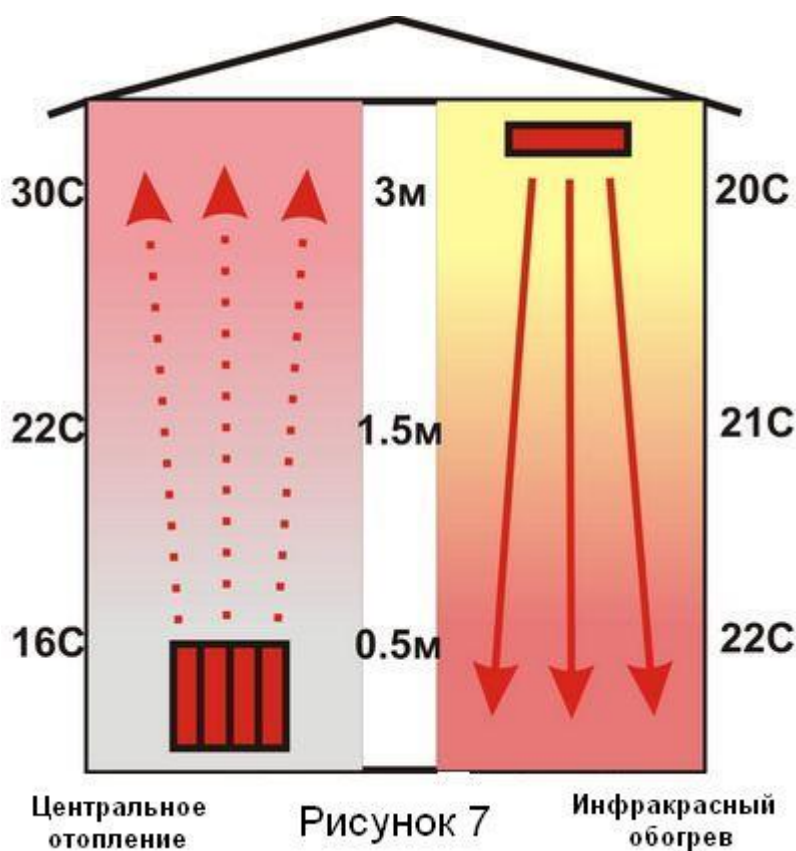


## ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ОТОПЛЕНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ

Дополнительное отопление закрытых помещений применяют, как правило, в межсезонье, когда температура на улице значительно понизилась, но еще не достигла предельной для включения централизованного отопления. Например, по нормативам для Беларуси централизованное отопление включают в сроки после 15 октября, когда среднесуточная температура на улице упадет ниже плюс 8 °С и продержится на этом уровне не менее 5 дней. Для дошкольных, школьных и медицинских учреждений – не менее 3 дней.

Дополнительное отопление инфракрасными обогревателями целесообразно применять и при включенном централизованном отоплении помещения с целью экономии энергоресурсов: направленное лучистое тепло создает ощущение, что температура в помещении несколько выше на 3–4 °С, чем есть на самом деле, что позволяет человеку чувствовать себя комфортно при более низкой температуре окружающего воздуха (см. п.5.7 в [7]). Таким образом, инфракрасные обогреватели являются дополнительными **системами лучистого отопления (СЛО)** по строительным нормам и правилам СНиП) - самого комфортного и экономически выгодного отопления на сегодняшний день. Дополнительное инфракрасное отопление позволяет получить оптимальное распределение температуры по высоте помещения, при котором максимальная температура 22 °С будет обеспечена в районе пола, комфортная температура плюс 20-21 °С на уровне головы человека, а бесполезное скопление теплого воздуха у потолка будет сведено к минимуму (см. рисунок 7). Можно сказать, что при работе инфракрасных обогревателей люди получают дополнительный эффект теплого пола и прогретую конструкцию дома, которая, аккумулирует тепло и сама начинает его излучать.



