

## Практическое занятие 2. Определение тепловой нагрузки на систему отопления (расчёт теплопотерь)

Тепловая нагрузка на системы отопления здания определяется как сумма трансмиссионных теплопотерь (основных и дополнительных) всеми помещениями, к которым добавляют теплопотери вследствие инфильтрации.

Основные и дополнительные теплопотери помещения, Вт, представляющие собой сумму теплопотерь через отдельные ограждения, определяют по формуле:

$$Q_i = k_i A_i (t_b - t_n) (1 + \Sigma\beta) n, \quad (1)$$

где  $k_i = 1/R_{O_i}$ , коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/м<sup>2</sup> · °С;

$A_i$  — площадь ограждения, м<sup>2</sup>;

$t_b$ ,  $t_n$  - расчетная температура внутреннего, нормируемая в зависимости от назначения помещения, и наружного воздуха (в качестве последней используют температуру наиболее холодной пятидневки, при коэффициенте обеспеченности равным 0,92 соответственно);

$(1 + \Sigma\beta)$  — множитель, учитывающий дополнительные теплопотери;

$n$  — поправочный коэффициент к расчетной разности температур, зависящий от расположения ограждения по отношению к наружному воздуху.

Для наружных стен и покрытий (в том числе вентилируемых наружным воздухом), зенитных фонарей, чердачных перекрытий и перекрытий над проездами, перекрытий над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной климатической зоне  $n = 1,0$ .

Для перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом, чердачных перекрытий (с кровлей из рулонных материалов), перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольными и холодными этажами в Северной строительной климатической зоне  $n = 0,9$ .

Для перекрытий над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах  $n = 0,75$ .

Для перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных ниже уровня земли,  $n = 0,6$ .

Для перекрытий над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли,  $n = 0,4$ .

Расчет тепловой нагрузки осуществляют в виде таблицы 1 теплопотерь. При расчете используют исходные материалы: район предполагаемого строительства здания, генплан с размещением здания и обозначением его ориентаций по странам света, полный комплект архитектурно-строительных чертежей, включающий в себя поэтажные планы и необходимые разрезы, теплотехнические характеристики наружных ограждений.

Перед началом расчёта все помещения здания нумеруются на планах начиная с левого верхнего угла по направлению часовой стрелки. Например, № 01, 02 и далее — для помещений цокольного этажа; № 101, 102 и далее — для помещений, расположенных на первом этаже; № 201, 202 и далее — для помещений второго этажа и далее для всех этажей здания. Лестничные клетки принимают как единое помещение по всей высоте здания и обозначают, как правило, заглавными буквами, например лестничная клетка А и т.д.

Теплопотери (теплопоступления) через внутренние ограждения между смежными помещениями учитывают при разности температур более 3 °С.







Площадь поверхности  $A$ ,  $\text{м}^2$ , наружных ограждений определяют по планам и разрезам здания, представленным на рисунке 1, в соответствии с установленными правилами обмера:

- высота стен первого этажа, если пол находится непосредственно на грунте, — между уровнями полов первого и второго этажей; если пол на лагах — от наружного уровня подготовки пола на лагах до уровня пола второго этажа; при неотапливаемом подвале или подполье — от уровня нижней поверхности конструкции пола первого этажа до уровня чистого пола второго этажа ( $h_1$ ), а в одноэтажных зданиях с чердачным перекрытием высота измеряется от пола до верха утепляющего слоя перекрытия;

- высота стен промежуточного этажа — между уровнями чистых полов данного и вышележащего этажей ( $h_2$ ), а верхнего этажа — от уровня его чистого пола до верха утепляющего слоя чердачного перекрытия ( $h_3$ ) или бесчердачного покрытия;

- длина наружных стен в угловых помещениях — от кромки наружного угла до осей внутренних стен ( $l_1$  и  $l_2$ ), а в неугловых — между осями внутренних стен ( $l_3$ );

- поверхность окон, дверей и фонарей — по наименьшим размерам строительных проемов в свету ( $a$  и  $b$ );

- поверхности потолков и полов над подвалами и подпольями в угловых помещениях - по размерам от внутренней поверхности наружных стен до осей противоположных стен ( $m_1$  и  $n$ ), а в неугловых — между осями внутренних стен ( $m$ ) и от внутренней поверхности наружной стены до оси противоположной стены ( $n$ );

- длина внутренних стен — по размерам от внутренних поверхностей наружных стен до осей внутренних стен ( $m_1$ ) или между осями внутренних стен ( $m$ ).

