

УДК 697.7

Н. Н. БОЛОТСКИХ, канд. техн. наук

Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры,
г. Харьков**МУЛЬТИГОРЕЛОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ИНФРАКРАСНОГО ОТОПЛЕНИЯ С НЕПРЕРЫВНЫМИ ТЕПЛОИЗЛУЧАЮЩИМИ ТРУБАМИ**

Описаны новые мультигорелочные системы инфракрасного отопления с непрерывными теплоизлучающими трубами, рассмотрены особенности их рабочего режима, даны рекомендации по дальнейшему применению.

Ключевые слова: инфракрасное отопление, трубчатые нагреватели, интенсивность облучения.

Описано нові мультипальникові системи інфрачервоного опалення з безперервними тепловипромінюючими трубами, розглянуті особливості їхнього робочого режиму, дані рекомендації з подальшого застосування.

Ключові слова: інфрачервоне опалення, трубчасті нагрівачі, інтенсивність опромінення.

Введение

Отечественный и зарубежный опыт применения инфракрасных систем для отопления различных помещений с использованием газовых трубчатых нагревателей подтвердил их эффективность и перспективность дальнейшей широкой практической реализации. Особенно они хорошо себя зарекомендовали при отоплении помещений с высокими потолками и неэффективной теплоизоляцией: различные производственные здания и сооружения, железнодорожные депо, ангары, склады, станции технического обслуживания, закрытые рынки, демонстрационные залы, выставочные павильоны, концертные и спортивные залы, открытые площадки для отдыха, рестораны, кафе, бассейны, кинотеатры. В таких помещениях применение инфракрасных систем отопления существенно облегчает решение проблемы энергосбережения, которая в последнее время не только в нашей стране, но и во многих других странах мира стала одной из главнейших.

Цель исследования

Целью работы является описание наиболее совершенных и эффективных мультигорелочных инфракрасных систем с непрерывными теплоизлучающими трубами, используемых для отопления помещений больших размеров и сложной конфигурации, а также изучение особенностей их рабочего режима.

Основные результаты

При инфракрасном отоплении помещений больших размеров, особенно сложной конфигурации, наиболее эффективными являются мультигорелочные системы с непрерывными теплоизлучающими трубами. Такие системы обычно состоят из стандартных модулей [1] теплоизлучающих труб с рефлекторами и газовых горелок, из которых собирается любая конфигурация отопительной системы требуемой мощности. В этом случае к непрерывной теплоизлучающей трубе последовательно подсоединяются горелочные блоки. Таким образом создается мультигорелочная система инфракрасного газового отопления любой протяженности и конфигурации с обеспечением всех необходимых поворотов теплоизлучающей трубы, вызванных сложностью внутреннего контура отапливаемого помещения. Для облегчения создания таких систем фирмами-изготовителями выпускаются стандартные или унифицированные специальные колена, подсоединители и переходники, которые также оснащены рефлекторами. В результате с их помощью получается непрерывная теплоизлучающая труба сложной конфигурации с непрерывным рефлектором. Такая отопительная система особенно крайне необходима для отопления различных длинных производственных помещений.

Вся мультигорелочная система с любой конфигурацией ее непрерывной теплоизлучающей трубы снабжается централизованным отводом продуктов сгорания газа, при котором их удаление осуществляется одним вентилятором (дымососом).

При использовании такой системы покрытие тепловым излучением отапливаемых площадей обеспечивается одной либо несколькими ветвями непрерывных теплоизлучающих труб единой мультигорелочной системы. В таких мультигорелочных системах всегда имеют место: совместная работа нескольких газовых горелок на один теплоизлучающий трубопровод, единая централизованная система удаления продуктов сгорания и общее автоматизированное управление режимом работы.

Мультигорелочные инфракрасные системы с непрерывными теплоизлучающими трубами бывают трех модификаций: 1 – с одной ветвью непрерывной теплоизлучающей трубы, к которой подсоединены последовательно несколько газовых горелок; 2 – с несколькими параллельными ветвями непрерывных теплоизлучающих труб с последовательно подключенными к ним газовыми горелками; 3 – комбинированные системы.

