

ЛЕНТОЧНЫЕ ИНФРАКРАСНЫЕ ГАЗОВЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ

Описаны схемы и устройство ленточных газовых инфракрасных нагревателей, даны рекомендации по их применению.

Ключевые слова: *ленточные нагреватели, инфракрасное отопление, газовая горелка.*

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими заданиями. Задача обеспечения надежного и эффективного отопления помещений больших объемов в условиях ограниченности и дороговизны энергоресурсов в нашей стране в настоящее время является весьма актуальной. Особенно она остро стоит при отоплении производственных цехов с большими внутренними площадями и высотами, ангаров, пожарных депо, логистических терминалов, складских помещений, торговых центров, спортивных сооружений и многих других. Такие помещения нередко имеют плохую либо недостаточную теплоизоляцию, а также сложную конфигурацию.

Традиционно используемые для их отопления водяные централизованные либо воздушные системы являются дорогими и энергозатратными. Кроме того, в большинстве случаев при использовании этих систем не обеспечиваются в рабочей зоне отапливаемых помещений необходимые комфортные условия для работающих. С использованием таких систем отопления решать радикально проблему энергосбережения невозможно.

Обзор последних источников исследований и публикаций и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы. Накопленный богатый, преимущественно зарубежный, опыт убедительно доказал, что для отопления помещений с высокими потолками и плохой теплоизоляцией безальтернативными в настоящее время являются энергосберегающие инфракрасные системы [1].

Ведущими зарубежными компаниями и фирмами выпускаются в настоящее время инфракрасные системы отопления с использованием нагревателей различных конструкций, моделей, мощностей и типоразмеров. Ассортимента выпускаемых ими нагревателей вполне достаточно для того, чтобы обеспечить эффективное инфракрасное отопление существующих либо вновь проектируемых помещений практически любых объемов и конфигураций. Среди всех этих нагревательных приборов по показателям эффективности особое место занимают ленточные газовые инфракрасные нагреватели. В связи с этим в настоящей статье ниже приводится их подробное описание.

Отсутствие единой методики проектирования инфракрасного отопления дало толчок к появлению многочисленных рекомендаций применения оборудования от самих производителей. Но не стоит забывать, что, как правило, производители оборудования – это иностранные компании, которые не учитывают ряд требований, которые действуют в нашем законодательстве.

Постановка задания. Расширение области применения энергоэффективных ленточных инфракрасных газовых нагревателей для отопления помещений больших объемов с целью ускорения решения проблемы энергосбережения в Украине.

Изложение основного материала исследований. Ленточные нагреватели представляют собой подвесные длинные закрытые трубчатые инфракрасные системы. Основными элементами их конструкций являются: горелочные блоки, теплоизлучающие трубчатые ленты и системы автоматического регулирования мощности и управления. Горелочный блок вместе с системой управления и контроля, вентилятором и дымоходом располагаются за пределами обогреваемого помещения. Теплоизлучающая лента, находящаяся внутри помещения, представляет собой замкнутый контур, состоящий из каркаса с теплоизлучающими трубами диаметром 200 или 300 мм, изолированными сверху и по бокам с помощью высокоплотной стекловаты и оснащенными отражающими поверхностями. Теплоизлучающая лента может иметь различную длину и конфигурацию в зависимости от характеристики отапливаемого помещения и принятой в проекте схемы ее размещения.

Принцип действия ленточных инфракрасных нагревателей заключается в следующем. В горелочном блоке происходит сгорание топлива. Продукты сгорания принудительно с помощью центробежного вентилятора непрерывно циркулируют с большой скоростью внутри герметичной трубы теплоизлучающей ленты. При этом в трубе постоянно поддерживается отрицательное давление. Возвращаясь по трубе в горелочный блок часть дымовых газов снова поступает в камеру сгорания, изготовленную из нержавеющей стали, подогревается и смешивается с новыми продуктами сгорания. Другая их часть, соответствующая объему поступивших для горения воздуха и топлива, отводится через специальный коллектор и дымоход наружу. Продукты сгорания, циркулируя внутри теплоизлучающих труб, нагревают их до температуры от 100 до 300°C. Нагретые таким образом теплоизлучающие ленты с помощью инфракрасного излучения отдают тепло в рабочую зону отапливаемого помещения.

