

УДК 697.7

Н. Н. БОЛОТСКИХ, канд. техн. наук, доцент

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, г. Харьков

МОДУЛЬНЫЕ ДВУХГОРЕЛОЧНЫЕ ТРУБЧАТЫЕ ГАЗОВЫЕ ИНФРАКРАСНЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ

Приведено описание устройства и работы модульных двухгорелочных трубчатых газовых инфракрасных нагревателей, даны рекомендации по их практическому применению.

Ключевые слова: инфракрасное отопление, газовая горелка, интенсивность облучения.

Наведено опис пристрою і роботи модульних двопальникових трубчастих газових інфрачервоних нагрівачів, дані рекомендації з їх практичного застосування.

Ключові слова: інфрачервоне опалення, газовий пальник, інтенсивність опромінення.

Постановка проблемы

Многолетний зарубежный и отечественный опыт убедительно доказал, что газовые инфракрасные системы отопления и обогрева помещений и зданий различного назначения в настоящее время являются одними из наиболее совершенных, как с точки зрения обеспечения высокого уровня тепловой комфортности, так и с точки зрения их экономической эффективности. При локальном (зональном) обогреве рабочих мест, зон и участков, открытых и полуоткрытых площадок применению инфракрасных систем нет альтернативы. В связи с этим ведущими мировыми компаниями и фирмами освоен выпуск значительного количества различных моделей, типов и конструкций инфракрасных газовых нагревателей. С помощью этих нагревателей можно обеспечить эффективное отопление или локальный обогрев практически в любых зданиях и помещениях. Для этих целей используются открытые («светлые») и закрытые («темные») модульные короткие инфракрасные нагреватели. Последним нагревателям чаще всего отдается предпочтение в случаях необходимости локального обогрева внутри закрытых неотапливаемых помещений. При этом удаление продуктов сгорания за пределы помещения от каждого такого нагревателя осуществляется индивидуально. Эти нагреватели имеют различные максимальные длины теплоизлучающих труб и, соответственно, размеры обогреваемых ими площадей. Например, выпускаемые компанией DETROIT RADIANT PRODUCTS (США) линейные инфракрасные нагреватели RE-VERBER-RAY серии EHL [1] имеют наибольшую длину трубы до 21 м и максимальные размеры обогреваемой площади 288 м² (24x12 м) при высотах их подвески в пределах от 5,5 до 12 м. При необходимости локального обогрева больших площадей приходится использовать два и более нагревателей, что вызывает необходимость дополнительного монтажа нескольких вентиляторов и дымовыводящих труб для каждого нагревателя отдельно.

С целью расширения возможностей локального обогрева различных площадей, а также упрощения схемы такого обогрева, рядом компаний и фирм выпускаются модульные двухгорелочные трубчатые газовые инфракрасные нагреватели. Эти нагреватели могут также использоваться в качестве модулей в мультигорелочных инфракрасных системах отопления. Ниже приводятся подробное описание модульных двухгорелочных инфракрасных нагревателей и рекомендации по их расчету и дальнейшему применению в Украине.

Цель исследования

Целью настоящего исследования является расширение области применения эффективных модульных двухгорелочных трубчатых газовых инфракрасных нагревателей в Украине для снижения расхода газа на отопление производственных помещений.

Основное содержание

Модульные двухгорелочные газовые трубчатые инфракрасные нагреватели в настоящее время выпускаются рядом мировых компаний и фирм, в частности, ROBERTS GORDON (США) и GO GAS (Германия).

Компания ROBERTS GORDON выпускает модульные двойные линейные инфракрасные нагреватели серии Black Heat (BH).

