

ЛИТЕРАТУРА:

1. Кудинов А.А. Энергосбережение в тепло-генерирующих установках / А.А. Кудинов. – Ульяновск: УлГТУ, 2000. – 139 с.
2. Аронов И.З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа / И.З. Аронов. – Л.: Недра, 1990. – 280 с.
3. Куликова Наталья. Эффективность двух-ступенчатого теплоутилизатора на тепловых трубах / Н.В. Куликова, А.А. Редько // Motrol. – 2013.– Vol. 15, № 6. – P. 77–84.
4. Фиалко Н.М. Эффективность систем утилизации теплоты отходящих газов энергетических установок различного типа / Н.М. Фиалко, Ю.В. Шеренковский, А.И. Степанова, Р.А. Навродская, П.К. Голубинский, М.А. Новаковский // Промышленная тепло-техника. – 2008. – Т. 30, №3. – С.68-76.
5. Гончаренко А.Л. Совершенствование методов расчета, моделей и конструкций поверхностных конденсационных аппаратов котельных установок малой и средней мощности [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.14 / Гончаренко Александр Леонидович. – Х.: НТУ «ХПИ», 2012. – 204 с.
6. Жукаускас А.А. Конвективный перенос в теплообменниках / А.А. Жукаускас. – М.: Наука, 1982. – 472 с.
7. Юдин В.Ф. Теплообмен поперечнооренных труб / В.Ф. Юдин. – Л.: Машиностроение, 1982. – 189 с.

УДК 697.7

Болотских Н.Н.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФРАКРАСНЫХ ГАЗОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ЗОНАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

В мировой практике для отопления различных помещений больших и средних размеров все более широкое применение получает децентрализованное лучистое отопление с использованием газовых инфракрасных нагревателей. С их применением в отапливаемых помещениях лучистым путем обогреваются различные поверхности, а не объемы воздуха. Такая особенность позволила использовать их для обогрева отдельных зон, участков или рабочих мест в производственных помещениях без необходимости обогрева их целиком, чего невозможно достигнуть при использовании традиционных водяных или воздушных отопительных технологий. Практикой доказано, что применению инфракрасных систем для зонального (локального) отопления в производственных помещениях альтернативы нет. В связи с дальнейшим расширением области применения инфракрасных систем зонального обогрева в производственных помещениях весьма актуальной становится задача дальнейшего повышения их тепловой эффективности.

Зональный инфракрасный обогрев в настоящее время осуществляется с помощью газовых нагревателей двух типов: открытой и закрытой конструкции. Инфракрасные нагреватели открытой конструкции работают на принципе беспламенного сгорания газозвдушной смеси на поверхности пористой керамики при температурах от 600 до 1000°C и более. Нагретая таким образом керамическая плитка с помощью электромагнитных волн инфракрасного диапазона отдает тепло в зону обогрева.

Нагреватели открытой конструкции выпускаются рядом ведущих мировых компаний и фирм. Компания CARLIE-UKLIMA (Италия) выпускает нагреватели EUCERAMIC industry HE с тепловой мощностью от 8,1 до 54,2 кВт [1]. Компания DETROIT RADIANT PRODUCTS CO (США) для зонального обогрева освоила выпуск специальных керамических нагревателей открытой конструкции серии DR с тепловой мощностью от 1,8 до 34,2 кВт [2].

Фирма FRACCARO (Италия) для зонального и общего отопления помещений большой высоты выпускает нагреватели

открытой конструкции SUNRAD с тепловой мощностью от 7 до 60 кВт [3].

У инфракрасных газовых нагревателей закрытой конструкции [4] горение газа происходит в горелке и частично в излучающей трубе. Средняя температура поверхностей излучающих труб в различных типах и моделях закрытых трубчатых инфракрасных нагревателей находится в пределах от 550 до 180°C. Такие нагреватели выпускаются в настоящее время рядом известных мировых компаний и фирм: ROBERTS GORDON и DETROIT RADIANT PRODUCTS (США), SYSTEMA, CARXIE-UKLIMA и FRACCARO (Италия), GO GAS (Германия), SOLARONICS (Франция), ADRIAN (Словакия), PAKOLE (Венгрия) и др. Выпускаемые ими нагреватели имеют одинаковую принципиальную схему, но отличаются друг от друга конструктивными и рабочими параметрами.

