

**Система лучистого
отопления
«Домашнее солнышко»
(руководство к созданию)**

1. Система лучистого отопления как средство комфортного отопления

Теплопередача от источника осуществляется тремя способами: теплопередачей, конвекцией и излучением. Во всех системах отопления эти способы всегда присутствуют вместе, но в разных количественных соотношениях. Так, в теплых полах преимущественно используется теплопроводность, в традиционных радиаторных системах – конвекция, в лучистых системах – инфракрасное длинноволновое излучение.

Внимание! Максимальная энергоэффективность любой системы отопления зависит от уровня теплоизоляции ограждающих конструкций (стен, окон, потолка, дверей и других элементов). Эта аксиома должна быть доведена потенциальному заказчику в первую очередь.

Наиболее известным и значительным инфракрасным обогревателем является Солнце. Тепловой поток, излучаемый с его горячей поверхности, жизненно необходим всему живому на Земле. Солнечные инфракрасные лучи проходят долгий путь в космосе с минимальными потерями энергии. Когда на пути лучей встречается поверхность, их энергия, поглощаясь, превращается в теплоту.

1.1. Инфракрасные пленочные элементы потолка

В нашей системе применяется выпускаемый нами запатентованный пленочный лучистый электронагреватель (ПЛЭН) ТУ 3468-001-0047 2006-99.

Инфракрасный ПЛЭН устанавливается между покрытием потолка и дополнительной теплоизоляцией. Тепловой поток от инфракрасной пленки излучается и далее равномерно распределяется по помещению.

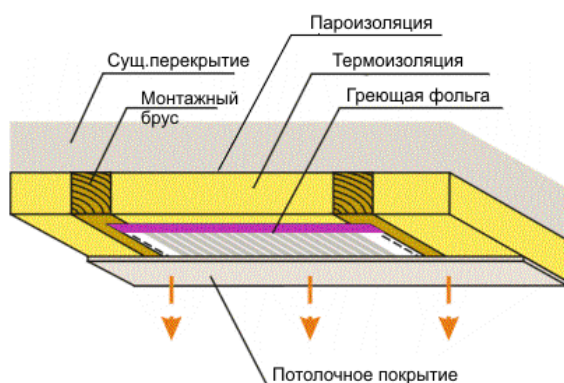


Рис. 1. Схема установки нагревателей.

Принцип

Обогрев помещения осуществляется ПЛЭН, представляющим собой многослойные резисторы, расположенные между двумя специальными пластиковыми пленками.

Инфракрасные ПЛЭН излучают тепловую составляющую солнечного света, длиной волны 9 мкм, благоприятную для

организма человека. Это излучение поглощается поверхностью пола, мебелью, создавая комфортный температурный обогрев помещения.

Основы инфракрасного отопления

Самая лучшая система обогрева на улице - та, которую создает сама природа, а в помещении ей есть блестящая альтернатива - инфракрасный обогрев. Монтируемые на потолке ПЛЭН дают Вам ощущение теплового комфорта тем же самым способом, каким дает его вам солнце, с той лишь разницей, что длина волны излучения наиболее комфортна телу человека. Обогревательные элементы излучают длинноволновую лучистую тепловую составляющую солнечного спектра. Это тепловые лучи. Они нагревают пол, предметы и машины. Такое тепло находит аккумуляцию в предметах обстановки, в полу, которые в свою очередь отдают в окружающую среду вторичное тепло.

Расположенные на потолке лучистые электронагреватели организуют процесс теплопередачи в следующей последовательности:

- электрический ток, протекая по резистивным элементам, преобразуется в теплоту;
- теплота резистивного элемента распространяется по плоскости алюминиевой фольги, обладающей высокой теплопроводностью, что обеспечивает практически равномерное распределение температуры по поверхности нагревателя;
- теплота нагревателя преобразуется в тепловой поток длинноволнового мягкого излучения;
- тепловой поток, не оказывая влияния на влажность воздуха, поглощается поверхностью пола и предметов, находящихся в помещении, и нагревает их. Нагретая площадь, греет нижние слои воздуха, обеспечивая их перемещение вверх и организуя процесс конвективного теплообмена.

Необходимо заметить, что площадью конвективного теплообмена является вся площадь пола и предметов, поглощающих тепловые лучи. Многократное увеличение площади теплообмена создает условия для быстрого изменения температуры воздуха в помещении. Увеличить температуру воздуха при этом на 10°C в помещении можно за 40 – 50 минут.

Такие динамические свойства системы позволяют обеспечить рациональное использование электроэнергии.

1.2. Физический смысл

Длинные волны инфракрасного излучения являются самым комфортным диапазоном волн, несущих тепловую энергию. Весь диапазон инфракрасного излучения достаточно велик и ученые его разбили на три поддиапазона - короткий, примыкающий к видимому свету, средний и длинный. Чем горячее предмет, тем более короткие волны он излучает, вплоть до видимого света (яркий пример - раскаленный стальной прут).

1.3. Равномерное распределение тепла

Длинноволновый обогрев можно сравнить со световыми лучами. Правильно распределив в комнате источники света можно добиться комфортабельного, равномерного освещения. Точно так же распределяются и инфракрасные излучатели. Проектируя систему инфракрасного обогрева, необходимо исходить из высоты потолков, площади, а так же типа помещения, в котором инфракрасная система обогрева будет применяться.

