

УДК 697.7

Н. Н. БОЛОТСКИХ, канд. техн. наук

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры,
г. Харьков

ИНФРАКРАСНОЕ ОТОПЛЕНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕРМОПАНЕЛЕЙ

Описана система инфракрасного отопления помещений больших объемов с использованием водяных термопанелей, даны рекомендации по их дальнейшему эффективному применению.

Ключевые слова: инфракрасное отопление, термопанели, интенсивность облучения.

Описано систему інфрачервоного опалення приміщень великих об'ємів з використанням водяних термопанелей, дано рекомендації з їх подальшого ефективного застосування.

Ключові слова: інфрачервоне опалення, термопанелі, інтенсивність опромінення.

Введение

Зарубежный и отечественный опыт обогрева помещений больших объемов (заводские корпуса, склады, ангары, железнодорожные депо и др.) убедительно доказал, что наиболее эффективным и перспективным является использование для этих целей мультигорелочных систем газового инфракрасного отопления на базе трубчатых нагревателей [1]. Применение инфракрасных систем отопления вместо конвективных дает возможность экономить до 60 и более процентов топлива. Кроме того, инфракрасные системы газового отопления обладают рядом других весьма существенных преимуществ. Поэтому во многих странах, в том числе и в Украине, в последние годы эти системы отопления получают все большее распространение.

Вместе с тем следует иметь ввиду то, что в соответствии с требованиями ДБН В.2.5-20-2001 «Газопостачання» системы газового инфракрасного отопления с трубчатыми нагревателями нельзя использовать в помещениях и производствах, которые по взрывопожарной опасности относятся к категориям А и Б, а также в зданиях со степенью огнестойкости IV и V. Как показал зарубежный опыт, в таких категорийных производственных помещениях могут эффективно использоваться системы отопления с инфракрасными водяными термопанелями. В качестве теплоносителя в таких системах используется горячая вода (либо пар). При этом температура подводимой к ним воды находится в пределах от 60 до 120°C, а пара – от 100 до 200°C.

Цель статьи

Основной целью настоящей работы является расширение области эффективного применения систем инфракрасного отопления помещений больших объемов с использованием термопанелей для решения проблемы экономии энергоресурсов.

Основная часть

Конструкции инфракрасных водяных термопанелей обычно состоят из металлических корпусов, нагревательных труб и теплоизоляции. Такие термопанели работают следующим образом. При подаче к ним теплоносителя (горячей воды или пара) металлические корпуса нагреваются, после чего они в виде электромагнитных волн начинают излучать тепло. Из-за того, что тепловое излучение не поглощается чистым воздухом большая часть тепловой энергии от термопанелей лучистым путем поступает в рабочую зону отапливаемого помещения, нагревая при этом находящиеся в ней различные предметы и людей. Естественно, что лучевой тепловой поток при этом более интенсивен в точках, находящихся ближе к термопанелям. Этот поток присутствует только в зоне прямого действия лучей,

исходящих от термопанелей. Лучистый поток, проходящий через единицу площади, называют обычно плотностью или интенсивностью излучения (облучения) [q , Вт/м²].

Выпуском различных систем отопления с инфракрасными термопанелями занимается ряд фирм и компаний Италии, Германии, Франции и других стран. Компания CARLIEUKLIMA (Италия) [2,3] освоила выпуск лучистых систем отопления EUTERM, состоящих из инфракрасных водяных термопанелей (рис. 1) с подводом к ним горячей воды либо пара.

