

надходить на i -у поверхню огороджуючої конструкції; $Q_{вк}$ – конвективна частина внутрішніх теплонадходжень; $Q_{люд-i}$ – променевий потік від людини на i -у поверхню; $Q_{люд-в}$ – конвективний тепловий потік від людини; $Q_{люд-п}$ – променевий тепловий потік, що надходить від пальника до людини; K_k – критерій комфортності; $Q_{пс}$ – теплота продуктів спалювання

$$Q_{пс} = c_{пс} G_{пс} (t_{п} - t_{в}), \quad (12)$$

де $c_{пс}$ – теплоємність продуктів спалювання; $t_{п}$ – температура пальника.

Невідомими в цій системі є температура кожної огороджуючої конструкції, температура внутрішнього повітря, температура випромінюючого насадка пальника, потужність системи опалення, повітрообмін приміщення, опір системи вентиляції. Кількість невідомих дорівнює кількості рівнянь у системі, отже, вона має єдиний розв'язок.

Отримана система досить складна, тому для її розв'язання доцільно застосувати числові методи. Розв'язання цієї системи рівнянь для кожного окремого приміщення дозволить оптимізувати систему опалення та вентиляції приміщення і зменшити сумарні витрати на створення його мікроклімату.

1.Родин А.К. Газовое лучистое отопление. – Л.: Недра,1987. – 191с.

2.Богословский В.Н. Отопление и вентиляция. Ч. 11. Вентиляция. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.

3.Строй А.Ф., Припотень Ю.К. Критерий комфортности и методика определения мощности различных систем отопления // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2000. – №2. – С.69-72.

Отримано 10.04.2001

УДК 662.69

А.Г.КОЛИЕНКО, канд. техн. наук, **Е.А.ПАНЧЕНКО**

Полтавский государственный технический университет им.Юрия Кондратюка

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ РАДИАЦИОННЫХ ГАЗОВЫХ ТРУБ

Рассматриваются основные принципы повышения эффективности работы радиационных труб. Получена зависимость величины теплосъема с поверхности трубы от коэффициента избытка воздуха, которая позволяет установить закономерность распределения давления и расхода воздуха. Для обеспечения условия равномерного теплосъема подача воздуха должна осуществляться неравномерно с поступлением минимального количества воздуха в зону с максимальным тепловыделением.

Радиационные трубы предназначены для обогрева печей с контролируемыми газовыми средами при термической обработке металла, также при сжигании газа в печах хлебопекарной промышленности с освещенным обогревом выпекаемых изделий. Основным недостатком существующих радиационных труб является неравномерный теплоем с излучающей поверхности, что приводит к перегреву внутренней трубы относительно внешней на 100-150 °С. Для повышения равномерности нагрева излучающей трубы был предложен метод сжигания газа, заключающийся в равномерном распределении воздуха по длине радиационной трубы с раздачей небольшой части воздуха в торцевой ее части. Схема сжигания газа с распределением воздуха по длине была использована в конструкции радиационной трубы, описанной в [1]. Однако этой конструкции присущи недостатки, так как конструктивное оформление отдельных ее узлов не обеспечивает эффективного охлаждения воздушной трубы по всей поверхности и равномерного нагрева излучающей трубы.

В основу разработанной нами конструкции принята схема дозированного сжигания газа на струях равномерно распределяемого воздуха. При этом можно активно регулировать температуру по всей длине нагревателя. На рис.1 приведена принципиальная схема такой радиационной трубы.

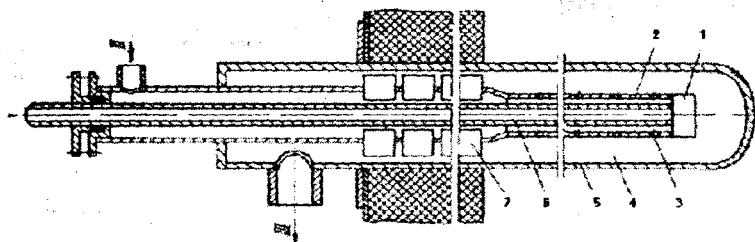


Рис.1 – Схема радиационной тупиковой трубы:

I – газ; II – воздух; III – продукты сгорания; 1 – горелочное устройство с торцевой раздачей воздуха; 2 – воздушная труба; 3 – воздушные отверстия; 4 – камера горения; 5 – излучающая труба; 6 – газовая труба; 7 – рекуператор

Нагнетаемый в трубу воздух, пройдя рекуператор 7, нагревается до 40 °С и поступает в кольцевой зазор между воздушной 2 и газовой 6 трубами. Большая часть воздуха распределяется по отверстиям 3 с суммарным сечением S , а меньшая – поступает в торцевую часть 1 с параметрами S_0 , α_0 , W_0 . Продукты сгорания движутся в камере горения 4 противоточно по отношению к воздуху и пронизываются по всей длине трубы струями воздуха. Благодаря этому процесс горения в

камере характеризуется высокой интенсивностью. Для разработанной конструкции принципиальное значение имеет распределение отверстий для подачи воздуха по длине трубы.

