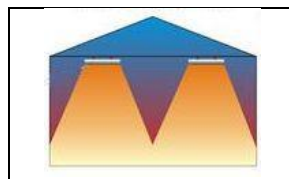


## ОСНОВНОЕ ОТОПЛЕНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ

Согласно действующим нормативным документам [7] в неотапливаемых производственных зданиях для поддержания температуры воздуха, соответствующей технологическим требованиям в отдельных помещениях и зонах, а также на временных рабочих местах при наладке и ремонте оборудования следует предусматривать местное отопление. Отопление электроэнергией с непосредственной трансформацией ее в тепловую, например, путем генерирования направленного лучевого тепла, допускается применять при наличии технико-экономического обоснования проекта. Отпуск электроэнергии следует согласовывать в установленном порядке. Размещение приборов лучистого отопления с температурой поверхности выше плюс 150 °С следует предусматривать в верхней зоне помещения.

Определение тепловых потерь помещения за отопительный период и расчет на их основе электрической мощности системы инфракрасного отопления производится с применением нормативов и методики, представленных выше в главе «Дополнительное отопление помещений». Ниже в примерах 9 и 10 приведены расчеты основного инфракрасного отопления помещений.



Для более точного расчета требуемой тепловой энергии на основное отопление и подбора обогревателей следует заполнить [опросный лист теплотехнического расчета основного ИК-отопления](#) и обратиться к консультанту компании.

**Пример 9.** На основе исходных данных примера 8 рассчитать установочную (пусковую) мощность системы основного инфракрасного обогрева помещения на замену, например, полностью вышедшей из строя на длительный срок в отопительный период системы центрального отопления. Подобрать марку и количество обогревателей ЭИУС.

1) Определяем градусо-сутки отопительного периода по средней температуре наружного воздуха в отопительный период при  $T_{int1} = 18^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{ns1} = -1,6^{\circ}\text{C}$  и  $\tau_{op1} = 202$  сут. (см. таблицу 1):

$$D_{op1} = (T_{int1} - T_{ns1}) \cdot \tau_{op1}$$

$$D_{op1} = 3959,2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{сутки}.$$

Требуемая удельная мощность отопления 1 м<sup>2</sup> помещения за отопительный период по нормативу здания составит:

$$\theta_{op1} = \frac{q_{h1} \cdot K_{h1} \cdot D_{op1}}{\tau_{op1}},$$

где  $q_{h1} = 125$  кДж/(м<sup>2</sup> · °С · сутки) - нормируемое значение требуемого расхода тепловой энергии на отопление в отопительный период административного здания с этажностью 4 (см. таблицу 2);  $K_{h1} = 1,5$  - коэффициент увеличения удельной тепловой энергии на отопление по качеству теплоизоляции здания.  $\theta_{op1} = 42,5$  Вт/м<sup>2</sup>.

Электрическая мощность, потребляемая системой инфракрасного отопления для поддержания заданной температуры в помещении  $T_{int1} = 18^{\circ}\text{C}$  в рабочее время за отопительный период составит:

$$P_{op1} = \theta_{op1} \cdot S_1,$$

где  $S_1 = 6 \text{ м} \cdot 8 \text{ м} = 48 \text{ м}^2$  - площадь отапливаемого помещения.  $P_{po1} = 2,042 \text{ кВт}$ .

2) В нерабочее время программируемый терморегулятор системы ИК-отопления позволяет быстро понизить температуру в помещении до  $T_{int3} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ , что предусмотрено нормативом [7] для экономии энергии. Удельная мощность отопления в нерабочее время за отопительный период и потребляемая при этом электрическая мощность ИК-отопления составят:

$$\theta_{op3} = q_{h1} \cdot K_{h1} \cdot (T_{int3} - T_{ns1}), \quad P_{op2} = \theta_{op3} \cdot S_1,$$

$$\theta_{op3} = 29,5 \text{ Вт/м}^2, \quad P_{op2} = 1,42 \text{ кВт}$$

3) Удельная мощность отопления помещения в наступивший холодный период с температурой наружного воздуха  $T_{nx1} = -25 \text{ }^\circ\text{C}$  и расчетная потребляемая электрическая мощность ИК-отопления составят:

$$\theta_{nx1} = q_{h1} \cdot K_{h1} \cdot (T_{int1} - T_{nx1}), \quad P_{nx1} = \theta_{nx1} \cdot S_1,$$

$$\theta_{nx1} = 93,3 \text{ Вт/м}^2, \quad P_{nx1} = 4,479 \text{ кВт}.$$

4) По величине потребления электрической мощности в холодный период  $P_{nx1} = 4,479 \text{ кВт}$ , как максимальной расчетной, подбираем количество обогревателей с близкой большей суммарной электрической мощностью при условии обеспечения равномерного распределения удельной мощности направленного лучевого тепла по площади помещения. В данном случае для системы ИК-отопления возможно применить 4 обогревателя ЭИУС-212 в базовой комплектации с номинальной электрической мощностью  $P_{ob1} = 1,3 \text{ кВт}$ , или 8 обогревателей ЭИУС-211 электрической мощностью  $0,65 \text{ кВт}$ . В обоих случаях установочная (пусковая) электрическая мощность системы ИК-отопления составит:

$$P_{ns1} = P_{ob1} \cdot n_{ob1},$$

где  $n_{ob1} = 4$  - количество обогревателей ЭИУС-212.  $P_{ns1} = 5,2 \text{ кВт}$ .

5) Расчетная температура в помещении в холодный период с минимальной (пиковой) температурой наружного воздуха при полной нагрузке по электрической мощности системы ИК-отопления составит:

$$T_{int5} = T_{nm1} + \frac{\theta_{ns1}}{q_{h1} \cdot K_{h1}},$$

где  $T_{nm1} = -35 \text{ }^\circ\text{C}$  - принятая минимальная (пиковая) температура наружного воздуха в холодный период (см. таблицу 1).  $T_{int5} = +14,9 \text{ }^\circ\text{C}$ . Таким образом, установочная электрическая мощность системы ИК-отопления позволяет в пиковый период минимальных температур наружного воздуха сохранять приемлемую температуру в помещении.

6) Определяем расход электроэнергии, потребляемой системой ИК-отопления за отопительный период.

При продолжительности отопительного периода  $\tau_{op1} = 202$  суток или 4848 часов рабочее время составит  $\tau_{op2} = 1115$  часов. Расчет ведем с учетом того, что в нерабочее время система ИК-отопления автоматически понизит температуру в помещении до  $T_{int3} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$W_{op11} = P_{op1} \cdot \tau_{op2}, \quad W_{op12} = P_{op2} \cdot (\tau_{op1} - \tau_{op2}),$$

где  $W_{op11} = 2276,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  - энергия, потребляемая на отопление в рабочее время;  $W_{op12} = 5288,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  - энергия, потребляемая в нерабочее время за отопительный период.

Суммарные затраты электроэнергии на ИК-отопление за отопительный период составят:

$$W_{op1} = W_{op11} + W_{op12}$$

$$W_{op1} = 7564,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

7) При расстановке обогревателей в помещении руководствуемся условием равномерного распределения лучевого тепла по площади, а также определяем высоту установки обогревателей на стенах и оптимальный угол наклона отражателя к горизонтали по методике, представленной в примерах 6 и 7 предыдущего раздела (см.

рисунок 8). Определяем предельные значения удельной мощности лучевого обогрева по нормали к поверхности излучения  $E_{1max}$  и  $E_{1min}$  при температуре в помещении плюс 18 °С и табличном значении  $T_{ip1} = 73 \text{ Вт/м}^2$  (см. формулы 14 и 15) :

$$E_{1max} = 0,7418 \cdot E_{ip1} - 16,1, \quad E_{1min} = 0,2124 \cdot E_{ip1} - 2,96$$

$$E_{1max} = 38,1 \text{ Вт/м}^2, \quad E_{1min} = 12,5 \text{ Вт/м}^2.$$

По графику распределения удельной мощности лучевого потока по нормали для обогревателя ЭИУС-212 находим размеры зоны эффективного комфортного обогрева:  $L_{1max} = 2,2 \text{ м}$ ,  $L_{1min} = 3,6 \text{ м}$ . Так как обогреватели нельзя установить выше на стене (требуется расстояние минимум 300 мм до потолка см. «Указания по применению»), то расположение обогревателей останется прежним: на стене на высоте 3 м с углом наклона  $\beta_1 = 45^\circ$  к горизонтали. Но повышенная мощность ЭИУС-212 сдвигает зону комфортного обогрева на 0,6-0,8 м и не позволяет обогревать сидячие рабочие места у стен, т.к. голова работника будет попадать в область повышенной интенсивности облучения при облучении 50 % и более поверхности тела согласно [6,7]. В данном случае применение обогревателей меньшей мощности ЭИУС-211 является более предпочтительным. Их возможно разместить равномерно на всех стенах по периметру комнаты с сохранением расположения зоны эффективного комфортного обогрева.

