования зданий: отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха:

Системы отопления служат для создания и поддержания в помещениях в холодный период года необходимых температур воздуха, регламентируемых соответствующими нормами. И разрешают лишь одну из задач по созданию и обеспечению микроклимата в помещении — необходимого теплового режима.

Воздушный режим помещения, то есть процесс обмена воздухом между помещениями и наружным воздухом обеспечивается вентиляцией.

Системы вентиляции предназначены для удаления из помещений загрязненного и подачу в них чистого воздуха. При этом расчетная температура внутреннего воздуха не должна изменяться.

Системы кондиционирования воздуха являются более совершенными средствами создания и обеспечения в помещениях улучшенного микроклимата, т. е. заданных параметров воздуха: температуры, влажности и чистоты при допустимой скорости движения воздуха в помещении независимо от наружных метеоусловий и переменных по времени вредных выделений в помещениях.

Расчетные параметры наружного воздуха для проектирования систем обеспечения микроклимата устанавливаются на основании данных метеорологических наблюдений в различных географических пунктах (СП 131.13330.2012 Строительная климатология). Согласно этому СП климат холодного и теплого периодов года для различных географических пунктов характеризуется двумя расчетными параметрами наружного воздуха: А и Б.

А – средняя температура наиболее холодного периода, средняя длительность которого соответствует 15% общей продолжительности отопительного периода в области наиболее низких температур, но не более 25 суток

Б – средняя температура наиболее холодной пятидневки за 30-50-летний период;

Для систем вентиляции и кондиционирования воздуха гражданских и производственных помещений в качестве расчетных параметров наружного воздуха для теплого периода года должны приниматься параметры А, а для систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха для холодного периода года — параметры Б.

Для систем вентиляции зданий сельскохозяйственного назначения для теплого и холодного периодов года принимаются расчетные параметры А наружного воздуха, а для систем отопления для холодного периода года принимаются расчетные параметры Б.

Расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года (параметры Б) при расчете потерь теплоты через наружные ограждения принимается равной средней температуре воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (коэффициент обеспеченности $K_{об.п}$, показывает в долях единицы или в процентах число случаев n , когда недопустимо отклонение от расчетных условий). Эта температура выше, чем абсолютная минимальная. Так, для Костромы она согласно СП 131.13330.2012 принимается равной $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$, тогда как абсолютная минимальная температура достигает $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Расчет системы отопления на абсолютную минимальную температуру, которая отмечается раз в несколько лет, причем в течение короткого периода времени, измеряемого часами, не оправдан. Кратковременное резкое понижение температуры наружного воздуха благодаря теплоаккумулирующей способности строительных конструкций и мебели, находящейся в помещении, не вызывает заметных изменений температуры внутреннего воздуха.

Выбор начала и конца отопительного периода имеет существенное значение для качественного теплоснабжения зданий.

Согласно действующим в нашей стране строительным нормам и правилам продолжительность отопительного периода определяется по числу дней с устойчивой среднесуточной температурой $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже. В Костроме отопительный период согласно СП 131.13330.2012 составляет 222 суток. Однако практика эксплуатации показала, что жилье и общественные здания не следует оставлять без отопления в течение длительного периода при температуре наружного воздуха ниже $10...12\text{ }^{\circ}\text{C}$, поскольку при этом температура внутреннего воздуха заметно снижается, что неблагоприятно отражается на самочувствии людей.

При проектировании отопления производственных зданий учитывают, что начало и конец отопительного периода этих зданий определяются наружной температурой, при которой теплотери через наружные ограждения становятся равными внутренним тепловыделениям. В большинстве случаев продолжительность отопительного периода для производственных зданий короче, чем для жилых и

общественных, поскольку тепловыделения в производственных зданиях значительны.

2.2 ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ПОМЕЩЕНИЙ

Постоянный тепловой режим должен поддерживаться круглосуточно в течение всего отопительного периода. Для нахождения мощности системы отопления сопоставляют величины теплопотерь (расхода теплоты) и теплопоступления. Если теплопотери окажутся больше тепловыделений, то требуется отопление помещения. Тепловая мощность системы отопления определяется разностью этих величин:

$$Q_{c.o} = Q_{пот} - Q_{пост},$$

где $Q_{c.o}$ — теплонедостаток, т. е. расчетная мощность системы отопления, Вт;

$Q_{пот}$ — суммарные тепловые потери помещениями, Вт;

$Q_{пост}$ — суммарные теплопоступления в помещения, Вт.

Если в здании поступления больше потерь тепла, то отопление не нужно, а избыток тепла устраняется приточной вентиляцией (такое может быть в производственном цехе).

Переменный тепловой режим характерен для производственных зданий с одно- и двухсменной работой, а также для ряда общественных зданий (административные, торговые, учебные и т. п.) и зданий предприятий обслуживания населения. В помещениях этих зданий необходимые тепловые условия поддерживают только в рабочее время.

Теплопотери в общем случае складываются из потерь:

- через ограждающие конструкции;
- на нагревание инфильтрующегося воздуха;
- на нагревание материалов и транспорта;
- прочие.

А теплопоступления в свою очередь делятся на:

- от технологического оборудования;
- от нагретого материала;
- бытовые тепловыделения;
- от электрооборудования и освещения;
- от людей;
- от солнечной радиации.

В конкретных случаях эти списки могут уменьшаться так, для комнат и кухонь жилых зданий учитывают только

теплопотери через ограждения и теплотраты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха, а также бытовые теплопоступления:

$$Q_{co} = Q_{ogr} + Q_{и} - Q_{быт}.$$

Для производственных помещений только тщательный анализ составляющих для каждого конкретного случая позволяет правильно установить мощность системы отопления.

2.2.1 Теплопотери через ограждающие конструкции

Для определения теплопотери отдельными помещениями и зданием в целом необходимо иметь следующие данные: планы этажей и характерные разрезы по зданию со всеми строительными размерами; данные о расположении здания относительно сторон света и розу ветров; назначение каждого помещения; название населенного пункта; конструкции всех наружных ограждений, обоснованные теплотехническим расчетом.

Потери теплоты помещениями через ограждающие конструкции, учитываемые при проектировании систем отопления, разделяются условно на основные и добавочные. Их следует определять, суммируя потери теплоты через отдельные ограждающие конструкции с округлением до 10 Вт, по формуле

$$Q_{OGR} = \frac{F}{R_0} (t_B - t_H) (1 + \sum \beta) n = k F (t_B - t_H) (1 + \sum \beta) n,$$

где F — расчетная площадь ограждающей конструкции, m^2 ;

R_0 — сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $(m^2 \cdot K)/Вт$;

t_B — расчетная температура воздуха помещения, $^{\circ}C$, принимается согласно нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;

t_H — расчетная зимняя температура наружного воздуха, принимается в соответствии со СП 131.13330.2012, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 при расчете потерь теплоты через наружные ограждения;

β — добавочные потери теплоты в долях от основных потерь (приложение 1);

n — коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

k — коэффициент теплопередачи данной ограждающей конструкции, $Вт/(m^2 \cdot K)$.

Таким образом, чтобы определить потери теплоты помещения, необходимо знать величины F , k (либо R_0), $t_{в}$, β . Коэффициент теплопередачи k (либо R_0) ограждающей конструкции определяют теплотехническим расчетом, знакомым вам из курса строительной климатологии.

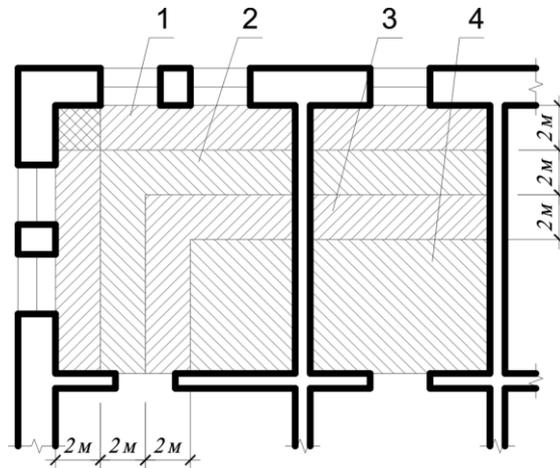
При расчете теплопотерь через внутренние ограждения, например, отделяющие отапливаемые помещения от неотапливаемых, в формуле в качестве $t_{н}$ принимают температуру воздуха в неотапливаемом помещении. Теплообмен через ограждения между смежными отапливаемыми помещениями при расчете теплопотерь не учитывается, если разность температур воздуха этих помещений менее $3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Площади F , м^2 , отдельных ограждений — наружных стен (НС), окон (О), дверей (Д), фонарей (Ф), потолка (Пт), пола (П) — измеряются в соответствии с требованиями к обмеру строительных конструкций.