В соответствии с экспериментальными исследованиями, выполненными в [2], равномерное распределение площади воздушных отверстий приводит к неравномерному нагреву излучающей трубы. Это свидетельствует о сложном характере зависимости величины теплового потока от количества подаваемого воздуха. В настоящей работе была поставлена задача получения такой зависимости. При этом были сделаны следующие допущения:

- 1) процесс горения изотермический, так как осуществляется при небольшом температурном перепаде;
- 2) реакция горения протекает стехиометрически при $\alpha = 1,0$. Действительная величина коэффициента избытка воздуха незначительно отличается от 1,0 и составляет $1,05 \div 1,08$.

Параметр, определяющий отношение величины текущих тепловыделений по длине трубы к полным тепловыделениям, полученным по окончании процессов горения, был представлен в виде

$$\xi = Q / Q_n, \quad (1)$$

где Q – текущее значение теплового потока к стенам камеры от ее торца до сечения X ; Q_n – полное количество теплоты, полученное в радиационной трубе в конце процесса горения, при $\alpha = 1,0$.

Текущие тепловыделения Q запишем в виде зависимости

$$Q = Q_{\text{физ.}}^{\text{газа}} + Q_{\text{физ.}}^{\text{воздуха}} - (Q_{\text{н.с.}} + Q_{\text{изб.}}^{\text{воздуха}}) \text{ [Вт]}. \quad (2)$$

Здесь $Q_{\text{физ.}}^{\text{газа}}$ – физическая теплота природного газа, подаваемого на горение; $Q_{\text{физ.}}^{\text{воздуха}}$ – физическая теплота дутьевого воздуха; $Q_{\text{н.с.}}$ – теплота продуктов сгорания; $Q_{\text{изб.}}^{\text{воздуха}}$ – теплота избыточного воздуха, подаваемого сверх стехиометрического количества.

С точки зрения закона сохранения энергии, $Q_{\text{н.с.}}$ и $Q_{\text{изб.}}^{\text{воздуха}}$ соответствуют уменьшению энтальпии реагирующих газов.

Указанные выше составляющие формулы (2) определяли по известным зависимостям. После их подстановки в (2) получили:

$$Q = M_2 i_2 + M_2 L_g C_{p_m} t_g - \{M_2 (1 + \alpha L_g) [i_o + A(1 - \alpha)^2] +$$

$$+ M_2(1 - \alpha)L_g C_{p_{m\theta}} t_\theta \}, \quad (3)$$

где M_2 – массовый расход газа, кг/с; $C_{p_{m\theta}}$ – теплоемкость газа, кДж/кг·°С; L_g – теоретически необходимая масса воздуха для горения газа, кг/нм³; $C_{p_{m\theta}}$ – теплоемкость воздуха, кДж/кг·°С; t_θ – температура воздуха, °С; α – коэффициент избытка воздуха.

Значение $\alpha = 1,0$ в радиационной трубе будет иметь место в конце зоны горения. Величина α_0 определяет количество воздуха, подаваемого на начальном этапе процесса горения, $\alpha_0 \geq \alpha_{\min}$, где $\alpha_{\min} = 0,2 \div 0,3$.

Полное количество теплоты Q_n , полученное в радиационной трубе в конце процесса горения, найдем путем подстановки величины $\alpha = 1,0$ в уравнение (3):

$$Q_n = M_2 i_2 + M_2 L_g C_{p_{m\theta}} t_\theta - M_2 (1 + L_g) i_0.$$

Доля от полной величины тепловыделений по длине зоны горения равна:

$$\xi = 1 - \frac{(1 + \alpha L_g) A (1 - \alpha) + L_g (C_{p_{m\theta}} t_\theta - i_0)}{i_2 + L_g C_{p_{m\theta}} t_\theta - (1 + L_g) i_0} (1 - \alpha). \quad (4)$$

Закон изменения величины тепловыделения от количества подаваемого воздуха получаем как частную производную от Q по массовому расходу воздуха. Из формулы (3) получаем:

$$q(\alpha) = \frac{\partial Q}{\partial M_g} = \frac{\partial Q}{L_g M_2 \partial \alpha} = \frac{2A}{L_g} - \frac{2\alpha A}{L_g} - i_0 - A + 4\alpha A - 3\alpha^2 A + C_{p_{m\theta}} t_\theta. \quad (5)$$

Графическая интерпретация этой зависимости приведена на рис.2.