1.4. Польза для здоровья

Исследования ученых показали, что наиболее полезное воздействие (при умеренной мощности) на организм человека оказывает именно длинноволновое инфракрасное излучение, особенно та его часть, которая примыкает к среднему поддиапазону - так называемые "Лучи Жизни" (длина волны 9-12 мкм). Именно в этом диапазоне находится излучение ПЛЭН. Кстати, тепловое излучение человека находится в том же диапазоне. На основе этих открытий японские ученые ещё в шестидесятые годы получили патент на излучатели особой конструкции, которые впоследствии были применены в кабинах инфракрасных саун. Совместные исследования, проводимые в течение десятков лет ведущими мировыми клиниками, доказали несомненную пользу процедур в инфракрасных кабинах. ИК-терапия оказалась действенным и весьма эффективным способом не только борьбы с простудными заболеваниями, но и снижения веса, стимулирования деятельности желудка, лечения целлюлита.

Поэтому все разговоры о вредности инфракрасного излучения для здоровья - не более чем фантазии некомпетентных людей.

Кстати, широко применяемое конвективное отопление, обладая существенным уровнем дискомфорта, создают параметры облученности несколько выше, чем рассматриваемая нами лучистая система, так как нормальная температура поверхности ее элементов (радиаторы, конвекторы и др.) +80°C, в то время как поверхность пленочных

электронагревателей не превышает $+45^{\circ}\text{C}$, даже в закрытом декоративным покрытием состоянии.

В чем преимущества данного метода?

- Ответ прост. Это - **КОМФОРТ + ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**
- элементы инфракрасного обогрева монтируются под отделку
- высокий КПД - 95%
- пожаробезопасность
- экономический эффект
- автоматическая система управления
- простой, быстрый и недорогой монтаж
- экологичность



Рис. 2. Схема распространения теплового потока

1.5. Терморегуляторы

Система обогрева состоит из двух частей: комплект нагревателей и блок управления. Даже хорошие нагреватели не могут работать должным образом, если они не управляются правильно.

Комнатный терморегулятор (Рис. 3) измеряет окружающую температуру с помощью встроенного или выносного датчика и управляет блоком нагрева согласно различию между заданной и фактической температурой.

В наших системах применяются следующие виды терморегуляторов (датчики-реле температуры):



1. Т419-2М (изготовитель «Орлэкс», г. Орел).
2. Clima (поставщик «Аквахим»).
3. Терморегулятор WARM 720 (Изготовитель «Теплолюкс», г. Мытищи).

Рис. 3. Терморегулятор

1.6. Для всех типов зданий Частные дома

Инфракрасные нагреватели прекрасно подходят как для новых строений, так и для реконструкции старых. Выбрав эту систему отопления, Вы сэкономите уже на стадии проектирования: Вам не нужно отдельного помещения под котельную, склада или емкости под топливо, не нужно дышать сгоревшим углем или дизельным топливом, не нужно постоянно чистить дымоходы! В Вашем доме полностью отсутствуют торчащие из стен трубы, радиаторы традиционного отопления, Вы не отравитесь антифризом или тосолом, которыми заправляются эти системы. И самое главное - ИК обогреватели уберегут сырость из помещения, нагревая и поддерживая комфортную температуру в каждом отдельно взятом помещении дома.

Офисы и общественные помещения

В офисах приятнее работать, когда не "висит" бумажная пыль, поднимаемая нагретым батареями воздухом. Системы управления делают возможным индивидуальный выбор температуры для каждого помещения офиса.

Школы и детские сады

Для помещений, предназначенных для детей, самая оптимальная система отопления - это система ИК-обогрева, т.к. она удобна и безопасна (пожаробезопасность – обязательной сертификации не подлежит (ССПБ.RU.ОП.064 орган сертификации «ЧЕЛЯБИНСКПОЖТЕСТ» ГУ СЭУ ФПСИПО по Челябинской области от 07.1.2006 г.), не вызывает конвекционных сквозняков, витания в воздухе пыли, создает эффект "теплого пола", а значит **защищает детей от охлаждения**.

1.7. Стойкость к низким температурам – до -60°C.

Закрывается 80% потолка. ПЛЭН закрывается любым декоративным материалом, не состоящим из металла.

2. Технология создания системы лучистого отопления (СЛО)

Технология создания СЛО состоит из следующих технологических операций:

- 1) Теплофизическое обследование объекта и определение его функционально-технологических характеристик.
- 2) Определение установленной мощности и вида электрического тока.
- 3) Разработка технического задания на рабочее проектирование и выбор системы управления.
- 4) Рабочее проектирование.
- 5) Установка ПЛЭН.
- 6) Электромонтаж системы лучистого отопления.
- 7) Наладка системы.
- 8) подготовка объекта к сдаче.

Далее излагается содержание перечисленных выше технологических операций.

2.1. Теплофизическое обследование и определение его функционально-технологических характеристик.

Целью теплофизического обследования является определение степени соответствия теплоизоляции ограждающих конструкций объекта требованиям строительных норм и правил (СНиП), утвержденных в 1998 году. При этом необходимо обратить внимание на утепление потолков со стороны чердачных помещений, состояние теплоизоляции фундаментов, обеспечивающих утепление полов, состояние самих полов, окон и дверей.

Обследование проводится с представителями заказчика и по их результатам составляется акт с перечислением мероприятий по приближению теплоизоляции к требованиям СНиП. Заказчик передает исполнителю планы объектов (зданий) и отдельных помещений для формирования адаптированного комплекта ПЛЭН.