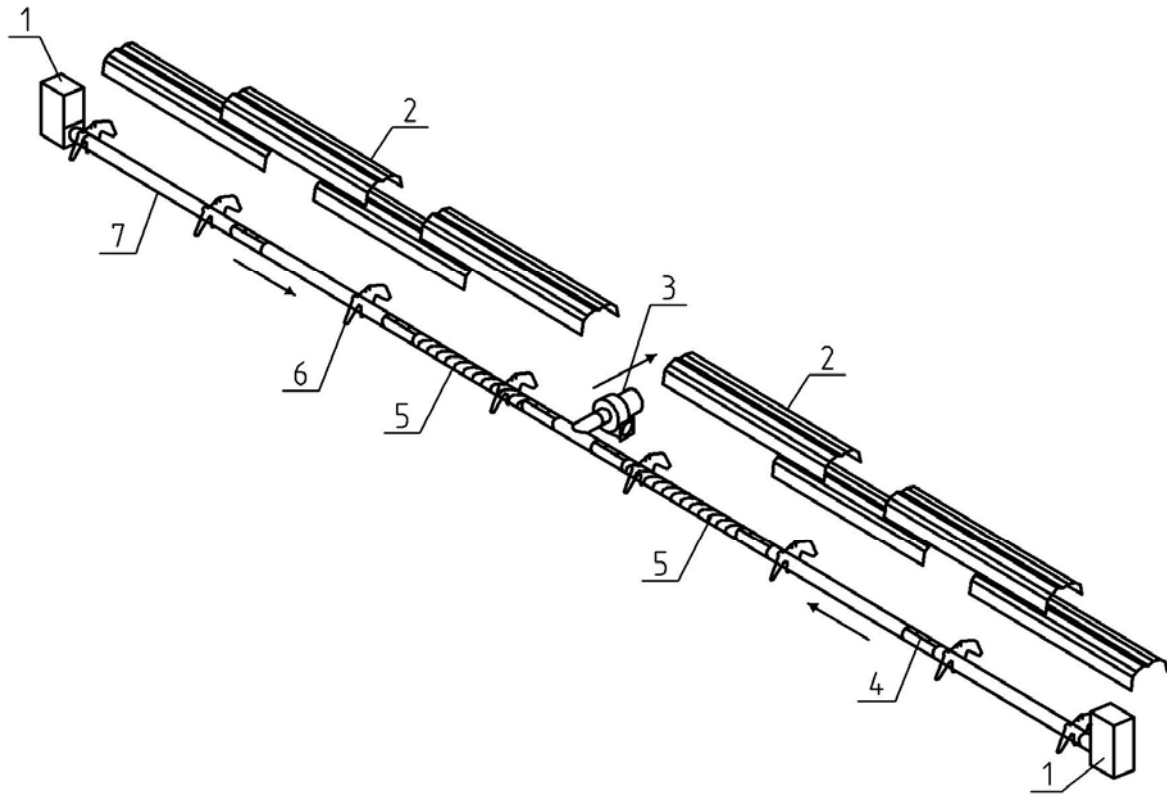


Рис. 1. Основные элементы конструкции модульного двойного линейного инфракрасного нагревателя серии BH: 1 – блоки газовых горелок; 2 – рефлекторы; 3 – вентилятор; 4 – муфта; 5 – трубы с внутренними спиралями (турбулизаторами); 6 – держатель трубы и рефлектора; 7 – теплоизлучающая труба

Излучающие трубы диаметром 100 мм изготавливаются из специальной термокоррозионностойкой стали с алюминиево-углеродистым наружным покрытием, нанесенным на их поверхности горячей накаткой. Такое покрытие улучшает излучающие свойства труб и существенно повышает срок их службы.

Для улучшения теплоотдачи продуктов сгорания внутри обеих теплоизлучающих труб на длинах 3048 мм перед вентилятором предусмотрены специальные, изготовленные из высококачественной стали, спирали (турбулизаторы). Конструктивно они выполнены в виде непрерывной ленты, собранной из профилированных металлических секций. Эти спирали являются съемными и при необходимости могут быть заменены на новые.

