

УДК 697.7

Н. Н. БОЛОТСКИХ, кандидат технических наук, доцент, e-mail: kolya\_kurskii@mail.ru  
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (ХНУСА),  
г. Харьков

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЛЕНТОЧНЫХ ДВУХТРУБНЫХ ГАЗОВЫХ ИНФРАКРАСНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ

*Приведено описание схемы нового ленточного двухтрубного газового инфракрасного нагревателя*

**Ключевые слова:** инфракрасный нагреватель, газовая горелка, отражатель.

*Наведено опис схеми нового стрічкового двоох трубчастого газового інфрачервоного нагрівача*

**Ключові слова:** інфрачервоний нагрівач, газовий пальник, відбивач.

### Введение

Накопленный богатый, преимущественно зарубежный, опыт убедительно доказал, что для отопления средних и больших производственных помещений, выставочных павильонов, торгово-развлекательных комплексов, складских помещений, спортивных и других сооружений весьма эффективными являются энергосберегающие инфракрасные системы с использованием ленточных трубчатых газовых нагревателей.

Ленточные нагреватели представляют собой подвесные длинные закрытые трубные инфракрасные системы. Основными элементами их конструкций являются: горелочные блоки, теплоизлучающие трубные ленты и системы автоматического регулирования мощности и управления. Горелочный блок вместе с системой управления и контроля, вентилятором и дымоходом обычно располагаются за пределами обогреваемого помещения. Теплоизлучающая лента, находящаяся внутри помещения, представляет собой замкнутый контур, состоящий из каркаса с теплоизлучающими трубами диаметром 150, 200, 250, 300 или 400 мм, покрытыми сверху и по бокам специальными теплоизолирующими поверхностями. Теплоизлучающая лента может иметь различную длину и конфигурацию в зависимости от характеристики отапливаемого помещения и принятой в проекте схемы ее отопления.

Принцип действия ленточных инфракрасных нагревателей заключается в следующем. В горелочном блоке происходит сгорание топлива. Продукты сгорания принудительно с помощью 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.

Выпуском и поставкой на рынок Украины ленточных газовых инфракрасных нагревателей в настоящее время занимается ряд известных фирм и компаний мира, в частности: SYSTEMA, FRACCARO и CARLIEUKLIMA (Италия) и SCHULTE (Германия).

Компания SYSTEMA [1] выпускает ленточные газовые инфракрасные нагреватели ОНА трех моделей: ОНА 100, ОНА 200 и ОНА 400. Каждая модель этих нагревателей содержит в себе несколько различных версий. В частности, в модели ОНА 100 выпускаются излучатели двух версий: ОНА 100-50 и ОНА 100-100, в модели ОНА 200 – трех версий: ОНА 200-115, ОНА 200-150, ОНА 200-180 и, наконец, в модели ОНА 400 – четырех версий: ОНА 400-200, ОНА 400-250, ОНА 400-300 и ОНА 400-400.

Модули теплоизлучающих лент нагревателей ОНА выпускаются двух типов: М –

однотрубные с диаметром излучающей трубы 300 мм и U-двухтрубные с диаметрами излучающих труб 300 и 400 мм. Тепловая производительность нагревателей ОНА составляет  $50 \div 400$  кВт [2].

Фирма FRACCARO [2] выпускает ленточные газовые инфракрасные нагреватели типа GIRAD с четырьмя моделями генераторов тепла (горелок): GSR 50, GSR 100, GSR 200 и GSR 300, имеющих тепловую мощность в пределах от 75/50 до 200/300 кВт. Горелочный блок оснащен оригинальной газовой горелкой ECOMIX (Европейский патент № 94115945.1). Эта горелка состоит из ряда меньших по размерам горелок (от 4 до 21), работающих с наддувом.

Контур излучающих труб у этих нагревателей выпускается двух типов: однотрубный и двухтрубный. Диаметр труб составляет 200 или 300 мм. Предельная длина излучающего контура нагревателя GIRAD мощностью 300 кВт составляет 324 м (для однотрубного) и 162 м (двухтрубного).