К числу функционально-технологических характеристик относятся назначение здания, его отдельных помещений, график их использования, температурные режимы в соответствии с требованиями санитарных правил и норм (СанПиН). Эти характеристики являются основой для составления требований к СЛО (как к параметрам комплекта ПЛЭН, так и к системе управления).

2.2. Определение установленной мощности и вида электрического ввода

В применении к СЛО необходимо различать три понятия:

- установленная мощность ввода ($P_{уст}$);
- средняя мощность за отопительный сезон ($P_{ср}$);
- плотность мощности.

2.2.1. Установленная мощность – это мощность, запрашиваемая у энергосберегающей организации, необходимая для обеспечения требуемых тепловых режимов при самой низкой температуре наружного воздуха. Эта температура зависит от двух факторов:

- от географического положения местности (например: Москва -32°C; Краснодар -23°C; Харьков -28°C; Челябинск -36°C; Иркутск -40° и т.д.). Расчетные климатические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Расчетные климатические характеристики отопительного периода

Город	Расчетные температуры, °C				п _{о.п.} , сут
	t _н	t _{х.с}	t _{о.п.}	t _{год}	
Алма-Ата	-25	-28	-2,1	8,7	166
Барнаул	-39	-43	-8,3	1,1	219
Волгоград	-22	-29	-3,4	7,6	182
Горький	-30	-33	-4,7	3,1	218
Иркутск	-38	-40	-8,9	-1,1	241
Казань	-30	-35	-5,7	2,8	218
Киев	-21	-26	-1,1	7,2	187
Киров	-31	-36	-5,8	1,5	231
Краснодар	-19	-23	+1,5	10,8	152
Куйбышев	-27	-36	-6,1	3,8	206
Санкт-Петербург	-25	-28	-2,2	4,3	219
Минск	-25	-30	-1,2	5,4	203
Москва	-25	-32	-3,2	4,8	205
Новосибирск	-39	-42	-9,1	-0,1	227
Ростов-на-Дону	-22	-27	-0,6	8,7	175
Саратов	-25	-34	-5,0	5,3	198
Свердловск	-31	-38	-6,4	1,2	228
Ульяновск	-31	-36	-5,7	3,2	213
Харьков	-23	-28	-2,1	6,9	189
Челябинск	-29	-36	-7,1	2,0	216
Ярославль	-31	-35	-4,5	2,7	222

Примечание. В таблице приняты следующие обозначения: t_н – расчетная зимняя температура наружного воздуха; t_{х.с} – средняя температура наиболее холодных суток; t_{о.п.} – средняя температура отопительного сезона; t_{год} – среднегодовая температура; п_{о.п.} – продолжительность отопительного сезона.

- от качества теплоизоляции.

Установленная мощность $P_{уст}$ вычисляется по формуле

$$P_{уст} = K \cdot S \cdot c_t$$

где S – отапливаемая площадь в м²; K – мощность, необходимая на 1 м² отапливаемой площади; c_t – территориальный температурный коэффициент, местности на которой расположен объект.

Коэффициент K зависит от типа и состояния здания, Вт/м² и имеет для территории Челябинской области следующие значения:

- для нового жилого дома $K = 60 \text{ Вт/м}^2$;
- для старого жилого дома $K = 70\text{-}90 \text{ Вт/м}^2$;
- для коттеджа $K = 70\text{-}80 \text{ Вт/м}^2$;
- для брусового дома $K = 80\text{-}90 \text{ Вт/м}^2$;
- для павильона $K = 100\text{-}120 \text{ Вт/м}^2$;
- для складских помещений $K = 50\text{-}60 \text{ Вт/м}^2$;
- для офисных помещений $K = 60\text{-}90 \text{ Вт/м}^2$.

Коэффициент c_t находится по формуле

$$\tilde{n}_t = \frac{20 - T_{\min}}{20 - T_{\min} \cdot \alpha \cdot \zeta}$$

где $T_{\min \text{ баз}}$ – минимальная зимняя температура наружного воздуха для территории принятой за базу; $T_{\min}$ – минимальная зимняя температура наружного воздуха для территории, на которой расположен объект (см. таблицу 1); 20°C – средняя температура, которая должна быть внутри помещения.

Указанные выше значения коэффициента K соответствуют территории Челябинской области, где $T_{\min} = T_{\min \text{ баз}} = -40^\circ\text{C}$.

Если, например, на территории, где стоит объект $T_{\min} = -20^\circ\text{C}$, то

$$\tilde{n}_t = \frac{20 + 20}{20 + 40} = \frac{40}{60} \approx \frac{2}{3}$$

Тогда, для нового жилого дома ($K = 60 \text{ Вт/м}^2$) площадью $S = 100 \text{ м}^2$ установленная мощность определится

$$P_{\text{уст}} = 60 \cdot 100 \cdot c_t = 60 \cdot 100 \cdot \frac{2}{3} = 4000 \text{ Вт} = 4 \text{ кВт}$$

Таким образом, для рассмотрения в примере случая $P_{\text{уст}} = 4 \text{ кВт}$ электрический ввод в здание может быть двух видов: однофазный (двухпроводной) и трехфазным (четырёхпроводной).

Рекомендация. В целях недопущения большого перекоса фаз питающей сети:

- однофазный ввод следует применять при $P_{\text{уст}} \leq 5 \text{ кВт}$;
- трехфазный ввод следует применять при $P_{\text{уст}} > 5 \text{ кВт}$.

2.2.2. Средняя потребляемая мощность – это такая ее величина, которая определяет затраты энергии, показываемые счетчиком электрической энергии.