Двойные линейные нагреватели серии BH оснащаются рефлекторами различных конструкций: с горизонтальным рефлектором, одним либо двумя дополнительными боковыми рефлекторами, с рефлектором под углом 45°, с рефлектором, имеющим декоративную либо защитную решетки. Рефлекторы изготавливаются из алюминиевого сплава. Это позволяет повышать их эффективность на 8–10%. За счет использования высокоэффективных материалов и современных технологий при изготовлении нагревателей компания ROBERTS GORDON обеспечивает их высокое качество и достаточно продолжительный рабочий ресурс.

Всего компания выпускает пять типоразмеров двойных линейных нагревателей (BH30DL, BH40DL, BH50DL, BH60DL и BH70DL) с номинальной мощностью от 30 до 70 кВт (с шагом в 10 кВт). Длина их теплоизлучающих труб находится в пределах от 12,8 до 25 м, а общий вес составляет 82–136 кг. Такие нагреватели компания рекомендует подвешивать в помещениях на высотах от 3,5 до 4,8 м. При этом обогреваемая площадь будет находиться в пределах от 50–315 м² (BH30DL) до 110–740 м² (BH70DL). Работа нагревателей серии BH происходит в автоматическом режиме («климат-контроль») и не требует постоянного обслуживающего персонала.

Фирмой GO GAS выпускаются модульные спаренные двухгорелочные трубчатые U-образные инфракрасные нагреватели серии DSU-twin. Принципиальная схема конструкции таких нагревателей представлена на рис. 2.

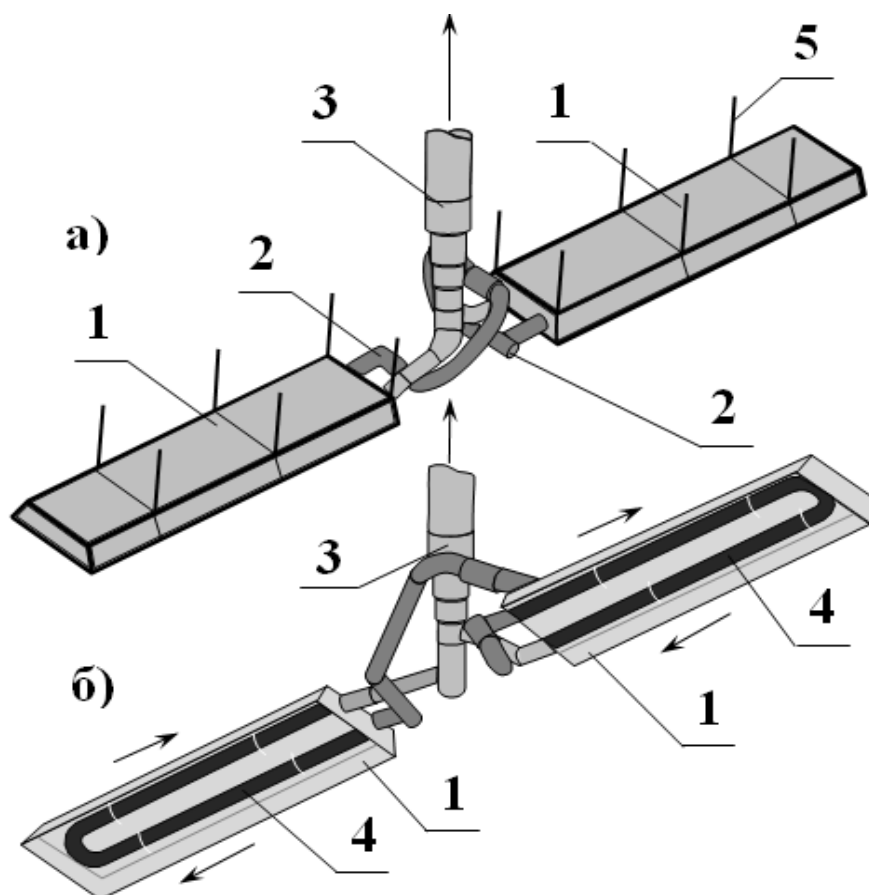


Рис. 2. Общий вид модульного спаренного двухгорелочного U-образного трубчатого газового нагревателя серии DSU-twin: а) – вид сверху; б) – вид снизу; 1 – рефлектор; 2 – блок газовой горелки; 3 – трубопровод для отвода продуктов сгорания; 4 – теплоизлучающие трубы; 5 – детали для подвески нагревателя.