На сегодняшний день на рынок Украины мультигорелочные инфракрасные отопительные системы с непрерывными теплоизлучающими трубами поставляют ряд ведущих зарубежных фирм-производителей и в первую очередь фирмы: DETROIT RADIANT PRODUCT (США), SOLARONICS (Франция), PAKOLE (Венгрия), FRACCARO (Италия) и другие.

Фирмой DETROIT RADIANT PRODUCT выпускаются мультигорелочные системы отопления с непрерывными теплоизлучающими трубами серии HLV (Рис. 1) на базе инфракрасных нагревателей RE-VERBER-RAY [2].

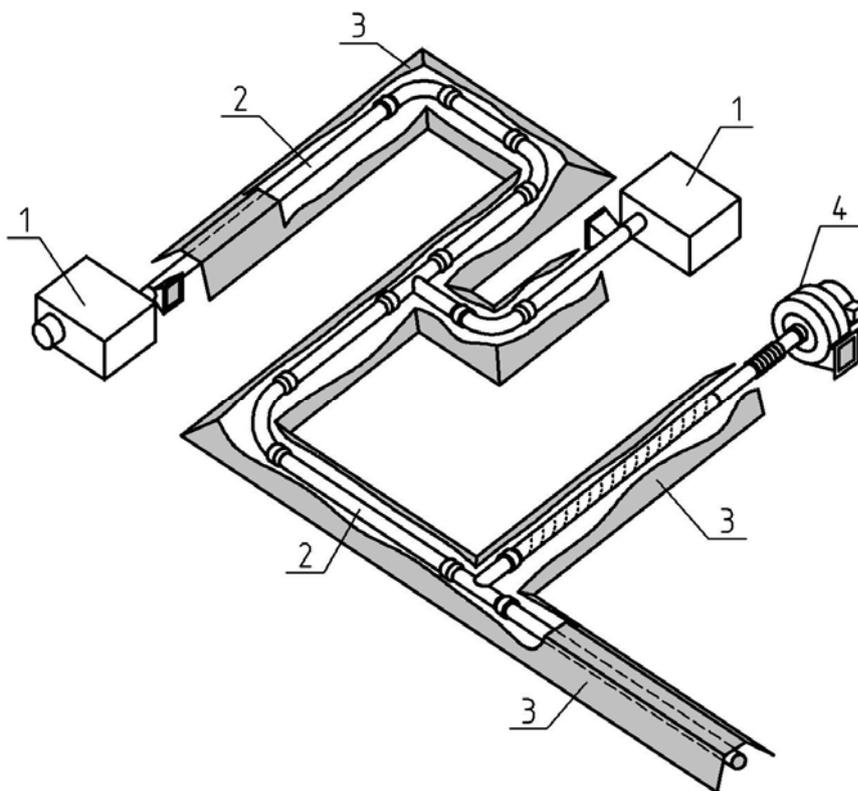


Рис. 1. Схема мультигорелочной системы инфракрасного отопления с непрерывной теплоизлучающей трубой: 1 – блок газовой горелки; 2 – теплоизлучающая труба; 3 – рефлектор; 4 – дымосос

В такой системе отопления предусмотрено использование до 6 газовых горелок и одного вытяжного вентилятора, что позволяет существенно сократить количество дымовых труб и увеличить эффективность работы всей системы.

Всего фирмой DETROIT RADIANT PRODUCT выпускается 16 типов мультигорелочных систем. Их суммарная мощность находится в пределах от 14,7 до 220 кВт. Например, мощность системы HLV – 200 составляет 200 кВт.

Все горелки этой серии имеют двухступенчатый режим работы. Это является наибольшим достижением в технологии выпуска трубчатых нагревателей инфракрасного излучения. Такие горелки могут работать как при полном пламени (100 % номинальной мощности), так и при низком пламени (70 % номинальной мощности). Двухступенчатый режим работы этих горелок позволяет увеличивать срок их службы, обеспечить экономию топлива не менее 12 % по сравнению с одноступенчатыми горелками и получить более комфортный тепловой режим в отапливаемом помещении за счет уменьшения числа циклов включения/выключения оборудования на 35 % и быстрого переключения малого/большого пламени. Это в конечном итоге позволяет существенно сократить затраты энергии на перегрев помещения. Мультигорелочные системы серии HLV снабжаются автоматикой с возможностью самодиагностики.