Компания CARLIEUKLIMA [3,4] выпускает однотрубные и двухтрубные ленточные нагреватели 17 типоразмеров. Их мощность находится в пределах от 25 до 240 кВт. Диаметр излучающей трубы равен 315 мм. Длина однотрубного излучающего контура находится в пределах от 36 до 192 м, а двухтрубного – от 18 до 120 м.

Компания SCHULTE [5÷9] выпускает несколько моделей энергоэффективных ленточных газовых инфракрасных нагревателей: ETASTAR, ETASTAR TURBO, MAXISTAR, MAXI-TEMP и MINITEMP. Теплоизлучающие контуры – однотрубные и двухтрубные. Нагреватели компании SCHULTE имеют диаметры излучающих труб 200 и 250 мм. Максимальная длина теплоизлучающего контура составляет 90,5 м. Тепловые мощности нагревателей лежат в пределах от 18 до 160 кВт.

С помощью упомянутых выше ленточных инфракрасных газовых нагревателей можно надежно и эффективно отапливать большие и средние по размерам помещения практически любой конфигурации, создавая при этом в их рабочих зонах необходимый тепловой комфорт. На рис. 1, для примера, приведена одна из возможных схем инфракрасного отопления помещения с использованием двухтрубных ленточных газовых нагревателей.

Для достижения необходимого теплового комфорта, безусловно, требуется расходовать достаточное для работы инфракрасных нагревателей количество природного либо сжиженного газа. Но, к сожалению, в Украине собственных добываемых ресурсов газа в настоящее время недостаточно для покрытия всех потребностей народного хозяйства. Поэтому весьма актуальной на сегодня в нашей стране является проблема энергосбережения, в том числе и сокращения расходов газа.

С учетом этих обстоятельств и в связи с наметившейся в мире четкой тенденцией роста дефицита и стоимости энергоресурсов, весьма важно продолжить и далее работы по совершенствованию техники и технологии инфракрасного отопления различных помещений.

Настоящая статья посвящается совершенствованию ленточных двухтрубных инфракрасных нагревателей с целью дальнейшего повышения их тепловой эффективности и, соответственно, сокращения расходов газа при их эксплуатации.

### Цель исследования

Целью исследования является повышение эффективности работы ленточных двухтрубных газовых инфракрасных нагревателей и снижение расходов газа на отопление различных помещений.

### Основной материал

В практике отопления больших помещений наиболее часто применяются двухтрубные ленточные инфракрасные нагреватели. На рис. 2, для примера, представлена схема инфракрасного отопления помещения (поперечное сечение) с помощью одного двухтрубного ленточного нагревателя.

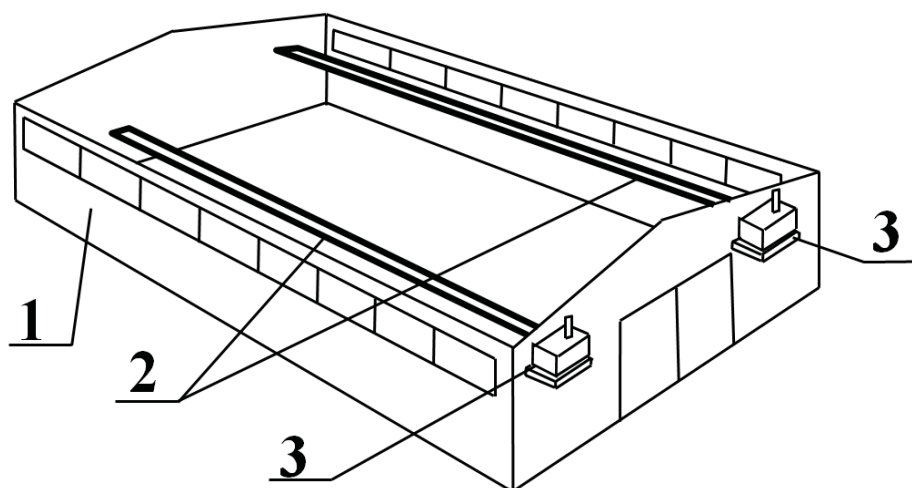


Рис. 1. Схема отопления производственного помещения с помощью двухтрубных ленточных инфракрасных газовых нагревателей: 1 – стены помещения; 2 – теплоизлучающие двухтрубные ленты; 3 – горелочные блоки