Инфракрасные газовые нагреватели открытой и закрытой конструкции имеют немало достоинств и преимуществ по сравнению с известными традиционными устройствами для отопления производственных помещений [4]. Вместе с тем и те и другие конструкции инфракрасных нагревателей имеют весьма существенный недостаток. При их работе образуется значительное количество конвективного тепла (нагретого воздуха). Поскольку инфракрасные нагреватели подвешиваются обычно вверх под потолком помещения (на расстоянии примерно 1 м от него), то это конвективное тепло практически не участвует в обогреве рабочей зоны. При этом нагретый воздух поднимается вверх под кровлю помещения и бесполезно теряется, что снижает тепловую эффективность используемых инфракрасных нагревателей.

При работе нагревателей открытой конструкции кроме того имеет место выжигание кислорода и высушивание воздуха во внутренней части помещения. При этом отсутствуют специальные системы для отвода продуктов сгорания газа и предупреждения их возможного неблагоприятного воздействия на организм человека. Вместе с этим настоящая статья посвящается совершенствованию нагревателей закрытой конструкции.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью настоящего исследования является повышение тепловой эффективности инфракрасных газовых нагревателей закрытой конструкции, используемых для зонального обогрева, а также снижение расходов газа на отопление производственных помещений в Украине.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При работе инфракрасных нагревателей имеют место две составляющие теплоотдачи: лучистая и конвективная. Уравнение теплового баланса этих нагревателей может быть записано в виде:

$$Q_0 = Q^n + Q^k, \quad (1)$$

где Q_0 – тепловая мощность нагревателя; Q^n – лучистая составляющая теплоотдачи; Q^k – конвективная составляющая теплоотдачи.

Лучистая составляющая, т.е. количество теплоты, отдаваемой излучателем в рабочую зону помещения, согласно закону Стефана-Больцмана, определяется по формуле

$$Q_{1-2}^n = C_0 \cdot \xi_{1-2} \cdot H_{1-2} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right], \quad (2)$$

где $C_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела; ξ_{1-2} – приведенная степень черноты участвующих в теплообмене поверхностей 1 и 2; H_{1-2} – взаимная площадь излучения поверхностей 1 и 2, м^2 ; T_1 – средняя температура излучающей поверхности, К; T_2 – температура тепловоспринимающей поверхности, К.

Приведенная степень черноты участвующих в теплообмене поверхностей определяется соотношением

$$\xi_{1-2} = \left[1 + \left(\frac{1}{\xi_1} - 1 \right) \frac{H_{1-2}}{F_1} + \left(\frac{1}{\xi_2} - 1 \right) \frac{H_{1-2}}{F_2} \right]^{-1}, \quad (3)$$

где ξ_1 – степень черноты излучающей поверхности; ξ_2 – степень черноты облучаемой поверхности; F_1 – площадь поверхности излучения, м^2 ; F_2 – площадь облучаемой поверхности, м^2 .

Величина конвективной составляющей теплоотдачи может быть оценена с использованием известного выражения

$$Q_k = \alpha \cdot F \cdot \Delta t, \quad (4)$$

где α – конвективный фактор теплоотдачи, Вт/см²; F – площадь поверхности теплоотдачи, м²; Δt – разность температур теплоотдающей поверхности и воздуха, окружающего нагреватель, °С.

Для нагревателей закрытой конструкции конвективный фактор теплоотдачи между стенкой трубы и воздухом окружения (α) примерно равен 12-15 Вт/см².

Вдоль оси трубчатого нагревателя, начиная от горелки, температура поверхности излучателя изменяется от максимального значения (на расстоянии примерно 1-2 м от горелки) до минимального в конце трубы. В связи с этим и меняется разность температур (Δt). Для проведения ориентировочных расчетов в формулу (4) можно подставлять

$$\Delta t = t_{cp} - t_b, \quad (5)$$

$$\text{где } t_{cp} = \frac{t_n + t_k}{2}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

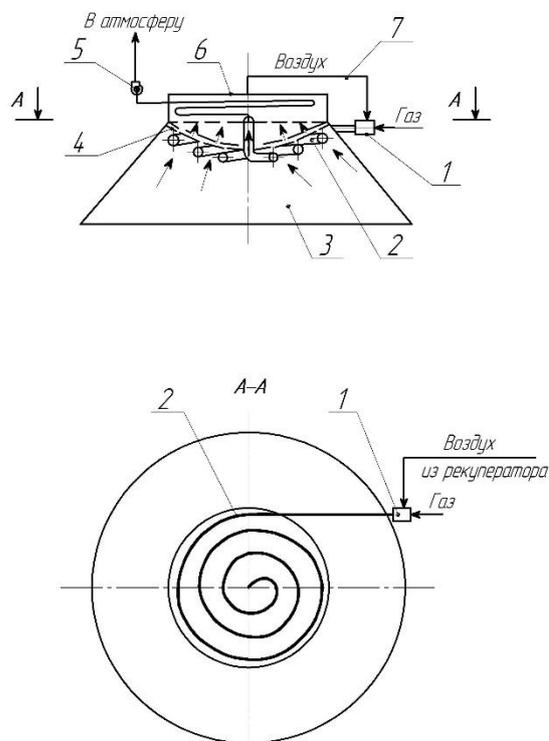
t_n – температура поверхности в начале излучающей трубы, °С; t_k – температура поверхности в конце излучающей трубы, °С; t_b – температура воздуха, окружающего нагреватель, °С.

