

УДК 697.7

Болотских Николай Николаевич, канд. техн. наук
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ХНУСА), г. Харьков

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФРАКРАСНЫХ ГАЗОВЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЗОНАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Приведен анализ различных инфракрасных газовых нагревателей, используемых для зонального отопления, предложена схема нового энергоэффективного нагревателя.

Ключевые слова: инфракрасный нагреватель, зональное отопление, отражатель

УДК 697.7

Болотських Микола Миколайович, канд. техн. наук
Харківський національний університет будівництва і архітектури (ХНУБА), м. Харків

ВДОСКОНАЛЕННЯ ІНФРАЧЕРВОНИХ ГАЗОВИХ НАГРІВАЧІВ, ВЖИВАНІХ ДЛЯ ЗОНАЛЬНОГО ОПАЛЮВАННЯ

Наведено аналіз різноманітних інфрачервоних газових нагрівачів, які використовуються для зонального опалення, запропонована схема нового енергоефективного нагрівача.

Ключові слова: інфрачервоний обігрівач, зональне опалення, відбивач.

UDK 697.7

Bolotskykh Nikolay Nikolaevich, Cand. of Sc.
Kharkiv National University of Construction and Architecture (KhDTUBA), Kharkiv

IMPROVEMENT OF INFRARED GAS HEATERS USED FOR ZONE HEATING

The paper analyzes various infrared gas heaters used for zone heating, offers a new design of an energy-efficient heater.

Key words: infrared heater, zone heating, reflector.

Введение

В последние годы в мировой практике для отопления различных помещений больших и средних размеров все более широкое применение получают децентрализованные лучистые системы на базе газовых инфракрасных нагревателей. Эти системы в отапливаемых помещениях лучистым путем обогревают поверхности, а не объемы воздуха. Такая особенность и 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 совершенствования и повышения их энергоэффективности. Для ее решения в настоящей статье приведен ряд конкретных предложений.

Целью настоящей статьи является повышение эффективности газовых инфракрасных нагревателей и снижение расхода газа на отопление.

Основная часть

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 газозадушной 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. Например, компания CARLIEUKLIMA (Италия) выпускает нагреватели EUCERAMIC industry HE (рис. 1) с тепловой мощностью от 8,1 до 54,2 кВт [1].

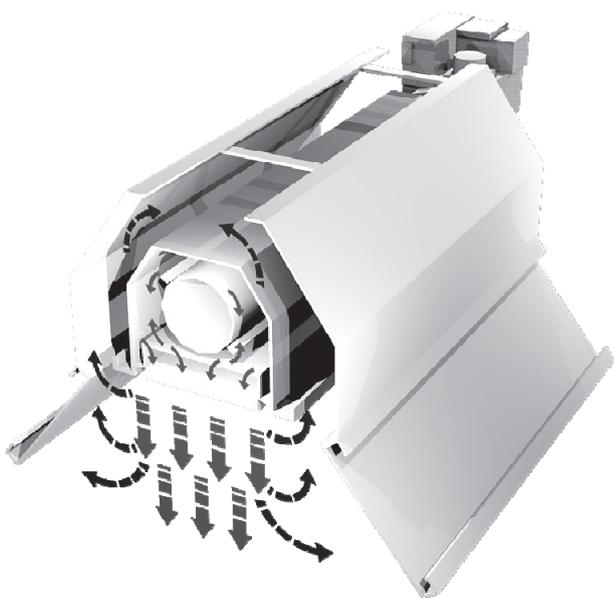


Рис. 1. Устройство и схема работы открытого газового инфракрасного нагревателя серии EUCERAMIC industry HE.

У этих нагревателей в качестве излучающих элементов используются альвеолярные керамические пластины. Благодаря высокой температуре нагрева и специальной структуре керамических пластин обеспечивается полное сгорание газовой смеси. Такой принцип работы обеспечивает выделение большого количества тепла и соблюдение строгих норм экологической безопасности.