**Пример 10.** Требуется рассчитать установочную (пусковую) мощность системы основного инфракрасного обогрева складского помещения ангарного типа, позволяющую поддерживать в отопительный период температуру в помещении на уровне плюс 5 °С и в период минимальной (пиковой) температуры наружного воздуха в холодный период не менее 0 °С. Подобрать марку и количество обогревателей ЭИУС. Размеры ангара составляют 15х30 м, высота перекрытий 5 м, высота конька крыши 7 м, отапливаемая площадь  $S_1 = 15 \text{ м} \cdot 30 \text{ м} = 450 \text{ м}^2$  (см. рисунок 9). Помещение находится в районе г. Минска. Принять нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление в отопительный период  $q_{h1} = 170 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{°С} \cdot \text{сутки)}$ , коэффициент увеличения удельной тепловой энергии на отопление по качеству теплоизоляции здания  $K_{h1} = 2,5$ .

1) Определяем градусо-сутки отопительного периода по средней температуре наружного воздуха в отопительный период при  $T_{int1} = +5^\circ\text{С}$ ,  $T_{ns1} = -1,6^\circ\text{С}$  и  $\tau_{op1} = 202 \text{ сут.}$  (см. таблицу 1):

$$D_{op1} = (T_{int1} - T_{ns1}) \cdot \tau_{op1}$$

$$D_{op1} = 1333,2 \cdot \text{°С} \cdot \text{сутки}.$$

Требуемая удельная мощность отопления 1 м<sup>2</sup> помещения за отопительный период по нормативу здания и электрическая мощность, потребляемая системой инфракрасного отопления для поддержания заданной температуры в помещении за отопительный период составят:

$$\theta_{op1} = \frac{q_{h1} \cdot K_{h1} \cdot D_{op1}}{\tau_{op1}}, \quad P_{op1} = \theta_{op1} \cdot S_1,$$

$$\theta_{op1} = 32,5 \text{ Вт/м}^2, \quad P_{op1} = 14,61 \text{ кВт}.$$

2) Удельная мощность отопления помещения в наступивший холодный период с температурой наружного воздуха  $T_{nx1} = -25^\circ\text{С}$  и расчетная потребляемая электрическая мощность ИК-отопления составят:

$$\theta_{nx1} = q_{h1} \cdot K_{h1} \cdot (T_{int1} - T_{nx1}), \quad P_{nx1} = \theta_{nx1} \cdot S_1,$$

$$\theta_{nx1} = 147,6 \text{ Вт/м}^2, \quad P_{nx1} = 66,41 \text{ кВт}.$$

3) Расчетная максимальная удельная мощность отопления за период с минимальной (пиковой) температурой наружного воздуха в холодный период  $T_{nm1} = -35^\circ\text{С}$  и расчетная потребляемая электрическая мощность ИК-отопления для поддержания в помещении температуры  $T_{int2} = 0^\circ\text{С}$  составят:

$$\theta_{nm1} = q_{h1} \cdot K_{h1} \cdot (T_{int2} - T_{nm1}), \quad P_{nm1} = \theta_{nm1} \cdot S_1,$$

$$\theta_{nm1} = 172,2 \text{ Вт/м}^2, P_{nm1} = 77,47 \text{ кВт.}$$

4) По величине максимального потребления электрической мощности в период с минимальной (пиковой) температурой наружного воздуха  $P_{nm1} = 77,47 \text{ кВт}$  подбираем количество обогревателей с близкой большей суммарной электрической мощностью при условии обеспечения равномерного распределения удельной мощности направленного лучевого тепла по площади помещения. В данном случае для системы ИК-отопления возможно применить 20 обогревателей ЭИУС-323 в базовой комплектации с номинальной электрической мощностью  $P_{ob1} = 3,9 \text{ кВт}$ . Установочная (пусковая) электрическая мощность системы ИК-отопления составит:

$$P_{ns1} = P_{ob1} \cdot n_{ob1},$$

где  $n_{ob1} = 20$  - количество обогревателей ЭИУС-323.  $P_{ns1} = 78 \text{ кВт}$ .