Из него следует, что зависимость величины теплосъема от коэффициента избытка воздуха имеет ярко выраженный максимум при $\alpha = 0,647$. Таким образом, для обеспечения равномерности тепловыделений подача воздуха по длине трубы должна быть неравномерной. Тепловыделение в конце камеры горения радиационной трубы можно получить из (5) путем подстановки значения $\alpha = 1,0$ и постоянных параметров. Тогда неравномерность тепловыделения на единицу подаваемого воздуха можно характеризовать зависимостью

$$K(\alpha) = \frac{q(\alpha) - q(1)}{q(1)} = -4,77\alpha^2 + 6,17\alpha - 3,4.$$

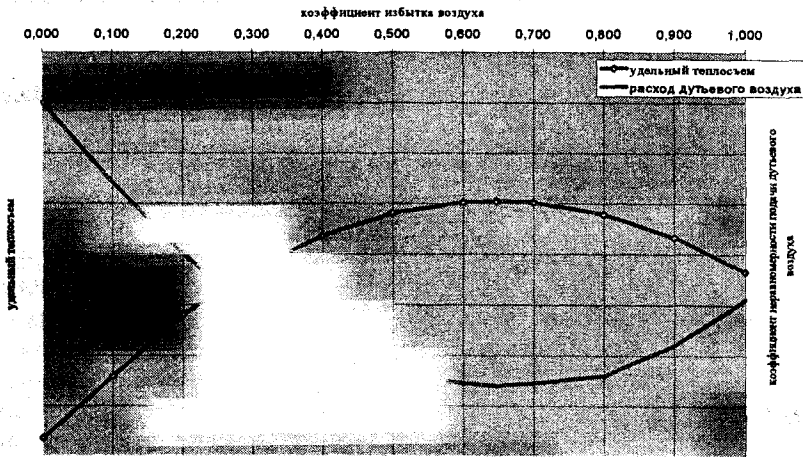


Рис.2 – Зависимость изменения интенсивности теплосяема от коэффициента избытка воздуха

При проектировании газовых радиационных труб необходимо знать соотношение между площадью торцевых и продольных отверстий для выхода, а также изменение диаметра продольных отверстий по длине трубы. Соотношение между площадью торцевых отверстий и полной площадью отверстий для выхода воздуха будет пропорциональным соотношению величины тепловыделений в торце камеры сгорания и полных тепловыделений при $\alpha = 1,0$:

$$\frac{Q_{\alpha_0}}{Q_n} = \frac{S_0}{S}$$

Тепловой поток, который должен выделяться равномерно по длине трубы, должен быть распределен в соответствии с выражением

$$\left(Q_n - Q_{\alpha_0} \right) \frac{X}{l} = Q_{\alpha} - Q_{\alpha_0},$$

где l – полная длина трубы; X – текущее значение длины трубы.

Учитывая полученный характер зависимости неравномерности тепловыделения на единицу подаваемого воздуха, можно утверждать, что распределение давления и расход воздуха, а также отверстий по длине воздушного коллектора для равномерного теплосяема с поверхности радиационной трубы должно иметь экстремальный характер с подачей минимального количества воздуха в ту зону трубы, где проис-

ходит максимальное тепловыделение. С учетом торцевой раздачи воздуха в количестве $\alpha = 0,25$ это будет иметь место на относительном удалении от торца $X/l \approx 0,39 \div 0,4$ (см. рис.2).

В работе [2] с помощью позонных тепловых балансов было определено оптимальное расстояние для выхода воздуха для горизонтальной радиационной трубы диаметром 102 мм и длиной рабочей части 1100 мм. Экспериментально подтвержден полученный нами характер зависимости удельного теплосъема от величины α на участке от торцевой части трубы до ее относительной длины $X/l \approx 0,39 \div 0,4$. Однако необходимость в увеличении расхода воздуха после достижения максимума теплосъема на удалении $X/l \approx 0,39$ [2] определена не была, хотя снижение интенсивности теплосъема на конечных участках трубы было замечено. Разработанный принцип расчета радиационной трубы отражает реальный процесс в камере сгорания и позволяет получить равномерный теплосъем. Реализация его при проектировании радиационных труб позволяет в полной мере использовать такие их преимущества, как простота монтажа и замены оборудования, большой срок межремонтного периода, равномерность обогрева топочного пространства. Это позволит расширить область применения радиационных труб в различных отраслях промышленности.

1.Nichols H.H., Buskirk D.O. Van, A Now Concept in Radiant Tubes Desing and Application // Iron and Steel Ingeneer. – 1963. – №6.

2.Барк С.Е., Гаркуша И.С. Разработка и исследование рекуперативных тупиковых радиационных труб // Газовая промышленность. – 1970. – №5.

Получено 15.04.2001

УДК 658.264

О.Б.ВОРОБЬЕВ, канд. техн. наук, А.А.МАРНИЧ

Харьковская государственная академия городского хозяйства

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРОВ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ НА ТЕРМОСИФОНАХ И РЕКУПЕРАТИВНЫХ ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРОВ НА КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЯХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Приводится сравнительная характеристика рекуперативных теплоутилизаторов и теплоутилизаторов выхлопных газов на термосифонах. Рассматривается возможность применения последних в системах местного теплоснабжения на компрессорных станциях.

Все возрастающая роль топливно-энергетического комплекса в экономике Украины обуславливает необходимость коренного усовершенствования производства и потребления энергии за счет экономии