Ленточные газовые инфракрасные нагреватели в настоящее время выпускаются и поставляются на рынок Украины несколькими зарубежными компаниями и фирмами, в частности, тремя итальянскими: SYSTEMA, CARLIEUKLIMA и FRACCARO.

Компания SYSTEMA [2] освоила выпуск ленточных инфракрасных нагревателей «ОНА» четырех модификаций: ОНА 50-100, ОНА 150-200, ОНА 300 с теплоизлучающей трубой диаметром 300 мм и ОНА 20 с теплоизлучающей трубой диаметром 200 мм. Горелочные блоки этих нагревателей имеют тепловые мощности 100, 150, 213 и 300 кВт. В качестве горючего используются газ либо дизельное топливо. Нагреватели «ОНА» безопасны в эксплуатации. Максимальная длина теплоизлучающей ленты у этих нагревателей составляет 140 м.

Схемы размещения теплоизлучающих лент инфракрасных нагревателей «ОНА» в отапливаемых помещениях в зависимости от их размеров могут быть различными. На рис. 1, для примера, приведены три варианта их размещения в помещении площадью 1000 м² (20x50 м). При этом используются ленточные нагреватели как с одной, так и с двумя теплоизлучающими трубами. На рисунке 2 представлены поперечные сечения излучающих контуров таких ленточных нагревателей.

Компанией CARLIEUKLIMA [3] освоен выпуск ленточных газовых инфракрасных нагревателей EUCERK (рисунок 3). Эти нагреватели комплектуются газовыми дутьевыми горелками типа WEISHAUPT с модулируемым режимом их эксплуатации. Они работают как на природном, так и на сжиженном газе. Горелки имеют высокий КПД (более 91 %).

Нагреватели EUCERK выпускаются с одной либо с двумя теплоизлучающими трубами диаметром 315 мм. Их модельный ряд представлен 17 типоразмерами. Минимальная мощность этих нагревателей находится в пределах от 25 до 40 кВт, а максимальная – от 40 до 240 кВт. Стандартная длина одинарной излучающей трубы находится в пределах от 36 до 192 м, а двойной – от 18 до 120 м.