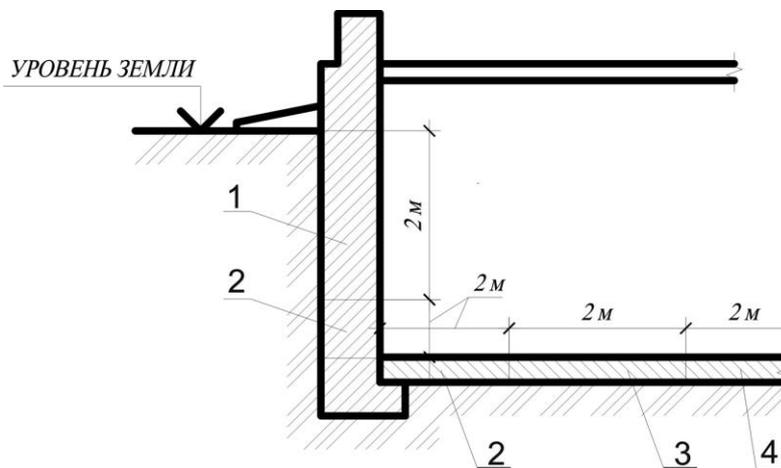
Для подсчета площадей ограждающих конструкций линейные размеры их принимаются с погрешностью до $\pm 0,1\text{ м}$, а величины площадей округляются с погрешностью $\pm 0,1\text{ м}^2$.

Потери теплоты через полы, расположенные на грунте или на лагах, из-за сложности точного решения задачи определяют на практике упрощенным методом — по зонам-полосам шириной 2 м , параллельным наружным стенам. Чем ближе зона расположена к наружной стене, тем меньше величина R_0 . Поверхность участков полов возле угла наружных стен (в первой двухметровой зоне) вводится в расчет дважды, т.е. по направлению обеих стен, составляющих угол.

Сопrotивление теплопередаче для неутепленных полов на грунте и стен, расположенных ниже уровня земли, с коэффициентом теплопроводности $\lambda \geq 1,2\text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ по зонам шириной 2 м , принимается равным: для 1-й зоны $R_{1н.п} = 2,1\text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$; для 2-й зоны $R_{2н.п} = 4,3\text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$; для 3-й зоны $R_{3н.п} = 8,6\text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$; для 4-й зоны $R_{4н.п} = 14,2\text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$.



I — вариант



II — вариант

Рисунок 2.1. Определение зон-полос при расчете потерь теплоты через полы и стены, заглубленные ниже уровня земли:

1 — первая зона; 2 — вторая зона;
3 — третья зона; 4 — четвертая (последняя) зона

Основная расчетная формула при подсчете потерь теплоты через пол $Q_{\text{П}}$, Вт, расположенный на грунте, принимает следующий вид:

$$Q_{\text{П}} = \left(\frac{F_1}{R_{1\Pi}} + \frac{F_2}{R_{2\Pi}} + \frac{F_3}{R_{3\Pi}} + \frac{F_4}{R_{4\Pi}} \right) (t_{\text{В}} - t_{\text{Н}}) (1 + \sum \beta) n,$$

где F_1, F_2, F_3, F_4 — площади соответственно 1, 2, 3, 4 зон-полос, м^2 .

Сопротивление теплопередаче конструкций утепленных полов, расположенных непосредственно на грунте $R_{\text{у.п}}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, надлежит определять также для каждой зоны, но по формуле

$$R_{У.П} = R_{Н.П} + \sum \frac{\delta_{У.С.}}{\lambda_{У.С.}},$$

где $\sum \frac{\delta_{У.С.}}{\lambda_{У.С.}}$ — сумма термических сопротивлений утепляющих слоев, $(м^2 \cdot К)/Вт$.

Утепляющими слоями считаются слои из материалов, имеющих теплопроводность $Вт/(м \cdot К)$.

Теплопотери через подземную часть наружных стен и полы отапливаемого подвала здания должны подсчитываться так же, как и теплопотери через полы, расположенные на грунте бесподвального здания, т. е. по зонам шириной 2 м, с отсчетом их от уровня земли (см. рис. 2.1). Полы помещений в этом случае (при отсчете зон) рассматриваются как продолжение подземной части наружных стен.

Множитель $(1+\Sigma\beta)$ учитывает ряд теплопотерь, называемых добавочными, которые принимаются в долях от основных теплопотерь. Перечислим основные из них:

1. На ориентацию по отношению к сторонам света.
2. На продуваемость помещений с двумя наружными стенами и более. Этот фактор, учитывается для общественных, административно-бытовых и производственных зданий. В жилых зданиях эти потери компенсируются увеличением температуры в угловых комнатах на 2^0 .
3. На подогрев врывающегося холодного воздуха через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами.

2.2.2 Теплозатраты на нагревание инфильтрующегося воздуха

Затраты теплоты $Q_{И}$ Вт, для нагревания инфильтрующегося воздуха в помещениях жилых и общественных зданий при естественной вытяжной вентиляции, не компенсируемого подогретым приточным воздухом, следует рассчитывать по формуле

$$Q_{И} = 0,28 L \rho c_p (t_B - t_H),$$

где L — расход инфильтрующегося воздуха, $м^3/ч$. В жилых зданиях с естественным притоком наружного воздуха объем инфильтрующегося воздуха следует принимать не менее необходимого для вентиляции квартиры по СП 60.13330.2012;

- ρ — плотность наружного воздуха, кг/м^3 , определяемая в зависимости от температуры, $\rho = \frac{346}{273 + t_H}$;
- C_p — удельная массовая изобарная теплоемкость воздуха, равная примерно $1 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$.

Для производственных и животноводческих зданий теплотери на нагрев инфильтрирующегося воздуха принимаются равными 30% от основных потерь теплоты через все ограждения (эмпирически).

2.2.3 Затраты теплоты на нагревание холодных материалов

Затраты теплоты на нагревание холодных материалов Q_M Вт, определяют по формуле

$$Q_M = G_M \cdot c \cdot V \cdot (t_B - t_M),$$

- где G_M — масса поступающего однородного материала, кг/с ;
 c — удельная теплоемкость этого материала, $\text{кДж/кг}\cdot\text{}^\circ\text{C}$;
 V — коэффициент, учитывающий интенсивность поглощения теплоты;
 t_B — температура внутреннего воздуха помещения, $^\circ\text{C}$;
 t_M — температура поступающего материала, $^\circ\text{C}$.

2.2.4 Затраты теплоты на обогревание транспорта

Затраты теплоты на обогревание транспорта, въезжающего в помещение, определяют по формуле

$$Q_{TP} = Q' \cdot S$$

- где Q' — теплотозатраты на обогревание железнодорожных вагонов или автомобилей.

2.2.5 Теплопоступления в помещение от бытовых и производственных источников, от солнечной радиации

Для жилых зданий учет теплового потока, поступающего в комнаты и кухни в виде бытовых тепловыделений, производится согласно СП 60.13330.2012 в количестве не менее $10 \text{ Вт на } 1 \text{ м}^2$ площади пола.

В общественных, административных и производственных зданиях источниками дополнительных теплопоступлений могут быть: люди, искусственное освещение, электрооборудование, технологическое оборудование, нагретые материалы, солнечная радиация и пр.

При искусственном освещении и работающем электрическом производственном оборудовании тепловыделения, Вт, равны:

$$Q_{эл} = k \cdot N_{эл},$$

где k — коэффициент, учитывающий фактически затрачиваемую мощность, одновременность работы электрооборудования, долю перехода электроэнергии в теплоту, которая поступает в помещение (в зависимости от технологического процесса $k=0,15...0,95$); для электрических светильников $k=0,95$; $N_{эл}$ — мощность осветительных приборов или силового оборудования, Вт.

Поступление теплоты в помещение от нагретых материалов $Q_{Мат}$, Вт, попадающих в помещение, можно подсчитать по формуле для нагрева холодных материалов, если подставлять в нее разность температур ($t_M - t_B$).

Тепловой поток от нагретых поверхностей работающего технологического оборудования следует принимать по данным технологического проекта или тепловых испытаний, или подсчитывать, используя законы и формулы теории теплообмена. Основную трудность в последнем случае составляет определение коэффициента теплоотдачи, который во многих случаях неизвестен.

Теплопоступления от солнечной радиации $Q_{с.р}$, Вт, учитывают только в районах с преобладанием зимой солнечной погоды для помещений с окнами, обращенными на юг.

2.2.6 Влияние объемно-планировочных и конструктивных решений здания на тепловую мощность системы отопления.