Нагреватели комплектуются специальными смесительными горелками, работающими с наддувом. С этой целью в горелочном блоке рядом с горелкой смонтирован вентилятор, который подает «холодный» воздух на горение. При этом подвод воздуха может осуществляться как непосредственно из помещения, так и снаружи по соответствующей коаксиальной трубе. Отвод продуктов сгорания за пределы помещения осуществляется по одному общему дымоотводящему трубопроводу. Теплоизлучающие трубы изготавливаются из термостойкой стали. Их поверхности специально покрываются оксидом алюминия для достижения наиболее высоких излучающих свойств. Кроме того, такая обработка поверхности труб обеспечивает оптимальную защиту их от коррозии. Внутри

теплоизлучающих труб устанавливаются специальные турбулизаторы, изготовленные из нержавеющей стали.

Для направления излучения в рабочую зону и снижения конвективных потерь нагреватели комплектуются двумя рефлекторами, обладающими высокой степенью отражения. Вся работа нагревателя, а именно: включение и выключение подачи газа, розжиг горелок, ионизационный контроль пламени горелок, поддержание оптимального давления газа для нормальной работы горелок осуществляется автоматически с помощью системы регулирования и безопасности, смонтированной в блоках газовых горелок. В качестве топлива может использоваться как природный, так и сжиженный газ.

Фирмой GO GAS выпускаются два типа модульных спаренных двухгорелочных U-образных инфракрасных нагревателей: DSU80-twin и DSU140-twin. Нагреватель DSU80-twin имеет тепловую мощность 2x48 кВт, расход природного газа 10,32 м³/ч и вес 188 кг, а DSU140-twin - 2x69 кВт, расход природного газа 14,84 м³/ч и вес 272 кг. КПД нагревателей составляет 90%.

Нагреватели DSU-twin нашли свое широкое распространение при отоплении производственных и общественных зданий. Наиболее эффективно они используются для зонального (локального) обогрева в хорошо изолированных помещениях с высотой потолков до 8 м. Их использование допустимо также в помещениях категории В1.

В конструкциях описанных выше модульных двухгорелочных трубчатых инфракрасных нагревателей предусмотрены специальные турбулизаторы. Их установка внутри теплоизлучающих труб увеличивает завихрение движущегося в них потока продуктов сгорания, что способствует повышению температуры их стенок, а, следовательно, и повышению теплового эффекта.

Конструкции турбулизаторов, используемых в нагревателях, выпускаемых различными компаниями и фирмами, имеют некоторые отличия. На рис. 3, для примера, показана конструкция турбулизатора, которым оснащаются инфракрасные нагреватели RE-VERBER-RAY [1].

Описанные выше модульные двухгорелочные инфракрасные нагреватели по сравнению с традиционными водяными и воздушными системами отопления обладают практически всеми теми преимуществами, которые свойственны системам инфракрасного отопления, т.е. экономия энергоресурсов, невысокие эксплуатационные затраты, комфортность, отсутствие сквозняков и переносов пыли, бесшумность работы, надежность и долговечность, автоматизация управления, возможность зонального или точечного обогрева и поддержания в разных частях помещения требуемых различных температурных режимов и др. Кроме того, по сравнению с закрытыми модульными одnogорелочными инфракрасными нагревателями двухгорелочные имеют следующие преимущества: большая тепловая мощность, возможность эффективного зонального обогрева значительно больших площадей одним нагревателем, более простая система отвода продуктов сгорания за пределы отапливаемого помещения. При использовании одnogорелочных нагревателей для зонального обогрева отвод продуктов сгорания осуществляется индивидуально от каждой инфракрасной горелки, а в случае использования двухгорелочных – отвод осуществляется по одной дымовыводящей трубе одновременно от двух горелок. Эти все преимущества и способствуют расширению их использования в различных странах, в том числе и в Украине.