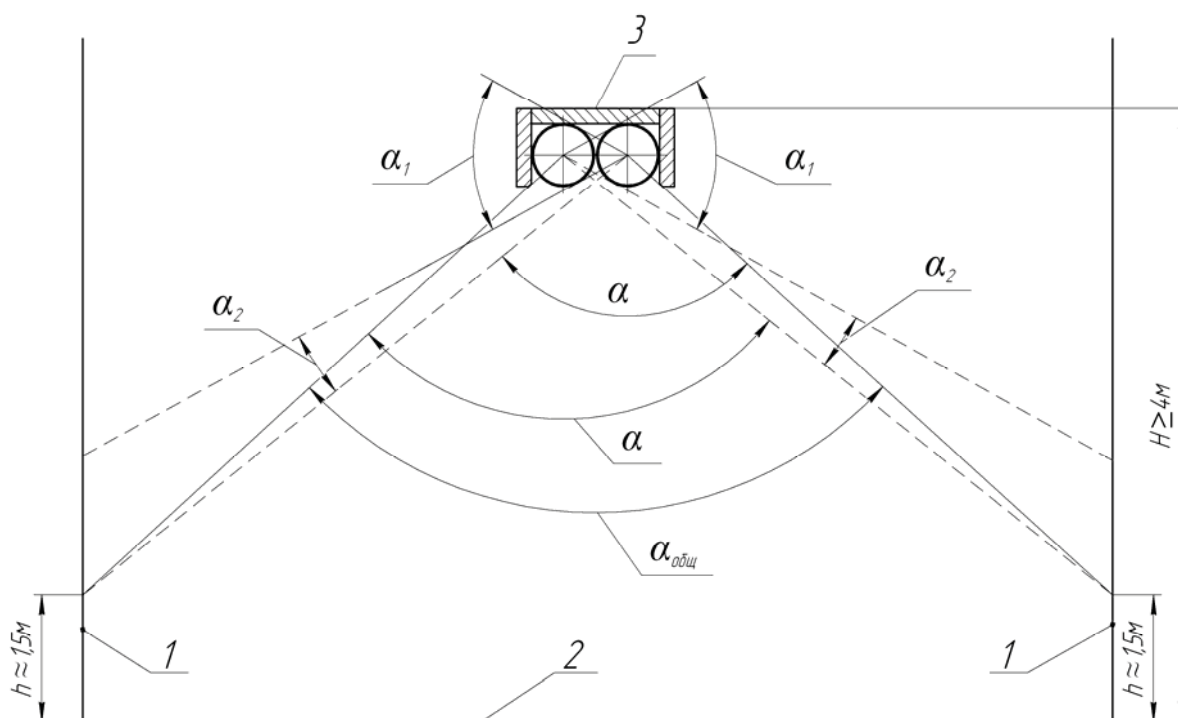


Рис. 2. Схема инфракрасного отопления помещения с помощью одного двухтрубного ленточного нагревателя: 1 – стена помещения; 2 – пол; 3 – ленточный двухтрубный инфракрасный нагреватель

Такая система отопления имеют следующие достоинства:

- значительная экономия энергоносителей (свыше 40 %) по сравнению с известными традиционными централизованными водяными и воздушными системами;
- высокий КПД горения (до 96 %);
- возможность отопления категорийных помещений, так как блок газовой горелки находится снаружи помещения;

- наличие "мягкого" теплового излучения, обусловленного сравнительно невысокими значениями температуры поверхностей излучающих труб;
- возможность быстрого выхода системы отопления на заданную мощность и прогрева помещения;
- удобство сервисного обслуживания;
- высокие надежность, безопасность и долговечность.