Здания малого объема, узкие, сложной конфигурации, с увеличенным периметром имеют повышенные тепловые потери. Уменьшенные тепловые потери имеют здания, форма которых близка к кубу. Наименьшие тепловые потери имеют шарообразные сооружения того же объема как имеющие минимальную площадь наружной поверхности. При разработке архитектурной композиции здания любого назначения инженер-проектировщик должен не только изыскивать наивыгоднейшую его форму в теплотехническом отношении, стремясь к сокращению общей площади наружных ограждений, но обязан также правильно оценивать степень остекления здания с технико-экономических позиций, не ограничиваться оценкой остекления только с архитектурной точки зрения. Необходимо учитывать, что с

увеличением остекления наружных ограждений возрастают теплопотери, так как термическое сопротивление остекленных проемов всегда меньше такового наружных стен. В летние месяцы чрезмерная степень остекления является причиной ухудшения микроклимата помещений: перегрева воздуха, отклонения влажности от нормы, что сказывается как на самочувствии, так и на работоспособности человека.

2.3 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ

Система отопления представляет собой комплекс элементов, предназначенных для получения, переноса и передачи теплоты в обогреваемые помещения. Каждая система отопления включает в себя три основных элемента: теплогенератор, служащий для получения теплоты и передачи ее теплоносителю, системы теплопроводов для транспортировки по ним теплоносителя от теплогенератора к отопительным приборам и отопительных приборов, передающих теплоту от теплоносителя воздуху и ограждениям помещения.

К системам отопления предъявляются следующие основные требования:

1. санитарно-гигиенические — обеспечение требуемых температур во всех точках помещения и на внутренних поверхностях наружных ограждений и отопительных приборов на определенном уровне;
2. экономические — обеспечение минимума затрат по сооружению и эксплуатации;
3. строительные — обеспечение соответствия архитектурно-планировочным решениям здания, увязка размещения отопительных элементов со строительными конструкциями;
4. монтажные — обеспечение быстрого монтажа с максимальным использованием унифицированных узлов при минимальном количестве типоразмеров;
5. эксплуатационные — простота и удобство обслуживания, управления и ремонта, надежность, безопасность и бесшумность;
6. эстетические — хорошая сочетаемость с внутренней отделкой помещения, минимальная площадь, занимаемая системой отопления.

Главным является требование — надежное обеспечение требуемых санитарно-гигиенических условий в течение всего срока эксплуатации зданий.

2.3.1 Классификация систем отопления

1. По взаимному расположению основных элементов системы отопления подразделяются на центральные и местные.

Центральными называют системы отопления, предназначенные для отопления нескольких помещений из одного теплового пункта, где находится теплогенератор (котельная, ТЭЦ). В таких системах теплота вырабатывается за пределами отапливаемых помещений, а

затем помощью теплоносителя по теплопроводам транспортируется в отдельные помещения здания. Теплота при этом через отопительные приборы передается воздуху отапливаемых помещений, а теплоноситель возвращается в тепловой пункт. Центральными могут быть системы водяного, парового и воздушного отопления.

Местными системами отопления называют такой вид отопления, при котором все три основных элемента конструктивно объединены в одном устройстве, установленном в обогреваемом помещении. Примером местной системы отопления является отопительная печь, имеющая теплогенератор (топливник), теплопроводы (газоходы внутри печи) и отопительные приборы (стенки печи). Кроме того, к местному отоплению относят отопление газовыми и электрическими приборами, а также воздушно-отопительными агрегатами.

2. По виду теплоносителя, центральные системы отопления подразделяются на водяные, паровые, воздушные и комбинированные (например, пароводяные, паровоздушные и др.).

3. По способу циркуляции теплоносителя центральные и местные системы водяного и воздушного отопления подразделяются на системы с естественной циркуляцией за счет разности плотностей холодного и горячего теплоносителя и системы с искусственной циркуляцией за счет работы насоса. Центральные паровые системы имеют искусственную циркуляцию за счет давления пара.

4. По параметрам теплоносителя центральные водяные и паровые системы подразделяются на водяные низкотемпературные с водой, нагретой до 100 °С и высокотемпературные с температурой воды более 100 °С; на паровые системы низкого ($P = 0,1 - 0,17$ МПа), высоко ($P = 0,17 - 0,3$ МПа) давления и вакуум-паровые с давлением $P < 0,1$ МПа.

Теплоносителем для системы отопления, может быть любая среда, обладающая хорошей способностью аккумулировать тепловую энергию и изменять теплотехнические свойства, подвижная, дешевая, и. ухудшающая санитарные условия в помещениях, позволяющая регулировать отпуск теплоты, в том числе автоматически. Кроме того, теплоноситель должен способствовать выполнению требований, предъявляемых к системе отопления.

Как уже было сказано, наиболее широко в системах отопления используют воду, водяной пар и воздух, поскольку эти теплоносители в наибольшей степени отвечают перечисленным требованиям. Рассмотрим основные физические свойства каждого из

теплоносителей, которые оказывают влияние на конструкцию и действие системы отопления.

Свойства воды: высокая теплоемкость и большая плотность, несжимаемость, расширение при нагревании с уменьшением плотности, повышение температуры кипения при увеличении давления, выделение газов при повышении температуры и понижении давления.

Свойства пара: малая плотность, высокая подвижность, высокая энтальпия за счет скрытой теплоты фазового превращения, повышение температуры и плотности с возрастанием давления.

Свойства воздуха: низкая теплоемкость и плотность, высокая подвижность, уменьшение плотности при нагревании.

2.3.2 Сравнение основных систем отопления.

Требования, предъявляемые к системам отопления их технико-экономические и санитарно-гигиенические преимущества и недостатки, а также свойства теплоносителей, рассмотренные выше, определяют область и применения.

а) Водяная.

Преимущества:

– обеспечивает равномерность температуры помещения. Ограничивает верхний предел температуры поверхности отопительных приборов, что исключает пригорание на них пыли. Характеризуется простотой центрального регулирования теплоотдачи отопительных приборов путем изменения температуры воды в зависимости от температуры наружного воздуха (качественное регулирование). Бесшумно действует, сравнительно долговечная.

Недостатки:

– значительное гидростатическое давление в системе, обусловленное ее высотой и большой массовой плотностью. Значительный расход металла. Тепловая инерционность вследствие большой плотности и теплоемкости воды, приводящая к некоторым колебаниям температуры помещения. Опасность замораживания воды с разрушением оборудования, находящегося в охлаждающихся помещениях.

Системы водяного отопления благодаря высоким санитарно-гигиеническим качествам, надежности и долговечности получили в нашей стране наиболее широкое применение в гражданских и производственных зданиях.

б) Паровая.

Преимущества:

– высокая теплоотдача отопительных приборов. Сокращается площадь поверхности отопительных приборов и как следствие, — уменьшается расход металла. Незначительное гидростатическое давление. Меньшая, чем у водяного отопления, опасность замораживания. Быстрый прогрев помещений вследствие малой тепловой инерционности. Возможность перемещения пара на большие расстояния без применения искусственного побуждения (за счет давления пара)

– недостатки:

высокая температура на поверхности труб и отопительных приборов ($>100^{\circ}\text{C}$), что не отвечает санитарно-гигиеническим требованиям, Невозможность центрального качественного регулирования теплоотдачи приборов (применяется регулирование пропусками, периодическое включение и выключение систем). Более сложная и дорогостоящая эксплуатация, чем у систем водяного отопления. Меньшая долговечность вследствие ускоренной коррозии в условиях высокой температуры. Шум и удары в системе вследствие попутной конденсации пара.

Паровые системы отопления допускаются в промышленных и ряде общественных зданий (при наличии пара для технологических нужд) при кратковременном (непостоянном) пребывании в них людей.

в) Воздушная.

Преимущества:

– возможность совмещения с системой вентиляции. Характеризуется отсутствием в отапливаемом помещении каких-либо отопительных приборов. Характеризуется отсутствием тепловой инерции, т.е. обеспечивает быстрый прогрев помещений. Возможность центрального качественного регулирования.

Недостатки:

– большие сечения каналов (воздуховодов). Большие бесполезные теплотери при прокладке магистральных воздуховодов в неотапливаемых помещениях. Характеризуется малой теплоаккумулирующей способностью, что приводит к быстрому охлаждению помещений в случае отключения системы из работы

Благодаря возможности сочетания отопления и вентиляции воздушное отопление получило широкое распространение, прежде всего, в производственных зданиях с выделениями вредных и влаги. К причинам, которые могут ограничивать область применения

воздушного отопления, относятся невысокая надежность из-за возможного нарушения распределения воздуха по помещениям (недолговечность стальных и недостаточная герметичность кирпичных воздуховодов), а также небольшой радиус действия из-за большого понижения температуры воздуха по длине вследствие малой его плотности.

Систему отопления для конкретного помещения следует принимать по приложению Д СП 60.13330.2012.