При проектировании системы дополнительного инфракрасного обогрева и подборе обогревателей следует обеспечить как можно более равномерное распределение удельной мощности генерируемого лучевого тепла по площади квартиры или иного помещения. Например, согласно теплотехническому расчету для дополнительного отопления помещения получена общая мощность обогревателей, равная 2 кВт. Совершенно неверной будет считаться установка одного обогревателя такой мощности: вблизи него будет некомфортно жарко из-за превышения удельной мощности лучевого потока предельных значений, в то время как в отдаленных «необлученных» зонах помещения температура будет значительно ниже. Для создания комфортной температуры по всей площади помещения необходимо распределять лучевые потоки, используя, например, несколько обогревателей меньшей мощности. Важно, чтобы при дополнительном отоплении рабочие места и работники находились, как правило, в зоне эффективного комфортного ИК-обогрева при  $E_{1min} \leq E_{n1} \leq E_{1max}$  и  $L_{1max} \leq L_{n1} \leq L_{1min}$  и не попадали в

зону повышенной интенсивности облучения при  $E_{n1} > E_{1max}$  и  $L_{n1} < L_{1max}$ , как указано выше в предыдущем разделе в примерах 6 и 7.

Для поддержания заданной температуры в помещении на протяжении длительного времени, а также возможности изменения температуры, например, ее автоматического понижения в нерабочее время до плюс 12 °С для административных и служебных помещений и до плюс 5 °С для производственных помещений по [7], необходимо использовать обогреватели с терморегуляторами температуры окружающего воздуха (см. «**Инфракрасные электрообогреватели ЭИУС – руководство по эксплуатации**»).

Для расчета систем инфракрасного дополнительного и основного отопления определим основные характеристики и показатели отопительного периода в соответствии с действующими нормативными документами [7-9].

**Отопительный период** – это период года, когда устойчивая среднесуточная температура наружного воздуха меньше или равна плюс 8 °С. Основные показатели отопительного периода, которые используются для расчетов систем отопления, представлены ниже в таблице 1. Все эти показатели отличаются по регионам и городам. Их значения приводятся в СНиП, указанных в таблице 1. В качестве примера в столбце «Значение» приведены показатели отопительного периода для г. Минска.

**Таблица 1. Принятые показатели отопительного периода и параметры системы инфракрасного отопления**

Наименование показателя	Нормативный документ	Обозначение в расчетах	Размерность	Значение для г. Минска
Температура наружного воздуха в холодный период года	СНиП 41-01-2003	$T_{nx1}$	°С	- 25
Продолжительность отопительного периода	СНиП 23-01-99, таблица 1, столбцы 11 и 12	$\tau_{op1}$	сутки	202
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период		$T_{ns1}$	°С	- 1,6
Температура внутреннего воздуха в помещении в холодный период года, не менее	СНиП 2.09.04-87, ГОСТ 12.1.005-88	$T_{int1}$	°С	+ 18 +20
Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП)	СНиП 23-02-2003	$D_{op1}$	°С·сутки	4363
Требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление помещения за отопительный период		$q_{h1}$	кДж/(м <sup>2</sup> ·°С·сутки)	по нормативу
Температура наружного воздуха в холодный период минимальная (пиковая) – принятая расчетная	--	$T_{nm1}$	°С	- 35
Коэффициент увеличения требуемой удельной тепловой энергии на отопление	--	$K_{h1}$	--	по нормативу
Нормируемая удельная мощность отопления 1 м <sup>2</sup> помещения за отопительный период	СНиП 23-02-2003	$\theta_{op1}$	Вт/м <sup>2</sup>	по расчету
Расчетная удельная мощность отопления 1 м <sup>2</sup> помещения в холодный период года	--	$\theta_{nx1}$	Вт/м <sup>2</sup>	
Расчетная удельная мощность отопления 1 м <sup>2</sup> помещения в холодный период года при минимальной (пиковой) температуре наружного воздуха	--	$\theta_{nm1}$	Вт/м <sup>2</sup>	
Полученная установочная (пусковая) электрическая мощность системы инфракрасного отопления	--	$P_{ns1}$	кВт	

Определение тепловых потерь помещения за отопительный период и расчет на их основе электрической мощности системы инфракрасного отопления производится в несколько этапов:

- 1) Выбираем регион и город, где находится здание и помещение, определяем показатели отопительного периода согласно приведенным в таблице 1 нормативным документам;
- 2) Рассчитываем показатель градусо-сутки отопительного периода (ГСОП), выбираем требуемый удельный расход тепла на отопление помещения за отопительный период с учетом характеристик здания и помеще-

ния по [9] и производим расчет нормируемой удельной мощности отопления  $1 \text{ м}^2$  помещения за отопительный период;

- 3) Уточняем удельную мощность отопления  $1 \text{ м}^2$  помещения в холодный период года и в холодный период при минимальной (пиковой) температуре наружного воздуха;
- 4) Принимаем решение по выбору режима ИК-отопления на основе анализа удельной мощности отопления  $1 \text{ м}^2$  помещения средней за отопительный период, за холодный период года и при минимальной (пиковой) температуре наружного воздуха в холодный период;
- 5) На основании заданной площади помещения и принятой удельной мощности отопления  $1 \text{ м}^2$  рассчитываем номинальную электрическую мощность системы инфракрасного обогрева, подбираем количество обогревателей и по их количеству и мощности рассчитываем установочную (пусковую) электрическую мощность системы инфракрасного отопления, проектируем расстановку обогревателей в помещении.

Системы инфракрасного обогрева используют обогреватели с некоторым запасом по электрической мощности, что позволяет увеличить скорость прогрева помещения при первоначальном включении, при переводе системы отопления с режима поддержания температуры в нерабочее время, например, с плюс  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  на режим комфортной температуры для работника, а также обеспечить надежное поддержание температуры в условиях «пикового холода», так как любая система отопления при проектировании зданий и сооружений рассчитывается на самую холодную пятидневку в зимний период и допускает снижение температуры в помещении ниже нормы, если температура воздуха на улице оказалась ниже среднестатистической. **Расход электроэнергии за среднестатистический зимний период останется таким же, как и при применении менее мощных обогревателей. При использовании терморегуляторов для управления работой инфракрасной системы потребление энергии зависит только от величины тепловых потерь отапливаемого помещения !**

Уточненные значения требуемого удельного расхода тепловой энергии на отопление различной категории помещений за отопительный период  $q_{h1}$ ,  $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сутки})$  возможно определить также по данным [10], представленным ниже в таблицах 2 и 3. Следует отметить, что тепловые потери помещений верхнего этажа самые большие, затем идут тепловые потери первого этажа и меньше всего они у помещений средних этажей.

**Таблица 2. Требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление различной категории помещений за отопительный период  $q_{h1}$ ,  $\text{кДж}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{сутки})$  [10]**

Типы зданий	Этажность здания							
	1	2	3	4,5	6,7	8,9	10,11	12 и выше
1. Жилые помещения, гостиницы, общежития	По таблице 3			120	110	105	100	95
2. Общественные помещения (кроме 3-6)	190	175	160	145	140	135	130	125
3. Поликлиники, лечебные учреждения, дома-интернаты	170	165	160	155	150	145	140	--
4. Дошкольные учреждения, хосписы	230			--	--	--	--	--
5. Помещения административного назначения (офисы)	165	155	145	125	110	100	90	90
6. Помещения сервисного обслуживания и культурно-досуговой деятельности с температурой воздуха:								
$T_{int1} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	140	135	130	125	125	--	--	--
$T_{int1} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$	130	125	120	115	115	--	--	--
$T_{int1} = 16 \text{ }^\circ\text{C}$	120	115	110	105	105	--	--	--
Примечание. Требуемое удельное энергопотребление установлено из расчета высоты помещений жилого здания и гостиницы - 2,8 м; административного (офиса) и других общественных зданий - 3,3 м; сервисных зданий - 4,5 м. Для конкретного проекта допускается пересчитывать нормативные величины, приведенные в таблице, на другие.								

Проектирование инфракрасного отопления осуществляется для конкретного помещения или комнаты на этаже, а не для всего здания, как это принято при расчете централизованного отопления. По этой причине приведенные в таблицах значения удельного расхода тепловой энергии необходимо корректировать, принимая заведомо большие значения, например, для малой этажности здания, т.е. если требуется ИК-обогрев помещения на 5 или на 6 этаже, то принимаются значения для 1 или 2 этажного здания и т.п.