Компания DETROIT RADIANT PRODUCTS CO (США) для зонального обогрева выпускает специальные керамические

нагреватели открытой конструкции серии DR с тепловой мощностью от 1,8 до 34,2 кВт [2]. Эти нагреватели используются преимущественно в высоких зданиях с большим воздухообменом.

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]. Эти нагреватели также используются для обогрева открытых площадок (платформ, полуоткрытых производственных участков и разгрузочно-погрузочных площадок).

Анализ упомянутых выше и других выпускаемых в настоящее время инфракрасных газовых нагревателей открытой конструкции показывает, что им свойственны следующие достоинства:

- высокая эффективность (экономия до 40-60% по сравнению с традиционными технологиями);
- низкие инвестиционные затраты;
- быстрый запуск и выход на заданную мощность;
- бесшумность в работе;
- потребность в техобслуживании практически мала либо вообще отсутствует благодаря использованию высококачественных материалов в их производстве;
- надежность в работе;
- возможность отопления помещений с высокими потолками и плохой терморегуляцией.

Вместе с тем газовые инфракрасные нагреватели открытой конструкции имеют ряд недостатков:

- отсутствие в конструкциях нагревателей специальных систем для отвода продуктов полного и неполного сгорания газа и предупреждения их возможного неблагоприятного воздействия на организм человека;
- возможность их использования только в высоких промышленных зданиях с большим воздухообменом (необходимо удалять из помещения не менее 10 м³ воздуха в час на каждый кВт установленной мощности используемых для целей обогрева нагревателей);
 - выжигание кислорода и высушивание воздуха во внутренней части помещения, что вызывает необходимость постоянного обеспечения естественного либо искусственного воздухообмена;
 - относительная пожароопасность;

– образующееся конвективное тепло (нагретый воздух) при работе нагревателей открытой конструкции поднимается вверх под кровлю помещения и бесполезно теряется, чем снижается их тепловая эффективность.

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 °С.

Принципиальная схема линейного трубчатого газового нагревателя, используемого для зонального инфракрасного обогрева в производственных помещениях, приведена на рис. 2.

Такие короткие (от 6 до 25 м) инфракрасные трубчатые нагреватели для целей зонального обогрева выпускаются в настоящее время рядом известных мировых компаний и фирм: ROBERTS GORDON и DETROIT RADIANT PRODUCTS (США), CARLIEUKLIMA и FRACCARO (Италия), GO GAS (Германия), SOLARONICS (Франция), ADRIAN (Словакия), PAKOLE (Венгрия) и др. Выпускаемые ими нагреватели закрытого типа имеют одинаковую принципиальную схему, но отличаются друг от друга как по конструкции так и по их параметрам.

Проведенный анализ нагревателей закрытой конструкции, выпускаемых в настоящее время, позволил выявить ряд присущих им достоинств:

- низкие расходы тепла на отопление, благодаря особенностям формирования лучистого теплового режима и гибкости управления (расход тепла за отопительный период по сравнению с традиционными системами отопления может быть ниже в 1,5–2 раза);
- высокий уровень тепловой комфортности в рабочей зоне помещения при их эксплуатации;
- малая подвижность воздуха в помещении, отсутствие сквозняков и переносов пыли;
- малая инерционность (15–30 минут).