2.4 СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

2.4.1. Устройство и классификация систем водяного отопления

Система водяного отопления включает в себя следующие основные элементы теплогенератор (котел или тепловой пункт), главный стояк, магистральные теплопроводы, стояки (ветви), подводки, отопительные приборы, расширительный бак, запорно-регулирующую арматуру.

Для уяснения устройства и принципа действия системы водяного отопления рассмотрим схему системы, представленную на рисунке 3.1.

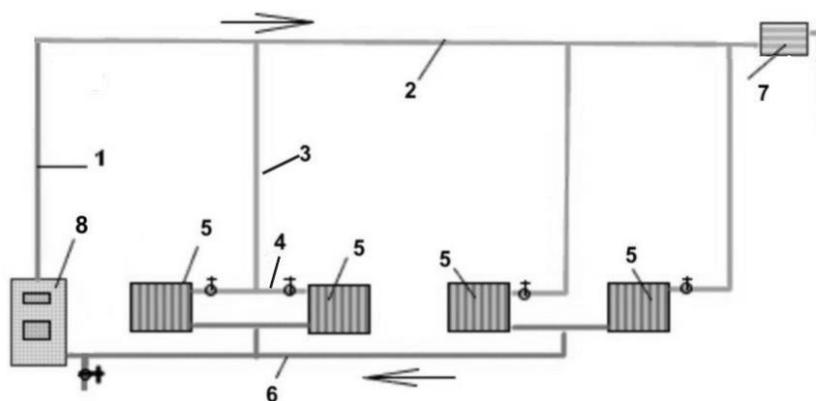


Рисунок 2.1. Принципиальная схема водяного отопления

Вода, нагретая в теплогенераторе (например, котле) 8 поступает через теплопровод — главный стояк 1 в подающие магистральные теплопроводы (соединительные трубы между главным стояком и подающими стояками) 2. По подающим магистральным теплопроводом горячая вода поступает в подающие стояки 3 (соединительные трубы между подающими магистралями и подающими подводками к отопительным приборам). Затем по подающим подводкам (соединительным трубам между стояками и

отопительными приборами) 4 горячая вода поступает в отопительные приборы 5, через стенки которых теплота передается воздуху помещения. Из отопительных приборов охлажденная вода по обратной линии 6 возвращается в теплогенератор, где она снова подогревается и процесс повторяется.

Система водяного отопления гидравлически замкнута и имеет определенную вместимость. При повышении температуры воды она расширяется и гидравлическое давление может превысить механическую прочность ее элементов. Чтобы этого не произошло, в системе водяного отопления имеется расширительный бак 7.

2.4.2 Классификация систем водяного отопления проводится последующим основным признакам.

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

По схеме включения отопительных приборов в стояк или ветвь системы водяного отопления подразделяют на двухтрубные, в которых горячая вода поступает в приборы по одним (подающем) стоякам, а охлажденная вода отводится по другим (приборы присоединены по теплоносителю параллельно) и однотрубные, в которых горячая вода подается в приборы и охлажденная вода отводится из них по одному стояку (приборы присоединены по теплоносителю последовательно).

По направлению объединения отопительных приборов как двухтрубные, так и однотрубные системы отопления могут быть вертикальные, в которых последовательно присоединяются к общему вертикальному теплопроводу-стояку отопительные приборы, расположенные на разных этажах, и горизонтальные, в которых к общей горизонтальной ветви присоединяются приборы, находящиеся на одном этаже.

По месту расположения подающих и обратных магистралей системы водяного отопления подразделяют на системы с верхним расположением подающих магистралей по чердаку или под потолком верхнего этажа, а обратных магистралей — по подвалу, над полом

первого этажа или в подпольных каналах и с нижним расположением обеих магистралей по подвалу, над полом первого этажа или в подпольных каналах.

По направлению движения воды в подающих и обратных магистралях системы водяного отопления подразделяют на тупиковые, когда горячая и охлажденная вода в магистралях движется в противоположных направлениях, и с попутным движением, когда направления потоков движения воды в подающей и обратной магистралях совпадают.

2.4.3 Требования к размещению основных элементов системы водяного отопления

Конструирование системы отопления начинается с расстановки на поэтажных планах отопительных приборов. Отопительные приборы следует размещать под световыми проемами в местах, доступных для осмотра, ремонта и очистки.

Длину отопительного прибора следует принимать, как правило, не менее 75% длины светового проема (окна) в больницах, детских дошкольных учреждениях, школах, домах для престарелых и инвалидов, и 50% — в жилых и общественных зданиях СП 60.13330.2012.

Отопительные приборы в производственных помещениях с постоянными рабочими местами, расположенными на расстоянии 2 м или менее от окон, в районах с расчетной температурой наружного воздуха в холодный период года минус 15 °С и ниже следует размещать под окнами [СП 60.13330.2012].

Присоединение отопительных приборов к теплопроводам может осуществляться по трем схемам (рисунок 4.2).

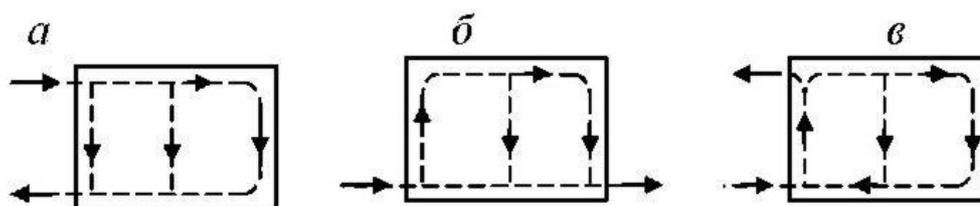


Рисунок 2.2 Присоединение отопительных приборов

Наиболее эффективна схема сверху-вниз (а), при которой плотность теплового потока отопительного прибора всегда выше за счет более равномерной и высокой температуры поверхности прибора, чем при схеме снизу-вниз (б) и особенно снизу-вверх (в).

В двух- и однотрубных системах с верхней разводкой наиболее целесообразно размещать приборы по отношению к стоякам таким образом, чтобы каждый стояк имел двустороннюю нагрузку. На практике чаще используется одностороннее присоединение, позволяющее унифицировать узел «обвязки» прибора, что важно для зданий массового строительства. Присоединение приборов по схеме снизу-вниз чаще всего осуществляется на верхнем этаже при вертикальных системах с нижней разводкой. Присоединение приборов по схеме снизу-вверх применяется в системах отопления с нижней разводкой.

К стоякам, питающим приборы лестничных клеток, нельзя присоединять приборы других помещений. Питание приборов лестничных клеток осуществляется по однотрубной проточной схеме.

В жилых и гражданских зданиях отопительные приборы оборудуются запорно-регулирующей арматурой, позволяющей осуществлять монтажную и эксплуатационную регулировку. У приборов лестничных клеток запорно-регулирующая арматура не ставится.

На подводках к отопительным приборам устанавливают запорно-регулирующую арматуру. Регулирующие краны у отопительных приборов не устанавливают в местах, где может замерзать циркулирующая вода.

Размещение стояка производится, как правило, у наружных стен. В угловых помещениях их следует устанавливать в углах, образованных наружными стенами, чтобы предохранить стены от сырости и промерзания. К стенам стояки крепят разъемными хомутами из полосовой стали. Конструкция стояков должна способствовать унификации деталей для индустриализации заготовительных работ, сокращения сроков и уменьшения трудоемкости монтажа системы отопления.

Поскольку температура теплоносителя в системах отопления составляет 30 – 150°C, то стальные теплопроводы, нагреваясь, удлиняются. Температурное удлинение теплопроводов Δl мм, определяется по формуле:

$$\Delta l = \alpha \cdot (t_1 - t_2) \cdot l$$

где α – коэффициент линейного расширения мягкой стали, равный 0,012 мм/(м*°C);

t_1 — температура теплопроводов, °C;

t_2 — температура воздуха, окружающего теплопровод, °C; l — длина участка, теплопровода, м.

Компенсация теплового удлинения стояков в малоэтажных зданиях обеспечивается естественными их изгибами в местах присоединения к подающим магистралям. В зданиях, имеющих более семи этажей, таких изгибов труб недостаточно, и для компенсации удлинения средней части стояков применяют дополнительные изгибы труб с отнесом отопительных приборов от оси стояка.

Размещение магистрали определяется назначением и шириной здания, видом системы отопления. В производственных зданиях магистрали прокладывают по стенам, колоннам под потолком, в средней зоне или у пола. В ряде случаев по технологическим соображениям магистрали размещают в технических этажах и подпольных каналах. В районах с расчетной температурой – 40 °С и ниже (параметры Б) прокладка подающих и обратных теплопроводов систем отопления на чердаках зданий (кроме теплых чердаков) и в проветриваемых подпольях не допускается.