**Таблица 3. Требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление малоэтажных жилых домов многоквартирных отдельно стоящих и блокированных (коттеджи и таунхаусы) за отопительный период  $q_{h1}$ , кДж/(м<sup>2</sup> · °С · сутки) [10]**

Отапливаемая площадь дома, м <sup>2</sup>	С числом этажей			
	1	2	3	4
60 и менее	195	--	--	--
100	170	185	--	--
150	150	165	180	--
250	135	145	150	160
400	--	125	130	150
600	--	110	115	125
1000 и более	--	95	105	110

Примечание. Требуемое удельное энергопотребление установлено из расчета высоты помещений жилых зданий - 3 м. Для конкретного проекта допускается пересчитывать нормативные величины, представленные в таблице, на другие.

Согласно таблице 3 с увеличением отапливаемой площади помещения удельные тепловые потери снижаются ввиду уменьшения относительной площади наружных стен и окон и, соответственно, тепловых потерь через них. Для производственных помещений отношение наружных стен и окон к отапливаемой площади всегда несколько выше, чем для бытовых и жилых помещений. Согласно пункту 5.1 [9] показатели тепловой защиты зданий производственного назначения должны нормироваться по приведенному сопротивлению теплопередаче отдельных элементов ограждающих конструкций здания и по санитарно-гигиеническому показателю, включающему температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающих конструкций, а также температуру на внутренней поверхности выше температуры точки росы. Таким образом, определить требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление за отопительный период для производственного помещения возможно на основании прямого расчета тепловых потерь через стены, окна, потолки, полы и нагрев приточного воздуха [7, 9], а также **воспользоваться уже готовым энергетическим паспортом помещения или теплотехническим калькулятором on-line** в Интернете. Рассчитанные тепловые потери каждого помещения делим на его квадратуру и получаем удельные тепловые потери в Вт/м<sup>2</sup>. Обычно тепловые потери производственных помещений в зависимости от региона и показателей отопительного периода варьируются от 50 до 200 Вт/м<sup>2</sup> при среднем значении 100-150 Вт/м<sup>2</sup>.

В таблицах 2 и 3 приведен требуемый удельный расход тепловой энергии на отопление для вновь строящихся современных зданий и домов с применением эффективной тепловой изоляции стен, полов и потолков, многокамерных вакуумных стеклопакетов на окнах и т.п. При оценке затрат на отопление зданий и помещений старой застройки с недостаточной теплоизоляцией рекомендуется значения показателей из таблиц 2 и 3 умножать на коэффициент  $K_{h1} = 1,5$ . При оценке затрат на отопление зданий и сооружений производственного назначения без специальной теплоизоляции, складских и ангарных помещений рекомендуется значения показателей из таблиц 2 и 3 умножать на коэффициент  $K_{h1} = 2,5$ .



Для более точного расчета требуемой тепловой энергии на дополнительное отопление и подбора обогревателей следует заполнить **опросный лист теплотехнического расчета дополнительного ИК-отопления** и обратиться к консультанту компании.

**Пример 8.** Требуется определить установочную мощность системы инфракрасного обогрева, марку и количество электрообогревателей ЭИУС, позволяющие осуществить **дополнительное отопление** помещения административного назначения (офис) при следующих режимах отопления:

- Обеспечение при отключенном центральном отоплении в период межсезонья и средней температуре наружного воздуха плюс 8 °С температуры в помещении плюс 16 °С в рабочее время с направленным лучевым обогревом работников, как способом создания комфортных условий при пониженной температуре;

- Обеспечение снижения режима обогрева центрального отопления на 10 °С в отопительный период с поддержанием температуры в помещении плюс 18 °С в рабочее время с направленным лучевым обогревом работников, как способом создания комфортных условий при пониженной температуре;
- Обеспечение дополнительного отопления в холодный период и в период минимальной (пиковой) температуры наружного воздуха в холодный период без повышения нормативной мощности центрального отопления здания, рассчитанного на среднюю температуру наружного воздуха за отопительный период, с поддержанием температуры в помещении плюс 18 °С в рабочее время с направленным лучевым обогревом работников, как способом создания комфортных условий при пониженной температуре.

