ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРООТОПЛЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПАНЕЛЬНЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

Uden-S Украина

ВВЕДЕНИЕ

Расчет необходимой тепловой энергии зданием базируется на определении тепловых потерь. От этого зависит подбор источника тепла, необходимое количество и мощность отопительных приборов, и, соответственно, 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 конвективного.

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ РАДИАЦИОННОГО И КОНВЕКТИВНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Традиционный расчет системы отопления производится на основе [СНиП II-3-79*, 1998, СНиП II-3-79**, 1996], начальным этапом которого является теплотехнический расчет ограждающих конструкций с определением материала изоляции и значений коэффициентов теплопередачи. После этого производится определение тепловых потерь и выбор необходимой мощности системы отопления.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Приводим расчет тепловых потерь жилого помещения площадью 50 м^2, расположенного внутри здания в соответствии с [6].

Исходные данные для расчета тепловых потерь:

№ п\п	Наименование величины	Обозн.	Значение	Ед.изм.
1	Заявленная площадь помещения	S	50	м^2
2	Высота помещения	h	2,5	м
3	Расчетная температура в помещении	$t_п$	20	ºС
4	Расчетная наружная температура	$t_н$	-20	ºС
5	Общая площадь стен, граничащих с внешним воздухом (без учета площади окон и дверей)	A	20,1	м^2
6	Площадь окон	s_w	5,8	м^2
7	Площадь дверей (0,9м х 2м)	s_d	1,8	м^2
8	Характеристика пола	бетон		

Рассчитываем тепловые потери по формуле: $\mathbf{Q = Q_1 b_1 b_2 + Q_2 - Q_3}$, где:

Q_1 – расчетные тепловые потери здания, кВт;

b_1 – коэффициент учета дополнительного теплового потока от установленных отопительных приборов;

b_2 – коэффициент учета дополнительных потерь теплоты отопительными приборами, которые установлены возле наружных стен;

Q_2 – тепловые потери, кВт, трубопроводом, проходящим в неотапливаемых помещениях;

Q_3 – тепловой поток, кВт, который регулярно поступает от освещения, оборудования и людей (для жилых помещений величину Q_3 следует брать из расчета 0,01 кВт на 1 м^2 общей площади).

При использовании конвекторов или инфракрасных панельных нагревателей, с непосредственным отоплением ограждающих конструкций здания, где не используются жидкости в качестве теплоносителей, $\mathbf{Q_2 = 0}$.

Таким образом, суммарные тепловые потери помещения рассчитываем по формуле:

$$\mathbf{Q = Q_1 b_1 b_2 - Q_3;}$$

Q_1 рассчитываем по формуле: $\mathbf{Q_1 = (Q_а + Q_{в1} + Q_{в2})}$, где:

$Q_а$ – тепловой поток, кВт, через ограждающие конструкции;

$Q_{в1}$ – тепловые потери, кВт, на нагрев вентиляционного воздуха.

$$Q_а = (\sum(A_k/R_k))\,(t_в - t_н)\,(1 + \sum b)\,n\,10^{-3};$$

$$Q_{в1} = 0{,}337\,A_n\,h\,(t_в - t_н)\,К\,10^{-3},$$ где:

A_k – расчетная площадь ограждающих конструкций в отапливаемом помещении, м^2;

R_k – сопротивление теплопередачи соответствующей ограждающей конструкции, которая выбирается в соответствии [7];

A_n – площадь пола помещения, м^2;

h – высота помещения от пола до потолка, м;

$t_в$ – расчетная температура внутреннего воздуха, ºС;

$t_н$ – расчетная температура наружного воздуха, ºС;

n – коэффициент, который выбирается в соответствии с [7];

b – дополнительные потери тепла (выбираем в соответствии с [6]).

К – кратность воздухообмена в помещении (выбирается в соответствии с [7]), ч$^{-1}$.