Размещение магистральных трубопроводов зависит от назначения и ширины здания, вида системы отопления.

Магистрали систем отопления гражданских зданий размещают, как правило, в чердачных и технических помещениях. При размещении магистралей предусматривают свободный доступ к ним для осмотра, ремонта и замены. Магистральные трубопроводы теплоизолируются.

Арматуру на магистралях необходимо устанавливать для отключения отдельных частей системы отопления. В пониженных местах на магистралях устанавливают спускные краны, в повышенных местах водяных магистралей - воздушные краны или воздухоотборники.

Чтобы обеспечить удаление воздуха из системы водяного отопления, попадающего в нее при заполнении системы, а также растворенного в воде, теплопроводы прокладывают с уклоном к горизонтали не менее 0,002 (2 мм на 1 м длины трубы). В системе водяного отопления с естественной циркуляцией уклон увеличивается до 0,05 – 0,01. Если уклон выполнить невозможно, то увеличивают скорость движения воды более 0,25 м/с.

Расширительный бак представляет собой металлическую емкость цилиндрической формы. Расширительный бак устанавливают в наивысшей точке системы отопления, обычно на чердаке здания. Поверхности его покрывают тепловой изоляцией. При отсутствии чердака расширительный бак устанавливают в специальном боксе на чердачном перекрытии (совмещенной крыше), в лестничной клетке

или верхнем техническом этаже. При естественной циркуляции воды и верхнем расположении подающей магистрали расширительный бак присоединяют к высшей точке подающего магистрального теплопровода.

Полезная вместимость расширительного сосуда $V_{РБ}$ определяется по формуле:

$$V_{РБ} = \alpha \cdot \Delta t \cdot V_c,$$

где α – коэффициент объемного расширения воды, равный 0,0006;

Δt – изменение температуры в системе отопления, °С;

V_c – объем воды, заполняющей систему, л.

Объем воды в системе V_c определяется по ее расчетной тепловой мощности, равной расчетной теплопотере здания. На основании опытных данных в среднем на каждые 1000 Вт тепловой мощности системы при $\Delta t = 25^\circ\text{C}$ на отдельные элементы ее приходится следующий объем л: на чугунные радиаторы – 10—12; на бетонные панели – 2; на ребристые трубы – 6; на штампованные панели – 8; на конвекторы – 0,8; на теплопровод при естественной циркуляции – 16, а при искусственной циркуляции – 8.

Удаление воздуха из отопительных приборов и из всех участков теплопроводов является необходимым условием нормальной работы системы отопления. Способы удаления воздуха из системы водяного отопления с искусственной и естественной циркуляцией неодинаковы. В системах водяного отопления с естественной циркуляцией воды и верхним расположением подающих магистралей для удаления воздуха используется, как правило, расширительный сосуд без каких-либо дополнительных устройств.

В системах водяного отопления с нижним расположением магистралей при естественной циркуляции для удаления воздуха устраивают специальную воздухоотводящую сеть, присоединяя ее к расширительному баку или к воздухоборнику. Из таких систем отопления воздух можно удалять также с помощью воздуховыпускных кранов или специальных шурупов, ввертываемых в верхние пробки приборов верхнего этажа.

Для более надежного удаления воздуха и удобного спуска воды из системы водяного отопления с естественной циркуляцией магистральные теплопроводы, а также ответвления от стояков к приборам и от приборов к стоякам прокладывают с уклоном (не менее 0,002) по направлению движения теплоносителя.

2.4.4 Расчет отопительных приборов

Площадь отопительного прибора определяется по формуле

$$F_P = \frac{Q_{\text{ПОТР}} - 0,9 Q_{\text{ТР}}}{\alpha_{\text{ПР}}} \beta_2,$$

где $Q_{\text{ПОТР}}$ — теплопотребность помещения, равная его теплопотерям за вычетом теплопоступлений, Вт;

$Q_{\text{ТР}}$ — суммарная теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения трубопроводов (стояков, подводок к приборам), Вт;

β_2 — коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами у наружных ограждений.

Суммарную теплоотдачу теплопроводов $Q_{\text{ТР}}$, Вт, можно определить по формуле

$$Q_{\text{ТР}} = \sum k_{\text{ТР}} \pi d_H l (t_T - t_B) \eta,$$

где $k_{\text{ТР}}$ — коэффициент теплопередачи труб, Вт/(м²·К), принимается по приложению 4;

d_H — наружный диаметр, предварительно выбирается по таблице 2.3, м;

l — длина теплопровода, определяемая по плану помещения, м;

t_T, t_B — температура теплоносителя и воздуха в помещении, °С;

η — коэффициент, равный для подающей линии, расположенной под потолком 0,25, для вертикальных стояков — 0,5, для обратной линии, расположенной над полом, — 0,75, для подводок к нагревательным приборам — 1,0.

Для чугунных радиаторов определяется число секций N_P :

$$N_P = \frac{F_P \beta_4}{f_1 \beta_3},$$

где F_P — общая расчетная поверхность нагрева отопительного прибора (радиатора), м²;

β_4 — коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении (прил. 5);

f_1 — площадь поверхности нагрева одной секции, м²;

β_3 — коэффициент, учитывающий число секций в одном радиаторе и принимаемый для радиаторов типа МС-140, равным: при числе секций от 3 до 15 — 1, от 16 до 20 — 0,98, от 21 до 25 — 0,96, а для остальных чугунных радиаторов вычисляется по формуле

$$\beta_3 = 0,92 + 0,16 / F_P.$$

Если в качестве отопительных приборов устанавливаются панельные радиаторы типа РВС1 и РСГ2 или конвектор с кожухом

определенной площади f_1 , m^2 , то их число (размещаемых в помещении открыто) составит:

$$N_p = \frac{F_p}{f_1}.$$

Число конвекторов без кожуха или ребристых труб по вертикали и в ряду по горизонтали определяют по формуле

$$N_p = \frac{F_p}{n f_2},$$

где n — число ярусов и рядов элементов, составляющих прибор;
 f_2 — площадь одного элемента конвектора или одной ребристой трубы, m^2 .

К установке принимают ближайшее большее число секций радиатора.

2.4.4 Гидравлический расчет теплопроводов

Целью расчета является определение диаметров теплопроводов при заданной тепловой нагрузке и расчетном циркуляционном давлении, установленном для данной системы.

Методика расчета заключается в следующем.

1. Выполняется аксонометрическая схема системы отопления со всей запорно-регулирующей арматурой и размещенными отопительными приборами.

2. На планах этажей, чердака и подвала горячие и обратные стояки системы отопления нумеруются. Схема разбивается на расчетные участки. Участок это часть теплопровода с неизменным расходом теплоносителя, проходящего по нему. Также указывается тепловая нагрузка и длина каждого участка.

Сумма длин всех расчетных участков составляет величину расчетного циркуляционного кольца.

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

3. Определяют расчетное циркуляционное давление Δp_p . Это то давление, которое может быть израсходовано в расчетных условиях на преодоление гидравлических сопротивлений в системе.

При движении жидкости по трубам всегда имеют место потери давления на преодоление сопротивления двух видов — трения по длине и местных сопротивлений.

Потери давления R_T , Па, на преодоление трения на участке теплопровода с постоянным расходом движущейся среды (воды, пара) и неизменным диаметром определяют по формуле Дарси—Вейсбаха:

$$R_T = \frac{\lambda}{d} \frac{v^2}{2} \rho l = R l,$$

- где λ — коэффициент гидравлического трения;
 d — диаметр теплопровода, м;
 v — скорость движения воды в теплопроводе, м/с;
 ρ — плотность движущейся среды, кг/м³;
 l — длина участка теплопровода, м;
 R — удельные потери давления, Па/м.

Потери давления на преодоление местных сопротивлений Z , Па, определяют по формуле Вейсбаха

$$Z = \sum \zeta \frac{v^2}{2} \rho,$$

- где $\sum \zeta$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений на данном участке теплопровода;
 $\frac{v^2}{2} \rho$ — динамическое давление воды на данном участке теплопровода, Па.

Диаметры теплопроводов считаются подобранными правильно, если имеется некоторый (не более 10%) запас давления в кольце на неучтенные местные сопротивления и возможные неточности в монтаже системы отопления: $\sum(R l + Z) = 0,9 \Delta p_p$.

Если это условие не выполняется, то следует изменить диаметры труб некоторых участков циркуляционного кольца и повторить расчет.

2.4.5 Циркуляционное давление в системах водяного отопления

Определим величину естественного циркуляционного давления, возникающего вследствие охлаждения воды в отопительных приборах. Расчетная схема состоит из котла 1, теплопроводов 2, соединяющих котел с отопительным прибором 4, и расширительного сосуда 3.