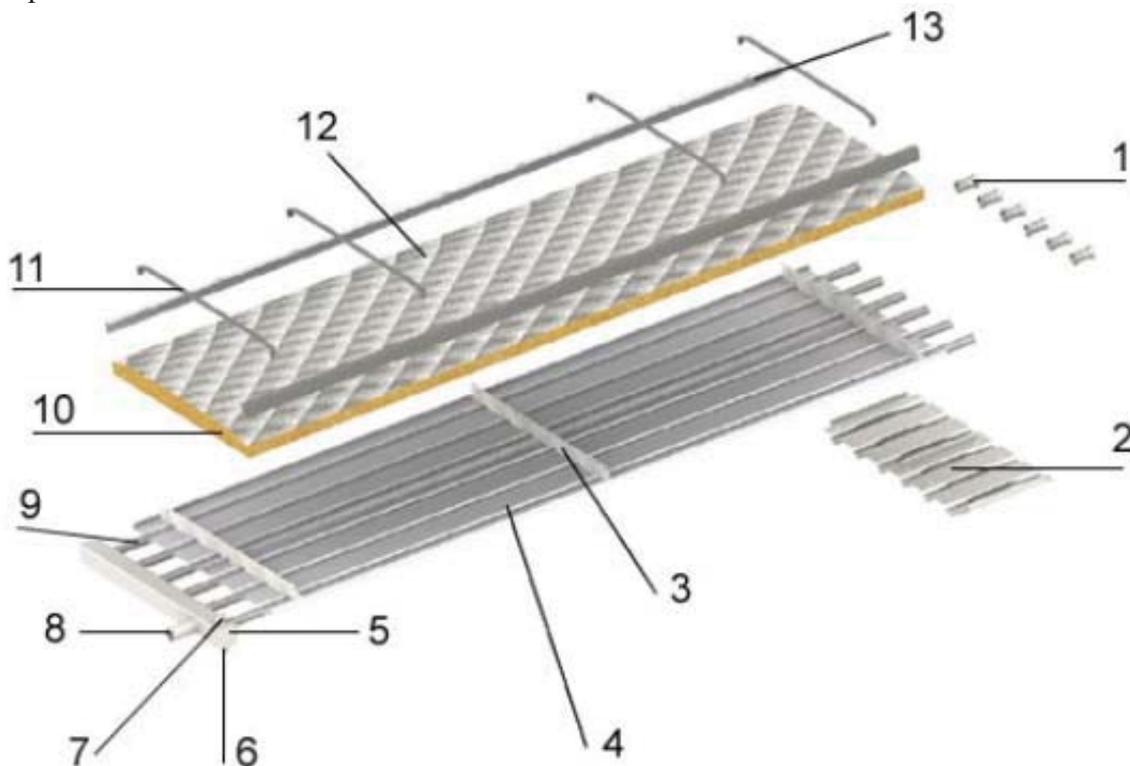


Рис. 1. Основные компоненты инфракрасных водяных термопанелей EUTERM:

- 1 – пресс-фитинговые соединения; 2 – панель в области соединений труб;
- 3 – поддерживающий профиль; 4 – излучающая панель; 5 – коллектор;
- 6 – дренажное отверстие; 7 – выпуск воздуха; 8 – патрубок для подвода теплоносителя;
- 9 – трубы; 10 – теплоизоляция из стекловаты; 11 – скоба;
- 12 – покрытие изоляционного слоя; 13 – боковой профиль.

Корпус инфракрасной водяной панели имеет специфическую форму, которая обеспечивает максимальный контакт с нагревающими трубами, а также снижение конвективных теплопотерь в сторону потолка и увеличение теплового излучения в зону обогрева. При изготовлении таких термопанелей используются высококачественные стали, а также эпоксидные порошковые покрытия.

В конструкциях термопанелей EUTERM предусмотрены специальные коллекторы, предназначенные для соединения их с сетью движения теплоносителя и нагревательными трубами с помощью пресс-фитингов (иногда с помощью сварки). В коллекторах предусмотрены отверстия для слива воды и выхода воздуха.

В зависимости от принятой системы подачи теплоносителя к термопанелям в их конструкциях используются три типа коллекторов: стандартный коллектор, коллектор с перегородкой и закрытый коллектор. Стандартный коллектор с одним соединением используется в термопанелях, в которых подача и выход горячей воды или пара расположены с разных сторон. Коллектор с перегородкой имеет два соединения и внутреннюю диафрагму и используется в термопанелях с входом-выходом с одной стороны. Эти коллекторы используются только в случаях необходимости поддержания более

равномерной температуры. И, наконец, закрытый коллектор не имеет соединений и используется в термопанелях, имеющих с обратной стороны коллектор с перегородкой.