Тепловые потери на нагрев наружного воздуха, который попадает в помещение через холлы и лестничные площадки, через двери, которые периодически открываются в холодное время года:

$$\mathbf{Q_{в2} = 0{,}7B\,(H + 0{,}8p)\,(t_в - t_н)\,10^{-3}},$$ где:

H – высота помещения, м;

p – количество людей, находящихся в помещении;

B – коэффициент, учитывающий количество входных тамбуров (выбирается в соответствии с [6]).

Все результаты расчета сведены в таблицу.

Берем за основу градусо-сутки отопительного периода 4500 °С·сут. В соответствии с этим показателем, методом интерполяции берем все необходимые для расчета коэффициенты [6,7].

Результаты расчета тепловых потерь помещения:

№ п/п	Наименование	Обозначение	Формула	Результат расчета, ед. изм.
1	Коэффициент	$\sum b$	-	0,05
2	Коэффициент	n	-	0,8
3	Коэффициент	R_k	-	1,8
4	Коэффициент	K	1 ÷ 2,5	2 $ч^{-1}$
5	Тепловые потери через ограждающие конструкции	Q_a	$Q_a = (\sum(A_k/R_k))\,(t_в - t_н)\,(1 + \sum b)\,n\,10^{-3}$	0,469 кВт
6	Тепловые потери, на нагрев вентиляционного воздуха	$Q_{в1}$	$Q_{в1} = 0{,}337\,A_n\,h\,(t_в - t_н)\,K\,10^{-3}$	3,37 кВт
7	Тепловые потери на нагрев наружного воздуха, поступающего через двери, холлы	$Q_{в2}$	$Q_{в2} = 0{,}7B\,(H + 0{,}8p)\,(t_в - t_н)\,10^{-3}$	0,20 кВт
8	Расчетные тепловые потери помещения	Q_1	$Q_1 = (Q_a + Q_{в1} + Q_{в2})$	4,039 кВт
9	Тепловой поток от освещения, оборудования и людей	Q_3	$Q_3 = 0{,}01\,S$	0,5 кВт
10	Коэффициент	b_1	-	1,1
11	Коэффициент	b_2	-	1,05
12	Суммарные тепловые потери	Q	$Q = Q_1\,b_1\,b_2 + Q_2 - Q_3$	4,165 кВт

В соответствии с [7] и [8] необходимую электрическую мощность системы конвекционного отопления рассчитываем по формуле:

$$\mathbf{P \geq 1{,}3\ Q.}$$

Таким образом: $\mathbf{P \geq 1{,}3 \cdot 4{,}165 \geq 5{,}414}$ **кВт**

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

$$\mathbf{t_{эф} = t_в + t_л}\ ,$$ где:

$t_{эф}$ – температура теплоощущения человека, °С;

$t_в$ – температура воздуха внутри помещения;

$t_л$ – добавка к температуре, образованная лучистым потоком, определяющаяся по формуле:

$$\mathbf{t_л = I_л \cdot 0.0716},$$ где:

$I_л$ – интенсивность потока излучения, Вт/м^2;

0,0716 – эмпирический коэффициент, (м^2 · °С)/Вт.

Согласно данному равенству лучистый поток с интенсивностью 100 Вт/м^2 образует ощущаемую добавку температуры от излучения в размере 7,16 °С.

Это значит, что для результирующей комфортной температуры +20°С при лучистом потоке 100 Вт/м2, достаточно температуры воздуха в +12,84°С. Из равенства следует:

$$\mathbf{t_в = t_{эф} - t_л}\ ,$$

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 °С в рабочей зоне и около 5–8°С градусов в среднем по объему помещения.

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

$$t_i = \frac{1}{8}\cdot\left[Q + R_k\left[1 + 10\left(\frac{0{,}01}{3{,}5}\cdot\frac{K}{S} - 1\right)\right]\right]$$

где: R_k – коэффициент теплопередачи пола, (Вт · м^2)/ °С;

К – кратность воздухообмена в отапливаемом помещении, ч$^{-1}$;

S – площадь пола данного помещения, м^2;

Q – тепловой поток излучения, Вт/м^2.

Максимальное допустимое значение для Украины равняется 150 Вт/м^2.