При выполнении более точных расчетов величина температуры излучающей поверхности трубы по длине нагревателя может быть подсчитана по методике, разработанной в ХНУСА [5].

Многочисленные подсчеты с использованием упомянутых выше формул и методики показали, что у многих выпускаемых сегодня конструкций инфракрасных трубчатых нагревателей доля конвективной теплоотдачи составляет 22÷32 %. При этом доля лучистой составляющей их теплового баланса находится в пределах от 50 до 60%, а потерь тепла с уходящими продуктами – от 6 до 9%. Такие возможные существенные конвективные потери тепла снижают тепловую эффективность инфракрасных трубчатых нагревателей. В связи с этим чрезвычайно важной задачей в настоящее время является максимальное снижение этих конвективных тепловых потерь.

С целью повышения тепловой эффективности инфракрасных нагревателей закрытой конструкции, используемых для зонального обогрева производственных

помещений, Харьковским национальным университетом строительства и архитектуры разработана схема нового энергоэффективного газового нагревательного прибора, представленная на рис. 1.



1 – газовая горелка; 2 – трубчатый излучатель; 3 – боковая часть отражателя тепловых потоков; 4 – двухслойная перфорированная часть отражателя тепловых потоков; 5 – вентилятор; 6 – газоздушный рекуператор; 7 – воздухопровод
Рис. 1. Схема нового энергоэффективного инфракрасного газового трубчатого нагревателя закрытой конструкции.

Представленный на этом рисунке нагреватель удостоен Патента Украины на изобретение № 104043 [6]. В основу этого изобретения положена идея повышения энергоэффективности инфракрасного нагревателя за счет использования конвективного тепла и части тепла продуктов сгорания после излучателя для подогрева воздуха, который обеспечивает процесс сгорания топлива в горелке, а также за счет концентрации лучистой энергии в ограниченном пространстве и выравнивания температурного поля в плоскости нагревателя.

В новом нагревателе эта задача решается за счет того, что трубчатый излучатель выполнен компактно в виде спирали,

над которой расположены последовательно двухслойная вогнутая перфорированная часть отражателя тепловых потоков и газовоздушный рекуператор, соединенный с трубчатый излучателем, например, в центре спирали, а с помощью воздухопровода подключенный к газовой горелке. Боковая часть отражателя тепловых потоков выполнена в виде усеченного конуса, соединенного с помощью отверстий с рекуператором.

Предложенный нагреватель фактически состоит из двух систем: газовой и воздушной. Газовая система создает энергию теплового излучения, конвективную энергию и тепловую энергию продуктов сгорания после излучателя, а воздушная система использует конвективную тепловую энергию нагревателя и часть тепловой энергии продуктов сгорания после излучателя для подогрева воздуха, который обеспечивает процесс сгорания топлива в горелке.

Газовая система включает в себя горелку 1 (рис. 1), трубчатый излучатель 2, выполненный компактно в виде вогнутой спирали, газовоздушный рекуператор 6 и вентилятор 5. В газовой системе создается разрежение между горелкой 1 и вентилятором 5 с помощью последнего. В горелке 1 готовится и зажигается газовоздушная смесь, а продукты ее сжигания движутся от периферии к центру спирального трубчатого излучателя 2, где с его поверхности излучается тепловая энергия, а также осуществляется конвективный теплообмен с окружающим воздухом. Далее продукты сгорания поступают в газовоздушный рекуператор 6, где максимально охлаждаются за счет теплообмена с окружающим воздухом и вентилятором отводятся за пределы отапливаемого помещения в окружающую среду. Таким образом, в предложенной газовой системе нового инфракрасного нагревателя обеспечивается использование максимального количества тепла продуктов сгорания. Компактно выполненный в виде выпуклой спирали излучатель 2 концентрирует лучистую энергию в зоне спирали. Такая концентрация лучистой энергии и наличие взаимного частичного ее обмена между витками спирали излучателя 2

обеспечивают выравнивание температурного поля в плоскости излучателя. В целом компактное исполнение излучателя в виде спирали обеспечивает повышение равномерности обогрева поверхностей в рабочей зоне помещения. Исполнение спирали излучателя 2 вогнутой формы способствует прямому поступлению максимального количества лучистой энергии в зону обогрева. Величина этой зоны ограничивается боковой частью 3 отражателя тепловых потоков, выполненной в виде конуса, угол которого зависит от мощности излучателя 2 и расстояния до поверхности обогрева. Двухслойная перфорированная вогнутая часть 4 отражателя тепловых потоков обеспечивает прохождение воздуха через перфорированные отверстия и отражение максимального количества лучистой энергии излучателя 2, направленной в сторону части 4 отражателя тепловых потоков. Это повышает эффективность использования лучистой энергии излучателя 2.