Несмотря на наличие этих достоинств и достигнутое достаточно высокое совершенство самих конструкций ленточных двухтрубных газовых инфракрасных нагревателей следует признать и то, что они также имеют ряд недостатков. Главными из них являются:

- неравномерность обогрева рабочих зон отапливаемых помещений, имеющих значительную длину, вследствие того, что интенсивность теплового излучения по длине ленточного нагревателя постепенно уменьшается от максимального значения в начале движения теплоносителя до минимального в конце;
- перераспределение части энергии теплоносителя от прямой ветви трубы, идущей от газовой горелки, к обратной, вследствие наличия значительного взаимного лучистого обмена, обусловленного наличием угла  $\alpha_1$  (рис. 2), снижающего эффективность использования теплоносителя в нагревателе и увеличивающего перепад интенсивности излучения на его противоположных концах;
- часть тепловой энергии, величина которой определяется наличием угла излучения  $\alpha_2$  (рис. 2), обусловленного конструктивными особенностями двухтрубного ленточного нагревателя, излучается за пределы заданных поверхностей обогрева и представляет собой неиспользованную тепловую энергию нагревателя, что снижает его эффективность;
- наличие затрат части энергии теплоносителя на конвективный теплообмен нагревателя с воздухом, находящимся в верхней части помещения (в нерабочей зоне), снижает его эффективность.

Для устранения этих недостатков необходимо решить следующие задачи: повысить тепловую эффективность нагревателя, обеспечить более равномерное распределение энергии теплоносителя по длине двойного ленточного излучающего контура, повысить эффективность использования энергии излучающих труб.

С этой целью в ХНУСА разработана схема нового энергоэффективного ленточного двухтрубного инфракрасного газового нагревателя [10], представленная на рис. 3.

В новом нагревателе эти задачи решаются следующим образом. В нагревателе между излучающими трубами предусмотрена специальная промежуточная панель теплоизоляции, которая исключает лучистый обмен между ними и вместе с боковыми панелями теплоизоляции формирует общий угол излучения к поверхностям обогрева, а по осям излучающих труб расположены радиально выполненные отражающие металлические панели, соединенные с помощью отверстий с промежуточной и боковыми панелями теплоизоляции, что создает два изолированных продольных объема. При этом в промежуточной панели предусмотрен продольный замкнутый воздушный канал, теплоизолированный только от трубы с большой тепловой мощностью и соединенный через вентилятор с горелкой газогорелочного блока, а также через отверстия в промежуточной панели с внешней средой в помещении, ограниченной отражающими панелями и отражателями тепловых потоков боковых панелей теплоизоляции.

Предложенная конструкция нового нагревателя (рис. 3) состоит из газогорелочного блока и двухтрубного ленточного излучающего контура, в котором между излучающими трубами расположена промежуточная панель теплоизоляции с продольным каналом, укрытым металлической стенкой со стороны трубы с меньшей тепловой мощностью. Под трубами двухтрубного излучателя находятся металлические ленточные отражающие панели, выполненные радиально и расположенные по осям труб излучателя, соединенные с помощью отверстий с промежуточной и боковыми панелями теплоизоляции, что создает два, изолированных между собой и от окружающей среды, продольных воздушных объема.

Воздушный канал, расположенный в промежуточной панели, с отверстиями, выполненными по его длине, а также патрубок и вентилятор, представляют собой воздушную систему, которая сообщает внешнюю среду, ограниченную боковыми отражателями потоков и отражающими металлическими панелями, с горелкой газогорелочного блока.