Фирмой SOLARONICS выпускаются мультигорелочные системы TRIATHERM с непрерывными теплоизлучающими трубами (рис. 2).

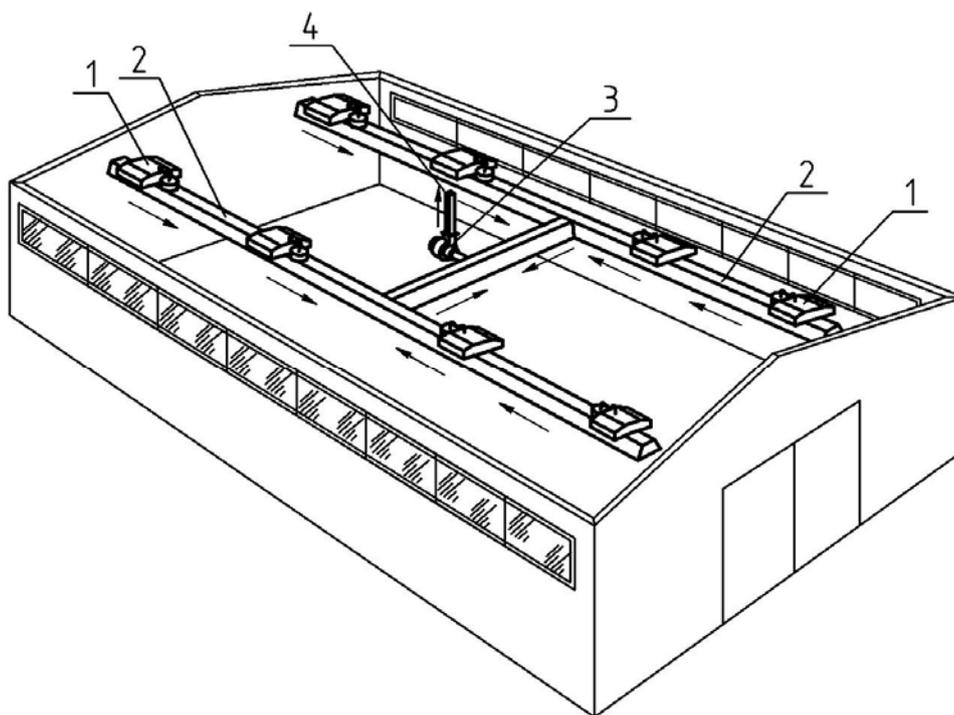


Рис. 2. Схема отопления помещения с помощью мультигорелочной системы TRIATHERM с двумя ветвями непрерывных теплоизлучающих труб:

- 1 – газовая горелка; 2 – теплоизлучающая труба; 3 – вытяжной вентилятор;
4 – отвод продуктов сгорания за пределы помещения

Система TRIATHERM [3] это совокупность параллельно и последовательно смонтированных горелок и теплоизлучающих труб с рефлекторами. Эти системы предназначены для отопления больших помещений с площадями более 800 м² и большой внутренней высотой (более 5 м).

Системы TRIATHERM выпускаются двух модификаций. Для отопления производственных помещений выпускается модификация EUROLINE, а спортивных арен и выставочных залов – модификация HARMOLINE в декоративном исполнении с набором из 11 цветов.

Общая мощность мультигорелочных систем TRIATHERM находится в пределах от 40 до 1000 кВт. Мощности каждой из горелок, подсоединяемых к теплоизлучающим трубам, при этом составляют 20, 30 или 40 кВт.

Продукты сгорания при температуре 90–140°C отводятся из системы одним вытяжным вентилятором, который обычно монтируется снаружи помещения (на крыше или за боковой стенкой).

Описанная система характеризуется бесшумной работой, более равномерным распределением температуры в рабочей зоне, высоким лучистым КПД, удобством в монтаже и эксплуатации. Благодаря этим преимуществам она получила широкое распространение в Западной Европе.

