

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗОВЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ (ИК-ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ)

Oleksandr Kotenko

Slovak Technical University in Bratislava

Аннотация. Показан расчет потребности в тепловой энергии системами отопления на базе газовых ИК-излучателей, рассмотрены особенности, отличающие его от конвективного способа отопления.

Ключевые слова: газовые ИК-излучатели, лучистая добавка к температуре, инфильтрация воздуха

ВВЕДЕНИЕ

Расчет потребности в тепловой энергии зданием базируется на определении теплопотерь. От этого зависит подбор источника тепла, количества и мощности отопительных приборов, и, как следствие, суммарная стоимость устройства системы отопления.

Обычно полагают, что способ отопления не влияет на теплотехнический расчет. Однако, при детальном рассмотрении тепловых процессов, имеющих место в отапливаемом здании, оказывается, что в случае инфракрасного отопления он имеет определенные отличия от традиционного.

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ РАДИАЦИОННОГО И КОНВЕКТИВНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Традиционный расчет системы отопления производится на основе [СНиП II-3-79*, 1998, Изменение №1 к СНиП II-3-79**, 1996], начальным этапом которого является теплотехнический расчет ограждающих конструкций с определением толщины изоляции и значений коэффициентов теплопередачи. После этого производится собственно определение теплопотерь, которое для удобства производится в табличной форме (табл. 1) [Котенко 2005].

Таблица 1. Форма расчета теплопотерь при конвективном способе отопления

Table 1. Calculation of heat-losses in the case of convect

№ п/п	Наименование помещения и его температура		Характеристики ограждающих конструкций				$\frac{K}{\text{Вт}} \frac{\text{м}^2}{^\circ\text{C}}$	Δt $^\circ\text{C}$	n	β	$1+\beta$	Q_a Вт	Q_b Вт	Q_c Вт
			наименование	a м	b м	A м^2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16

Последовательность данного расчета известна каждому инженеру-отопленку, в связи с этим ее описание здесь не приводится. Однако следует обратить внимание на некоторые пункты таблицы 1, которые в случае инфракрасного отопления имеют иное физическое обоснование.

Температуры воздуха и ограждающих конструкции. В случае конвективного отопления температура воздуха внутри помещения принимается величиной постоянной у всех ограждающих конструкций и зависит от назначения отапливаемого помещения.

При расчете теплопотерь через стены, пол, перекрытие и др. конструкции их температура принимается равной температуре воздуха t_v . В случае инфракрасного отопления имеют место следующие отличия:

При лучистом отоплении, благодаря лучистой добавке температуры, в отапливаемом пространстве может поддерживаться температура воздуха на несколько градусов ниже, чем заданная температура отопления. Данное явление описывается формулой:

$$t_{\text{эф}} = t_v + t_{\text{л}}, ^\circ\text{C} \quad (1)$$

где:

$t_{\text{эф}}$ – температура теплоощущения человека, $^\circ\text{C}$;

t_v – температура воздуха внутри помещения;

$t_{\text{л}}$ – добавка к температуре, образованная лучистым потоком, определяющаяся по формуле:

$$t_{\text{л}} = I_{\text{л}} \times 0.0716, ^\circ\text{C} \quad (2)$$

где:

$I_{\text{л}}$ – интенсивность потока излучения, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

0,0716 – эмпирический коэффициент, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$.

Согласно равенству (2) лучистый поток с интенсивностью $100 \text{ Вт}/\text{м}^2$ образует ощущаемую добавку температуры от излучения в размере $7,16 ^\circ\text{C}$.

Это значит, что для результирующей комфортной температуры $+18^\circ\text{C}$ при лучистом потоке $100 \text{ Вт}/\text{м}^2$, достаточно температуры воздуха в $+10,84^\circ\text{C}$. Из равенства (1) следует:

$$t_v = t_{\text{эф}} - t_{\text{л}}, ^\circ\text{C} \quad (3)$$

Следует сказать, что на практике, из-за влияния процесса естественной конвекции воздуха в помещении, результирующая температура комфорта несколько меньше отличается от температуры воздуха, разница между ними достигает порядка 3–5°C в рабочей зоне и около 5–8°C градусов в среднем по объему помещения [Молька. 2005].

Температура поверхностей, находящихся в поле видимости инфракрасных излучателей имеет температуру отличную от температуры воздуха внутри помещения. Для пола максимальное значение температуры рассчитывается по формуле:

$$t_n = \frac{1}{8} \left(Q + K_n \left(1 + 10 \left(\frac{0.01}{3.5} \times \frac{K}{S_n} - 1 \right) \right) \right), ^\circ\text{C} \quad (4)$$

где:

K_n – коэффициент теплопередачи пола, (Вт·м²)/°C;

K – кратность воздухообмена в отапливаемом помещении, ч⁻¹;

S_n – площадь пола данного помещения, м²

Q – тепловой поток излучения, Вт/м². Максимальное допустимое значение для Украины равняется 150 Вт/м². Согласно [Проект. ная документ. фирмы Adrian] при расчете теплотерь возможно принимать его в пределах (100...120) Вт/м².

Поверхность стен условно делится на две зоны – под прямым облучением (высотой 2 м от уровня пола) и вне облучения (имеет место небольшая доля рассеянного облучения).

Температура зоны вне облучения принимается равной температуре воздуха внутри помещения, рассчитываемой согласно равенству (3). Температура зоны под облучением рассчитывается по формуле (4), в которой значение Q принимается равным $0.5Q_{\text{max}}$, т. е. (50...60) Вт/м².