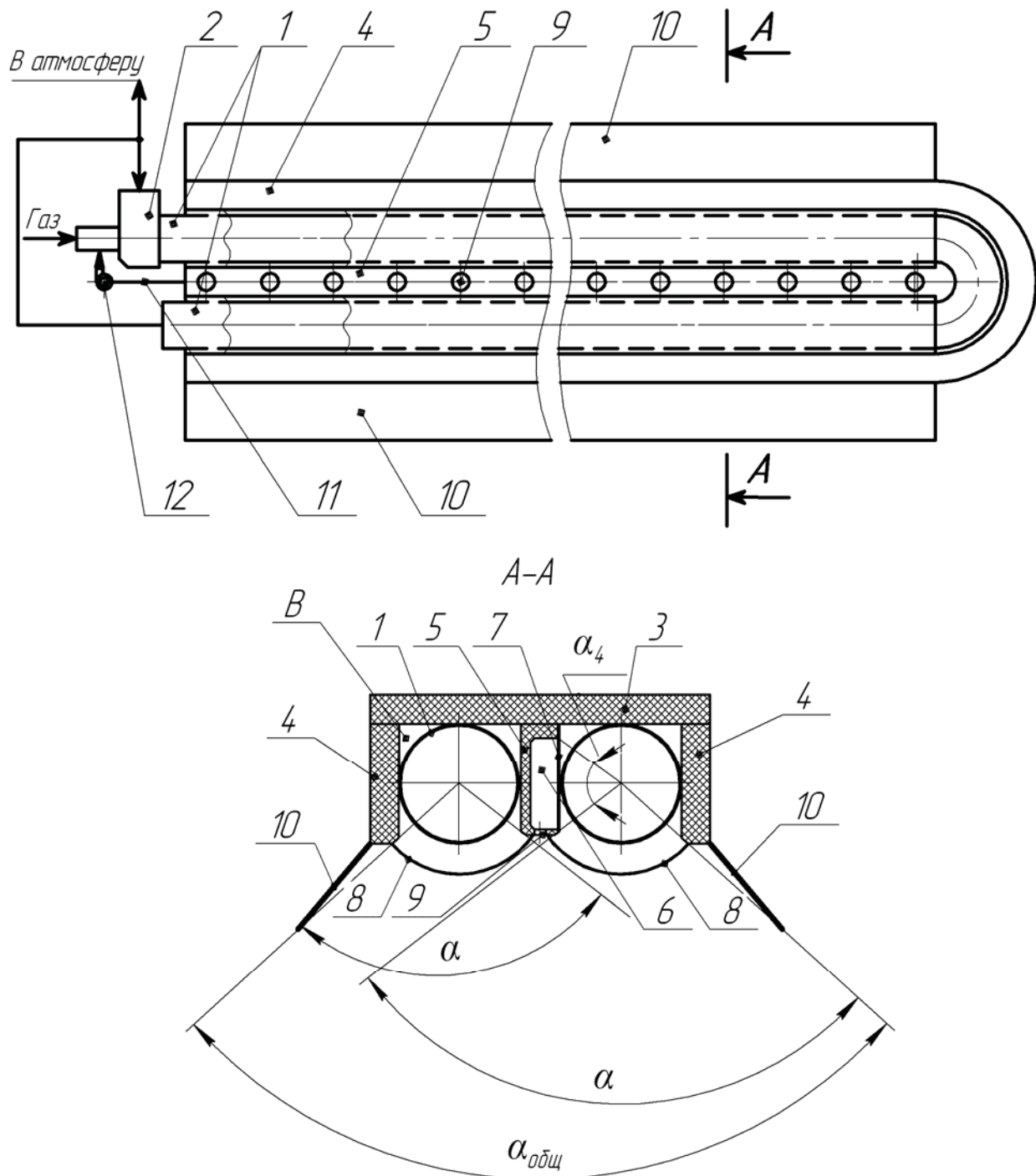


Рис. 3. Схема нового ленточного газового инфракрасного нагревателя с двойным теплоизлучающим контуром: 1 – двойной ленточный трубчатый излучатель; 2 – газогорелочный блок с горелкой, камерой рециркуляции, центробежным вентилятором и дымоходом; 3 – верхняя панель теплоизоляции; 4 – боковые панели теплоизоляции; 5 – промежуточная панель теплоизоляции; 6 – продольный воздушный канал; 7 – металлическая стенка канала; 8 – радиальные ленточные отражающие панели; 9 – отверстия в промежуточной панели; 10 – боковые отражатели тепловых потоков; 11 – патрубок; 12 – вентилятор

Основными функциями газогорелочного блока являются подготовка газоз воздушной смеси, ее зажигание и подача на вход в двухтрубный ленточный излучатель и одновременная подача в него части продуктов сгорания. Благодаря этому обеспечиваются необходимые рабочие параметры теплоносителя, который движется в спаренном трубчатом излучателе.

В предложенном новом нагревателе тепловая энергия теплоносителя участвует в двух этапах внешнего теплообмена. Первый – теплообмен спаренного трубчатого ленточного излучателя в двух изолированных между собой и от окружающей среды продольных объемах, созданных между трубами излучателя промежуточной и боковыми панелями теплоизоляции и ленточными отражающими металлическими панелями. На первом этапе теплообмена происходит повышение равномерности распределения энергии теплоносителя по длине излучающего контура и эффективности ее использования. Применение в конструкции нагревателя промежуточной панели исключило взаимный лучевой обмен между трубами спаренного излучателя, что привело к повышению эффективности использования в нем энергии теплоносителя.