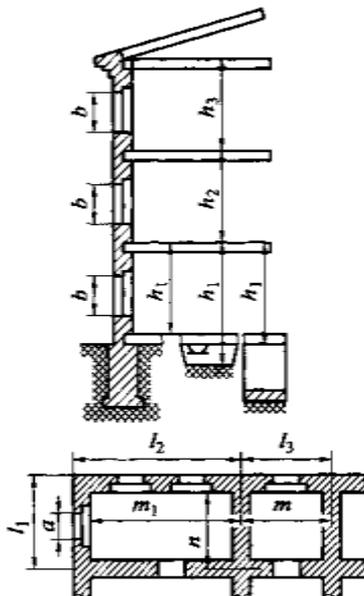


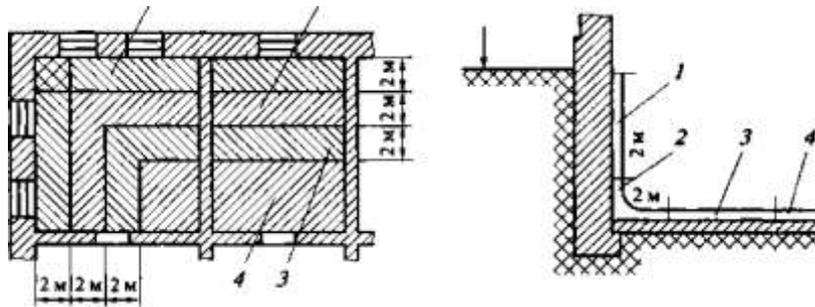
Рисунок 1 - Правила обмера для определения площади поверхности ограждения

**При вычислении площади стен обычно не вычитают из их площади площадь окон, а величину коэффициента теплопередачи окна уменьшают на величину коэффициента теплопередачи стены.**

Для подсчета поверхности ограждающих конструкций линейные размеры их принимаются с точностью до 0,1 м. Поверхности отдельных ограждающих конструкций подсчитываются с точностью до 0,1  $\text{м}^2$ .

При определении теплопотерь через полы, расположенные на грунте или по лагам, применяют упрощенную методику расчета, предусматривающую разделение всей

площади пола на четыре зоны, представленные на рисунке 2. Первые три зоны представляют собой полосы шириной 2 м, параллельные наружным стенам. Четвертая зона соответствует остальной площади в центре помещения. В том случае, когда стены помещения заглублены в грунт, отсчет зон проводится по внутренней поверхности наружной стены и далее по полу. Площадь пола, относящаяся к первой зоне, примыкающей к наружному углу здания, учитывается дважды.



1...4 — номера расчетных зон

Рисунок 2 - Разбивка на зоны полов по грунту и ограждений подвала со стеной, заглубленной в грунт

Расчет теплотерь производят по формуле (1), принимая в качестве расчетного значения величины  $R_{0i}$  для каждой зоны следующим:

- для первой зоны  $R_{н.п1} = 2,1 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;
- для второй —  $R_{н.п2} = 4,3 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;
- для третьей —  $R_{н.п3} = 8,6 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;
- для четвертой —  $R_{н.п4} = 14,2 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

Подстрочный индекс «н.п» означает, что пол является неутепленным, т.е. в его конструкции отсутствуют материальные слои с коэффициентом теплопроводности  $\lambda < 1,2 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ .