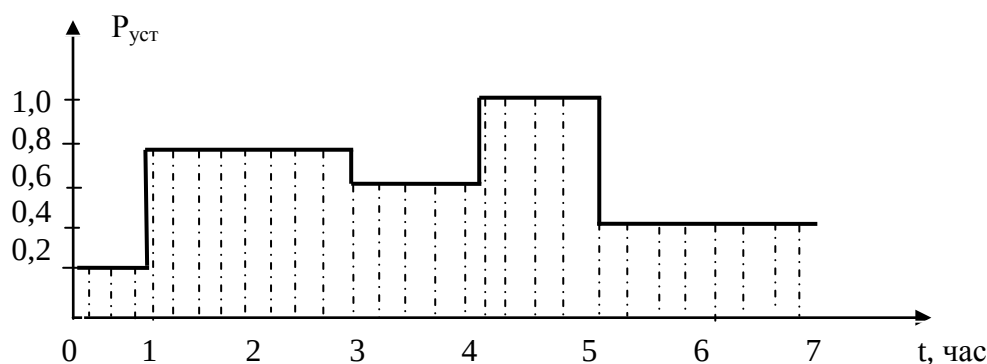


Рис. 4.

Понятие «средняя мощность» рассмотрим на примере, изображенном на рис. 4. Здесь показано, что за первый час (от 0 до 1) потребляемая нагрузкой мощность составляла лишь $0,2 P_{\text{уст}}$. При этом диск счетчика вращался медленно. За последующие 2 часа (от 1 до 3) потребляемая мощность увеличилась до $0,8 P_{\text{уст}}$, а скорость вращения диска счетчика увеличилась в 4 раза в сравнении с предыдущей скоростью. В следующий период (от 3 до 4) потребляемая мощность уменьшилась, далее на 1 час увеличилась, а затем начала уменьшаться.

Определим среднюю мощность за 7 часов. Для этого нам необходимо определить энергию, потребленную нагрузкой за 7 часов. Так как энергия есть произведение мощности на время, то энергия за 7 часов будет находится как сумма этих произведений, т.е.

$$W_o = \sum P \cdot t, \text{ кВт-ч}$$

Пусть установленная мощность $P_{\text{уст}} = 10 \text{ кВт}$, тогда потребленная энергия будет определена:

$$W_o = 0,2 \cdot 10 \cdot 1 + 0,8 \cdot 10 \cdot 2 + 0,6 \cdot 10 \cdot 1 + 1 \cdot 10 \cdot 1 + 0,4 \cdot 10 \cdot 2 = 2 + 16 + 6 + 10 + 0,8 = 34,8 \text{ кВт-ч}$$

Для определения $P_{\text{ср}}$ необходимо энергию, потребленную нагрузкой разделить на время потребления, т.е.

$$P_{\text{ср}} = \frac{W_o}{t_n}$$

в нашем случае

$$P_{\text{ср}} = \frac{34,8}{7} = 4,97 \text{ кВт}$$

При применении к СЛО определяется средняя мощность потребляемая данным объектом за отопительный сезон (для Челябинской области время отопительного сезона 216 суток). При этом расчет ведется для средней температуры за отопительный сезон (для Челябинской области $t_{o.t.} = -7^\circ\text{C}$). Для применения в различных регионах необходимо ориентироваться на данные, приведенные в таблице 1.

Практика применения СЛО для социальных объектов (школы, детские сады и др.) с теплоизоляцией соответствующей СНиП, $P_{\text{ср}} = 5-10 \text{ Вт}$ на один квадратный метр отапливаемой площади.

2.2.3. Плотность мощности ПЛЭН – это его конструктивный параметр, показывающий сколько Вт приходится на 1 м^2 нагревателя. Нами изготавливаются нагреватели с плотностью мощности от 100 до 150 Вт/м².

Выбор плотности мощности определяется двумя факторами: высотой помещения и уровнем зимних температурных условий внешней среды. Так, например, для помещений с высотой потолка до 3 м рекомендуется применение ПЛЭН с плотностью мощности до 125 Вт/м², от 3 до 4,5 метров – с плотностью мощности до 150 Вт/м². При более высоких потолках для установки ПЛЭН должны быть предусмотрены специальные конструкции, обеспечивающие применение ПЛЭН в помещениях с высотой потолка более 4,5 метров: фальш-потолки, боковые наклонные устройства и т.д.

2.3. Разработка технического задания на проектирование

В техническом задании должны быть представлены следующие сведения:

- технические условия на мощность, подводимую к объекту;
- вид электрического ввода в здание;
- план помещения;
- помещений, в рассматриваемом объекте;
- распределение мощностей внутри зданий;
- план размещения ПЛЭН в помещениях объекта;
- обоснование рекомендаций по формированию зон и схемам включения нагревателей;
- разработка принципиальных схем управления и выбор аппаратуры управления: регуляторов, магнитных пускателей, пускозащитной аппаратуры.

2.3.1. Технические условия, разрешающие подключение данного объекта к системе электроснабжения с установленной мощностью, необходимой для данного объекта, **ПОЛУЧАЕТ ЗАКАЗЧИК У ЭЛЕКТРОСНАБЖАЮЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**. Заказчик обеспечивает ввод в здание.

ВНИМАНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ!

СЛО должна выполняться при наличии специального электрического ввода в здание! Ранее существующий ввод может быть использован лишь в том случае, если его резервная установленная мощность достаточна для одновременного питания 80% электронагревателей, установленных на объекте.

2.3.2. Вид электрического ввода, как отмечено ранее, определяется величиной затребованной техническими условиями мощности.