Расположенные под трубами спаренного излучателя отражающие панели представляют собой преграду прямому излучению от труб излучателя до поверхностей обогрева. Исполнение этих отражающих панелей радиальными и расположение их по осям труб излучателя обеспечивают обратное излучение части тепловой энергии от внутренних поверхностей отражающих панелей непосредственно к трубам излучателя. Это позволяет ограничивать использование энергии излучения от ленточного излучателя на начальном от горелки участке трубопровода и обеспечивать более равномерное распределение тепловой энергии теплоносителя по его длине и соответственно нагревание металлических отражающих ленточных панелей.

Конвективный теплообмен с окружающим нагреватель воздухом осуществляется по периметру труб ленточного излучателя. Он протекает в двух продольных изолированных объемах и зависит от характера распределения температуры по их длине. При устойчивом режиме работы нагревателя конвективная тепловая энергия накапливается с воздухом в более нагретых частях этих изолированных объемов и затем распространяется по их длине. Это обстоятельство способствует повышению равномерности распределения конвективной тепловой энергии по длине ленточного излучателя и более равномерному конвективному теплообмену с отражающими ленточными панелями. Часть тепловой энергии теплоносителя, которая движется в обратной ветви излучающего трубопровода спаренного контура нагревателя, тратится на теплообмен через металлическую стенку в пределах угла  $\alpha_4$  (рис. 3) продольного воздушного канала с первичным воздухом, который подается в горелку газогорелочного блока и обеспечивает более полное сгорание топлива. Это повышает эффективность использования тепловой энергии теплоносителя в спаренном ленточном излучающем контуре и повышает эффективность нагревателя и, как следствие, снижает нагрузку теплоносителя (дымовых газов) на выходе из нагревателя. Второй этап теплообмена в нагревателе – внешний прямой лучистый и конвективный теплообмен металлических ограждающих панелей с окружающей средой. По сечению нагревателя тепловая энергия излучается к заданным поверхностям обогрева только от радиально выполненных металлических ограждающих панелей, расположенных по осям труб спаренного (двойного) излучателя. Это обеспечивается углами прямого излучения  $\alpha$  (рис. 3), которые формируются за счет расположения промежуточной и боковых панелей теплоизоляции относительно осей труб. При этом углы прямого излучения каждой трубы формируют общий угол излучения  $\alpha_{\text{общ}}$  от труб спаренного излучающего контура к поверхностям обогрева (рис. 3). Общий угол излучения обеспечивает более равномерное распределение тепловой энергии по сечению, которая излучается от прямой и обратной ветвей труб спаренного излучателя, что исключает излучение тепла за пределы поверхностей обогрева.



Во внешней среде, ограниченной боковыми отражателями и отражающими металлическими панелями, формируется сложный конвективный теплообмен. При наличии между ними перепада температур более нагретый воздух концентрируется в зоне отверстий и всасывается вентилятором в канал воздушной системы в количестве, необходимом для обеспечения сжигания топлива. Использование воздуха, подогретого в нагревателе конвективным путем, вместе со свежим воздухом, который подсасывается из внешней среды, повышает эффективность использования тепловой энергии теплоносителя в спаренном ленточном излучающем контуре.

В продольном воздушном канале также происходит интенсивный конвективный теплообмен воздуха с металлической стенкой. Этот воздух далее поступает через патрубок в вентилятор и в горелку газогорелочного блока. На выходе из продольного воздушного канала воздух имеет температуру близкую температуре продуктов сгорания, которые отводятся от обратной трубы спаренного излучателя в окружающую среду. Это существенно влияет на повышение эффективности процесса сгорания топлива в нагревателе.

Таким образом, в предложенной конструкции нового ленточного газового нагревателя обеспечивается повышение равномерности распределения энергии теплоносителя по его длине и эффективности сжигания топлива, а также эффективное использование энергии излучения для обогрева рабочей зоны отапливаемого помещения. Все это в конечном итоге повышает эффективность предложенного нагревателя и улучшает тепловой комфорт в рабочей зоне отапливаемого помещения.