Двухгорелочные инфракрасные трубчатые нагреватели кроме локального (зонального) обогрева в ряде случаев могут использоваться и для общего отопления помещений. При этом несколько модульных нагревателей могут быть объединены в одну блочную мультигорелочную систему с одним общим дымовыводящим трубопроводом и вытяжным вентилятором. Для настройки автоматического режима таких мультигорелочных систем устанавливаются шиберы после каждого двухгорелочного инфракрасного нагревателя. Управление вытяжным вентилятором в этом случае осуществляется от блока тепловой автоматики.

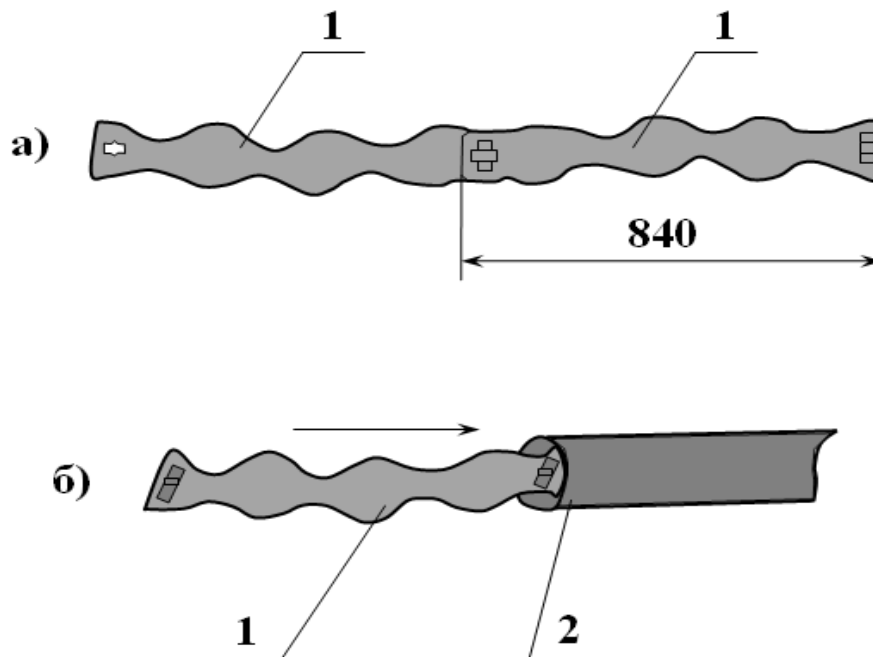


Рис. 3. Схема общего вида турбулизатора: а) – две секции в сборе; б) – установка турбулизатора в трубу; 1 – секции турбулизатора; 2 – теплоизлучающая труба

При проектировании, монтаже и дальнейшем использовании в Украине систем локального обогрева и отопления на базе двухгорелочных инфракрасных нагревателей следует соблюдать все предписания и рекомендации фирм-изготовителей этих приборов. Кроме того, необходимо выполнять все предписания действующих в стране нормативных документов, касающихся применения инфракрасных газовых систем отопления, и прежде всего предписаний ГОСТа 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [4]. Согласно этого ГОСТа температура, относительная влажность и скорость движения воздуха в рабочей зоне должны быть оптимальными, а значения интенсивности облучения людей не должны превышать допустимых значений.