При $P_{уст} \leq 5$ кВт применяется однофазный ввод; при $P_{уст} \geq 5$ кВт необходимо применять трехфазный ввод.

2.3.3. поэтажные планы объекта являются исходной информацией для формирования заказа на комплекты ПЛЭН, адаптированный к конкретному объекту.

2.3.4. Распределение мощностей внутри здания производится с использованием формулы

$$P_i = P_{уст} \cdot \frac{S_i}{\sum S_o}$$

где $P_{уст}$ – установленная мощность объекта; S_i – площадь конкретного помещения, м²; $\sum S_o$ – площадь объекта, м².

2.3.5. План размещения ПЛЭН в помещениях объекта.

Комплект заказа должен быть адаптирован к плану помещения. При этом необходимо учитывать размеры нагревателей.

Ширина нагревателей 0,33 м. Длина нагревателей, м – 5,0; 4,0; 2,5; 2,0; 1,5; 1,0 (по спецзаказу).

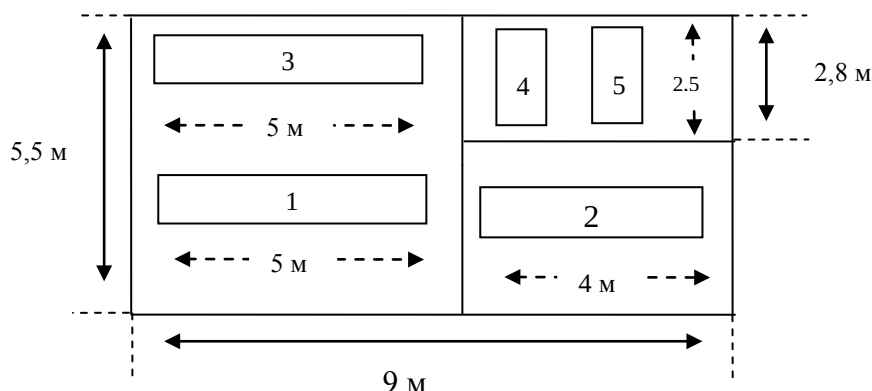


Рис. 5. План помещения

2.3.6. Рекомендации по формированию зон регулирования и схемам включения электронагревателей

Основой для формирования зон гарантированного комфорта являются нормативные документы, важнейшим из которых являются санитарные правила и нормы (СанПиН).

Для определения зон гарантированного комфорта проводится анализ функционально-технологических характеристик, к которым относятся:

- назначение помещения;
- требуемая температура в соответствии с СанПиН;
- длительность нахождения людей в каждом конкретном помещении и их рабочий режим.

Зону регулирования образуются помещения с одинаковыми функционально-технологическими характеристиками. При этом должны учитываться и теплофизические характеристики помещений.

Так, например, одну зону регулирования может образовать группа классов школы, имеющая одинаковое число учебных часов в день. Но при этом эти классы должны иметь одинаковые теплофизические свойства: термосопротивление внешних ограждающих конструкций, а также одинаковое коридорное положение (одинаковое влияние входных дверей, коридоров и т.р.), которое обуславливает влияние на микроклимат в классе.

При однофазном вводе нагреватели должны быть подключены к магистральным проводам, расположенным в кабель-каналах. Последние закрепляются на стенах, по траекториям, обеспечивающим кратчайший путь к вводу в помещение. Необходимо выделить в качестве обязательного условия надежности *применение в качестве магистральных проводов медного гибкого (многопроволочного) провода. Применение алюминия категорически не рекомендуется.*

При трехфазном вводе вопросы симметрирования нагрузки по фазам решаются либо прокладкой четырехпроводной магистрали в кабель-каналах (в больших помещениях), либо пофазными вводами в каждое помещение. Например, в одну комнату заводится фаза А и нуль, в другую фаза В и т.д.

При выборе схем включения необходима оценка симметрии нагрузки относительно ввода. Допускать ассиметрии нагрузки на вводе более 5% нежелательно.

2.3.6. Рекомендации по разработке принципиальных схем управления системой.

Выбор регулятора осуществляется в зависимости от функционально-технологических характеристик объекта.

При этом необходимо учитывать, что регуляторы могут быть непрограммируемые и программируемые.

Непрограммируемые терморегуляторы имеют терморезисторы встроенные и выносные. Регуляторы со встроенным терморезистором, как правило, применяются при необходимости контроля температуры в одном помещении или в группе одинаковых помещений. При этом установка заданного (дневного) режима производится вручную.

Программируемые регуляторы обеспечивают автоматические режимы в соответствии с заданной заранее программой.

При выборе регулятора необходимо подробно изучить сопровождающую его документацию: паспорт, инструкцию.

Необходимо заметить, что контакты регуляторов допускают токи 10 и 16 А. Если предполагаемая токовая нагрузка меньше допускаемого тока, то нагрузку (ПЛЭН) можно включать непосредственно через контакт регулятора. Если токовая нагрузка может превысить допустимый ток контакта регулятора, то должен быть применен контактор и магнитный пускатель, силовые контакты которого должны соответствовать ожидаемой нагрузке. Контакт регулятора при этом включается в цепь катушки магнитного пускателя. Пример принципиальной схемы СЛО на одну большую комнату представлен на рис. 6.

На данном объекте применен трехфазный ввод. Со стороны ввода напряжение на СЛО включается через трехфазный автоматический выключатель QF. С него через трехфазный контактор КМ напряжение подается на однофазные автоматы QF₁, QF₂, QF₃, каждый из которых подает напряжение на комплект ПЛЭН, включенных в фазу А(R_А), в фазу В(R_В), в фазу С(R_С). Эти автоматы предназначены для обеспечения возможности отключения каждой из этих нагрузок.