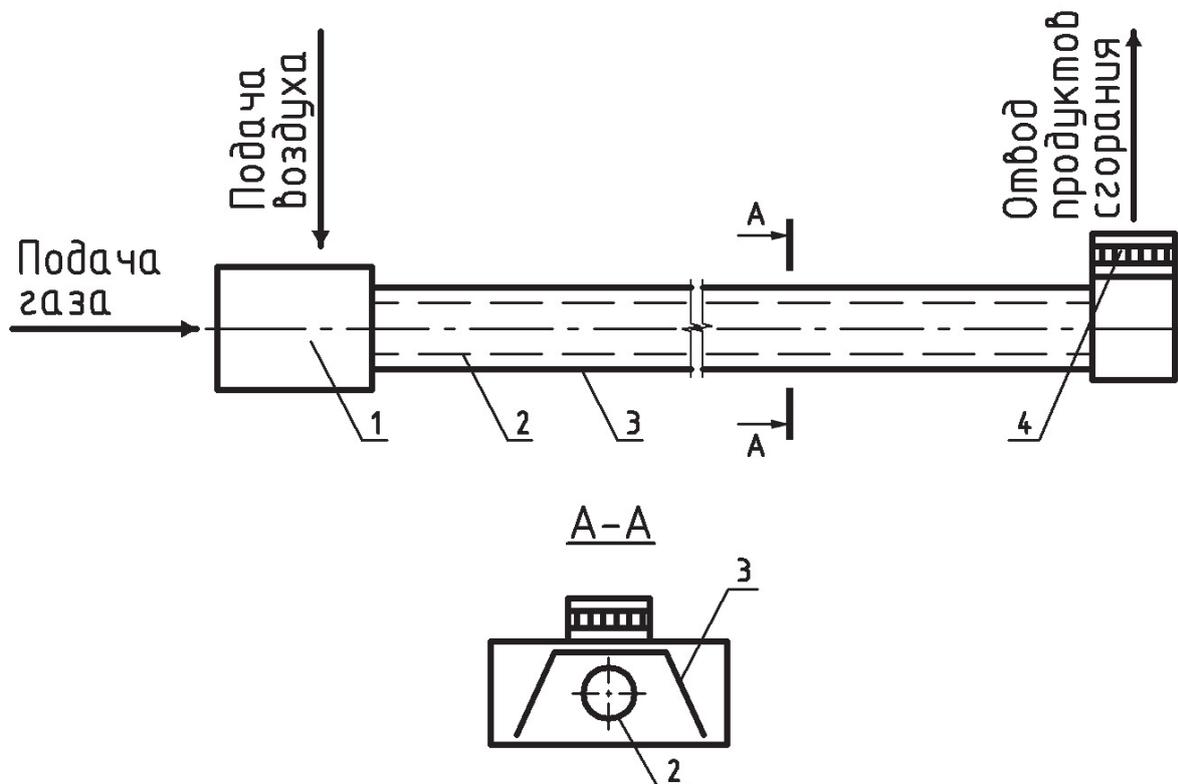


Рис. 2. Принципиальная схема линейного трубчатого газового инфракрасного нагревателя:
 1 – блок газовой горелки; 2 – излучающая труба;
 3 – рефлектор; 4 – блок отвода продуктов сгорания

Инфракрасные нагреватели закрытой конструкции имеют также следующие недостатки:

- неравномерность излучения тепловой энергии по длине нагревателя, что приводит к неравномерности обогрева зоны отопления;
- использование в большинстве конструкций нагревателей для процесса горения газа воздуха с температурой окружающего пространства, что снижает эффективность сжигания топлива;
- наличие существенных потерь конвективной тепловой энергии в окружающее их пространство, что снижает эффективность использования тепловой энергии в таких нагревательных приборах.

Последний недостаток поясним более подробно. Ряд фирм-производителей трубчатых инфракрасных нагревателей в своих каталогах нередко указывают, что весь тепловой поток от нагревательных приборов в отапливаемое помещение передается только излучением. Такое утверждение ошибочно. При работе таких нагревателей всегда имеют место как лучистая, так и конвективная составляющая проходящего теплообмена. Излучающая труба отдает тепло в виде электромагнитных волн длиной 6–12 микрон во всех направлениях, в том числе и вверх (около 50 %). При наличии рефлектора большая часть из этого излучения поступает в рабочую зону отапливаемого помещения непосредственно либо путем многократного (вторичного) отражения. Воздух, находящийся вблизи нагревателя, особенно вблизи его излучающей трубы, нагревается и благодаря разности удельных весов стремится переместиться вверх. Роль рефлектора в данном случае заключается не только в том, чтобы отражать излучаемое трубой тепло, но и преграждать путь движению потока нагретого воздуха вверх, а также уменьшать скорость его движения, снижать этим самым конвективную теплоотдачу нагревателя. Образующееся конвективное тепло, т.е. теплый воздух, "выходя за берега" рефлектора, устремляется вверх (рис. 3) и тем самым нагревает верхнюю (не рабочую) зону помещения, находящуюся между нагревателем и кровлей помещения.

