

ТЕМА 4 ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

4.1. Тепловой баланс помещения

Составить тепловой баланс помещения – это значит выявить все статьи расхода теплоты (теплопотери) и теплопоступления (тепловыделения).

В соответствии с [1] система отопления должна компенсировать следующие статьи расхода теплоты:

- а) теплопотери через ограждения;
- б) расход теплоты на нагревание холодного наружного воздуха поступающего в помещение через неплотности в строительных ограждениях за счет инфильтрации;
- в) расход теплоты на нагревание холодных материалов, оборудования и транспортных средств.

Тепловой баланс помещения может быть записан в виде уравнения.

Пусть в условном помещении будут следующие статьи расхода теплоты и теплопоступления: потери теплоты через ограждения Q , Вт; расход теплоты на нагревание инфильтрующегося воздуха Q_i , Вт; теплопоступления от людей Q_l , Вт; теплопоступления от источников искусственного освещения Q_o , Вт.

При составлении уравнения теплового баланса условно считается, что статьи расхода теплоты отрицательны, а теплопоступления положительны.

Для условного помещения уравнение теплового баланса можно записать в следующем виде:

$$-Q - Q_i + Q_l + Q_o = \pm \Delta Q, \quad (4.1)$$

где ΔQ – результирующая теплового баланса, Вт.

Если ΔQ получается со знаком « + », то говорят, что тепловой баланс помещения положителен, и отопление его предусматривать не следует, если ΔQ – отрицательна, то говорят, что тепловой баланс помещения отрицателен, и необходимо предусматривать отопление.

Тепловой баланс составляется для трех расчетных периодов: холодного, переходного, теплого.

Расчетной температурой наружного воздуха для холодного периода года является средняя температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92; для переходного + 8 °С.

4.2. Теплотери через ограждения

В холодный период года в наружных ограждениях помещений имеет место тепловой поток, направленный в сторону более низкой температуры, т.е. из помещения наружу. Этот тепловой поток называется теплопотерями через ограждение.

Теплотери имеют место и через внутренние ограждения, разделяющие отапливаемые и неотапливаемые помещения, или два отапливаемых помещения, если в одном из помещений температура воздуха ниже, чем в другом.

В соответствии с [1] теплотери через внутренние ограждения, которые разделяют отапливаемые помещения, следует учитывать при разности температур в этих помещениях более 3 °С.

Потери теплоты через ограждения Q , Вт, определяются по формуле

$$Q = \frac{F}{R_T} (t_{\theta} - t_{ext}) (1 + \sum \beta) n, \quad (4.2)$$

где F – площадь поверхности теплоотражающего ограждения, м²;

t_{θ} – расчетная температура воздуха в помещении, °С;

t_{ext} – температура наружного воздуха или температура воздуха в неотапливаемом помещении, или температура воздуха в отапливаемом, но более холодном помещении, °С;

b – добавочные потери теплоты в долях единицы;

n – коэффициент, учитывающий положение ограждения по отношению к наружному воздуху, принимается по [4];

R_T – сопротивление теплопередаче рассматриваемого ограждения, (м²·°С)/Вт.

Площади ограждений определяются по формулам для вычисления площадей плоских геометрических фигур, которые вычисляются с точностью до 0,1 м².

Линейные размеры ограждений при вычислении площадей принимаются по особым правилам. Эти правила учитывают сложность процесса теплопередачи через элементы ограждений и предусматривают условное

увеличение или уменьшение площадей, когда фактические теплотери могут быть соответственно больше или меньше подсчитанных по принятым простейшим формулам.

При вычислении теплотерь через полы и вертикальные ограждения на высоту до 4м от уровня пола вместо t_b в формулу (4.2) подставляется температура в, так называемой, рабочей (обслуживаемой) зоне $t_{p.з}$, °С.

При высоте помещения более 4м при вычислении теплотерь через потолок вместо t_b в формулу (4.2) подставляется температура в, так называемой, верхней зоны $t_{в.з}$, °С. При вычислении теплотерь через вертикальные ограждения на высоту более 4м вместо t_b в формулу (4.2) подставляется средняя температура из двух указанных выше температур t_{cp} , °С, вычисляемая по формуле

$$t_{cp} = \frac{t_{p.з} + t_{в.з}}{2}, \quad (4.3)$$

где $t_{p.з}$ - температура воздуха в рабочей зоне помещения, °С;

$t_{в.з}$ - температура воздуха в верхней зоне помещения, °С.

Температура воздуха в верхней зоне помещения, °С, может быть определена по формуле

$$t_{в.з.} = t_{p.з} + \Delta(H-2), \quad (4.4)$$

где $t_{p.з}$ - температура воздуха в рабочей зоне, °С;

Δ - коэффициент повышения температуры воздуха по высоте помещения, так называемый, температурный градиент, °С /м;

H - высота помещения, м;

2 – высота рабочей зоны, м.