Общее управление (включение и выключение) нагрузкой осуществляется регулятором Т419-2М с выносным терморезистором RK. Нагрузкой этого регулятора является катушка магнитного пускателя КМ.

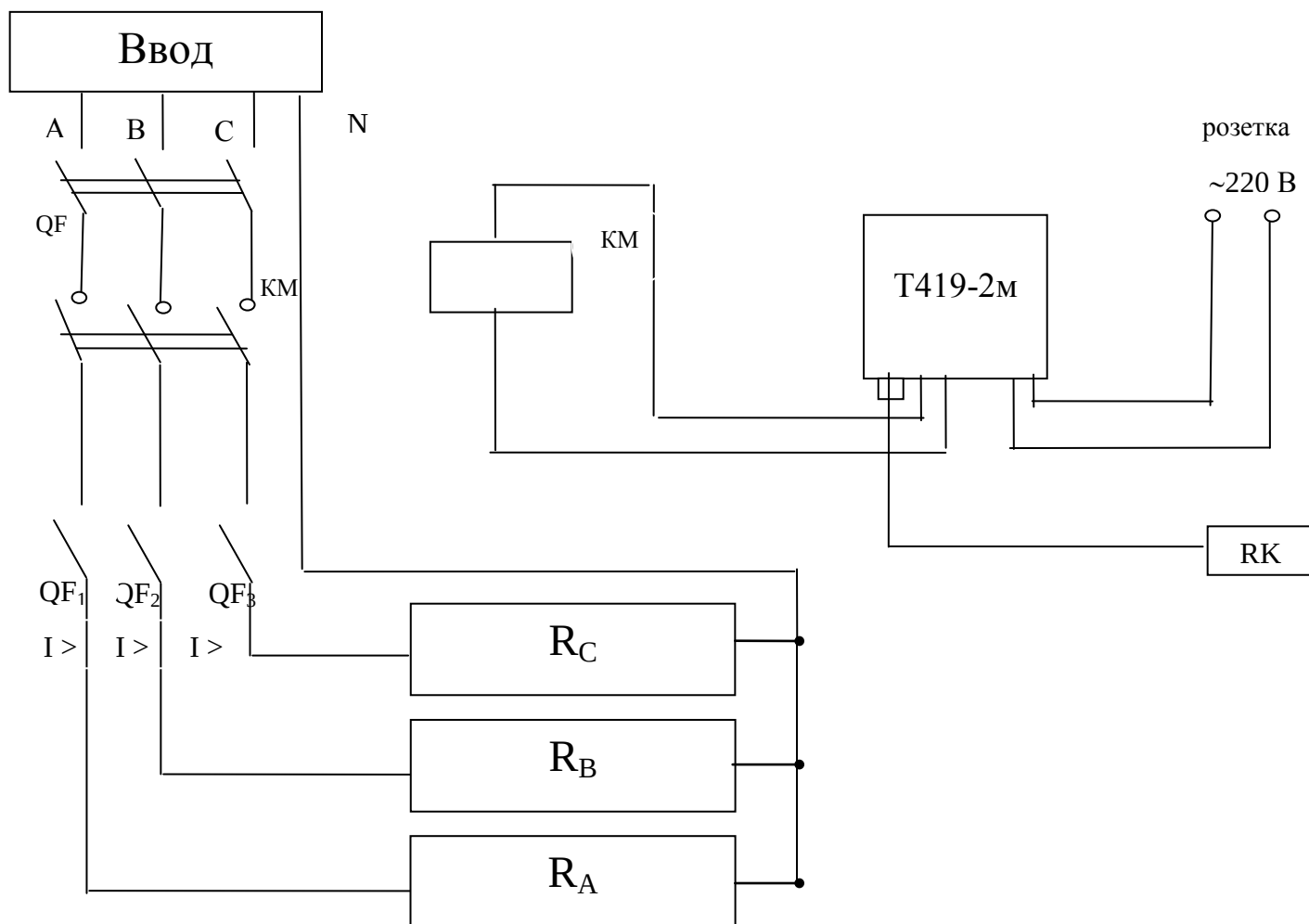


Рис. 6.

В более сложных объектах принципиальные схемы будут сложнее. Однако общий принцип управления будет тем же.

Рекомендации к выбору аппаратуры управления:

1. При выборе магнитных пускателей, автоматов и регуляторов необходимо обеспечить запас не менее 15-20% от требуемого тока.
2. Следует применять автоматы только с электромагнитным расцепителем. В тепловой защите (тепловых расцепителях) нет необходимости. Более того, в малогабаритных автоматах с большими токами при нагреве контактов тепловой расцепитель срабатывает и отключает контакт.

2.4. Рабочее проектирование

Целью рабочего проектирования является расстановка электрооборудования, обоснованного в техническом задании в соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ). В процессе рабочего проектирования решаются следующие задачи:

- размещение ПЛЭН в условиях конкретных помещений (размеров, наличие мешающих установке элементов - осветительные установки, пожарные сигнализации и др.);

- определение мощности, потребляемой комнатами и схемы включения ПЛЭН;
- обеспечение безопасности в соответствии с ПЭУ.

Проектирование должно выполняться организациями, имеющими большой опыт.