Температура поверхности перекрытия принимается равной на (3...5) °C больше, чем температура воздуха в рабочей зоне, подсчитываемая по формуле (3).

Расчет потерь тепловой энергии на инфильтрацию наружного воздуха. Определяется по формуле (5):

$$Q_B = 0.337 \times F_n \times h \times (t_v - t_n), \text{ Вт} \quad (5)$$

где:

F_n – площадь пола отапливаемого помещения, м²;

h – высота отапливаемого помещения от пола до потолка, м, но не более 3.5 м согласно [СНиП II-3-79*, 1998; Изменение №1 к СНиП II-3-79**, 1996].

Нередко при расчетах величина теплотерь, определенная по формуле (5), является величиной заниженной. Это связано с тем, что в нормах [СНиП II-3-79*,

1998; Изменение №1 к СНиП II-3-79**, 1996] в данной формуле заложена кратность воздухообмена равная 1. Зачастую в зданиях больших объемов может достигать значения 2,5 и выше. Следовательно, данная формула должна быть представлена в следующем виде:

$$Q_B = 0.337 \times F_n \times h \times (t_b - t_n) \times K, \text{ Вт} \quad (6)$$

где:

K – кратность воздухообмена в помещении, ч^{-1} .

Кратность воздухообмена, входящая в равенства (4) и (6) рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{\sum (I_{LV} \times L) \times B \times M}{V}, \text{ ч}^{-1} \quad (7)$$

где:

$\sum (I_{LV} \times L)$ – сумма воздухопропускных способностей окон и внешних дверей ($\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Па}^{-0,67}$);

I_{LV} – коэффициент воздухопропускной способности ($\text{м}^3 \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{Па}^{-0,67}$);

L – длина щелей, открывающихся частей окон и внешних дверей, а также щелей между стеклами и рамами;

B – число, характеризующее здание в зависимости от скорости ветра и застройки, $\text{Па}^{-0,67}$;

M – число, характеризующее помещение в зависимости от вида внутренних дверей (ворот) и его воздухопропускной способности.

Значения величин, входящих в равенство (7), приведены в таблицах в соответствующей справочной литературе.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА. ИЗМЕНЕННАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА

С учетом вышеприведенных особенностей между физическими моделями систем конвективного и радиационного отопления расчет теплотерь при отоплении инфракрасными излучателями сводится в таблицу, форма которой представлена ниже.

Таблица 2. Форма расчета теплотерь при инфракрасном способе отопления

Table 2. Calculation of heat-losses in the case of radiant heating

№ п / п	Наименование помещения и его температура		Характеристики ограждающих конструкций				$K, \frac{Bm}{m^2 \cdot ^\circ C}$	$\Delta t, ^\circ C$	n	β	$1 + \beta$	$Q_{\text{в}}, \text{Вт}$	$Q_{\text{в}}, \text{Вт}$	$Q, \text{Вт}$
			наименование	a, м	b, м	A, м ²								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16
		ф-ла (4)	нс 2м	Аналогично расчету потерь тепловой энергии при конвективном способе отопления									ф-ла (6)	
		ф-ла (3)	нс											
		ф-ла (3)	до											
		ф-ла (3)	ворота											
		ф-ла (3) + (3...5) °C	перекрытие											
		ф-ла (4)*	пол I зона											
		ф-ла (4)*	пол II зона											
		ф-ла (4)*	пол III зона											
		ф-ла (4)*	пол IV зона											

* в формуле (4) величина коэффициента теплопередачи пола для каждой зоны имеет разное значение, определяемое теплотехническим расчетом ограждающих конструкций.

ВЫВОДЫ

1. Расчет теплотерь при инфракрасном и конвективном способах отопления имеет некоторые отличия, связанные с различными физическими процессами в отапливаемом помещении.

2. Среднее значение температуры воздуха внутри помещения t_v при в случае инфракрасного отопления необходимо принимать ниже, чем при конвективном на (3...5) °C.

3. Значения температур ограждающих конструкций при инфракрасном отоплении не могут приниматься постоянными величинами в виду того, что часть их находится в зоне прямого облучения, а часть – в зоне рассеянного.

4. Определение потерь тепловой энергии на инфильтрацию наружного воздуха как при конвективном, так и при инфракрасном отоплении необходимо проводить с учетом кратности воздухообмена в отапливаемом помещении.

ЛИТЕРАТУРА

- Изменение №1 к СНиП II-3-79**, 1996: Строительная теплотехник, действующее на территории Украины. Строительство Украины 6.
 Котенко А. А. 2005: Подбор котлов. Рынок Инсталляций 2.
 Молька В. 2005: Три „Э” в отоплении промышленных помещений.

Проектная документация фирмы ADRIAN по объектам, отапливаемым системами отопления на базе инфракрасных излучателей.
СНиП II-3-79*, 1998: Строительная теплотехника. Госстрой России. ГНП ЦПП 29.

PECULIARITIES OF THE CALCULATION OF THE THERMAL LOAD
OF HEATING SYSTEMS WITH THE USE OF GAS INFRARED HEATERS (IR-HEATERS)

Summary. The calculation of the thermal load of heating systems on the base of gas IR-heaters is shown, as well as the peculiarities of the convection systems.

Key words: infrared heaters, radiant addition to the air temperature, air infiltration

Reviewer: Eugeniusz Krasowski, Prof. Sc. D. Eng.