К сожалению, фирмы-изготовители инфракрасных нагревателей не дают четкого ответа на вопрос какая максимальная интенсивность облучения в рабочей зоне будет при использовании тех или иных конструкций нагревателей и схем их применения. Не приводится ими также и методика расчета этого параметра. Поэтому при расчетах и проектировании различных систем инфракрасного отопления либо зонального обогрева с использованием модульных двухгорелочных нагревателей весьма важно осуществлять проверку выполнения санитарно-гигиенических требований и в первую очередь проверку соответствия фактических максимальных значений интенсивности облучения (q^{\max}) допустимым [q]. Эту проверку можно выполнять с использованием методики, разработанной в ХНУСА [5]. Покажем это на конкретных примерах зонального обогрева с помощью описанных выше модульных двухгорелочных инфракрасных нагревателей. Возьмем двойной линейный обогреватель ВН60DL (рис. 1) с общей длиной равной 24994 мм, эффективной мощностью горелок 54 кВт и потреблением природного газа 5,25 м³/ч. Рекомендуемая высота его подвески в помещении составляет 4,2 м, а минимальная – 3,5 м. Обогреваемая площадь при различных высотах его подвески лежит в пределах от 100 до 630 м².

С использованием расчетных формул и компьютерных программ ХНУСА [5] построен график распределения интенсивности облучения головы человека, находящегося в рабочей зоне отапливаемого помещения, вдоль оси нагревателя (рис. 4 б).

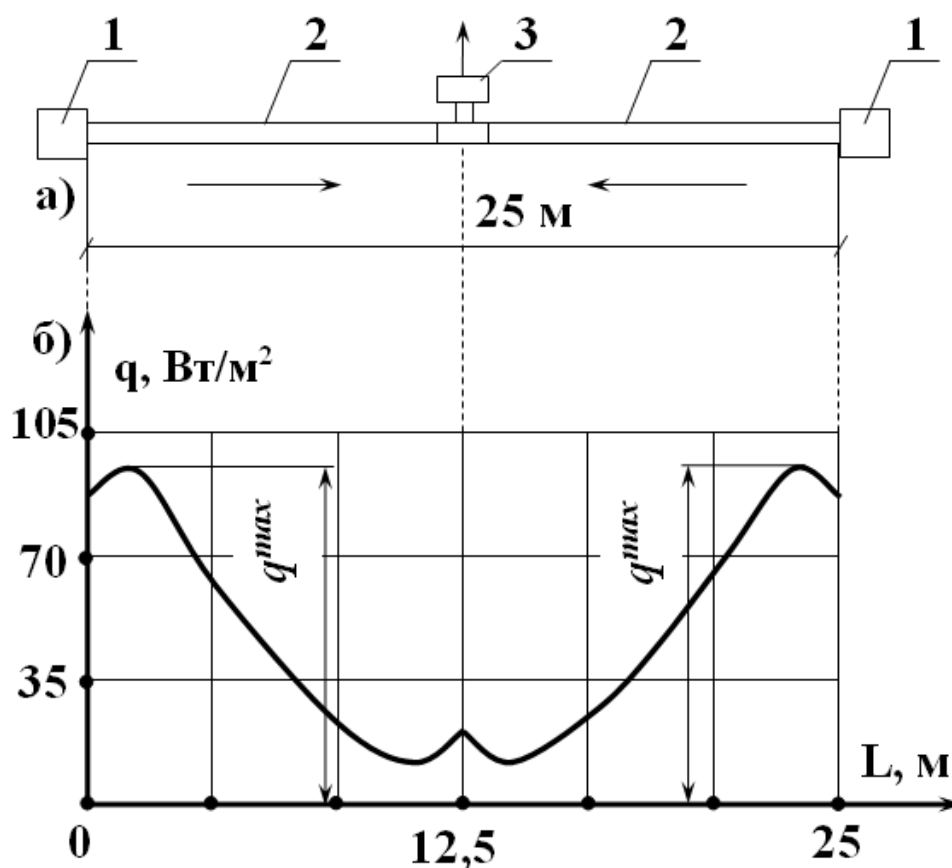


Рис. 4. Структурная схема двойного линейного трубчатого нагревателя ВН60DL (а) и график распределения интенсивности облучения головы человека в рабочей зоне по линии, параллельной оси нагревателя (б): 1 – горелки; 2 – теплоизлучающие трубы; 3 – вентилятор.

Из рассмотрения этого графика видно что максимальные значения интенсивности облучения находятся на расстояниях примерно 1,5 м от горелок вдоль оси нагревателя (q_{\max}). Это значение q_{\max} меньше допустимого ГОСТом [4] значения $[q]$.