Основное изменение температуры воды в системе происходит в котле, где вода нагревается, и в отопительных приборах, где она охлаждается. Примем допущение, что в теплопроводах вода не охлаждается. При этом будем считать, что нагрев воды происходит в

середине котла, ее охлаждение — в середине отопительного прибора. Поэтому подающие теплопроводы от котла до отопительных приборов заполнены горячей водой с температурой t_r , °С, и плотностью ρ_r , кг/м³, а от обратные приборов до котла — охлажденной водой с температурой t_o , °С, и плотностью ρ_o , кг/м³. Подающие теплопроводы показаны на схеме сплошной линией, а обратные — прерывистой.

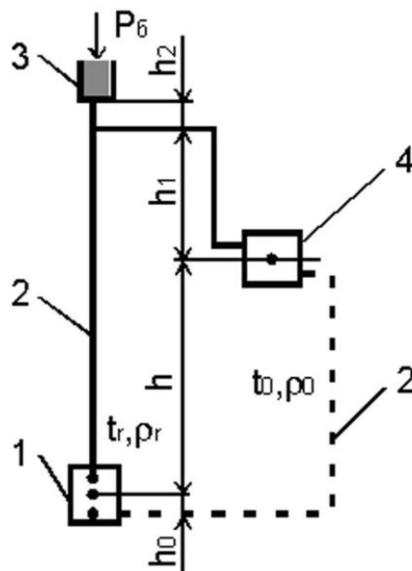


Рисунок 2.3 Расчетная схема для определения естественного давления

Определим гидростатическое давление воды, действующее на произвольное сечение А—А обратной магистрали справа и слева.

Давление столба воды в сечении А—А справа

$$P_{\text{пр}} = g \cdot (h_0 \rho_o + h \rho_o + h_1 \rho_1 + h_2 \rho_r) + P_6$$

где P_6 — атмосферное давление, действующее на поверхность воды в расширительном баке.

Давление столба воды в течении А—А слева

$$P_{\text{л}} = g \cdot (h_0 \rho_o + h \rho_r + h_1 \rho_r + h_2 \rho_r) + P_6$$

Разность давлений или, как ее принято называть, естественное давление ΔP_E , Па

$$\Delta P_E = P_{\text{ИР}} - P_{\text{Л}} = [g \cdot (h_0 \rho_0 + h \rho_0 + h_1 \rho_1 + h_2 \rho_{\Gamma}) + P_6] - [g \cdot (h_0 \rho_0 + h \rho_{\Gamma} + h_1 \rho_{\Gamma} + h_2 \rho_{\Gamma}) + P_6]$$

Проводя необходимые сокращения, получим $\Delta P_E = g \cdot h \cdot (\rho_0 - \rho_{\Gamma})$.

Таким образом, естественное циркуляционное давление равно произведению ускорения свободного падения на вертикальное расстояние от середины котла (центра нагрева) до середины отопительного прибора (центра охлаждения) и разности плотностей охлажденной и горячей воды.

Кроме того, из формулы и схемы системы отопления видно что: атмосферное давление и высота расположения расширительного бака влияния на величину естественного давления не оказывают: для повышения естественного давления необходимо заглублять котел, чтобы расстояние от центра котла до центра прибора было больше.

При выводе формулы для определения естественного давления было допущено, что вода, движущаяся в системе, охлаждается только в отопительном приборе. В действительности она охлаждается и в теплопроводах системы. Общая величина естественного давления $\Sigma \Delta P_E$, Па, в кольце системы с учетом дополнительного давления, возникающего вследствие охлаждения воды в теплопроводах:

$$\Sigma \Delta P_E = g \cdot h \cdot (\rho_0 - \rho_{\Gamma}) + \Delta P_{\text{Етр}}$$

где $\Delta P_{\text{Етр}}$ — дополнительное естественное давление от охлаждения воды в теплопроводах системы с верхним расположением подающей магистрали.

В системах с нижним расположением обеих магистралей охлаждение воды в подъемных стояках (горячих) уменьшает действующее давление, а в опускных (обратных) увеличивает. Поскольку уменьшение примерно равно увеличению, то в этих системах охлаждение воды в теплопроводах не учитывается.

В системах с искусственной циркуляцией расчетное циркуляционное давление $\Delta p_{\text{р}}^{\text{И}}$ складывается из давления, создаваемого насосом $\Delta p_{\text{Н}}$, Па, и естественного давления $\Delta p^{\text{е}}$:

$$\Delta p_{\text{р}}^{\text{И}} = \Delta p_{\text{Н}} + \Delta p^{\text{е}} = \Delta p_{\text{Н}} + E (\Delta p_{\text{ИР}}^{\text{е}} + \Delta p_{\text{ТР}}^{\text{е}}),$$

где E — коэффициент, определяющий долю максимального естественного давления, которую целесообразно учитывать в расчетных условиях, рекомендуется для двухтрубных систем принимать $E = 0,4 \dots 0,5$, для однотрубных систем $E = 1$.

Естественное давление $\Delta p_{\text{ГР}}^e$ и $\Delta p_{\text{ТР}}^e$ не учитывается, если оно составляет не более 10% давления, создаваемого механическим побуждением.

Расчетное циркуляционное давление $\Delta p_{\text{н}}$ практически принимают равным 10...12 кПа. Можно принимать значения давления, создаваемые насосом $\Delta p_{\text{н}}$, исходя из средней потери давления, равной 70...100 Па на каждый метр наиболее протяженного расчетного циркуляционного кольца: $\Delta p_{\text{н}} = 100 \sum l$.

4. После определения циркуляционного давления вычисляют среднее удельное падение давления по главному циркуляционному кольцу $R_{\text{ср}}$, Па/м:
$$R_{\text{ср}} = \frac{(1-k) \Delta p_{\text{р}}}{\sum l},$$

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

$\sum l$ — общая длина расчетного циркуляционного кольца, м.

5. Определяют расходы воды на расчетных участках $G_{\text{уч}}$, кг/ч:

$$G_{\text{уч}} = \frac{3,6 Q_{\text{уч}}}{c (t_r - t_o)},$$

где $Q_{\text{уч}}$ — тепловая нагрузка участка, составленная из тепловых нагрузок отопительных приборов, обслуживаемых протекающей по участку водой, Вт;

c — удельная массовая теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг·К).

6. С помощью номограммы по известным значениям $R_{\text{ср}}$ и $G_{\text{уч}}$ находят ближайший стандартный диаметр трубопровода $d_{\text{уч}}$, определяют действительные удельные сопротивления R , Па/м и скорость v , м/с, на каждом участке, а также динамическое давление воды.

Далее по схеме системы отопления находятся местные сопротивления на каждом участке. Величины коэффициентов местных сопротивлений определяются по таблицам. При этом местные сопротивления (крестовины и тройники), расположенные на границе двух участков, следует отнести к участкам с меньшим массовым расходом воды, местные сопротивления отопительных приборов, котлов и подогревателей учитывают поровну в каждом примыкающем к ним теплопроводе.

Рассчитываются потери давления на трение по длине участка $(R \cdot l)$ Па, и в местных сопротивлениях $Z_{\text{уч}} = (r_{\text{дин}} \cdot \Sigma \xi)$ Па, а затем находятся полные потери давления на каждом участке $(R \cdot l + Z)$ и суммарные потери по всей длине циркуляционного кольца.

2.5 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВЕНТИЛЯЦИИ

Вентиляция – обмен воздуха в помещениях для удаления избытков теплоты, влаги и других вредных веществ с целью обеспечения допустимых метеорологических условий и чистоты воздуха в обслуживаемой или рабочей зоне.

Воздухообменом называется частичная или полная замена воздуха, содержащего вредные выделения, чистым атмосферным воздухом. Количество воздуха, подаваемого или удаляемого за 1 ч из помещения, отнесенное к его внутреннему объему, называется кратностью воздухообмена. При этом знаком (+) обозначается воздухообмен по притоку, знаком (-) - по вытяжке, т. е.

$$\pm n = \frac{L}{V}$$

Воздухообмен в помещениях L , м³/ч, определяется отдельно для теплого и холодного периодов года и переходных условий при плотности приточного и удаляемого воздуха 1,2 кг/м³ по следующим формулам:

а) по избыткам теплоты

$$L = \frac{3,6(Q_{\text{ПОСТ}} - Q_{\text{ОГР}})}{C_p(t_B - t_H)\rho}$$

$Q_{\text{ПОСТ}}$ – тепловой поток, поступающий в помещения от различных источников тепловыделения, Вт.

ρ - плотность воздуха, кг/м³.

б) по массе выделяющихся вредных веществ

$$L = \frac{V_{\Gamma}}{C_B - C_H}$$

V_{Γ} – объем выделившегося в помещении вредного газа, л/ч;

C_B – допустимая концентрация вредного газа в воздухе помещения, л/м³

C_H – концентрация этого газа в наружном приточном воздухе, л/м³ (например для CO_2 $C_H = 0,3$ л/м³).