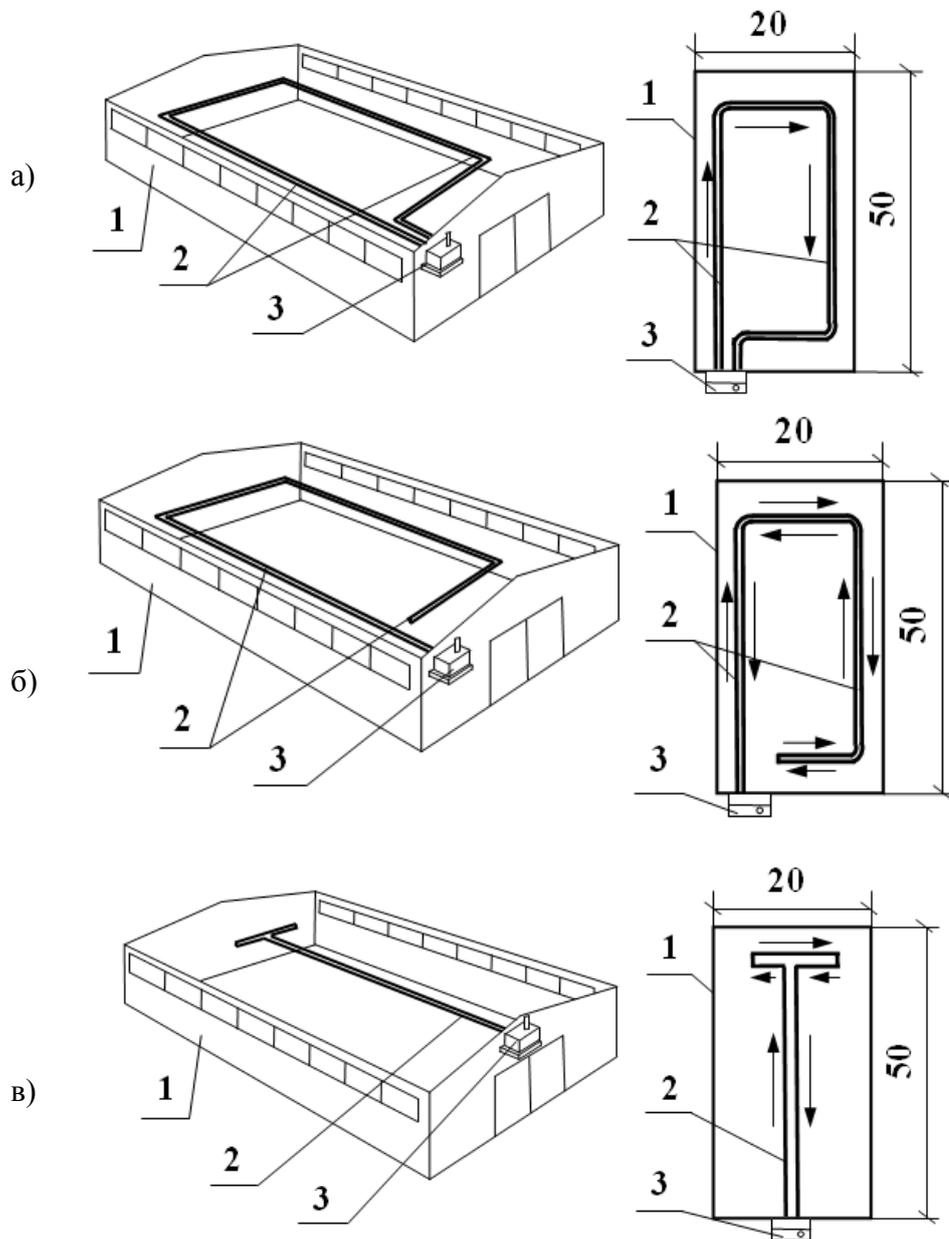


Рисунок 1 – Схемы размещения ленточных инфракрасных нагревателей «ОНА» при отоплении помещения площадью 1000 м² :

а) – с подвеской ленты с одной излучающей трубой в виде прямоугольника; б) – с подвеской ленты с двумя излучающими трубами в виде прямоугольника; в) – Т-образная подвеска ленты с двумя излучающими трубами; 1 – стена помещения; 2 – теплоизлучающие ленты нагревателя; 3 – горелочный блок

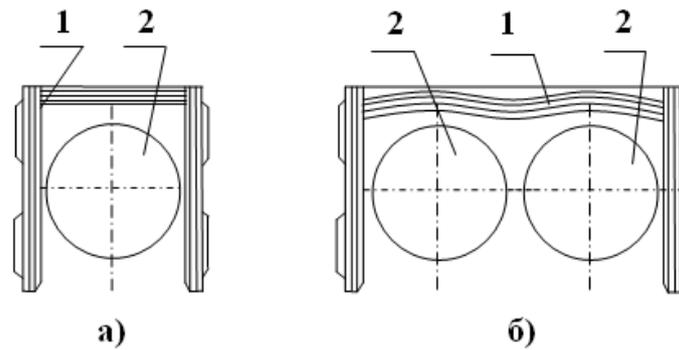


Рисунок 2 – Поперечные сечения излучающих контуров ленточных инфракрасных нагревателей: а) – однотрубного; б) – двухтрубного; 1 – рама с тепловой изоляцией из стекловаты и алюминиевой фольги; 2 – теплоизлучающая труба

