

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ РАДИАЦИОННЫХ ГОРЕЛОК
ПРИ СЖИГАНИИ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ**

Н.С. Пичугин, А.С. Мазной

Научный руководитель: к.т.н. А.С. Мазной

Национально исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина 36, 634050

E-mail: pichugin.n.s@inbox.ru

**MEASUREMENTS OF EMISSIONS FOR LPG COMBUSTION WITHIN A POROUS CYLINDRICAL
BURNERS**

N.S. Pichugin, A.S. Maznoy

Scientific Supervisor: A.S. Maznoy

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36., 634050

E-mail: pichugin.n.s@inbox.ru

***Abstract.** CO and NO_x emission characteristics of a hollow cylindrical radiation burner operated in the external and internal combustion modes and premixed LPG+air mixtures are experimentally studies. The influence of the pore structure, equivalence ratio, firing rate and burner design are considered.*

Введение. Пористые полые цилиндрические горелки могут функционировать в двух режимах: внешнем, когда горение смеси осуществляется вблизи внешней поверхности инфракрасного излучателя, и внутреннем, когда горение протекает во внутренней полости горелки [1]. Если пламя инициируется снаружи горелки, то устанавливается внешний режим, если изнутри горелки – внутренний режим горения. Использование внутреннего режима горения наиболее перспективно, т.к. достигается более высокая температура излучателя, что позволяет получить повышенный радиационный КПД. Ключевой экологический аспект при разработке газовой горелки – снижение выбросов оксидов азота и монооксида углерода [2]. В данной работе рассматривалось влияние поровой структуры излучателя и условий организации горения на параметры эмиссии NO_x и CO.

Методика эксперимента. Исследовалось 3 цилиндрических излучателя в виде полых цилиндров с полусферическим оголовком, диаметром 48 мм, длиной 76 мм и толщиной стенки 8,5 мм, имеющие равную общую пористость ~ 55%, но разные параметры структуры: мелкопористая, среднепористая и крупнопористая – средний размер элементов скелета $D_E = 600, 1000, 1350$ мкм соответственно. В качестве топлива использовался сжиженный углеводородный газ состава: метан 10,69 об.%, этан 13,82 об.%, пропан 61,66 об.%, остальное (диоксид углерода, бутан, пентан) – 13,83 об.%; низшая теплота сгорания $H_i = 80,60$ кДж/л. Исследовался диапазон коэффициентов избытка воздуха 1,0-1,4 и диапазон удельных мощностей 160-420 кВт/м². Излучатель крепился открытым торцом на патрубок, через который обеспечивалась подача топливной смеси. Исследовались две конфигурации: с установленным в патрубке распределителем потока и без него. Для определения концентрации O₂, CO, NO, NO₂ в уходящих газах использовался газоанализатор «Полар» (Промэкоприбор, Россия). С целью избежать подмеса воздуха к продуктам сгорания горелка помещалась внутри кварцевой трубы диаметром 90 мм,

длиной 500 мм. Отбор газовых проб осуществлялся у верхнего торца кварцевой трубы посредством кратковременной установки пробоотборного зонда перпендикулярно движению газового потока. Измеренные концентрации CO и NO_x (как сумма NO и NO_2) приводились к концентрациям в неразбавленном воздухе продуктами сгорания в стандартных условиях.

Экспериментальная часть. Установлено, что внешний режим горения можно реализовать только на мелкопористой горелке. После инициирования пламени на внешней поверхности среднепористой и крупнопористой горелках в течение 30-60 секунд происходит самопроизвольный проскок пламени и устанавливается внутренний режим горения. На рисунке 1 представлены зависимости эмиссии CO от коэффициента избытка воздуха в различных условиях организации горения. Видно, что во внешнем режиме концентрация CO выше для случая горелки без установленного распределителя потока (рис.1 а,б). Возможно, здесь происходит неравномерное распределение топливной смеси по объему излучателя, что приводит к неравномерному разогреву и образованию зон с низкой температурой пламени. Во внутреннем режиме влияние рассекателя на эмиссию CO не обнаружено – зависимости одинаковы, однако установлено, что влияние оказывает поровая структура горелки (рис.1 в,г,д). Видно, что при удельной мощности 160 кВт/м^2 и 260 кВт/м^2 наименьшие концентрации CO показывает крупнопористая горелка.