Фирмой PAKOLE выпускаются системы отопления с непрерывными теплоизлучающими трубами, к которым последовательно подключены газовые горелки (рис. 3).

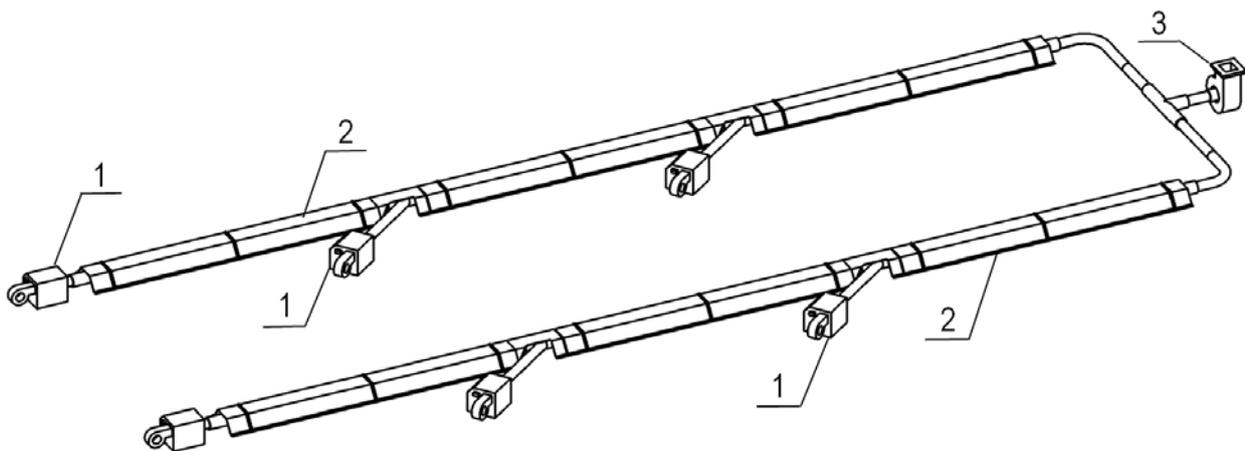


Рис. 3. Схема мультигорелочной системы инфракрасного отопления с двумя непрерывными ветвями теплоизлучающих труб, выпускаемой фирмой PAKOLE: 1 – газовая горелка; 2 – модуль излучающей трубы с рефлектором; 3 – дымосос

В качестве базового модуля в этой системе принят инфракрасный трубчатый нагреватель типа VARIANT [4]. Диапазон мощностей нагревателей такого типа находится в пределах от 14 до 58 кВт (с шагом 2 кВт), а также 70, 80 и 90 кВт. Максимальная длина одногорелочного нагревателя VARIANT мощностью 90 кВт составляет 33 м.

Основными составными элементами мультигорелочной системы на базе инфракрасных нагревателей VARIANT являются: горелки VARIANT 14...58 и VARIANT 70, 80 и 90, трубы горения диаметром 100 мм и длиной 1,5 и 3 м каждая с рефлекторами и кронштейнами, теплоизлучающие трубы диаметром 100 мм и длиной 3 м каждая, алюминизированные термостойкие стальные трубы диаметром 100 и 150 мм и длиной 1,5 и 3 м каждая, подсоединители горелок диаметром 100 мм и углами 30 и 90° с рефлекторами,

T-образные переходники и колена с рефлекторами, турбулизаторы длиной 2 м и дымоотводящие вентиляторы (дымососы).

Необходимое для функционирования горелок разрежение в мультигорелочной системе и отвод продуктов сгорания осуществляется одним дымососом типа MN 252SV...MN 602SV. При этом максимальная суммарная нагрузка на дымосос для всей мультигорелочной системы отопления составляет 200 кВт.

Фирма FRACCARO выпускает мультигорелочные модульные системы инфракрасного отопления с непрерывными теплоизлучающими трубами с использованием трубчатых нагревателей типа GIRAD. Средняя температура поверхностей их теплоизлучающих труб находится в пределах от 100 до 250°C. Трубчатые модули нагревателей имеют длину до 140 м, а мощности используемых газовых горелок лежат в пределах от 50 до 300 кВт. Эти мультигорелочные системы предназначены прежде всего для инфракрасного отопления

производственных помещений большой протяженности и сложной конфигурации.