Компанией CARLIEUKLIMA изготавливаются термопанели разной длины, ширины и с различным количеством нагревающих труб, что позволяет использовать их в малых, средних и больших помещениях. На рынок Украины компания CARLIEUKLIMA поставляет два модельных ряда инфракрасных водяных термопанелей EUTERM: AVH и AVL. В каждом модельном ряду содержится по 12 типов термопанелей. Габаритные размеры этих термопанелей в обоих модельных рядах одинаковы. Они отличаются друг от друга только конструктивным исполнением и параметрами термопанелей. Так, в частности, в термопанелях модельного ряда EUTERM AVH количество труб составляет 3,6,9 или 12 штук. Интенсивность теплового излучения поверхности каждой термопанели при этом различна. При температуре воды (t) 40°C она находится в пределах от 161 до 524 Вт/м^2 , при 60°C от 159 до 844 Вт/м^2 и при 80°C от 363 до 1182 Вт/м^2 . Например, модель 900/9/6000 имеет следующие параметры: ширина – 900 мм, количество труб – 9, длина 6000 мм, интенсивность теплового излучения при: $t = 40^{\circ}\text{C}$ – 413 Вт/м^2 , $t = 60^{\circ}\text{C}$ – 665 Вт/м^2 и $t = 80^{\circ}\text{C}$ – 932 Вт/м^2 .

В различных конструкциях термопанелей модельного ряда EUTERM AVL количество труб составляет 2, 4, 6 или 8 штук. Интенсивность теплового излучения поверхности каждой из этих термопанелей различна. При температуре воды 40°C она находится в пределах от 134 до 437 Вт/м^2 , при 60°C от 216 до 776 Вт/м^2 и $t = 80^{\circ}\text{C}$ – 985 Вт/м^2 .

По мнению компании CARLIEUKLIMA применение систем отопления на базе инфракрасных термопанелей EUTERM AVH и AVL оптимально:

- в помещениях с производством или хранением материалов, содержащих пожароопасные или взрывоопасные газы, пары или взвеси;
- при высотах потолков отапливаемых помещений до 10 метров;
- при наличии горячей воды либо пара в основном производстве;
- при низкой кратности воздухообмена;
- в случаях необходимости обеспечения в помещении абсолютной бесшумности работы системы, а также максимальной равномерности распределения температуры воздуха.

Длительный опыт эксплуатации систем отопления EUTERM на базе инфракрасных водяных термопанелей убедительно доказал их следующие преимущества по сравнению с традиционными конвективными системами:

- высокая экономичность за счет снижения расходов на энергоресурсы, а также затрат на эксплуатацию систем отопления;
- отсутствие принудительного перемещения воздушных масс и пыли, что позволяет поддерживать в отапливаемом помещении чистую и здоровую среду;
- возможность создания теплового комфорта в рабочей зоне отапливаемого помещения при более низких значениях температуры воздуха;
- не загромождается рабочее пространство, пол и стены помещения свободны, так как система отопления подвешивается вверх под потолком помещения;
- долгий срок эксплуатации за счет применения при изготовлении термопанелей высококачественных материалов, а также тщательной обработки поверхностей панелей, определяющей высокую эффективность излучения в течение длительного времени;
- универсальность, т.е. возможность их использования практически в любых помещениях;
- возможность работы термопанелей в летнее время в режиме охлаждения (кондиционирования).