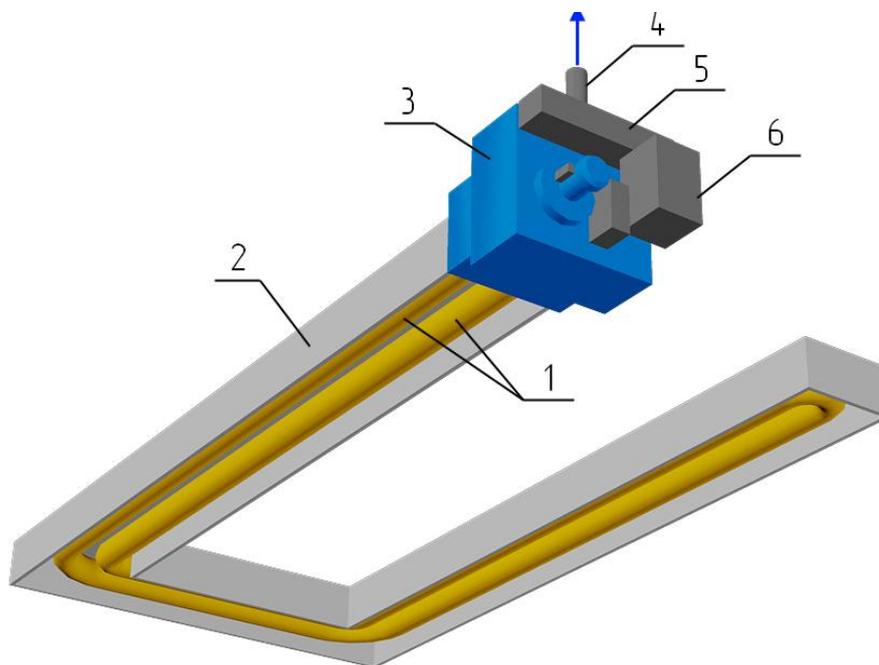


Рисунок 3 – Ленточный инфракрасный нагреватель EUCERK: 1 – излучающие трубы; 2 – рама с теплоизоляцией и рефлекторами; 3 – вентилятор; 4 – дымоход; 5 – щит управления; 6 – газовая дутьевая горелка

Фирмой FRACCARO [4, 5] освоен выпуск ленточных газовых инфракрасных нагревателей GIRAD. Эти нагреватели состоят из генераторов тепла (горелочных блоков с мощностями от 35 до 300 кВт), теплоизлучающих лент и систем автоматического регулирования мощности. Используемая в генераторах запатентованная газовая горелка ECOMIX состоит из ряда микрогорелок с трубками Вентури, работающих с наддувом и обеспечивающих оптимальный процесс сгорания топлива и высокий КПД (92 %). Система автоматического регулирования горелки обеспечивает процесс отопления в зависимости от реальной потребности тепла в помещении.

Теплоизлучающие ленты состоят из труб, изготовленных из алюминированной антикоррозийной стали, каркаса, выполненного из стального оцинкованного профиля, двух боковых фартуков из предварительно окрашенного проката, трех матрацов из

высокоплотной стекловаты и отражающей поверхности, изготовленной из зеркально полированного листа алюминия. Максимальная длина конфигурации ленты с одной трубой диаметром 300 мм при использовании горелки мощностью 300 кВт составляет 324 м, а при наличии в ленте двух таких труб – 162 м. Однотрубные теплоизлучающие ленты монтируются в помещениях с небольшими тепловыми потерями, т.е. в хорошо изолированных зданиях, а двухтрубные обычно используются в помещениях, в которых требуется повышенная тепловая мощность.

Фирмой FRACCARO выпускаются ленточные нагреватели GIRAD с четырьмя моделями генераторов (GSR 50, GSR 100, GSR 200 и GSR 300). Эти генераторы имеют тепловую мощность от 35/50 до 200/300 кВт. Количество трубок Вентури в генераторах находится в пределах от 4 до 21. Вес этих генераторов находится в пределах от 77 до 159 кг. В качестве топлива используется природный либо сжиженный газ. Расход газа находится в пределах от 3,3/4,8 до 19,1/28,6 м³/час.

Описанные выше различные модели и конструкции ленточных газовых инфракрасных нагревателей являются достаточно совершенными. Главнейшими их достоинствами являются:

- высокие теплоотдача и тепловая мощность;
- значительная экономия топлива и минимум затрат на техобслуживание;
- мобильность: простая сборка и быстрые монтаж, перенос, наращивание и демонтаж;
- быстрое включение и выход на заданную мощность, быстрый прогрев помещения;
- абсолютное отсутствие шума;
- возможность соблюдения требований санитарии и гигиены за счет исключения интенсивных воздушных потоков и, следовательно, циркуляции пыли в отапливаемом помещении, а также за счет монтажа горелочных блоков снаружи помещения и низкого уровня вредных выбросов;
- возможность обеспечения комфортных условий в рабочей зоне за счет использования модулирующего принципа работы газогорелочного блока, мягкого теплового излучения, обогрева преимущественно нижней части помещения, равномерного распределения и программирования температуры в ней;
- безопасность эксплуатации.