Воздушная система включает в себя перфорированную часть 4 отражателя тепловых потоков, газовоздушный рекуператор 6, объем под газовоздушным рекуператором, воздухопровод 7 и газовую горелку 1. Объем под рекуператором 6 образован боковой частью 3 отражателя тепловых потоков, выполненного в виде усеченного конуса и с помощью отверстий соединенного с рекуператором 6. В воздушной системе между упомянутым объемом и газовой горелкой поддерживается разрежение с помощью вентилятора 5 и эжекторной горелки 1. Конвективный теплообмен излучателя 2 и частей 3 и 4 отражателя тепловых потоков осуществляется с воздухом, который поступает в созданный объем из прилегающего окружающего пространства и под влиянием разрежения движется, последовательно омывая трубу излучателя 2 и двухслойную перфорированную часть 4 отражателя тепловых потоков, до рекуператора 6. Подогретый за счет конвективного теплообмена воздух поступает в газовоздушный рекуператор 6, где отбирает часть тепла от продуктов сгорания после излучателя 2, которые затем отводятся за пределы помещения в окружающую среду. После рекуператора 6

нагретый воздух по воздухопроводу 7 поступает в газовую горелку 1. Таким образом, воздушная система обеспечивает использование конвективной тепловой энергии от излучателя 2 и от частей 3-4 отражателя тепловых потоков, а также части тепла от продуктов сгорания после излучателя 2, для подогрева воздуха, который обеспечивает горение топлива в горелке 1. Это повышает эффективность процесса сгорания топлива в горелке 1 и значительно уменьшает затраты тепла на обогрев зоны помещения.

Описанный новый инфракрасный нагреватель может быть эффективно использован не только для зонального обогрева, но и для отопления в целом различных помещений производственного и другого назначения.

ВЫВОДЫ

1. Предложен новый (на уровне изобретения) инфракрасный газовый нагреватель для зонального отопления в помещениях с большими и средними размерами, обладающий более высокой тепловой эффективностью по сравнению с существующими нагревательными приборами и меньшими расходами газа на обогрев.

2. Создание и широкое освоение на практике предложенного нового энергоэффективного инфракрасного газового

нагревателя позволит существенно снизить расходы газа в Украине на отопление производственных зон либо помещений в целом.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Газовые инфракрасные излучатели EUCERAMIC. [Электронный ресурс]. Италия: CARLEIUKLIMA. Режим доступа: www.carlieuklima.it, 2011. – 9 с.
2. Отопление в соответствии с вашими потребностями. США: DETROIT RADIANT PRODUCTS CO., Польша (Познань): ECO INSTAL. Проспект. 2009, – 8 с.
3. Инфракрасные излучатели «светлого типа» SUNRAD. [Электронный ресурс]. Италия: FRACCARO. Режим доступа: www.fraccaro.it, 2007, – 24 с.
4. Болотских Н.Н. Инфракрасное отопление производственных помещений. //Н.Н.Болотских// Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, Россия, Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, № 4. – 2011. — с. 27-32.
5. Болотских Н.Н. Совершенствование методики расчета систем отопления газовыми трубчатыми инфракрасными нагревателями. //Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, вип. 54, 2009. – с. 76-91.
6. Патент України на винахід № 104043 від 25.12.2013./ М.М. Болотських, М.С. Болотських, О.С. Сорокотяга. Власник: Харківський національний університет будівництва та архітектури, Бюл. № 24 від 25.12.2013, – 7 с.

УДК 697.3

Тарадай А.М., Яременко М.А., Чернокрылюк В.В., Есин Е.С.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В УКРАИНЕ

Снижение потребления энергоресурсов всегда было важнейшей государственной задачей. Особое значение она приобрела в нынешней политической ситуации, когда Российская Федерация практически прекратила поставки газа в Украину. Для грамотного решения задачи экономии

тепла следует исходить из величин фактических потерь основных составляющих системы теплоснабжения:

- жилые дома, здания соцкультбыта и админздания – до 60%;
- магистральные и распределительные тепловые сети – до 30%;
- источники тепла – до 10%.