5) Расчетная температура в помещении в холодный период с минимальной (пиковой) температурой наружного воздуха при полной нагрузке по электрической мощности системы ИК-отопления составит:

$$T_{int5} = T_{nm1} + \frac{P_{ns1}}{q_{h1} \cdot K_{h1} \cdot S_1}$$

$T_{int5} = + 0,24 \text{ }^\circ\text{C}$ . Таким образом, установочная электрическая мощность системы ИК-отопления позволяет в пиковый период минимальных температур наружного воздуха сохранять приемлемую температуру в помещении.

6) Расчетный уровень загрузки системы ИК-отопления за отопительный период составит:

$$K_{n1} = \frac{P_{op1}}{P_{ns1}} \cdot 100 \% \quad (39)$$

$$K_{n1} = 18,7 \%$$

7) Затраты электроэнергии на ИК-отопление за отопительный период составят:

$$W_{op1} = P_{op1} \cdot \tau_{op1}$$

$$W_{op1} = 70826 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

8) При горизонтальной потолочной установке обогревателей на высоте 5 м определяем предельные значения удельной мощности лучевого обогрева по нормали к поверхности излучения  $E_{1max}$  и  $E_{1min}$  при температуре в помещении плюс  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  и определенном табличном значении  $T_{ip1} = 132 \text{ Вт/м}^2$  (см. формулы 14 и 15):

$$E_{1max} = 0,7418 \cdot E_{ip1} - 16,1, \quad E_{1min} = 0,2124 \cdot E_{ip1} - 2,96$$