Эти весьма важные достоинства, безусловно, способствуют расширению зоны промышленного использования ленточных инфракрасных нагревателей в различных странах мира, в том числе и в Украине.

Для расчета таких систем отопления их компании – изготовители разработали свои специальные методики. Например, компанией CARLIEUKLIMA [6] предложена методика расчета систем инфракрасного отопления с использованием ленточных нагревателей EUCERK, алгоритм которой включает в себя определение:

- статических потерь тепла через стены, потолки и полы с учетом корректирующих коэффициентов, учитывающих высоту монтажа системы отопления, время работы оборудования и его тепловую инерцию при выходе на заданную мощность, а также структуру помещения;
- динамических потерь тепла при перемещении воздуха в помещении из-за инфильтрации наружного воздуха;
- необходимой общей тепловой мощности системы отопления;
- необходимой тепловой мощности оборудования системы отопления EUCERK.

При расчете необходимой тепловой мощности системы отопления и фактического энергопотребления для конкретного помещения рекомендуется

использовать рабочую температуру, а не температуру воздуха. Рабочая температура (T_o) при этом определяется по формуле

$$T_o = \frac{T_a + T_c}{2}, \quad (1)$$

где T_a – температура воздуха в помещении, °С;
 T_c – средняя температура излучения, °С.

Для упрощения расчетов рабочей температуры предложена специальная таблица, в которой указаны ее значения для пяти уровней активности (легкая, средне-легкая, средняя, средне-высокая и высокая). Кроме того, дана специальная номограмма для определения приближенных значений необходимой тепловой мощности нагревателей EUCERK.

Фирмой FRACCARO [7] также разработана своя специальная методика расчета систем инфракрасного отопления на базе ленточных инфракрасных нагревателей GIRAD, алгоритм которой включает в себя следующие этапы:

- определение тепловых потерь отапливаемого помещения с учетом заданной внутренней температуры комфорта;
- расчет минимальной длины теплоизлучающей ленты, которая гарантировала бы тепловое излучение равное или выше тепловых потерь помещения;
- разработку плана расположения системы отопления в зависимости от структуры и конфигурации помещения;
- проверку соответствия общей длины теплоизлучающих лент ранее рассчитанной минимальной длине.

При определении тепловых потерь фирмой рекомендуется использовать заданную внутреннюю температуру теплового комфорта в помещении. Под температурой теплового комфорта понимается температура, которую ощущает человек, находящийся в зоне действия инфракрасного нагревателя. Величина этой температуры зависит от четырех основных параметров микроклимата в отапливаемом помещении: температуры воздуха, средней температуры излучения, относительной влажности и скорости движения воздуха, а также от двух индивидуальных факторов: осуществляемая физическая активность и вид одежды.

Для упрощения вычислений внутреннюю температуру теплового комфорта в производственных помещениях фирма рекомендует принимать следующей:

10°С – при выполнении работ в помещении по обработке тяжелых металлоконструкций;

15°С – при выполнении механической сборки изделий и производственных процессов средней мобильности;

10°С – при выполнении работ сидя, с повышенной степенью комфорта.

При расчетах минимальной длины ленты рекомендуется использовать специальные таблицы и графики, с помощью которых определяются значения тепловой эмиссии теплоизлучающих труб диаметром 200 или 300 мм при различных значениях температуры их поверхностей. Зная среднюю рабочую температуру поверхности теплоизлучающих труб, по таблице определяются тепловая эмиссия всей теплоизлучающей ленты и минимальная ее длина.

Приведенные выше сведения свидетельствуют о том, что в настоящее время отсутствует единая общепринятая методика расчета систем отопления на базе ленточных газовых инфракрасных нагревателей. Однако, несмотря на это упомянутые выше методики и рекомендации фирм-изготовителей нагревателей, безусловно, следует использовать при расчетах систем отопления с помощью ленточных инфракрасных нагревателей, соответственно, EUCERK и GIRAD. Вместе с тем следует всегда иметь в виду и то, что при использовании таких нагревателей в Украине кроме