При расчете тепловых потерь возможно принимать его в пределах (100…120) Вт/м^2.

Поверхность стен условно делится на две зоны – под прямым облучением и вне облучения (имеет место небольшая доля рассеянного облучения).

Температура зоны вне облучения принимается равной температуре воздуха внутри помещения, рассчитываемой согласно равенству:

$$\mathbf{t_{эф} = t_в + t_л},$$

Температура зоны под облучением рассчитывается по формуле:

$$t_i = \frac{1}{8}\cdot\left[Q + R_k\left[1 + 10\left(\frac{0,01}{3,5}\cdot\frac{K}{S} - 1\right)\right]\right]$$

в которой значение Q принимается равным 0.5Qmax, т. е. (50…60) Вт/м^2.

Температура поверхности перекрытия принимается равной на (3…5)°С больше, чем температура воздуха в рабочей зоне.

Результаты расчета тепловых потерь помещения при использовании инфракрасных излучателей:

№ п/п	Наименование	Обозначение	Формула	Результат расчета, ед. изм.
1	Коэффициент	$\sum b$	-	0,05
2	Коэффициент	n	-	0,8
3	Коэффициент	R_k	-	1,8
4	Коэффициент	К	1 ÷ 2,5	1 ч$^{-1}$
5	Интенсивность потока излучения	$I_л$	-	50 Вт/м^2
6	Температура воздуха внутри помещения	$t_в$	$t_в = t_{эф} - I_л \cdot 0.0716$	16,42 °С
7	Тепловые потери через ограждающие конструкции	Q_a	$Q_a = (\sum(A_k/R_k))\,(t_в - t_н)\,(1 + \sum b)\,n\,10^{-3}$	0,427 кВт
8	Тепловые потери, на нагрев вентиляционного воздуха	$Q_{в1}$	$Q_{в1} = 0,337\,A_n\,h\,(t_в - t_н)\,K\,10^{-3}$	1,534 кВт

9	Тепловые потери на нагрев наружного воздуха, поступающего через двери, холлы	$Q_{в2}$	$Q_{в2} = 0{,}7В\ (H + 0{,}8р)\ (t_в - t_н)\ 10^{-3}$	0,18 кВт
10	Расчетные тепловые потери помещения	Q_1	$Q_1 = (Q_а + Q_{в1} + Q_{в2})$	2,141 кВт
11	Тепловой поток от освещения, оборудования и людей	Q_3	$Q_3 = 0{,}01\ S$	0,5 кВт
12	Коэффициент	b_1	-	1,1
13	Коэффициент	b_2	-	1,05
14	Суммарные тепловые потери	Q	$Q = Q_1\, b_1\, b_2 + Q_2 - Q_3$	1,97 кВт
15	Электрическая мощность системы отопления	P	$P \geq 1{,}3\ Q$	2,561 кВт

ВЫВОДЫ

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

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

3. Значения температур ограждающих конструкций при инфракрасном отоплении не могут приниматься постоянными величинами ввиду 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. Следует заметить, что ввиду малого значения градиента температур по высоте помещения, при использовании инфракрасных излучателей, коэффициент воздухообмена необходимо принимать близким или равным 1.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН А.3.1-5-96 Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва.
2. ВСН 33-82 (изд. 1989г.) Ведомственные строительные нормы. Инструкция по разработке проектов организации строительства.
3. СНиП III-4-80 (изд. 1989г.) Техника безопасности в строительстве.
4. ДНАОП 1.1.10-1.10-83 Правила техники безопасности при выполнении электромонтажных работ на объектах Минэнерго СССР.
5. СНиП 3.05.06-85. Электротехнические устройства.
6. СНиП 2.04.05-91*У Отопление, вентиляция и кондиционирование.
7. СниП II-3-79* Строительная теплотехника.
8. ДБН В.2.5-24-2003 Електрична кабельна система опалення.
9. Котенко А. А. 2005: Подбор котлов. Рынок Инсталляций 2.
10. Молька В. 2005: Три „Э” в отоплении промышленных помещений.