Помещение размером 6х8 м находится на третьем этаже четырехэтажного здания старой постройки (до 2000 г.) в г. Минске. Высота потолков составляет 3,3 м (см. рисунок 8).

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):

$$D_{op1} = (T_{int1} - T_{ns1}) \cdot \tau_{op1} \quad (18)$$

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

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

$$\theta_{op1} = \frac{q_{h1} \cdot K_{h1} \cdot D_{op1}}{\tau_{op1}}, \quad (19)$$

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>.

2) При понижении температуры в помещении на 10 °С, с плюс 18 до плюс 8 °С в отопительный период параметр ГСОП и удельная мощность отопления составят:

$$D_{op2} = (T_{int2} - T_{ns1}) \cdot \tau_{op1}, \quad (20) \quad \theta_{op2} = \frac{q_{h1} \cdot K_{h1} \cdot D_{op2}}{\tau_{op1}}, \quad (21)$$

где  $T_{int2} = 8^{\circ}\text{C}$  - температура в помещении, обеспечиваемая за счет центрального отопления в отопительный период по условию задачи.  $D_{op2} = 1939,2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{сутки}$ ,  $\theta_{op2} = 20,8$  Вт/м<sup>2</sup>.

3) Недостаток удельной мощности отопления от сниженного режима центрального отопления замещаем дополнительным отоплением электрическими ИК-обогревателями. 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:

$$P_{op1} = (\theta_{op1} - \theta_{op2}) \cdot S_1, \quad (22)$$

где  $S_1 = 6 \text{ м} \cdot 8 \text{ м} = 48 \text{ м}^2$  - площадь отапливаемого помещения.  $P_{op1} = 1,042$  кВт.

4) В нерабочее время программируемый терморегулятор системы ИК-отопления позволяет быстро понизить температуру в помещении до  $T_{int3} = 12^{\circ}\text{C}$ , 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:

$$\theta_{op3} = q_{h1} \cdot K_{h1} \cdot (T_{int3} - T_{ns1}), \quad (23) \quad P_{op2} = (\theta_{op3} - \theta_{op2}) \cdot S_1, \quad (24)$$

$$\theta_{op3} = 29,5 \text{ Вт/м}^2, \quad P_{op2} = 0,417 \text{ кВт}$$

5) В период межсезонья центральное отопление отключено. При этом удельная мощность дополнительного ИК-отопления для поддержания температуры в помещении  $T_{int4} = 16^{\circ}\text{C}$  и расчетная потребляемая электрическая мощность составят:

$$\theta_{ms1} = q_{h1} \cdot K_{h1} \cdot (T_{int4} - T_{ns2}), \quad (25) \quad P_{ms1} = \theta_{ms1} \cdot S_1, \quad (26)$$

$$\theta_{ms1} = 17,4 \text{ Вт/м}^2, \quad P_{ms1} = 0,833 \text{ кВт.}$$

6) В наступивший холодный период с температурой наружного воздуха  $T_{nx1} = -25 \text{ }^\circ\text{C}$  по условию задачи центральное отопление будет работать в нормативном режиме для отопительного периода при  $\theta_{op1} = 42,5 \text{ Вт/м}^2$  (см. пункт 1 решения). Удельная мощность отопления помещения в наступивший холодный период и расчетная потребляемая электрическая мощность дополнительного ИК-отопления составят:

$$\theta_{nx1} = q_{h1} \cdot K_{h1} \cdot (T_{int1} - T_{nx1}), \quad (27) \quad P_{nx1} = (\theta_{nx1} - \theta_{op1}) \cdot S_1, \quad (28)$$

$$\theta_{nx1} = 93,3 \text{ Вт/м}^2, \quad P_{nx1} = 2,438 \text{ кВт.}$$

7) По величине потребления электрической мощности в холодный период  $P_{nx1} = 2,438 \text{ кВт}$ , 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 согласно рекомендациям, изложенным в примерах 6 и 7 предыдущей главы. В данном случае для системы ИК-отопления используем 4 обогревателя ЭИУС-211 в базовой комплектации с номинальной электрической мощностью  $P_{ob1} = 0,65 \text{ кВт}$ . Установочная (пусковая) электрическая мощность системы ИК-отопления составит:

$$P_{ns1} = P_{ob1} \cdot n_{ob1}, \quad (29)$$

где  $n_{ob1} = 4$  - количество обогревателей.  $P_{ns1} = 2,6 \text{ кВт}$ .