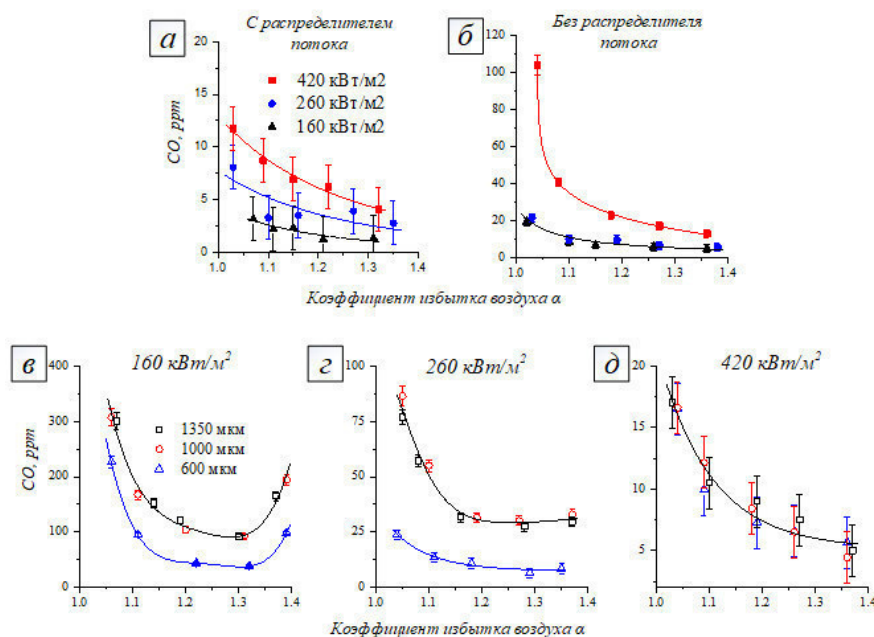


Рис. 1. Зависимости концентрации CO от коэффициента избытка воздуха для разных условий организации горения. Во внешнем режиме горения при различных удельных мощностях с использованием распределителя потока (часть а) и без него (часть б). Во внутреннем режиме горения при различных поровых структурах излучателя и удельных мощностях: 160 кВт/м^2 (часть в), 260 кВт/м^2 (часть г), 420 кВт/м^2 (часть д)

На рисунке 2 представлены зависимости эмиссии NO_x от коэффициента избытка воздуха в различных условиях организации горения. Установлено, что во внешнем режиме горения рассекатель не оказывает влияния на концентрацию NO_x , так при мощности в 160 кВт/м^2 концентрация NO_x менее 20 ppm , при

мощности 420 кВт/м^2 концентрация NO_x в 2-3 раза выше (рис.2 а). Во внутреннем режиме горения в независимости от удельной мощности при коэффициенте избытка воздуха более 1,3 концентрация NO_x менее 20 ppm. При снижении α менее 1,3 концентрация NO_x возрастает. Распределитель потока позволяет снизить эмиссию NO_x в полтора раза (рис.2 б).

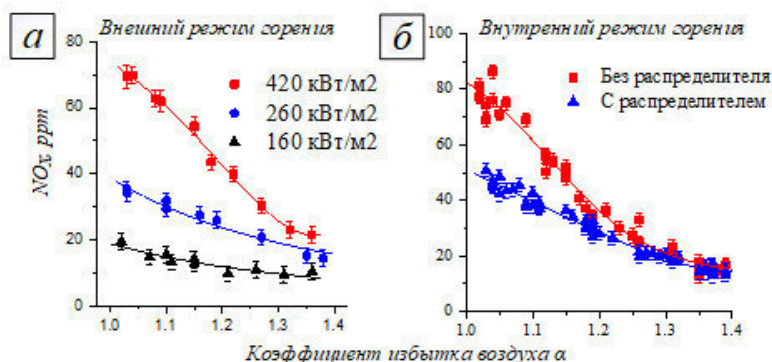


Рис. 2. Зависимости концентрации NO_x от коэффициента избытка воздуха для разных условий организации горения. Часть а - во внешнем режиме горения при различных удельных мощностях. Часть б - во внутреннем режиме горения с использованием распределителя потока и без него

Выводы. Установлено, что поровая структура излучателя оказывает существенное влияние на эмиссию монооксида углерода при работе горелки во внутреннем режиме. Показано, что использование распределителя потока позволяет существенно улучшать экологические характеристики горения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fursenko R., Maznoy A., Odintsov E., Kirdyashkin A., Minaev S., Sudarshan K. Temperature and radiative characteristics of cylindrical porous Ni-Al burners // International Journal of Heat and Mass Transfer - 2016. - V. 98. - P. 277-284.
2. Miller B. G. a., Fossil fuel emission control technologies : stationary heat and power systems. Butterworth-Heinemann, - 2015. - P.232-257.