$$E_{1max} = 81,8 \text{ Вт/м}^2, \quad E_{1min} = 25,1 \text{ Вт/м}^2.$$

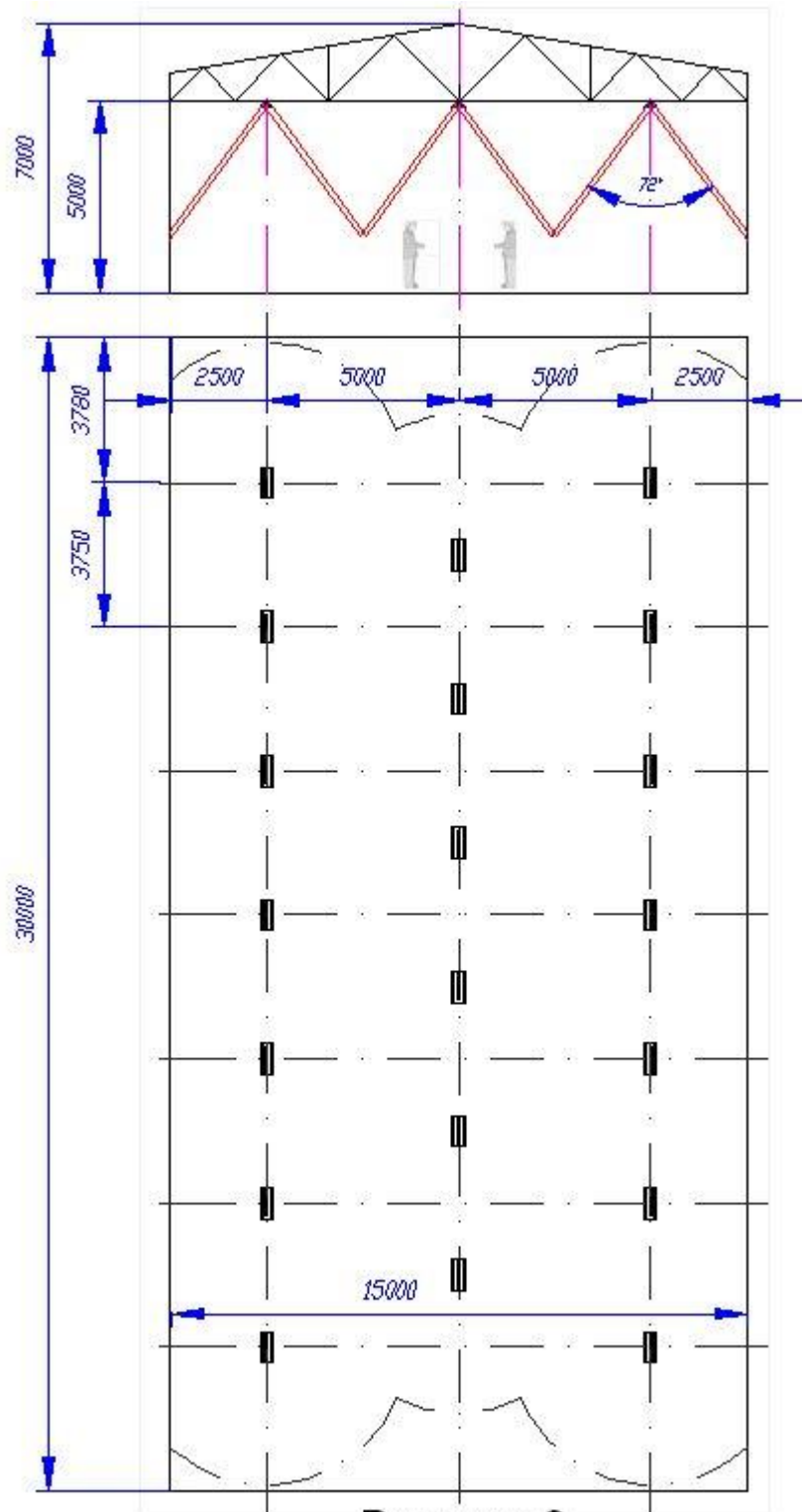


Рисунок 9

Для обогревателя ЭИУС-323 при горизонтальной установке ( $\beta_1 = 90^\circ$ ) размеры зоны эффективного комфортного обогрева составят:  $L_{1max} = 2,1$  м,  $L_{1min} = 3,7$  м. Расстояние по нормали к поверхности излучения для ЭИУС-323 при предельном облучении головы человека сверху [5, 6]  $E_{n1} = 60$  Вт/м<sup>2</sup>,  $L_{n1} = 2,5$  м. В обоих случаях граница зоны повышенной интенсивности ИК-обогрева находится выше головы человека в среднем на 1,1-0,7 м. Таким образом, горизонтальная потолочная установка обогревателей на высоте 5 м исключает избыточное воздействие лучевого тепла на работников в помещении.

#### Литература:

1. Рабко А.Е. Инфракрасные керамические излучатели и электрообогреватели НОМАКОН™ / А.Е. Рабко, И.Л.Козловский, П.П. Першукевич, М.В. Бельков // Электроника инфо. - 2011. - №5. - С.26-29.
2. Рабко А.Е. Промышленный инфракрасный обогрев ИК-электрообогревателями НОМАКОН™ / А.Е. Рабко, И.Л. Козловский, Ю.Н. Жилинский, А.Г. Пацевич // Электроника инфо. - 2012. - №4. - С.89-92.
3. Рабко А.Е. Отопление помещений инфракрасными электрообогревателями НОМАКОН™ / А.Е. Рабко, И.Л. Козловский, В.А. Орсич // Электроника инфо. - 2013. - №9. - С.45-48.
4. МСанПиН 001-96. Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях. Межгосударственные санитарные правила и нормы. (Утв. Постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 19.01.1996 N 2, Минздравом Республики Беларусь 08.06.1995 N 9-29-95 с изм. от 21.12.1999).
5. СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий. Приложение 2. (Утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 17.05.2010 № 57).
6. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных предприятий ( Утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 01.10.1996 № 21), М., 1997. - 17 С.
7. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. (Введен в действие с 01.01.2004 г. постановлением Госстроя России от 26 июня 2003 г. № 115).
8. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. (Введен в действие с 1.01.2000 г. постановлением Госстроя России от 11.06.99 г. № 45).
9. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. (Введен в действие с 1.10.2003 г. постановлением Госстроя России от 26.06.2003 г. № 113).
10. Ливчак В.И. Положения по изменению в расчете Энергетического паспорта жилых и общественных зданий в связи с выходом СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». Информационный бюллетень Мосгосэкспертизы. - 2004. - №1(8).