Величина Δ может быть принята равной:

1. $\Delta = 0,3 \div 0,7$ °С /м - для помещений с незначительными тепловыделениями равными или менее 24 Вт/м³;
2. $\Delta = 0,7 \div 2$ °С /м для помещений со значительными тепловыделениями более 24 Вт/м³.

4.3. Добавочные потери теплоты. Определение теплотерь на нагревание инфильтрующегося воздуха

Добавочные потери теплоты учитывают влияние на теплопотери факторов, которые не были учтены формулой для подсчета основных теплопотерь через ограждение. Добавочные потери теплоты исчисляются в долях единицы.

Различают следующие виды добавочных теплопотерь:

а) на ориентацию ограждения по сторонам света, которая учитывает интенсивность облучения солнцем ограждений имеющих разную ориентацию по сторонам света, принимаются при расчете теплопотерь в помещениях любого назначения, при подсчете теплопотерь через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна обращенные на север, восток, северо-восток и северо-запад – 0,1, на юго-восток и запад – 0,05, на юг и юго-запад – 0.

б) на наличие в помещении двух или более наружных стен имеющих разную ориентацию по сторонам света, которые учитывают понижение радиационной температуры в помещениях с развитой поверхностью наружных ограждений, в общественных, административных, бытовых и производственных помещениях при подсчете теплопотерь через наружные вертикальные и наклонные (вертикальная проекция) стены, двери и окна – 0,05.

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

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) на нагревание холодного воздуха поступающего через наружные ворота, не оборудованные воздушными и воздушно-тепловыми завесами, 3 – при отсутствии тамбура и 1 – при наличии тамбура у ворот.

д) в помещениях (при типовом проектировании) через стены, двери и окна обращенных на любую из сторон света – 0,08 при одной наружной стене и 0,13 – в угловых помещениях, а во всех жилых помещениях – 0,13 независимо от количества наружных стен.

Примечание: Для летних и запасных наружных дверей, и ворот добавочные потери теплоты по перечислениям в) и г) не следует учитывать.

Определение теплопотерь на нагревание инфильтрующегося воздуха приведено в методических указаниях к проведению практических занятий (Пример №1).

4.4. Теплотери на нагревание холодных материалов

Потери теплоты на нагревание холодных материалов поступающих в помещение снаружи Q , Дж, за время ΔZ , с, определяется по формуле

$$Q = c \cdot G \cdot (t_в - t_м) \cdot B, \quad (4.5)$$

где c – массовая теплоемкость материала Дж/кг °С;

G – количество материала нагревающегося в помещении в кг, за время ΔZ , с;

$t_в$ – температура воздуха в помещении, °С;

$t_м$ – температура поступающего в помещение материала, °С;

B – коэффициент учитывающий интенсивность поглощения теплоты материалом во времени.

Температура материала принимается для металлов и изделий из них равной температуре наружного воздуха, расчетной для проектирования отопления. Для прочих несыпучих материалов на 10 °С выше температуры наружного воздуха. Для сыпучих материалов на 15 °С выше температуры наружного воздуха.

Значение коэффициента B можно определить по графику в зависимости от критерия Фурье F_o (рис. 4.1).

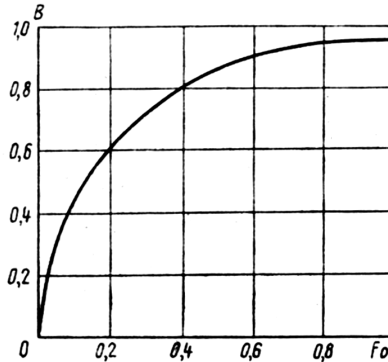


Рис.4.1. График определения значения коэффициента B

Величина критерия Фурье F_o определяется по формуле

$$F_o = \frac{\Delta Z}{c \cdot G \cdot R}, \quad (4.6)$$

где ΔZ – время нагревания материала в помещении, °С;
 c – массовая теплоемкость материала Дж/кг °С;
 G – количество материала нагревающегося в помещении в кг;
 R – полное сопротивление теплопередаче от воздуха помещения к материалу, °С/Вт.

Величина R определяется по формуле

$$R = \frac{G}{\lambda \cdot \rho \cdot F^2} + \frac{1}{\alpha_{II} \cdot F}, \quad (4.7)$$

где G – количество материала нагревающегося в помещении в кг;
 λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/м·°С;
 ρ – плотность материала, кг/м³;
 F – площадь поверхности нагретого материала, м²;
 α_{II} – коэффициент теплообмена на поверхности материала, Вт/м²·°С.