8) Расчетная температура в помещении в холодный период с минимальной (пиковой) температурой наружного воздуха при нормативной работе центрального отопления и полной нагрузке по электрической мощности системы дополнительного ИК-отопления составит:

$$T_{int5} = T_{nm1} + \frac{\theta_{op1} + \theta_{ns1}}{q_{h1} \cdot K_{h1}}, \quad (30)$$

где  $T_{nm1} = -35 \text{ }^\circ\text{C}$  - принятая минимальная (пиковая) температура наружного воздуха в холодный период (см. таблицу 1).  $T_{int5} = +9,6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Таким образом, установочная электрическая мощность дополнительной системы ИК-отопления позволяет не форсировать работу центрального отопления в пиковый период минимальных температур наружного воздуха и сохранять приемлемую температуру в помещении.

9) Определяем расход электроэнергии, потребляемой системой ИК-отопления на дополнительное отопление за отопительный период. При продолжительности отопительного периода  $\tau_{op1} = 202$  суток или 4848 часов рабочее время составит  $\tau_{op2} = 1115$  часов. С учетом того, что в нерабочее время система ИК-отопления автоматически понизит температуру в помещении до  $T_{int3} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$  с соответствующим снижением потребляемой электрической мощности возможно записать:

$$W_{op11} = P_{op1} \cdot \tau_{op2}, \quad (31) \quad W_{op12} = P_{op2} \cdot (\tau_{op1} - \tau_{op2}), \quad (32)$$

где  $W_{op11} = 1161,5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  - энергия, потребляемая на отопление в рабочее время;  $W_{op12} = 1555,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  - энергия, потребляемая в нерабочее время за отопительный период.

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

$$W_{op1} = W_{op11} + W_{op12} \quad (33)$$

$$W_{op1} = 2716,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

10) Расход тепловой энергии центрального отопления за отопительный период на пониженном режиме отопления данного помещения составит:

$$W_{op2} = \theta_{op2} \cdot S_1 \cdot \tau_{op1} \quad (34)$$

$$W_{op2} = 4848 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$



Суммарный расход тепловой энергии совмещенного центрального и дополнительного ИК-отопления составит:

$$W_1 = W_{op1} + W_{op2} \quad (35)$$

$$W_1 = 7564,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

11) Расход тепловой энергии центрального отопления за отопительный период без дополнительного ИК-отопления составит:

$$W_0 = \theta_{op1} \cdot S_1 \cdot \tau_{op1}, \quad (36)$$

$$W_0 = 9898 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

12) Дополнительную экономию энергии центрального отопления за счет установки ИК-отопления определяем из выражений:

$$\Delta W_0 = W_0 - W_1 \quad (37)$$

$$\Delta W_{0\_100} = \frac{\Delta W_0}{W_0} \cdot 100 \% \quad (38)$$

Таким образом, экономия энергии за отопительный период составит  $\Delta W_0 = 2333,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  или

$$\Delta W_{0\_100} = 23,6 \%$$

13) 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  $18^\circ\text{C}$  и табличном значении  $T_{ip1} = 73 \text{ Вт/м}^2$  (см. формулы 14 и 15):

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

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

По графику распределения удельной мощности лучевого потока по нормали для обогревателя ЭИУС-211 находим размеры зоны эффективного комфортного обогрева:  $L_{1max} = 1,6 \text{ м}$ ,  $L_{1min} = 2,9 \text{ м}$  (см. диаграммы на рисунке 8). Расположение обогревателей на стене на высоте 3 м с углом наклона  $\beta_1 = 45^\circ$  к горизонтали позволяет обогревать сидячие рабочие места у стен и область в центральной части комнаты шириной до 4,7 м, исключая попадание головы работника в область повышенной интенсивности облучения при облучении 50 % и более поверхности тела согласно [6,7].