2.5. Установка пленочных электронагревателей

Наиболее сложная технология установки нагревателей на бетонный потолок. В этом случае:

- устанавливаются деревянные планки (например, из фанеры толщиной 6 мм), путем крепления дюбель-гвоздями;
- на них с помощью степлеров закрепляется теплоизолятор (например, изолон);
- на планки закрепляются пленочные электронагреватели.

Общий вид потолка с установленными нагревателями показан на фотографии (рис. 7).



Рис. 7.



Рис. 8.
Общий вид закрепленных
электронагревателей



Рис. 9.
Процесс крепления нагревателя



Рис. 10.
Система управления СЛЮ



Рис. 11, 12.
Крепление пленочных электронагревателей с закрытием
деревянным потолком (вагонкой).

2.6. Электромонтажные соединения рекомендуется выполнять гибким медным проводом в соответствии с таблицей длительно допускаемых нагрузок.

Таблица 1

Длительно допускаемые нагрузки на провода и шнуры с резиновой и полихлорвиниловой изоляцией

Сечение токо- проводящей жила, мм ²	Токовые нагрузки на провода, А					
	проложен- ные от- крыто	проложенные в одной трубе				
		один одно- жильный	два одно- жильных	четыре одножиль- ных	один двух- жильный	один трех- жильный
0,5	11/—	—	—	—	—	—
0,75	15/—	—	—	—	—	—
1	17/—	16/—	15/—	14/—	15/—	14/—
1,5	23/—	19/—	17/—	16/—	18/—	15/—
2,5	30/24	27/20	25/19	25/19	25/19	21/16
4	41/32	38/28	35/28	30/23	32/25	27/21
6	50/39	46/36	42/32	40/30	40/31	34/26
10	80/55	70/50	60/47	50/39	55/42	50/38
16	100/80	85/60	70/60	75/55	80/60	70/55
25	140/105	115/85	100/80	90/70	100/75	85/65
35	170/130	135/100	125/90	115/85	125/95	100/75
50	215/165	185/140	170/130	150/120	160/125	135/105
70	270/220	225/175	210/165	185/150	195/150	165/135
95	330/255	275/215	255/200	225/175	245/190	225/165
120	385/295	315/245	210/220	260/200	295/230	250/190
150	440/340	360/275	330/255	—	—	—
185	510/390	—	—	—	—	—
240	605/465	—	—	—	—	—

Примечание. В числителе указаны нагрузки для медных жил, в знаменателе — для алюминиевых.

Провода рекомендуется располагать в кабель-каналах. При этом допустимая тепловая нагрузка должна соответствовать расположению проводов в трубе.

3. Показатели эффективности лучистых систем отопления на объектах социальной сферы

Опыт эксплуатации системы лучистого отопления (СЛО) обладает высокой эффективностью, которая обеспечивается высокой энергетической, эксплуатационной, экономической эффективностью, рациональными капитальными затратами, а также высокими физиологическими свойствами и дизайнерским потенциалом.

Рассмотрим формирование показателей эффективности на примере учебных классов односменной школы.

Энергетическую эффективность данного объекта определяют суточный, недельный и годовой режимы работы школы, с одной стороны, и допустимые минимальный и максимальный уровни температуры воздуха с другой.

Суточный режим работы односменной школы: начало занятий — 8 час. 00 мин.; конец занятий — 14 час. 00 мин. Таким образом, учащиеся находятся в классе в течение 5 часов. Остальные 19 часов классы свободны от учащихся. Исходя из этого, задается температурный режим:

в присутствии учащихся + 20 °С;

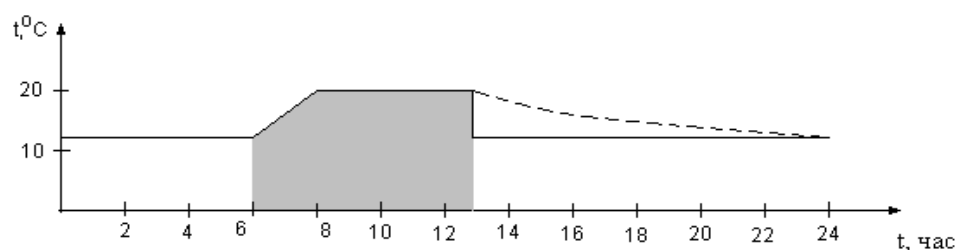
в отсутствии учащихся + 12 °С.

Температура воздуха в классе в присутствии учащихся определяется санитарно-гигиеническими требованиями. Температура воздуха в отсутствии учащихся определяется минимальным уровнем температуры воздуха в классе, которой не наносит какого-либо ущерба дизайнерской отделке.

С учетом динамических свойств СЛО на рабочий день задается следующая суточная программа ее работы:

- включение системы на высокотемпературный режим в 7 час. 00 мин.;
- перевод системы в низкотемпературный режим в 13 час. 00 мин.;

Температурное задание



Энергетическая диаграмма

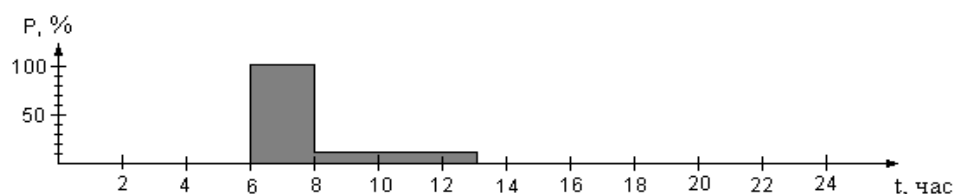


Рис. 10

Энергосберегающий эффект достигается этой системой в течение рабочего дня и имеет три составляющих (см. рис. 1):

1. пауза в потреблении электроэнергии, которая образуется в процессе охлаждения класса при переходе с высокотемпературного режима ($+18^{\circ}\text{C}$) к низкотемпературному режиму ($+12^{\circ}\text{C}$) с 13 до 6 часов следующих суток, всего 15 часов;

2. паузы в потреблении электроэнергии, которые образуются в режиме поддержания заданной температуры.