### Выводы

На основании выше приведенного можно сделать следующие выводы:

1. Предложена схема нового газового нагревателя с двойным ленточным излучающим контуром для инфракрасного отопления помещений больших размеров, отличающегося от известных аналогов тем, что между излучающими трубами нагревателя располагается промежуточная панель теплоизоляции, которая исключает взаимный лучевой обмен между трубами и вместе с боковыми панелями теплоизоляции формирует общий угол излучения к поверхностям обогрева, а по осям излучающих труб расположены радиально выполненные отражающие панели, соединенные отверстиями с промежуточной и боковыми панелями теплоизоляции, что создает два изолированных продольных объема, при этом в промежуточной панели выполнен продольный замкнутый воздушный канал, теплоизолированный только от трубы с большой тепловой мощностью и соединенный с помощью вентилятора нагревателя с горелкой газогорелочного блока и через отверстия в промежуточной панели с внешней средой, ограниченной отражающими панелями и отражателями тепловых потоков, идущими от боковых панелей теплоизоляции.

2. Создание предложенного нового ленточного инфракрасного нагревателя и его освоение в практике обогрева помещений больших и средних размеров в Украине может позволить существенно повысить эффективность применяемых систем отопления и снизить расходы газа на эти цели.

### Список литературы

1. SYSTEMA. Каталог инфракрасного отопления. [Электронный ресурс]. Украина: Официальный представитель в Украине компания ООО "Санстор", Киев, Режим доступа: [www.systema-ukraine.com.ua](http://www.systema-ukraine.com.ua), 2013, – 56 с.
2. Система лучистого отопления промышленных площадей. Теплоизлучающая лента GI-RAD. Новое поколение. [Электронный ресурс]. Италия: FRACCARO. Режим доступа: [www.fraccaro.it](http://www.fraccaro.it), 2011, – 7 с.
3. Идеальное решение для обогрева больших и средних площадей. [Электронный ресурс]. Италия: CARLIEUKLIMA. Режим доступа: [www.carlieuklima.it](http://www.carlieuklima.it), 2010, – 7 с.
4. Излучение. Техническое руководство. [Электронный ресурс]. Италия: CARLIEUKLIMA. Режим доступа: [www.carlieuklima.it](http://www.carlieuklima.it), версия 0904, 2010. – 46 с.

5. ETASTAR TURBO 200. Das leistungs-stärkste Gerät der etastar-familie. [Электронный ресурс]. Deutschland, Ellrich: SCHULTE GmbH. Режим доступа: [www.schulte-gmbh.com/planerProdukte.est200.php](http://www.schulte-gmbh.com/planerProdukte.est200.php), 2013, – 3 с.

6. Hochleistung-strahler für besonders hohe und große Hallen. [Электронный ресурс]. Deutschland, Ellrich: SCHULTE GmbH. Режим доступа: [www.schulte-gmbh.com/endkunde.produkte.esrm.php](http://www.schulte-gmbh.com/endkunde.produkte.esrm.php), 2013, – 3 с.

7. Ringsystem für hohen Wärmedarf und großflächige Hallen. [Электронный ресурс]. Deutschland, Ellrich: SCHULTE GmbH. Режим доступа: [www.schulte-gmbh.com/endkunde.produkte.est-r.php](http://www.schulte-gmbh.com/endkunde.produkte.est-r.php), 2013, – 2 с.

8. Instrukcja montażu systemu spalinowego. [Электронный ресурс], Poznań: SCHULTE. Режим доступа: [www.schulte-Technika.Grzewcza.sp.z.o.o.](http://www.schulte-Technika.Grzewcza.sp.z.o.o.), 2013, – 11 с.

9. Hallenheizsysteme: Hallenheizung mit Dunkelstrahler. Schulte-Strahlungs - heizgerät MINI-TEMP für niedrigen Wärmebedarf und niedrige Hallen. [Электронный ресурс]. Deutschland, Ellrich: SCHULTE GmbH. Режим доступа: [www.schulte-gmbh.com/endkunde.produkte.esmt.php](http://www.schulte-gmbh.com/endkunde.produkte.esmt.php), 2013, – 2 с.