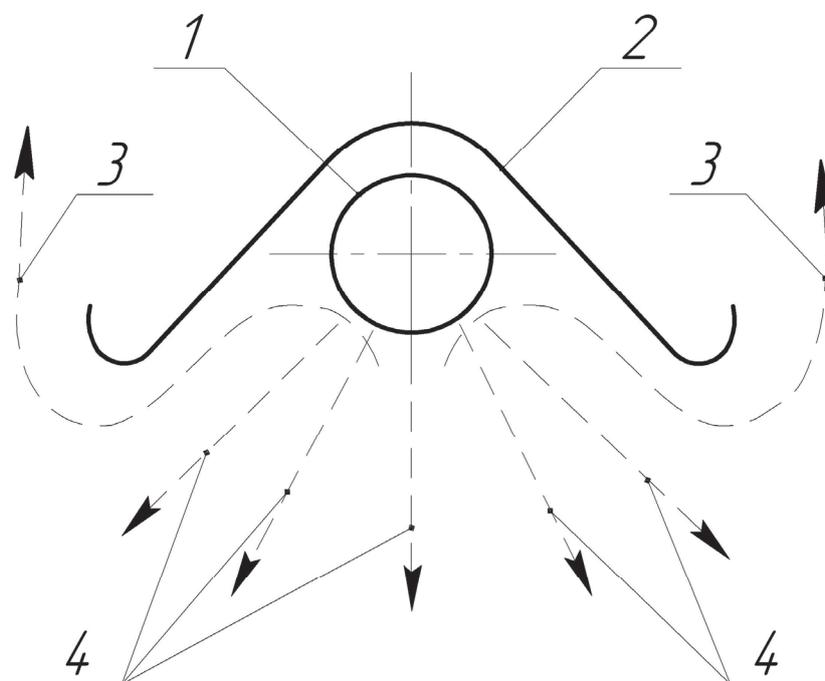


Рис. 3. Схема движения потоков лучистого и конвективного тепла при работе трубчатого нагревателя: 1 – излучающая труба; 2 – рефлектор (отражатель); 3 – линии движения конвективно нагретого воздуха; 4 – линии движения тепла излучения

Исследованиями установлено, что объемы конвективного тепла в общем тепловом балансе у большинства конструкций трубчатых инфракрасных нагревателей значительны.

Известно, что конвективная теплоотдача нагревателя в отапливаемое помещение (Q_k) состоит из тепла, передаваемого конвективным путем наружной поверхностью излучающей трубы (Q_k^T) и отражателя вместе с горелкой (Q_k^O), т. е.

$$Q_k = Q_k^T + Q_k^O. \quad (1)$$

Эта конвективная составляющая теплоотдачи передается воздуху, окружающему трубчатый нагреватель, подвешенный чаще всего вверху помещения на расстоянии около 1 м от его потолка.

Величина этой теплоотдачи может быть оценена с использованием известного выражения

$$Q_k = \alpha \cdot F \cdot \Delta t, \quad (2)$$

где α – конвективный фактор теплоотдачи, Вт/см²;

F – площадь поверхности теплоотдачи, м²;

Δt – разность температур теплоотдающей поверхности и воздуха, окружающего нагреватель, °С.