Для спаренных U-образных нагревателей методика построения графика распределения интенсивности облучения в рабочей зоне несколько отличается от выше приведенной. Дело в том, что в трубчатых линейных газовых инфракрасных нагревателях дымовые газы, перемещаясь от оси горелки до конца теплоизлучающей трубы, постепенно отдают ей тепло, охлаждаются и отводятся за пределы отапливаемого помещения. В U-образных нагревателях такая теплоотдача идет только до половины длины трубы, а затем разворачивается в обратном направлении к горелке. При этом отвод дымовых газов производится рядом с горелкой. Для таких спаренных U-образных нагревателей методика построения графика распределения интенсивности облучения в рабочей зоне следующая. Первоначально с использованием формул и компьютерных программ ХНУСА [5] строятся графики распределения интенсивности облучения вдоль всей длины каждой излучающей трубы. Затем с использованием метода суперпозиции строится график распределения суммарной интенсивности облучения по всей длине спаренного двухгорелочного нагревателя. На рис. 5 б, для примера, приведены графики распределения интенсивности облучения в рабочей зоне, обогреваемой спаренным двухгорелочным инфракрасным нагревателем DSU80-twin с мощностью 2×48 кВт и расходом природного газа $10,32$ м³/ч. Длины левой и правой ветвей этого спаренного нагревателя приняты равными по 8 м каждая, а высота подвески – 7,5 м.

Из рассмотрения рис. 5б видно, что максимальные значения суммарной интенсивности облучения в рабочей зоне ($q_{\text{сум}}^{\max}$) находятся также вблизи к местам установки газовых горелок и эти значения меньше допускаемых ГОСТом 12.1.005-88 величин $[q]$.