Что касается последнего преимущества, то необходимо иметь в виду следующее. Возможность работы термопанелей в режиме охлаждения воздуха надо рассматривать как дополнительное преимущество данной лучистой системы отопления. Термопанели предназначены прежде всего для целей отопления и лишь иногда используются для охлаждения воздуха в помещениях в особо жаркие летние дни или в исключительных

случаях, когда в самом помещении в летнее время выделяется чрезмерно большое количество тепла. Для обеспечения работы термopанелей в таком режиме для их питания можно использовать воду из городского водопровода, а также из любого другого водоисточника, с температурой 15–21 °С. При этом ее циркуляция в системе кондиционирования может осуществляться с помощью специального циркуляционного насоса. Использовать отопительные системы с термopанелями для охлаждения воздуха наиболее целесообразно в помещениях, расположенных преимущественно в континентальном климате с особенно резкой разницей температуры в зимнее и летнее время [4].

Системы отопления EUTERM наряду с упомянутыми выше преимуществами имеют также и ряд недостатков. В частности, они имеют высокую инерционность излучения и не обеспечивают требуемую быстроту нагрева воздуха в помещении. Кроме того, они неэффективны или малоэффективны в открытых помещениях, а также при использовании их для зонального отопления.

Монтаж систем отопления с использованием инфракрасных термopанелей EUTERM заключается в креплении их к потолку и соединении с теплоподводящими трубами (чаще всего с помощью пресс-фитингов).

При решении вопросов, связанных с размещением термopанелей по площади под потолком отапливаемого помещения, компания CARLIEUKLIMA рекомендует:

- учитывать расположение сети подвода теплоносителя, так как нередко система подвода стоит дороже самих термopанелей;
- длину линий термopанелей не превышать 40 метров во избежание сильных перепадов давления и неравномерности температуры;
- гидравлическую систему максимально сбалансировать с целью исключения необходимости установки дополнительных специальных клапанов или стабилизаторов;
- располагать более горячие термopанели ближе к холодным стенам.

При проектировании систем инфракрасного отопления с использованием термopанелей обычно решается главная задача – создание необходимой комфортности, прежде всего тепловой, в рабочих зонах помещений при минимальных энергозатратах. Под тепловой комфортностью в данном случае понимают субъективное ощущение человека, удовлетворенного окружающими его в рабочей зоне помещения климатическими условиями.

При инфракрасном отоплении, в том числе и с использованием термopанелей, температура находящегося в рабочей зоне человеку из-за присутствия теплового излучения всегда кажется выше, чем если бы это полезное тепло к нему передавалось только традиционным конвективным способом. Температуру, которая людям при инфракрасном отоплении кажется выше, принято называть температурой ощущения или эффективной температурой, а значение температуры, измеренное традиционным способом с помощью термометра, называют температурой воздуха. Разность значений этих температур и определяет увеличение ощущения тепла за счет излучающего теплообмена.

Температура ощущения человека, находящегося в рабочей зоне помещения, отапливаемого с помощью инфракрасных водяных термopанелей, зависит в основном от четырех параметров окружающей его среды: температуры воздуха, средней температуры излучения, относительной влажности и скорости движения воздуха, а также от двух индивидуальных факторов: его физической активности и вида используемой одежды.

С учетом этих параметров и факторов на основании экспериментальных исследований и расчетов немецкой фирмой «Шванк» (г. Кельн) для определения температуры ощущения человека, находящегося в различных точках помещения, отапливаемого инфракрасными системами, предложена следующая эмпирическая зависимость

$$t_{\text{эф}} = t_{\text{в}} + 0,0716 \cdot q, \quad (1)$$

где $t_{\text{эф}}$ – эффективная температура (температура ощущения), °С;

$t_{эф}$ – температура воздуха в помещении, °С;

q – интенсивность облучения (удельная облученность) в конкретной тестируемой точке отапливаемого помещения, Вт/м²;

0,0716 – переводной множитель, °С · м²/Вт [5].

Графически зависимость (1) представлена на рис. 2.