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). Величина температуры излучающей поверхности трубы по длине нагревателя может быть с достаточной степенью точности 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 пепла 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 является максимальное снижение этих конвективных тепловых потерь.

С целью устранения большинства упомянутых выше недостатков инфракрасных газовых нагревателей, используемых для зонального обогрева в помещениях больших и средних размеров, Харьковским национальным университетом строительства и архитектуры предложена схема нового энергоэффективного газового трубчатого нагревательного прибора, представленная на рис. 4.

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

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 газоздушный рекуператор, соединенный с трубчатым 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.

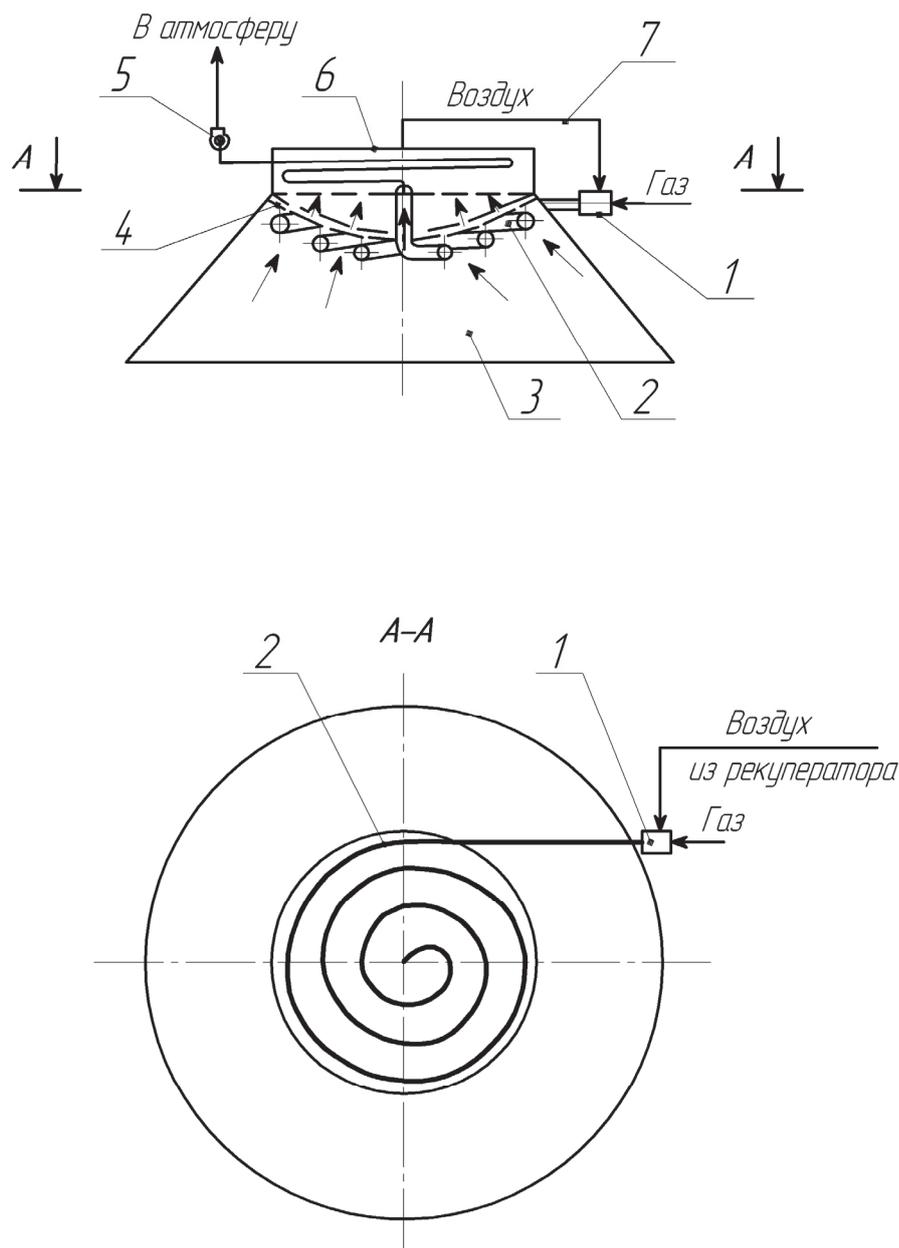


Рис. 4. Схема нового энергоэффективного инфракрасного газового трубчатого нагревателя закрытой конструкции: 1 – газовая горелка; 2 – трубчатый излучатель; 3 – боковая часть отражателя тепловых потоков; 4 – двухслойная перфорированная часть отражателя тепловых потоков; 5 – вентилятор; 6 – газоздушный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

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. 4), трубчатый излучатель 2, выполненный компактно в виде вогнутой спирали, газоздушный 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 газоздушная 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 газоздушный рекуператор 6, где максимально охлаждается 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, газоздушный рекуператор 6, объем под газоздушным 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 газоздушный 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.

В целом предложенная конструкция нового инфракрасного газового нагревателя обеспечивает:

- повышение эффективности обогрева помещений за счет концентрации лучистой энергии и выравнивания температурного поля в плоскости излучателя;