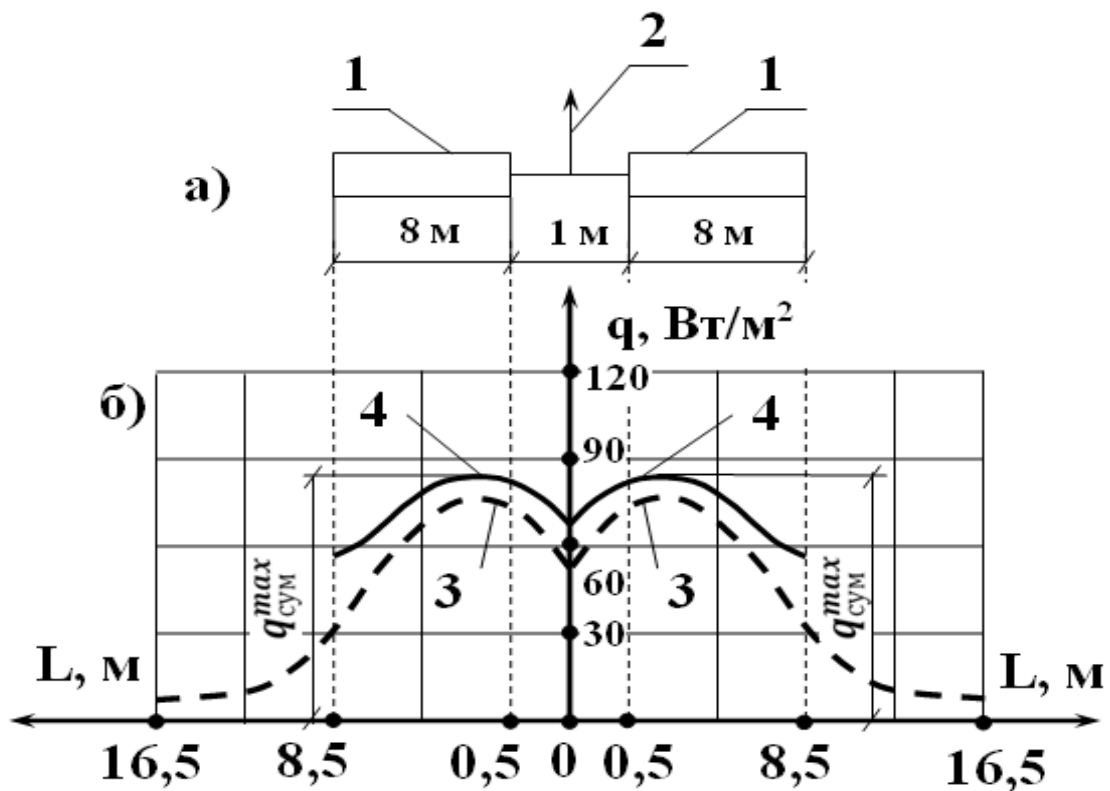


Рис. 5. Структурная схема спаренного U-образного трубчатого инфракрасного нагревателя DSU80-twin (а) и графики распределения интенсивности облучения головы человека в рабочей зоне отопляемого помещения (б): 1 – правая и левая ветви нагревателя; 2 – трубопровод для отвода дымовых газов; 3 – график распределения интенсивности облучения вдоль всей длины каждой из теплоизлучающих труб (по 16 м каждая); 4 – график распределения суммарной интенсивности облучения по линии, параллельной оси нагревателя

Таким образом, выбранные обе модели двухгорелочных инфракрасных нагревателей при принятых высотах их подвески могут быть использованы для целей локального обогрева, так как создаваемая ими интенсивность облучения головы человека, находящегося в рабочей зоне, не превышает допустимых ГОСТом [4] значений.

Выводы

1. Модульные двухгорелочные трубчатые газовые инфракрасные нагреватели в сравнении с традиционными водяными и воздушными системами отопления обеспечивают достаточно высокую экономию энергоресурсов и низкие эксплуатационные затраты, а в сравнении с одnogорелочными инфракрасными нагревателями – большую тепловую мощность, возможность эффективного локального обогрева значительно больших площадей одним нагревателем, а также более простую схему отвода продуктов сгорания за пределы отопляемого помещения. Эти и ряд других преимуществ подтверждают целесообразность расширения области их дальнейшего применения.

2. Наиболее эффективной областью применения модульных двухгорелочных трубчатых газовых инфракрасных нагревателей является использование их для локального (зонального) обогрева в закрытых помещениях, а также в составе мультгорелочных систем отопления больших производственных помещений.

3. При проектировании систем локального обогрева в производственных помещениях с помощью модульных двухгорелочных трубчатых газовых инфракрасных нагревателей для достижения в рабочей зоне параметров микроклимата, соответствующих требованиям ГОСТа 12.1.005-88, при минимальных энергозатратах целесообразно использовать алгоритм методики

расчета и компьютерную программу, разработанные в ХНУСА [5].

Список литературы

1. Газовые инфракрасные обогреватели RE-VERBER-RAY. DETROIT RADIANT PRODUCTS CO, США, www.reverberray.com, 2007. – 80 с.
2. Одинарные и двойные линейные и U-образные отопительные системы с вакуумным насосом и несколькими горелками Black Heat. Руководство по установке, эксплуатации и техническому обслуживанию. ROBERTS GORDON, США, 2002. – 60 с.
3. Газовые инфракрасные трубные излучатели Гогаз. Технологии рационального отопления. Термоинжиниринг, Донецк, www.termoeng.com.ua, 2011. – 3 с.
4. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». Система стандартов безопасности труда. Государственный стандарт СССР, 1988.
5. Болотских Н. Н. Совершенствование методики расчета систем отопления газовыми трубчатыми инфракрасными нагревателями/ Н.Н. Болотских//Науковий вісник будівництва: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. – вип. 54. – С. 76-91.

MODULAR TVIN BURNER TUBULAR GAS INFRARED HEATERS N. N. BOLOTSKIKH, Ph. D., docent

A description of the modular unit and two gas burners tubular infrared heaters and recommendations on their practical application.

Поступила в редакцию 31.10 2011 г.