Теплопотери утепленных полов также рассчитывают по аналогичным зонам, сопротивление теплопередаче которых  $R_{у.п.i}$ ,  $\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , определяют по формуле:

$$R_{0i} = R_{у.п.i} = R_{н.пi} + \sum \delta_{у.с}/\lambda_{у.с}, \quad (2)$$

где  $\delta_{у.с}$  - толщина утепляющего слоя, м;

$\lambda_{у.с}$  - коэффициент теплопроводности материала утепляющего слоя,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ .

При расчете полов по лагам, выполняемый также по зонам, значения сопротивлений теплопередаче по формуле (2) умножают на 1,18, учитывая тем самым сопротивление воздушной прослойки и настила по лагам.

Добавочные теплопотери учитывают множителем  $(1 + \beta)$  в следующих случаях:

1) В зависимости от ориентации вертикальных и наклонных ограждений по странам света:

$\beta = 0,1$ , если ограждение ориентировано на северо-запад, север, северо-восток или восток;

$\beta = 0,05$  - для западной и юго-восточной ориентации;

$\beta = 0$  - для южной и юго-западной ориентации.

2) Для помещений высотой более 4 м, где возможно повышение температуры воздуха по высоте, для определения теплотерь через стены и покрытие необходимо выполнить специальный расчет распределения температуры по высоте помещения.

3) В помещениях общественных зданий и вспомогательных зданиях

промпредприятий, имеющих две и более наружных стены  $\beta = 0,05$ . Для жилых зданий температура воздуха в угловых комнатах принимается на 2 °С выше, чем в рядовых, учитывая тем самым дополнительные теплотери.

4) На нагрев наружного воздуха, поступающего через наружные двери, не оборудованные воздушными или воздушно-тепловыми завесами, нормируется добавка в зависимости от конструкции входных дверей и высоты здания  $H$  (от земли до верха карниза), м, в размере:

$\beta = 0,2H$  — для тройных дверей с двумя тамбурами между ними;

$\beta = 0,27H$  — для двойных дверей с тамбуром между ними;

$\beta = 0,34H$  — для двойных дверей без тамбура;

$\beta = 0,22H$  — для одинарных дверей.

5) В районах, где расчётная зимняя скорость ветра не превышает 5 м/с, добавка для ограждений на защищённых от ветра принимается в размере 5 %, а в районах со скоростью ветра более 5 м/с добавка составляет 10 %.

Расход теплоты  $Q_i$ , Вт, на нагревание инфильтрирующегося наружного воздуха по упрощенной методике следует определять по формуле:

$$Q = 0,28 L_n \cdot \rho \cdot c(t_v - t_n) \cdot k, \quad (3)$$

где  $L_n$  - расход удаляемого воздуха, не компенсируемый подогретым приточным воздухом, м<sup>3</sup>/ч, принимаемый равным 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> пола жилых помещений;

$c$  - удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг · °С);

$t_v, t_n$  - расчетные температуры воздуха, °С, соответственно в помещении и наружного воздуха в холодный период года (параметры Б);

$\rho$  - плотность воздуха в помещении, кг/м<sup>3</sup>;

$k$  - коэффициент учета влияния встречного теплового потока в конструкциях, равный 0,7 для окон с тройными переплетами, 0,8 - для окон и балконных дверей со спаренными переплетами и открытых проемов.

Плотность воздуха при данной температуре определяют по формуле:

$$\rho = 353/(273+t). \quad (4)$$

При определении тепловой нагрузки на систему отопления следует учитывать бытовые тепловыделения, а для расчетов возможных режимов функционирования и теплоступления — от солнечной радиации.

Бытовые тепловыделения принимают в соответствии со СНиП 2.04.05-86 равными 21 Вт/м<sup>2</sup>. Тогда общие бытовые тепловыделения определяются по формуле:

$$Q_b = 21 A_n(1-\delta), \quad (5)$$

где  $A_n$  - площадь пола рассматриваемого помещения, м<sup>2</sup>;

$\delta$  - коэффициент учитывающий способ регулирования системы отопления, равный для систем без регулирования 0,2.