того необходимо строго соблюдать требования всех действующих в стране нормативных документов, касающихся применения газовых инфракрасных систем отопления. Особенно важно соблюдать требования ГОСТа 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [8]. Этим ГОСТом в качестве показателей, характеризующих микроклимат в производственных помещениях, утверждены следующие: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового облучения. В ГОСТе 12.1.005-88 указаны оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений в зависимости от пяти категорий выполняемых работ (легкая - Ia и Ib, средней тяжести - Pa и Pb и тяжелая - P), а также двух периодов года (холодный и теплый). Кроме того, в ст. 1.8 этого ГОСТа приведены соответствующие допустимые значения интенсивности теплового облучения работающих в зависимости от величины облучаемой поверхности их тела (не более 25%, от 25 до 50%, 50% и более). Эти нормы должны соблюдаться как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации систем газового инфракрасного отопления. Особое внимание следует уделять значениям температуры и интенсивности облучения в рабочей зоне помещения. При этом следует иметь в виду то, что при инфракрасном отоплении находящиеся в помещении люди оценивают температуру в рабочей зоне (температуру ощущения) всегда выше температуры воздуха.

Немецкая фирма «Шванк» (г. Кельн) для определения температуры ощущения в зоне действия инфракрасных нагревателей рекомендует следующую эмпирическую зависимость.

$$t_{эф} = t_e + 0,0716 \cdot q, \quad (2)$$

где $t_{эф}$ – эффективная температура (температура ощущения) в конкретной точке отапливаемого пространства, °С;

t_e – фактическая температура воздуха (по показаниям термометра) в конкретной точке отапливаемого пространства, °С;

0,0716 – эмпирический переводной коэффициент, °С·м²/Вт;

q – интенсивность облучения (удельная облученность) в заданной конкретной точке отапливаемого пространства, Вт/м².

В виду того, что интенсивность облучения в различных точках рабочей зоны отапливаемого помещения неодинакова целесообразно при расчетах эффективной температуры принимать ее максимальные значения (q^{max}). При использовании для целей отопления нескольких инфракрасных нагревателей следует учитывать величину максимальной суммарной интенсивности облучения в рабочей зоне ($q_{сум}^{max}$). В этом случае зависимость (2) принимает вид

$$t_{эф} = t_e + 0,0716 \cdot q_{сум}^{max} \quad (3)$$

Для выполнения требований ГОСТа 12.1.005-88 необходимо соблюдение двух условий [9]

$$t_{эф} = [t_e^{opt}] \quad (4)$$

и

$$q_{сум}^{max} \leq [q], \quad (5)$$

где $[t_e^{opt}]$ – рекомендуемые ГОСТом оптимальные значения температуры воздуха в рабочей зоне помещения, °С;

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

Формулу для определения значений расчетной температуры воздуха (t_g) в рабочей зоне отапливаемого помещения, отвечающей условиям (4) и (5), получаем путем несложных преобразований. Подставляя (3) в (4), получаем

$$t_g + 0,0716 \cdot q_{\text{сум.}}^{\text{max}} = [t_g^{\text{opt}}], \quad (6)$$

а из уравнения (6) получаем

$$t_g = [t_g^{\text{opt}}] - 0,0716 q_{\text{сум.}}^{\text{max}} \quad (7)$$

На начальном этапе расчета и выбора системы инфракрасного отопления конкретного помещения $q_{\text{сум.}}^{\text{max}}$ является неизвестной величиной, поэтому ее значением следует задаваться с учетом требований ГОСТа (5). При этом следует иметь в виду то, что большим значениям $q_{\text{сум.}}^{\text{max}}$ соответствуют большие величины температур излучающей поверхности инфракрасного нагревателя и, соответственно, более высокая лучистая составляющая передачи энергии, определяющая его эффективность. С учетом этих обстоятельств при определении t_g для последующего расчета тепловой нагрузки величину $q_{\text{сум.}}^{\text{max}}$ целесообразно принимать равной $[q]$.