Полное покрытие отопляемых площадей тепловым излучением каждой описанной выше мультигорелочной системой обеспечивается за счет правильного выбора высоты ее подвески и места размещения непрерывных теплоизлучающих труб. На рис. 4, для примера, приведена схема покрытия площади пола помещения производственного назначения тепловым излучением за счет прямой подвески под крышей двух ветвей непрерывных теплоизлучающих труб мультигорелочной системы, выпускаемой фирмой PAKOLE.

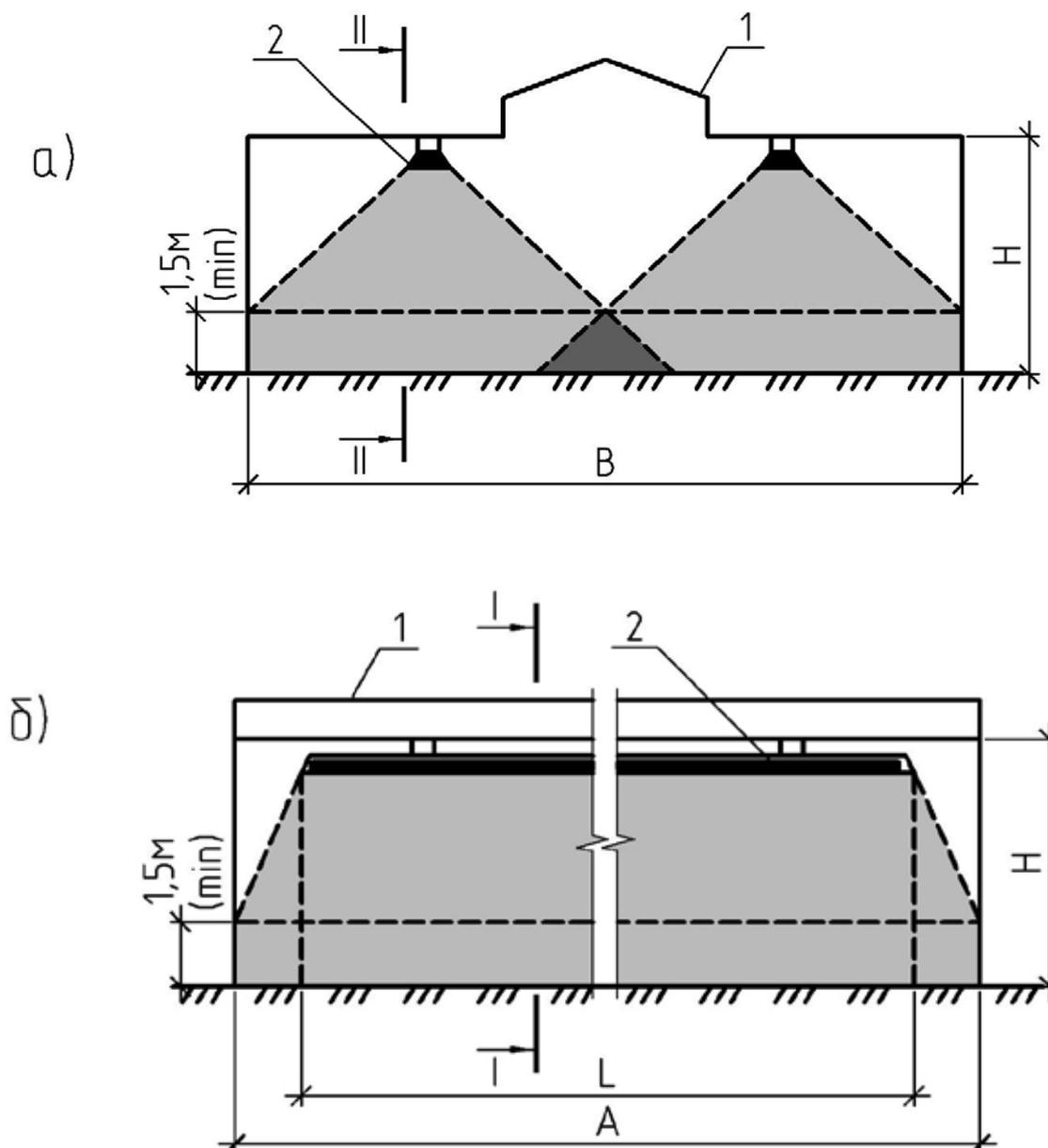


Рис. 4. Схема покрытия площади пола отопляемого помещения тепловым излучением мультигорелочной системы с двумя ветвями теплоизлучающих труб, подвешенных под крышей: а) поперечный разрез (по I – I); б) продольный разрез (по II – II)

С целью обеспечения большей равномерности отопления в поперечном сечении этого помещения теплоизлучающие трубы должны подвешиваться таким образом, чтобы лучи, определяющие углы первичного излучения двух теплоизлучающих труб, пересекались на высоте не менее 1,5 м от пола.

Для выявления характера изменения температур и интенсивности облучения в рабочей зоне помещений при использовании мультигорелочных систем инфракрасного отопления