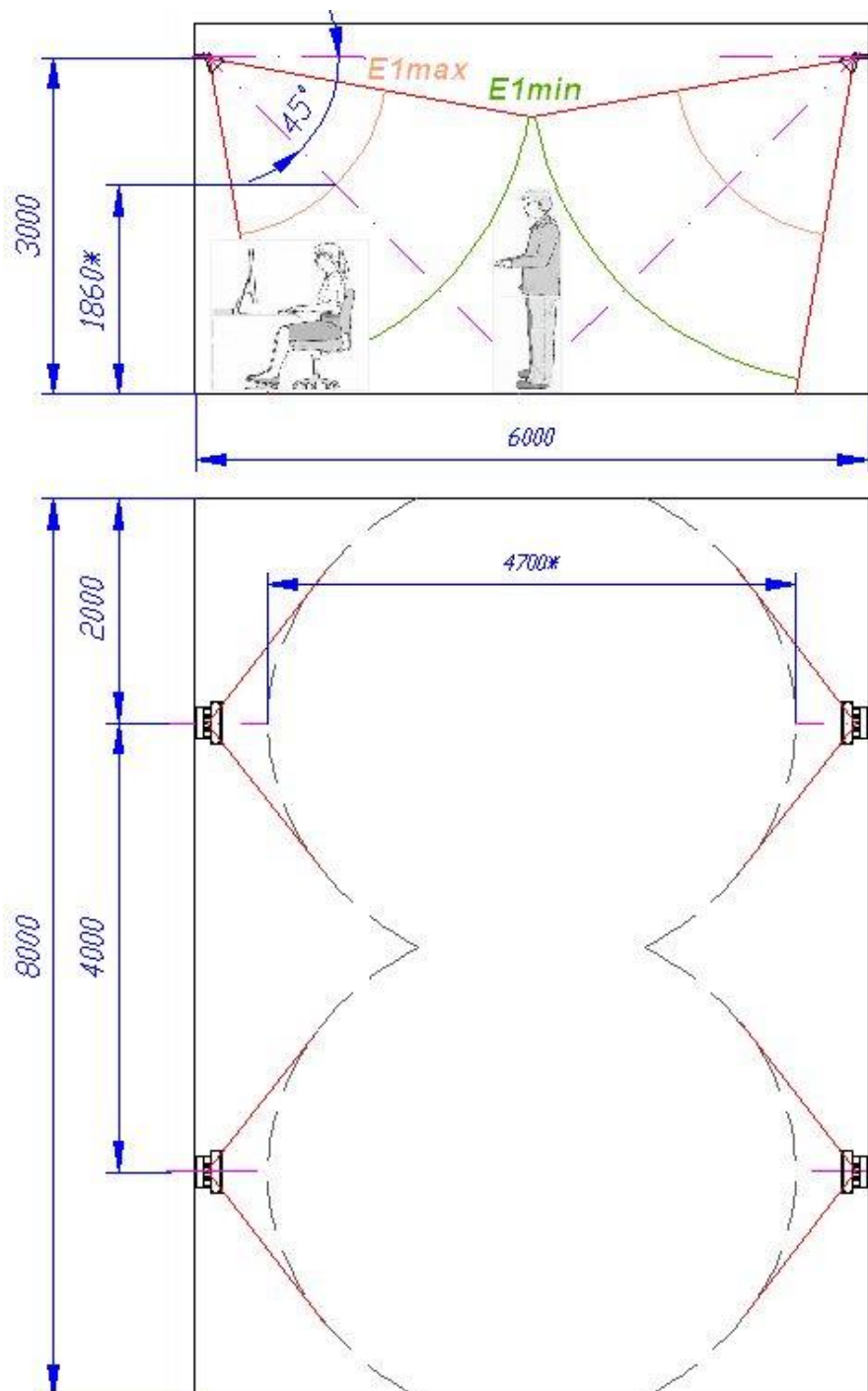


Рисунок 8