В этом случае формула (7) принимает вид

$$t_g = [t_g^{\text{opt}}] - 0,0716 [q]. \quad (8)$$

С учетом выше изложенного при расчетах и выборе систем инфракрасного отопления с использованием ленточных газовых нагревателей в Украине с целью соблюдения требований ГОСТа 12.1.005-88 рекомендуемые фирмами-изготовителями алгоритмы методики их расчета следует несколько скорректировать. Он может иметь следующую логическую схему:

- расчет теплопотерь в отапливаемом помещении при значении температуры воздуха, определенной по формуле (8);
- определение общей потребной тепловой мощности ленточных инфракрасных нагревателей;
- выбор модели и типа ленточного нагревателя, а также их количества;
- разработка плана расположения ленточных инфракрасных нагревателей с учетом структуры и конфигурации помещения;
- уточнение длины теплоизлучающей ленты нагревателя (нагревателей);
- проверка соответствия выбранной системы отопления тепловым потребностям помещения, а также требованиям ГОСТа 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и других нормативных документов.

Последовательность расчета системы отопления в каждом конкретном случае может быть различной. При этом целесообразно рассматривать несколько предпочтительных вариантов. Окончательный вариант, принимаемый для дальнейшего проектирования и реализации на практике, должен обеспечивать минимум расходов энергоресурсов, а также минимальную общую стоимость всей системы отопления. Во всех случаях этот принятый вариант должен обеспечивать требуемые комфортные условия для работающих в рабочей зоне отапливаемого помещения.

Выводы

1. Для отопления производственных помещений больших объемов с плохой теплоизоляцией и сложной конфигурацией наиболее эффективными являются инфракрасные системы с использованием ленточных газовых нагревателей, обеспечивающие надежный обогрев, комфортную температуру и безопасность в рабочей зоне, а также наиболее низкие эксплуатационные расходы. Расширение

области их применения в Украине позволит ускорить решение проблемы энергосбережения.

2. При проектировании систем инфракрасного отопления различных помещений больших объемов с использованием ленточных газовых нагревателей необходимо тщательно подходить к их выбору и расчету. При этом целесообразно выполнять не только требования и рекомендации компаний и фирм-изготовителей, но и все требования нормативных документов, действующих в нашей стране, в части использования газового инфракрасного способа отопления, особенно ГОСТа 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Литература

Болотских Н.Н. Использование систем инфракрасного газового отопления помещений больших размеров – одно из направлений решения проблемы энергосбережения./Н.Н. Болотских //Науковий вісник будівництва: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2011. – вип. 63. – с. 506-516.

Продукция компании СИСТЕМА. Газовый инфракрасный излучатель ОНА. – Россия, ТГС, www.rgsg.ru, 2008, - 7 с.

Идеальное решение для обогрева больших и средних площадей. – Италия, CARLIEUKLIMA, www.carlieuklima.it, 2010, – 7 с.

Инфракрасные обогреватели (излучатели) ленточного типа GIRAD, EUCERK. – Россия, НАТЭК-НЕФТЕХИММАШ, www.natek.ru, 2011, - 4 с.

Инфракрасное (лучистое) отопление (ГЛО). – Россия, АО «Саратов – Аналит», www.infravolga.ru / FRACCARO.htm, 2011, - 4 с.

Излучение. Техническое руководство. – Италия, CARLIEUKLIMA, www.carlieuklima.it, версия 0904, 2010, - 46 с.

Руководство по проектированию отопительной системы GIRAD. – Италия, FRACCARO, www.fraccaro.it, 2011, - 44 с.

ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Система стандартов безопасности труда. – М.: Государственный стандарт СССР, 1988. – 78 с.

Болотских Н.Н. Совершенствование методики расчета систем отопления газовыми трубчатými инфракрасными нагревателями./ Н.Н. Болотских // Науковий вісник будівництва: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2009. – вип. 54. – с. 76-91.

Надійшло до редакції 27.10.2011

© Н.Н. Болотских

Н.Н. Болотских, к.т.н., доц.

Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури

СТРІЧКОВІ ІНФРАЧЕРВОНІ ГАЗОВІ НАГРІВАЧІ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ВЕЛИКИХ ОБСЯГІВ

Описано схеми та устрій стрічкових газових інфрачервоних нагрівачів, дано рекомендації з їхнього застосування.

Ключові слова: стрічкові нагрівачі, інфрачервоне опалення, газовий пальник.

N.N. Bolotsky, Ph. D.

Kharkov State Technical University of Building and Architecture

TAPE INFRARED GAS HEATERS FOR HEATING OF LARGE AREAS

Scheme and desing of tape gas infrared heaters are described. The recommendations for their use are given.

Key words: *tape heaters, infrared heating, gas burner.*