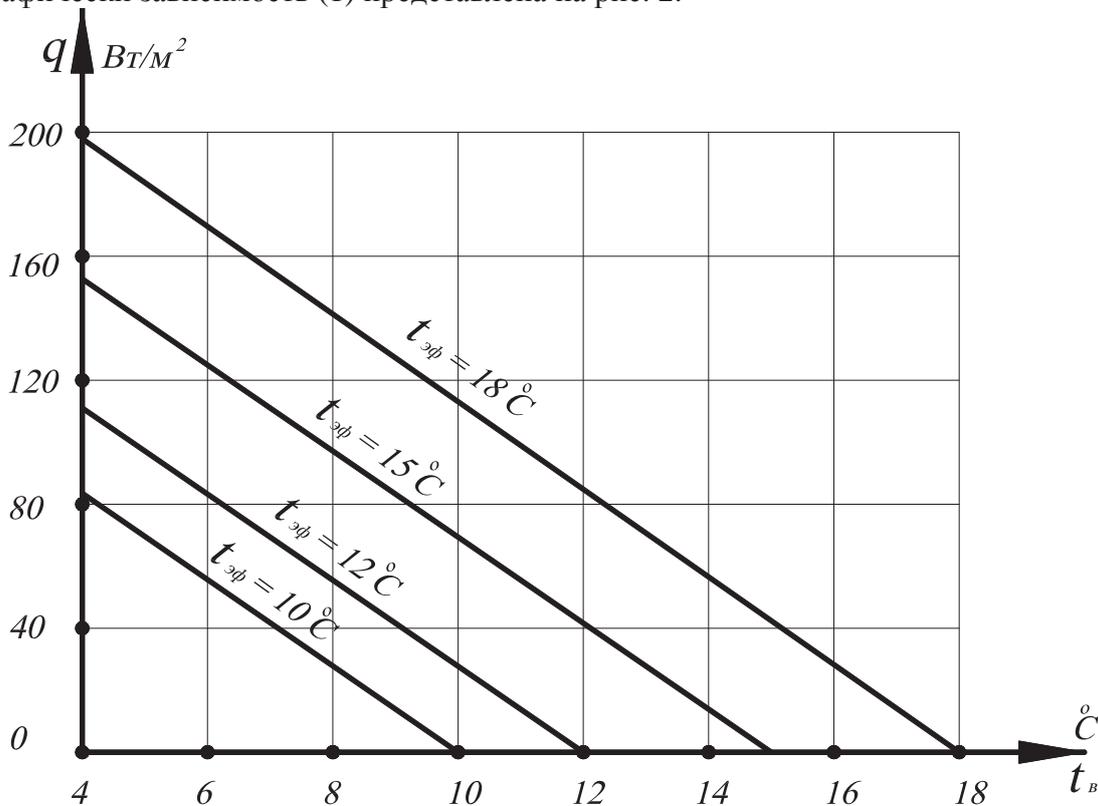


Рис. 2. Графики эффективной температуры воздуха при различных значениях интенсивности облучения и температуры воздуха

Ряд других зарубежных фирм в расчетах при проектировании систем инфракрасного отопления, в том числе и с применением термopанелей, используют эту зависимость в несколько упрощенном виде

$$t_{эф} = t_в + 0,072 \cdot q. \quad (2)$$

Анализ приведенных графиков (рис. 2) показывает, что при одном и том же значении температуры воздуха в помещении, отапливаемом инфракрасным способом, эффективная температура (температура ощущения) возрастает по мере роста интенсивности излучения. Это обстоятельство предоставляет возможность при инфракрасном способе отопления за счет имеющей место «лучистой добавки» снизить температуру внутреннего воздуха ниже нормируемой величины (при конвективных способах) на 3...5°C и за счет этого экономить энергоресурсы. Многолетняя практика доказала, что при инфракрасном способе отопления за счет снижения температуры внутреннего воздуха в отапливаемом помещении только на 1°C можно уменьшить расходы энергоресурсов на величину до 5 %.