с непрерывными теплоизлучающими трубами в ХГТУСА были проведены специальные исследования. В частности, для случая использования мультигорелочных систем, выпускаемых венгерской фирмой PAKOLE (рис. 3.), с помощью разработанных методики и компьютерных программ [5] были выполнены соответствующие расчеты и построения графиков распределения упомянутых выше параметров вдоль осей теплоизлучающих труб. В качестве примера приведем результаты расчетов и построений графиков и эюр при отоплении производственного помещения с внутренними размерами: длина – 78 м, ширина – 20 м и высота – 8 м. Для отопления принята система с двумя ветвями непрерывных теплоизлучающих труб и тремя последовательно подключенными к каждой из них газовыми горелками типа VARIANT. Эти горелки подключены к ветвям трубопроводов под углом 30° с помощью специальных подсоединителей. Общая длина одной ветви такой непрерывной теплоизлучающей трубы составила 74 м. Обе ветви теплоизлучающих труб подвешены на высоте 7 м от пола и расстояниях от боковых стен равных 5 м. Все необходимые дополнительные исходные данные для расчета взяты из каталога и проспекта, выпущенных официальным дистрибьютором фирмы PAKOLE в Украине [4].

На рис. 5 приведены структурная схема одной ветви мультигорелочной инфракрасной системы отопления с непрерывной теплоизлучающей трубой (а) и построенные графики изменения вдоль ее оси: температуры продуктов сгорания (б), наружной поверхности теплоизлучающей трубы (в) и интенсивности облучения в рабочей зоне на уровне головы человека (г).