4.5. Теплоступления в помещения

Наиболее распространенными видами теплоступлений в помещения являются теплоступления от людей, источников искусственного освещения, солнечной радиации, различных нагретых поверхностей. При подсчете теплоступлений используют закономерности известные из курса «Тепормассообмен».

При определении теплотерь через ограждения жилых комнат и кухонь жилых зданий, в соответствии с [1], необходимо учитывать так называемые бытовые тепловыделения $Q_{\text{быт.}}$, Вт, величину которых можно определить по следующему выражению

$$Q_{\text{быт.}} = 21 \cdot F_n, \quad (4.8)$$

где 21 – усредненный показатель бытовых тепловыделений для жилых комнат и кухонь, Вт/м², принимается в соответствии с рекомендациями [1];
 F_n – площадь пола рассматриваемого помещения, м².

Под бытовыми теплоступлениями понимаются теплоступления в жилые комнаты и кухни от находящихся в них людей, искусственных источников освещения, радио- и телеаппаратуры, газовых и электрических плит, компьютерной техники и т.п.

Показатель 21 Вт/м^2 имеет тенденцию к увеличению, поскольку жилые комнаты, кухни насыщаются все большим количеством разнообразной бытовой техники.

Подобным образом допускается определять теплопоступления для помещений, которые характеризуются одинаковыми видами и одинаковой интенсивностью теплопоступлений.

4.6. Дежурное отопление

Под дежурным отоплением понимается отопление, которое устраивается в помещениях когда они не используются и в нерабочий период. Необходимость поддерживать в помещении некоторые положительные температуры вызвано главным образом наличием гидравлического хозяйства, то есть водопровода, который может замерзнуть.

При дежурном отоплении в помещении поддерживается температура воздуха 5°C . При обосновании эта температура может быть и выше. Нормируемая температура должна быть восстановлена к началу использования помещения или началу работы.

В качестве системы дежурного отопления рекомендуется использовать основные, то есть функционирующие в рабочий период системы отопления при уменьшении их теплопередачи тем или иным способом.

Самостоятельные системы дежурного отопления допускается проектировать при экономическом обосновании.

В неотапливаемых зданиях для поддержания температуры воздуха, соответствующей технологическим требованиям, в отдельных помещениях, а также на временных рабочих местах при наладке и ремонте оборудования следует предусматривать местное отопление.

4.7. Теплотери через полы на грунте и заглубленную часть стен

Передача теплоты через полы на грунте является сложным процессом. Тепловой поток преодолевает сопротивление конструкции пола, грунта и передается наружному воздуху за пределами рассматриваемого помещения, температура поверхности пола, примыкающего к наружным стенам более низкая, чем температура поверхности пола в глубине помещения и через участки полов примыкающих к наружным стенам передается большая часть теплоты, а в грунте, под полом формируется сложное трехмерное температурное поле.

Учитывая сложность точных решений при определении теплопотерь применяется приближенная методика расчета. Особенностью ее является применение так называемых условных термических сопротивлений $R_{усл}$, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт. Действительно если через пол на грунте теряется некоторое количество теплоты Q , Вт, то можно всегда подобрать такое условное термическое сопротивление, которое покажет ту же потерю теплоты, если пол с нижней стороны будет соприкасаться не с грунтом, а с наружным воздухом. В этом случае можно применить известную формулу для подсчета теплопотерь через ограждения

$$Q = \frac{F}{R_{усл}} \cdot (t_e - t_n) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, \quad (4.9)$$

где F – расчетная площадь ограждающей конструкции, м^2 ;
 $R_{усл}$ – условное сопротивление теплопередаче, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт;
 t_n – расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года, °C ;
 β – добавочные потери теплоты;
 n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху;
 t_e – расчетная температура воздуха в помещении, °C .

С учетом того, что добавочные теплопотери β для полов на грунте равны 0, а коэффициент $n = 1$, формулу (4.9) можно записать в следующем виде:

$$Q = \frac{F}{R_{усл}} \cdot (t_d - t_n). \quad (4.10)$$

Особенностью расчета теплопотерь через полы на грунте является то, что теплопотери вычисляются по зонам. Зона – это полоса шириной 2 м, параллельная линии наружной стены. Зон всего 4 (I^з, II^з, III^з, IV^з и остальная площадь пола).

Отсчет зон (рис.4.2.) начинается одновременно от всех наружных стен вглубь помещения. Поверхности участков полов примыкающих к углам наружных стен в пределах первой зоны вводятся в расчет дважды, то есть по направлениям обеих стен образующих угол. Правило исчисления линейных размеров при определении площадей поверхностей сохраняется таким же, как и в случае других конструктивных решений.