При использовании систем инфракрасного отопления на базе водяных термopанелей EUTERM в Украине необходимо всегда соблюдать все предписания, приведенные в ГОСТе 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [6]. Этим ГОСТом предусмотрено требование о том, чтобы температура воздуха в отапливаемом помещении была оптимальной. Для выполнения этого требования в условиях применения систем инфракрасного отопления необходимо, чтобы соблюдалось условие

$$\text{где} \quad t_{эф.} = [t_{опт}], \quad (3)$$

$[t_{opt}]$ – предел допустимых ГОСТом оптимальных температур воздуха в рабочей зоне в зависимости от периода года и категории работ, выполняемых в помещении, °С.

Кроме того, ГОСТом 12.1.005-88 предусмотрено требование

$$q_{сум}^{max} \leq [q], \quad (4)$$

где $q_{сум}^{max}$ – максимальное суммарное значение интенсивности облучения в различных точках рабочей зоне, Вт/м²,

$[q]$ – допустимое значение интенсивности облучения в рабочей зоне, Вт/м².

Значения $q_{сум}^{max}$ в различных точках рабочей зоны помещения в каждом конкретном случае зависят в основном от типа, мощности, количества и места расположения термopанелей, высоты их подвески, а также от степени загрязнения воздуха. Они определяются расчетным путем по специальной методике (при проектировании систем отопления) либо с помощью приборов, например, переносных радиометров РАТ-2П-Кварц-41 (при эксплуатации систем отопления).

При расчете эффективной температуры $t_{эф}$ в формулу (1) целесообразно подставлять максимальное суммарное значение интенсивности облучения $q_{сум}^{max}$. При этом формула (1) принимает вид

$$t_{эф} = t_b + 0,0716 \cdot q_{max}^{сум}. \quad (5)$$

Выполнение требований (3) и (4) ГОСТа 12.1.005-88 должно осуществляться только при условии обеспечения минимальных энергозатрат. Вследствие необходимости реализации этого требования расчеты систем инфракрасного отопления с использованием термopанелей очень часто являются многовариантными.

Выводы

1. Инфракрасные системы отопления на базе водяных термopанелей целесообразно использовать в помещениях с производством либо хранением в них материалов, содержащих пожароопасные или взрывоопасные газы, пары или взвеси. Их применение в таких условиях взамен традиционных конвективных систем позволяет создавать в рабочей зоне необходимый тепловой комфорт, существенно экономить энергоресурсы.

2. Наибольший эффект от использования систем инфракрасного отопления производственных помещений с использованием водяных термopанелей достигается в случаях, когда в основном производстве присутствует горячая вода либо пар.

3. При использовании инфракрасных водяных панелей для отопления производственных помещений температура внутреннего воздуха из-за наличия «лучистой добавки» может быть снижена на 3...5°С по сравнению с нормируемой величиной температуры при конвективных способах отопления и за счет этого получена дополнительная экономия энергоресурсов.

Список литературы

1. Болотских Н. Н. Мультигорелочные модульные системы газового инфракрасного отопления производственных помещений больших размеров//Науковий вісник будівництва: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, вип. 60, 2010. – С. 101–115.
2. Излучение. Техническое руководство. CARLIEUKLIMA, Италия, www.carlieklima.it, версия 0904, 2010. – С. 46.
3. EUTERM CARLIEUKLIMA. Инфракрасные обогреватели водяные (термopанели), evolux.kiev.ua, 2008.

4. Миссенар А. А. Лучистое отопление и охлаждение. – М.: Стройиздат, 1961. – 299 с.
5. Skunce. Wärmetechnischer vergleich zwischen warmluftund strahlungsheizung. – Gaswärme international, 1973, № 7. S. 252–255.
6. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Система стандартов безопасности труда. Государственный стандарт СССР, 1988.

INFRARED HEATING LARGE-SIZE WORKSHOPS WITH THERMOPANELS

N. N. BOLOTSKYKIH, Cand. Tech. Science,

Kharkov state technical university construction and architecture

Systems of infrared heating large-size workshops using water termopaneley are described. The recommendations of their effective using are given.

Key words: *infrared heating, thermopanel, radiation intensity treatment.*

Поступила в редакцию 18. 05 2011 г.