3. снижение температуры воздуха в сравнении с конвективным нагревом под влиянием физиологического воздействия мягкого инфракрасного излучения на человеческий организм.

Наибольший энергосберегающий эффект обеспечивает первая составляющая. Если теплофизические свойства здания соответствуют требованиям современных СНиП (нормальная теплоизоляция ограждающих конструкций), то при температуре воздуха на улице -7°C (средняя температура воздуха за отопительный сезон для Челябинской области) время охлаждения составит 35-40 часов. Это означает, что за 15 часов (период от начала перехода СЛО в низкотемпературный режим до начала перехода в высокотемпературный режим) расход электроэнергии на отопление при использовании СЛО будет равен нулю.

Вторая составляющая энергосберегающего эффекта формируется в режиме поддержания высокотемпературного режима за счет зоны нечувствительности регулятора (зоны возврата). Это разность между температурной установкой регулятора (температура отключения) и температурой включения регулятора на восстановление температуры: она составляет, как правило, 2°C . Таким образом, поддержание температуры осуществляется включением СЛО для доведения температуры воздуха в классе до максимального заданного значения и отключением, при котором температура воздуха должна уменьшиться на 2°C . При нормальных условиях в течение часа время включенного состояния СЛО составляет около 10 мин., а время выключенного состояния - около 50

мин. (время включенного состояния составляет 15-16%). При установленной мощности СЛЮ из расчета 100 Вт/м² средняя часовая мощность составит лишь 15-16 Вт/м².

Третья составляющая энергосберегающего эффекта обеспечивается тем, что состояние теплового комфорта при воздействии на человека излучением наступает на 2-3 °С ранее, чем при конвективном отоплении. Это позволяет устанавливать задание регулятора, датчик которого измеряет температуру воздуха, на меньшее значение максимальной температуры соответственно на 2-3 °С. Например, вместо + 20 °С, необходимых для учебных классов по санитарно-гигиеническим нормам, + 18 °С.

Режим нормальной рабочей недели (без праздников) предусматривает один выходной день, в который программой регулятора задается низкотемпературный режим (+ 7 °С). В течение значительной части выходного дня продолжается дальнейший переход классов в низкотемпературный режим.

Годовой режим работы школы предполагает каникулы. В большую часть каникулярных дней ЛС создает низкотемпературный режим, чем существенно снижает теплопотери через ограждения здания, а, следовательно, потребление энергии из сети.

Таким образом, энергетическая эффективность связана со снижением потребления электроэнергии в сравнении с другими электроотопительными средствами (панели, электродотопы) в 4-6 раз.

СЛЮ обладает высокими физиологическими свойствами. Низкотемпературные пленочные электронагреватели имеют максимальную температуру на поверхности + (40-45) °С, что обеспечивает излучение инфракрасного теплового потока мягкого длинноволнового спектра. Эти лучи не греют воздух, оставляя его влажность естественной. Они греют предметы, пол, потолок. При этом на порядок снижается скорость движения конвективных потоков. Попадая на тело человека эти лучи активизируют периферийную кровеносную систему человека, что является причиной наступления ощущения теплового комфорта на 2-3 °С раньше, чем при конвективном обогреве. Лучи, испускаемые нагревателями, являются наиболее полезной частью солнечного спектра. Они компенсируют «солнечный голод», который возникает в осенне-зимний период в Урало-Сибирском регионе.

Подтверждением положительных физических свойств (газета «Известия», 27 ноября 2004 года) является информация о том, что подобные устройства используются английскими врачами для лечения герпеса, удаление морщинок на лице и в других косметических целях.

Высокие эксплуатационные свойства СЛЮ определяются сроком службы – 50 лет более. Практически не требуются затраты на обслуживание.

Простота технологии монтажа обеспечивается отсутствием металлоемких конструкций.

Высокий дизайнерский потенциал обеспечивается тем, что расположенные на потолке лучистые теплогенераторы могут быть закрыты любыми элементами потолочного дизайна. Наличие системы отопления «выдают» только расположенные на стенах программируемые регуляторы.

Инновационный процесс как в РФ, так и за рубежом в основном связан с расширением использования природного газа, установкой автономных котельных, использованием лучистых газовых систем. Использование электроэнергии ограничивается ее дороговизной, что объективно проявляется, если электроэнергия используется как топливо (электродотопы, электрорадиаторы, электропанели).

Инновационность (новизну) рассматриваемого процесса определяют следующие составляющие:

1. Использование лучистого пленочного электронагревателя, преобразующего электроэнергию в поток мягкого инфракрасного излучения, который обладает благоприятными для человека физиологическими свойствами.

2. Применение регулятора, обеспечивающего высокотемпературный режим (20°C или другую требуемую температуру) только во время нахождения людей в помещении.

3. Использование теплофизических свойств здания соответствующих современным СНиП, которые позволяют формировать паузы в потреблении электроэнергии.

По существу, это отопление нового уровня. Одним из главных преимуществ СЛО является практическое отсутствие эксплуатационных затрат и большой срок службы – до 50 лет.