- повышение эффективности процесса сгорания топлива в горелке путем использования энергии конвективного теплообмена в нагревателе и части тепла продуктов сгорания после излучателя для подогрева воздуха, подаваемого в газовую горелку;
- повышение эффективности нагревателя за счет снижения затрат тепловой энергии, а следовательно, и сокращение расхода газа на обогрев 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 энергоэффективностью 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.

Список литературы

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.

References

1. CARLEIUKLIMA (2011), "Gas infrared radiators EUCERAMIC" ["Gazovye infrakrasnye izluchатели EUCERAMIC"], 9 p., available at: www.carlieuklima.it
2. DETROIT RADIANT PRODUCTS CO. (2009), *Heating according to your needs*. /Otoplenie v sootvetstvii s vashimi potrebnostjami. SshA]: Booklet, ECO INSTAL, Poznan (Poland), 8 p.
3. FRACCARO, (2007), Italy, "Infrared "light-type" radiators SUNRAD" ["Infrakrasnye izluchатели "svetlogo tipa" SUNRAD"], 24 p. available at: www.fraccaro.it.
4. Bolotskih N. N. (2011), "Infrared heating of industrial premises" [Infrakrasnoe otoplenie proizvodstvennyh pomeshhenij] // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova, Rossiya, Belgorod: BGTU im. V.G. Shuhova, № 4. – 2011. – P. 27–32.
5. Bolotskikh, N. N. (2009), "Improvement of the method of calculation of heating systems of gas tube infrared heaters" ["Sovershenstvovanie metodiki rascheta sistem otopleniya gazovymi trubchatymi infrakrasnymi obogrevatelyami"], *Naukovy visnyk Budivnytstva*, KhDTUBA, KhOTV ABU, Kharkiv, issue 54, P. 76-91
6. Bolotskykh, M.M., Sorokotiaga, O.S., Invention Patent of Ukraine No. 104043 dd. 25.12.2013, holder: Kharkiv National University of Construction and Architecture [Patent Ukraini na vinahid № 104043 vid 25.12.2013./ M. M. Bolotskih, M. S. Bolotskih, O. S. Sorokotjaga. Vlasnik: Kharkivskiy nazionalnyj universitet budivnitsva ta arhitektury] //Bul. No. 24 dd. 25.12.2013, 7 p.
6. Patent Ukraini na vinahid № 104043 vid 25.12.2013./ M.M. Bolotskih, M.S. Bolotskih, O.S. Sorokotjaga. Vlasnik: Harkivs'kij nacional'nij universitet budivnictva ta arhitekturi, Bjul. № 24 vid 25.12.2013, – 7 p.

Поступила в редакцию 14.05 2014 г.