Если в помещение выделяется несколько вредных веществ, обладающих эффектом суммации действия, необходимо воздухообмен определять, суммируя расходы воздуха, рассчитанные по каждому из этих веществ;

в) по избыткам влаги (водяного пара)

$$L = \frac{W}{(d_B - d_H) \rho}$$

W – масса водяных паров выделяющихся в помещении, г/ч; d_B и d_H – влагосодержание внутреннего и наружного воздуха г/кг с.в.

г) по нормируемой кратности воздухообмена

$$L = V \cdot n$$

д) по нормируемому удельному расходу приточного воздуха

$$L = F \cdot L'_{np} \quad L = N \cdot L''_{np}$$

L'_{np} – нормируемый расход приточного воздуха на 1 м² площади пола помещения, м³/(ч·м²);

L''_{np} – нормируемый удельный расход приточного воздуха на 1 человека, на 1 рабочее место или единицу оборудования, м³/ч.

N —число людей, рабочих мест, единиц оборудования, шт.

2.6 КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

По способу перемещения удаляемого из помещений и подаваемого в помещения воздуха различают вентиляцию естественную (неорганизованную и организованную) и механическую (искусственную).

Под неорганизованной естественной вентиляцией понимают воздухообмен в помещениях, происходящий под влиянием разности давлений наружного и внутреннего воздуха и действия ветра через неплотности ограждающих конструкций, а также при открывании форточек, фрамуг и дверей.

Воздухообмен, происходящий также под влиянием разности давлений наружного и внутреннего воздуха и действия ветра, но через специально устроенные в наружных ограждениях фрамуги, степень открытия которых с каждой стороны здания регулируется, является вентиляцией естественной, но организованной. Этот вид вентиляции называется аэрацией.

Механической или искусственной вентиляцией называется способ подачи воздуха в помещение или удаления из него с помощью вентилятора. Такой способ воздухообмена является более совершенным, так как воздух, подаваемый в помещение, может быть специально подготовленным в отношении его чистоты, температуры и влажности.

Системы механической вентиляции, автоматически поддерживающие в помещениях метеорологические условия на уровне заданных независимо от изменяющихся параметров внешней воздушной среды, называются системами кондиционирования воздуха.

По способу организации воздухообмена в помещениях вентиляция может быть общеобменной, местной (локализующей), смешанной, аварийной и противодымной.

По назначению системы вентиляции подразделяются на приточные и вытяжные. Системы вентиляции, удаляющие загрязненный воздух из помещения, называются вытяжными. Системы вентиляции, обеспечивающие подачу в помещение наружного воздуха, подогреваемого в холодный период года, называются приточными. Вытяжные системы вентиляции в зависимости от места удаления вредных выделений, а приточные системы вентиляции в зависимости от места подачи наружного воздуха подразделяются на общеобменные, местные и смешанные.

Общеобменная вентиляция предусматривается для создания одинаковых условий воздушной среды (температуры, влажности, чистоты воздуха и его подвижности) во всем помещении, главным образом в рабочей зоне ($H = 1,5-2$ м. от пола), когда какие-либо вредные вещества распространяются по всему объему помещения или нет возможности уловить их в местах выделения. Общеобменная вентиляция может быть как приточной, так и вытяжной, а чаще приточно-вытяжной, обеспечивающей организованный приток и удаление воздуха.

При местной вытяжной вентиляции загрязненный воздух удаляется прямо из мест его загрязнения. Местная приточная вентиляция применяется в тех случаях, когда свежий воздух требуется лишь в определенных местах помещения (на рабочих местах). Примером такой вентиляции может служить воздушный душ — струя воздуха, направленная непосредственно на рабочее место.

Смешанные системы, применяемые главным образом в производственных помещениях, представляют собой комбинации общеобменной вентиляции с местной.

Аварийные вентиляционные установки предусматривают в помещениях, в которых возможно внезапное неожиданное выделение вредных веществ в количествах, значительно превышающих допустимые. Эти установки включают только в случае, если необходимо быстро удалить вредные выделения.

Противодымная вентиляция предусматривается для обеспечения эвакуации людей из помещений здания в начальной стадии пожара.

2.7 ЕСТЕСТВЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

На рисунке 2.4 показана принципиальная схема системы вытяжной естественной канальной вентиляции. Она состоит из вертикальных внутристенных или приставных каналов 2 с отверстиями, в которые вставлены жалюзийные решетки 1, сборного горизонтального воздуховода 3, прокладываемого в чердачном помещении, и вертикальной вытяжной шахты 4. Над вытяжной шахтой устанавливают зонт или дефлектор 5.

Принцип естественной вентиляции квартир таков: поступление воздуха в помещение (приток) осуществляется через поры и неплотности наружных ограждений (инфильтрация) или приточные устройства (форточки, фрамуги), а удаление воздуха из помещения (вытяжка) - через решетки на вентиляционных каналах, установленные под потолком в кухнях, санузлах и ваннных комнатах.

Радиус действия вытяжных систем естественной вентиляции (от оси вентиляционной шахты до оси наиболее удаленного вентиляционного канала) – невелик и составляет не более 8 м.

Одна система вентиляции может обслуживать только одноименные или близкие по назначению помещения. Не допускается присоединять вытяжные системы санитарных узлов к системам вентиляции кухонь.

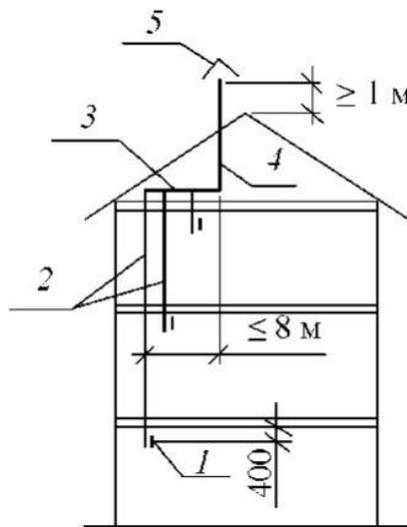


Рисунок 2.4 Принципиальная схема естественной вентиляции жилого дома

Минимально допустимый размер вентиляционных каналов в кирпичных стенах $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ кирпича. Толщина стенок канала принимается не менее $\frac{1}{2}$ кирпича. Для внутренних кирпичных стен, размеры встроенных каналов принимают 140x140 мм ($\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ кирпича), 140x270 мм ($\frac{1}{2} \times 1$ кирпич), 270x270 мм (1x1 кирпич), 270x400 мм (1x1 $\frac{1}{2}$ кирпича) и т. д. Устройство каналов в наружных стенах не допускается.

Если нет внутренних кирпичных стен, устраивают приставные воздуховоды из блоков или плит. Размеры приставных каналов принимают 100x150, 150x220, 150x320, 220x250, 220x350 мм при толщине плиты 35...40 мм. Приставные воздуховоды устраивают, как правило, у внутренних строительных конструкций. Если они по какой-либо причине размещаются у наружной стены, то между стеной и воздуховодом оставляют зазор не менее 50 мм или делают утепление.

Размер горизонтальных воздуховодов, расположенных на чердаках, следует принимать не менее 200x200 мм.

Для предотвращения охлаждения воздуха, перемещаемого по воздуховодам, сборные горизонтальные воздуховоды, прокладываемые на чердаках или в неотапливаемых помещениях, необходимо утеплять.

В бесчердачных зданиях каналы можно объединять в сборный воздуховод, устраивая его под потолком коридора, лестничных клеток и других вспомогательных помещений. В бесчердачных

жилых зданиях вентиляционные вертикальные каналы часто выводят без объединения в сборный воздуховод.

В канальных системах естественной вытяжной вентиляции воздух перемещается в воздуховодах под действием гравитационного давления, возникающего за счет разности плотностей наружного и внутреннего воздуха.

В канальных системах естественной вытяжной вентиляции воздух перемещается в каналах и воздуховодах под действием естественного давления, возникающего вследствие разности давлений холодного наружного и теплого внутреннего воздуха.

Естественное давление Δp_e , Па, определяют по формуле:

$$\Delta p_e = h_i \cdot g(\rho_n - \rho_v)$$

где h_i — высота воздушного столба, принимаемая от центра вытяжного отверстия до устья вытяжной шахты, м;

$(\rho_n - \rho_v)$ — плотность соответственно наружного и внутреннего воздуха, кг/м³.

Расчетное естественное давление для систем вентиляции жилых и общественных зданий определяется для температуры наружного воздуха +5°C. При более высоких наружных температурах, когда естественное давление становится весьма незначительным, дополнительный воздухообмен получают, открывая более часто и на более продолжительное время форточки, фрамуги, а иногда створки оконных рам.