Величины условного сопротивления теплопередаче неутепленных полов не считаются, а принимаются равными:

$R_{ycl} = 2,1$ – для первой зоны;

$R_{ycl} = 4,3$ – для второй зоны;

$R_{ycl} = 8,6$ – для третьей зоны;

$R_{ycl} = 14,2$ – для четвертой зоны и оставшейся площади пола.

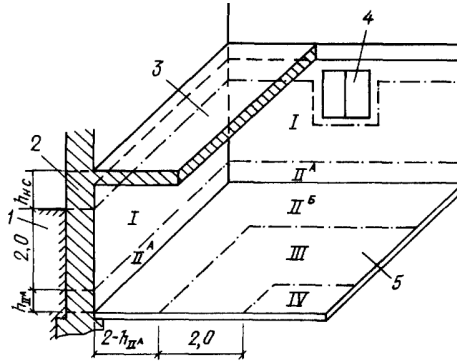


Рис. 4.2. Разбивка заглубленных частей наружных стен и пола углового подвального помещения на I-IV расчетные зоны: 1-земля; 2-наружная стена; 3-перекрытие; 4-окно; 5-пол

Неутепленными считаются полы если в их конструкции нет ни одного материального слоя с коэффициентом теплопроводности $I < 1,2$ Вт/ м °С.

Для утепленных полов на грунте и стен ниже уровня земли – с утепляющим слоем толщиной δ , м, и коэффициентом теплопроводности $I_h < 1,2$ Вт/ м °С – по формуле

$$R_n = R_{ycl} + \sum \frac{d}{I_h}, \quad (4.11)$$

где R_{ycl} – условное сопротивление теплопередаче неутепленного пола, (м²·°С)/Вт, принимается в соответствии с рассматриваемой зоной.

Для полов на лагах – по формуле

$$R_n = 1,18 \cdot \left(R_{ycl} + \sum \frac{d}{I_h} \right). \quad (4.12)$$

Аналогично подсчитываются теплопотери через стены расположенные ниже уровня земли. Отсчет зон начинается при этом от уровня поверхности земли, а полы считаются продолжением стен.

4.8. Тепловой поток системы отопления

Под тепловым потоком системы отопления понимается максимальная тепловая мощность системы отопления, то есть тепловая мощность системы отопления с учетом так называемых бесполезных (но неизбежных) потерь теплоты.

Тепловой поток системы отопления Q_t , Вт, может быть подсчитан по следующей формуле

$$Q_t = \sum Q_1 b_1 b_2 + Q_2, \quad (4.13)$$

где Q_1 - часть расчетных потерь теплоты, Вт, зданием возмещаемых отопительными приборами данного типа;

b_1 - коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет скругления сверх расчетной величины, принимаемый в зависимости от шага номенклатурного ряда отопительных приборов по [1];

b_2 - коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами, расположенными у наружных ограждающих конструкций, принимаемый в зависимости от вида отопительного прибора и способа его установки по [1];

Q_2 - дополнительные потери теплоты при остывании теплоносителя в подающих и обратных магистралях, проходящих в неотапливаемых помещениях, Вт, определяемые расчетом.

Под номенклатурным рядом отопительных приборов понимается перечень типоразмеров отопительных приборов данного типа. Например, для секционного чугунного радиатора номенклатурный ряд представляет собой: односекционный отопительный прибор, двухсекционный отопительный прибор, трёхсекционный отопительный прибор и так далее.

Под шагом номенклатурного ряда отопительных приборов понимается разность номинальных тепловых потоков двух соседних типоразмеров отопительных приборов рассматриваемого номенклатурного ряда отопительных приборов.

Дополнительные потери теплоты отопительными приборами, расположенными у наружных ограждающих конструкций, а также за счет осты-

вания теплоносителя в трубопроводах, проложенных в неотапливаемых помещениях, в сумме следует принимать не более 7% теплового потока системы отопления. На стадии проектирования системы отопления, когда диаметры трубопроводов, проложенных в неотапливаемых помещениях еще неизвестны, дополнительные потери теплоты за счет остывания теплоносителя в них допускается учитывать путем введения повышающего коэффициента $K \leq 1,03$ [2]. В этом случае формула (4.13) примет вид

$$Q_t = \sum Q_1 b_1 b_2 K, \quad (4.14)$$

где Q_1 , b_1 , b_2 - то же, что и в формуле (4.13).

Под номинальным тепловым потоком отопительного прибора понимается тепловой поток отопительного прибора при, так называемых, «стандартных» условиях. Под стандартными условиями понимаются: барометрическое давление равное 101330 Па, температурный напор равный 70°C и расход воды через отопительный прибор равный 0,1 кг/с. Номинальный тепловой поток отопительного прибора определяется при испытаниях отопительных приборов, проводимых на специальных установках с целью получения теплотехнических характеристик отопительных приборов.