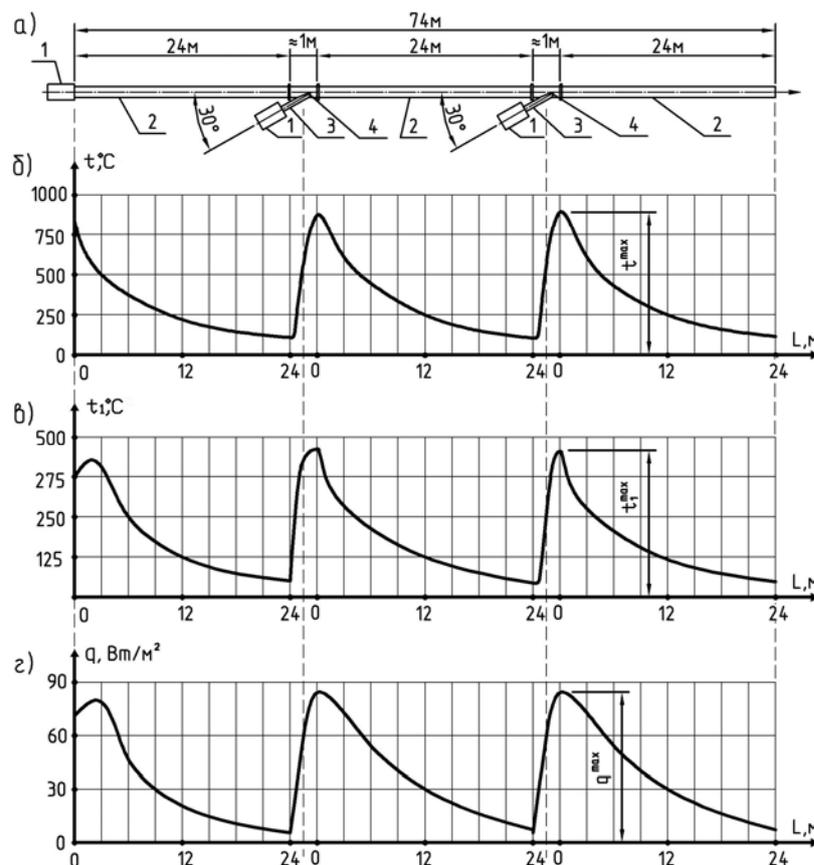


Рис. 5. Структурная схема одной ветви мультигорелочной системы инфракрасного отопления с непрерывной теплоизлучающей трубой и графики изменения температур и интенсивности облучения в рабочей зоне вдоль ее оси: а) структурная схема; б) график изменения температуры продуктов сгорания; в) график изменения температуры наружной поверхности теплоизлучающей трубы; г) график изменения интенсивности облучения на уровне головы человека.

Кроме того, была рассчитана и построена эпюра распределения интенсивности облучения в поперечном сечении отопляемого помещения (рис. 6). Это сечение взято нами по правой кромке подсоединителя третьей горелки (рис. 5 а).

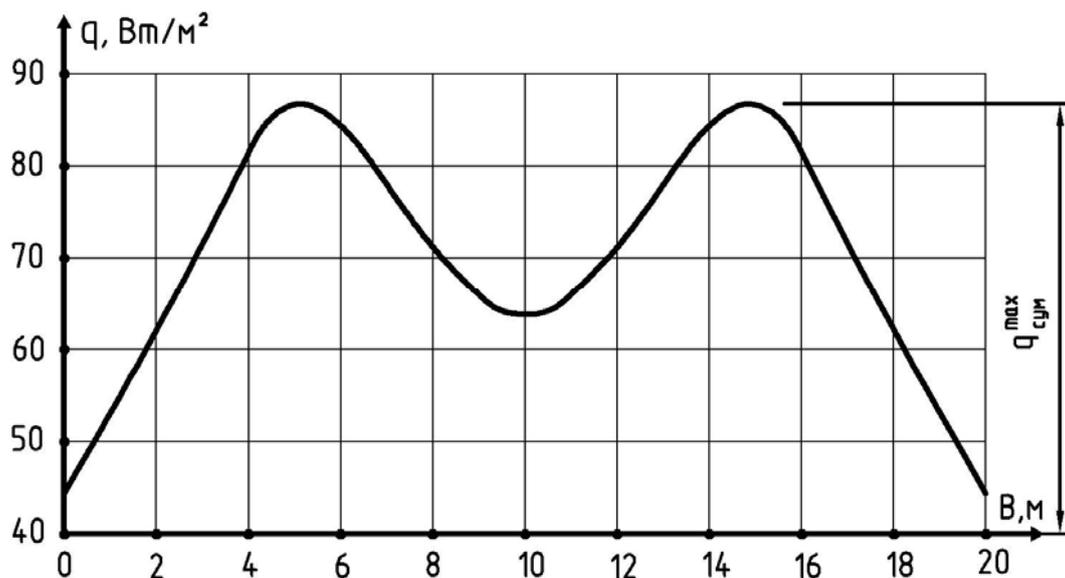


Рис. 6. Эпюра суммарной интенсивности облучения на уровне головы человека в поперечном сечении помещения, отопляемого мультигорелочной системой с двумя ветвями теплоизлучающих труб