10. Патент України на винахід № 104528, МПК, F 23 Д 14/20, F 24 Д 15/00. «Пристрій для променевого опалювання приміщень з подвійним стрічковим випромінюючим моделем». //Болотських М. М., Болотським М. С., Сорокотяга О. С. Бюл. № 3, 10.02 2014.

## IMPROVEMENT OF RIBBON TWO-PIPE INFRARED GAS HEATERS

N. N. Bolotskykh, Candidate of Science, P. A.

Kharkiv National University of Construction and Architectures

*The paper presents the description of the structure diagram of the ribbon two-pipe infrared gas heater.*

**Key words:** *infrared heater, gas burner, reflector.*

1. SYSTEMA. Katalog infrakrasnego otopleniya. [Elektronnyj resurs]. Ukraina: Oficialnyj predstavitel v Ukraine kompaniya "SANSTOR", Kiew, Rezhim dostupa: [www.systema-ukraine.com.ua](http://www.systema-ukraine.com.ua), 2013, – 56 s.

2. Sistema luchistogo otopleniya promyshlennyh ploshhadej. Teploizluchajushhaja lenta GIRAD. Novoe pokolenie. [Elektronnyj resurs]. Italiya: FRACCARO. Rezhim dostupa: [www.fraccaro.it](http://www.fraccaro.it), 2011, – 7 s.

3. Ideal'noe reshenie dlja obogreva bol'shih i srednih ploshhadej. [Elektronnyj resurs]. Italiya: CARLIEUKLIMA. Rezhim dostupa: [www.carlieuklima.it](http://www.carlieuklima.it), 2010, – 7 s.

4. Izluchenie. Tehnicheskoe rukovodstvo. [Elektronnyj resurs]. Italiya: CARLIEUKLIMA. Rezhim dostupa: [www.carlieuklima.it](http://www.carlieuklima.it), versija 0904, 2010. – 46 s.

5. ETASTAR TURBO 200. Das leistungs-stärkste Gerät der etastar-familie. [Elektronnyj resurs]. Deutschland, Ellrich: SCHULTE GmbH. Rezhim dostupa: [www.schulte-gmbh.com/planerProdukte.est200.php](http://www.schulte-gmbh.com/planerProdukte.est200.php), 2013, – 3 с.

6. Hochleistung-strahler für besonders hohe und große Hallen. [Elektronnyj resurs]. Deutschland, Ellrich: SCHULTE GmbH. Rezhim dostupa: [www.schulte-gmbh.com/endkunde.produkte.esrm.php](http://www.schulte-gmbh.com/endkunde.produkte.esrm.php), 2013, – 3 с.

7. Ringsystem für hohen Wärmedarf und großflächige Hallen. [Elektronnyj resurs]. Deutschland, Ellrich: SCHULTE GmbH. Rezhim dostupa: [www.schulte-gmbh.com/endkunde.produkte.est-r.php](http://www.schulte-gmbh.com/endkunde.produkte.est-r.php), 2013, – 2 с.

8. Instrukcja montażu systemu spalinowego. [Elektronnyj resurs], Poznań: SCHULTE. Rezhim dostupa: [www.schulte-Technika.Grzewcza.sp.z.o.o.](http://www.schulte-Technika.Grzewcza.sp.z.o.o.), 2013, – 11 с.

9. Hallenheizsysteme: Hallenheizung mit Dunkelstrahler. Schulte-Strahlungs - heizgerät MINI-TEMP für niedrigen Wärmebedarf und niedrige Hallen. [Elektronnyj resurs]. Deutschland, Ellrich: SCHULTE GmbH. Rezhim dostupa: [www.schulte-gmbh.com/endkunde.produkte.esmt.php](http://www.schulte-gmbh.com/endkunde.produkte.esmt.php), 2013, – 2 с.

10. Patent Ukraїni na vinahid № 104528, MPK, F 23 D 14/20, F 24 D 15/00. «Pristrij dlya promenevogo opalyuvannya primiwen z podvijnym strichkovum viprominjuvachym modulem». //Bolots'kih M.M., Bolots'kih M.S., Sorokotyaga O.S. Bjul. № 3, 10.02.2014.

Поступила в редакцию 25.02 2014 г.