Анализируя выражение, можно сделать следующие практические выводы.

1. Верхние этажи здания по сравнению с нижними находятся в менее благоприятных условиях, так как располагаемое давление здесь меньше.

2. Естественное давление становится большим при низкой температуре наружного воздуха и заметно уменьшается в теплое время года.

3. Охлаждение воздуха в воздуховодах влечет за собой снижение действующего давления и может вызвать выпадение конденсата.

Кроме того, из выражения следует, что естественное давление не зависит от длины горизонтальных воздуховодов, тогда как для преодоления сопротивления в коротких ветвях воздуховодов, безусловно, требуется меньше давления, чем в ветвях значительной протяженности. Радиус действия вытяжных систем вентиляции —

от оси вытяжной шахты до оси наиболее удаленного отверстия — допускается не более 8 м.

Для нормальной работы системы естественной вентиляции необходимо, чтобы было сохранено равенство

$$\sum (Rl\beta + Z) = \Delta p_e$$

где R — удельная потеря давления на трение, Па/м;

l — длина воздухопроводов (каналов), м;

Rl — потеря давления на трение расчетной ветви, Па;

Z — потеря давления на местные сопротивления, Па;

Δp_e — располагаемое давление, Па;

α — коэффициент запаса, равный 1,1 — 1,15;

β — поправочный коэффициент на шероховатость поверхности.

2.7.1. Порядок расчета воздухопроводов

1. Определение воздухообменов для каждого помещения.

2. Компоновка систем вентиляции. В одну систему объединяют только одноименные или близкие по назначению помещения.

3. Графическое изображение на планах этажей и чердака элементов системы (каналов и воздухопроводов, вытяжных отверстий и жалюзийных решеток, вытяжных шахт). Против вытяжных отверстий помещений указывается количество воздуха, удаляемого по каналу. Все системы вентиляции должны быть пронумерованы.

4. Вычерчивание аксонометрических схем. На схемах в кружке у выносной черты ставится номер участка, над чертой указывается нагрузка участка, м³/ч, а под чертой — длина участка, м.

Аэродинамический расчет воздухопроводов выполняется по номограммам, составленным для стальных воздухопроводов Круглого сечения при $\rho_v = 1,205 \text{ кг/м}^3$, $t_v = 20^\circ\text{C}$. В них взаимосвязаны величины L , R , v , h_v и d . Чтобы воспользоваться номограммой для расчета воздухопровода прямоугольного сечения, необходимо определить соответствующую величину эквивалентного диаметра, т. е. такого диаметра круглого воздухопровода, при котором для той же скорости движения воздуха, как и в прямоугольном воздуховоде, удельные потери давления на трение были бы равны.

Диаметр определяется по формуле:

$$d_3 = \frac{2 \cdot a \cdot b}{(a + b)}$$

где a, b — размеры сторон прямоугольного воздуховода, м.

Если воздуховоды имеют шероховатую поверхность, то коэффициент трения для них, а следовательно, и удельная потеря давления на трение будут соответственно больше, чем указано в номограмме для стальных воздуховодов.

1. При заданных объемах воздуха, подлежащего перемещению по каждому участку каналов, принимают скорость его движения.

2. По объему воздуха и принятой скорости определяют предварительно площадь сечения каналов. Потери давления на трение и местные сопротивления для таких сечений каналов выявляют по таблицам или номограммам.

3. Сравнивают полученные суммарные сопротивления с располагаемым давлением. Если эти величины совпадают, то предварительно полученные площади сечения каналов могут быть приняты как окончательные. Если же потери давления оказались меньше или больше располагаемого давления, то площадь сечения каналов следует увеличить или, наоборот, уменьшить, т. е. поступать так же, как при расчете трубопровода системы отопления.

При предварительном определении площади сечений каналов систем естественной вентиляции могут быть заданы следующие скорости движения воздуха: в вертикальных каналах верхнего этажа $v = 0,5—0,6$ м/с, из каждого нижерасположенного этажа на $0,1$ м/с больше, чем из предыдущего, но не выше 1 м/с; в сборных воздуховодах $v > 1$ м/с и в вытяжной шахте $v = 1—1,5$ м/с.

Потери давления на местные сопротивления

$$Z = \sum \zeta \cdot h_v$$

где $\sum \zeta$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений

h_v — динамическое давление, Па.

Динамическое давление h_v определяется по номограмме для расчета воздуховодов.

Местные сопротивления в системе вентиляции существенно зависят от соотношений размеров фасонных частей и других вентиляционных элементов, а в тройниках-крестовинах — от соотношений соединяемых или делимых потоков.

2.8 МЕХАНИЧЕСКАЯ И МЕСТНАЯ ВЕНТИЛЯЦИИ

Системы механической вентиляции более сложны конструктивно и требуют больших первоначальных затрат. Но имеют ряд преимуществ: независимость от колебаний температуры наружного воздуха и давления, а также скорости ветра; воздух можно перемещать на большие расстояния; воздух, подаваемый в помещение, можно обрабатывать, т. е. нагревать или охлаждать, очищать, увлажнять и осушать.

Вытяжные системы механической вентиляции обычно состоят из следующих элементов: 1) жалюзийных решеток и специальных насадок, через которые воздух из помещений поступает в вытяжные каналы; 2) вытяжных каналов, по которым воздух, извлекаемый из помещений, транспортируется в сборный воздуховод; 3) сборных воздуховодов, соединенных с вытяжной камерой; 4) вытяжной камеры, в которой установлен вентилятор с электродвигателем; 5) оборудования для очистки воздуха, если удаляемый воздух сильно загрязнен; 6) вытяжной шахты, служащей для отвода в атмосферу воздуха, извлекаемого из помещений; 7) регулирующих устройств.

Местная вентиляция, так же, как и общеобменная, может быть вытяжная и приточная. Местную вытяжную вентиляцию устраивают в тех случаях, когда загрязнения можно улавливать непосредственно у мест их возникновения. С этой целью применяют отсосы в виде разного рода укрытий (вытяжные шкафы и зонты, завесы у плит, бортовые отсосы у ванн, кожухи у абразивных и других кругов, отсосы у станков и т. п.). Наиболее рационально изготовлять станки и другое оборудование со встроенными отсосами, являющимися конструктивным элементом самих станков или оборудования.

Объем удаляемого через укрытия воздуха принимают обычно на основе опытных данных и исходя из необходимости создания в укрытии разрежения, чтобы вредные выделения не могли проникнуть в помещение.

К местной приточной вентиляции относятся воздушные души, воздушные завесы и воздушные оазисы. Воздушный душ представляет собой сосредоточенный поток воздуха из специального насадка, направленный на рабочее место или на ограниченный рабочий участок. С помощью воздушных душей в пространстве, ограниченном зоной действия воздушного потока, можно изменять подвижность воздуха, его температуру, влажность и концентрацию находящихся в нем газов и паров.

В некоторых случаях для оздоровления воздушной среды рабочего места воздушные души с успехом могут применяться в сочетании с местными отсосами. Скорость и температуру воздуха на рабочем месте при применении воздушных душей назначают в зависимости от интенсивности излучения, длительности непрерывного пребывания рабочего под облучением и температуры окружающего воздуха.

По конструктивному оформлению установки для душирования разделяются на стационарные и передвижные. Стационарные установки устраивают с подачей воздуха на одну точку до 3500 м³/ч. Воздух подается через специальные насадки, позволяющие изменять направление факела. Приточные системы, предназначенные для воздушного душирования, как правило, не следует совмещать с другими системами приточной вентиляции.

Передвижные установки забирают воздух из цеха и подают его на рабочие места (или места отдыха). Если воздух при этом не подвергается обработке (охлаждению и пр.), то роль установок сводится к тому, чтобы создавать движение воздуха на рабочем месте. Имеются передвижные установки, в которых взятый из цеха воздух предварительно охлаждается и промывается от пыли.

2.9 АУДИТОРНАЯ И САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ПО РАЗДЕЛУ «ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ»

Аудиторная работа по данному разделу заключается в изучении теоретического материала, освоении методики расчета систем отопления и вентиляции зданий различного назначения.

Внеаудиторная работа заключается в самостоятельном изучении материалов по разделу и решении индивидуального домашнего задания.

2.9.1 Вопросы для изучения по разделу

1. Условия формирования микроклиматических условий в помещении.
2. Влагозащитные свойства наружных ограждений. Влажностный режим помещения.
3. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий.
4. Расчет теплотерь через элементы ограждающих конструкций.
5. Отопление, общие сведения, классификация систем отопления.
6. Тепловой баланс помещений.
7. Отопительные приборы систем водяного отопления.
8. Принципы гидравлического расчета систем водяного отопления.