Анализ приведенных графиков (рис. 5) и эпюры (рис. 6) показывает, что в случае применения для целей отопления мультигорелочных систем с непрерывными теплоизлучающими трубами не достигается равномерного распределения в рабочей зоне отопляемого помещения одного из важнейших параметров инфракрасного отопления – интенсивности облучения (q). Этот параметр изменяется как вдоль осей непрерывных теплоизлучающих труб, так и в поперечных сечениях. Характер изменения интенсивности облучения в рабочей зоне вдоль осей теплоизлучающих труб адекватен характеру изменения температур продуктов сгорания и наружных поверхностей этих труб (рис. 5 б, в, г). Таким образом, этот анализ убедительно подтвердил тезис о том, что значения интенсивности облучения в различных точках рабочей зоны по всей площади отопляемого помещения отличаются друг от друга весьма существенно. Поэтому при расчетах мультигорелочных систем отопления с непрерывными теплоизлучающими трубами целесообразно находить точки рабочей зоны с максимальной интенсивностью облучения и это максимальное значение во всех случаях не должно превышать допустимое ГОСТом [6].

Как показали проведенные нами исследования, максимумы интенсивностей облучения на уровне головы человека в рабочей зоне соответствуют сечениям примерно по правым краям подсоединителей второй и последующих газовых горелок (см. рис. 5 и 6).

Выполненные расчеты и построения графиков и эпюр подтвердили также и то, что для расчетов мультигорелочных систем отопления с непрерывными теплоизлучающими трубами может быть использована методика расчета, разработанная в ХГТУСА [5]. При ее использовании представляется возможность обеспечить выбор для конкретного помещения мультигорелочной системы с минимальными энергозатратами, а также выполнить главные требования ГОСТа [6]:

1) комфортная температура воздуха в рабочей зоне отопляемого помещения должна находиться в пределах оптимальных значений, т.е.

$$t_{эф.}^6 = [t_{opt}];$$

2) суммарная максимальная интенсивность облучения в рабочей зоне на уровне головы человека должна быть меньше или равна допустимое, т. е.

$$q_{\text{сум}}^{\text{max}} \leq [q].$$

Выводы

1. Для отопления помещений больших размеров, а также большой протяженности и сложной конфигурации целесообразно использовать мультигорелочные модульные инфракрасные системы с непрерывными теплоизлучающими трубами.

2. Выпускаемые ведущими мировыми фирмами мультигорелочные модульные инфракрасные системы с непрерывными теплоизлучающими трубами обладают высоким лучистым КПД и позволяют существенно экономить энергоносители (газ).

3. При эксплуатации мультигорелочных систем инфракрасного отопления с непрерывными теплоизлучающими трубами интенсивность облучения в различных точках рабочей зоны отапливаемого помещения имеет существенные различия.

4. Расчет мультигорелочных систем инфракрасного отопления с непрерывными теплоизлучающими трубами должен позволять обеспечивать получение на практике в рабочей зоне комфортной температуры в пределах оптимальных величин и максимальной суммарной интенсивности облучения ниже или равной нормативной в соответствии с ГОСТом 12.1.005-88 [6] при минимальных энергозатратах на отопление.

Список литературы

1. Болотских Н.Н. Модульные системы газового инфракрасного отопления производственных помещений больших размеров. Ж. «Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит». 2010, № 8.

2. Отопление в соответствии с вашими потребностями. Проспект. ECO INSTAL®, Польша, 2002, 8 с.

3. Отопление промышленных, торговых и сервисных помещений большой кубатуры. Пособие по проектированию газовых излучателей и калориферов. ООО «Ленко-Украина», Ужгород, 2006. – 28 с.

4. Газовое энергосберегающее отопительное оборудование завода PAKOLE. Проспект, ДП «Паколе-Украина», Ужгород, 2005. – 4 с.

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

6. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.» Система стандартов безопасности труда. Государственный стандарт СССР, 1988 (переиздан в мае 1991 г.).

MULTIBURNAL SYSTEMS OF INFRA-RED HEATING WITH UNINTERRUPTED HEAT-RADIATING TUBES

N. N. BOLOTSKYKH, Cand. Tech. Siens
Kharkov state technical university construction and architecture

Multiburnal systems of infra-red heating with uninterrupted heat-radiating tubes are described. Features of their work regime are considered. The recommendations for their further using are given.

Key words: Infra-red heating, tubular radiators, radiation intensity treatment.

Поступила в редакцию 15.10 2010 г.