

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЛАМЕНИ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОРИСТОЙ ГОРЕЛКЕ С УЧЕТОМ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Ф.С. Палесский, С.С. Минаев

Научный руководитель: д.ф.-м.н. С.С. Минаев

Инженерная школа, Дальневосточный федеральный университет, Россия, г.Владивосток,
ул. Суханова, 8, 690091

E-mail: paleskiy.fedor@gmail.com

Сжигание газового топлива внутри пористых материалов является перспективным методом производства тепловой энергии. Такой способ получения тепла обладает высокой эффективностью и хорошими экологическими характеристиками благодаря рекуперации тепла внутри пористого конвертера. Большую роль в увеличении эффективности таких горелочных устройств играет тепловое излучение высокой мощности от стенок пористого тела. Последние экспериментальные исследования в этой области [1] показали, что использование высокотемпературной металлокерамики для изготовления конвертеров позволяет достигать значения КПД 50% преобразования химической энергии топлива в энергию инфракрасного теплового излучения. В указанной работе были экспериментально изучены режимы работы цилиндрического пористого конвертера с горением газа. Было показано, что существует два независимых режима горения при одинаковых параметрах системы. В зависимости от начальных условий воспламенения газа, пламя может стабилизироваться внутри пористого конвертера или снаружи горелки, рядом с внешней поверхностью конвертера. При этом распределение температуры, мощность и эффективность работы горелочного устройства существенно отличаются для разных режимов работы (до 1.5 раз).

В настоящей работе произведено численное моделирование задачи горения предварительно перемешанной смеси газов в цилиндрической пористой горелке. Наряду с конвективным переносом тепла и теплопроводностью, учитывается радиационный теплоперенос внутри пористой среды и теплопотери в виде излучения из внутренних объемов пористого тела во внешнюю среду. Подобная модель сжигания газа в пористой среде с учетом теплового излучения уже была рассмотрена в работе [2], где было произведено сравнение вышеуказанной модели с традиционной моделью фильтрационного горения без учета тепловой радиации [3]. В отличие от задачи, рассмотренной в работе [2], в настоящем исследовании рассмотрены не только случаи стабилизации пламени внутри пористой среды, но также найдены стационарные решения, которые соответствуют горению во внутренней полости цилиндрического конвертера и во внешней среде в непосредственной близости от границы раздела с пористым материалом.

На рис. 1 представлены графики зависимости радиуса стабилизации пламени от скорости фильтрации свежей смеси. Кривая 1 (синие треугольники) соответствует случаю инициации пламени снаружи горелки в окружающей среде. Кривая 2 (черные квадраты) соответствует случаю поджигания газа во внутренней полости цилиндрического пористого конвертера. Вышеописанные стационарные режимы горения, полученные с помощью численного моделирования, хорошо согласуются с экспериментальными исследованиями, изложенными в работе [1]. В настоящей работе был произведен анализ результатов численного моделирования: профилей температуры в газе и в твердом теле, нормальной скорости пламени, эффективности и мощности излучения. Эти данные были сопоставлены с результатами экспериментальных исследований из работы [1] и показано хорошее качественное согласие. В частности численно показано, что при стабилизации пламени внутри горелки (кривая 2 на рис. 1) температура твердого тела достигает максимума на внутренней поверхности раздела пористой среды с газом и понижается при увеличении радиуса. Для случая, когда пламя стабилизируется во окружающей среде рядом с внешней поверхностью раздела пористого тела и газа (кривая 1 на рис. 1), наблюдается обратная зависимость: температура пористого тела достигает максимума на внешней поверхности пористого конвертера и убывает при уменьшении радиуса.

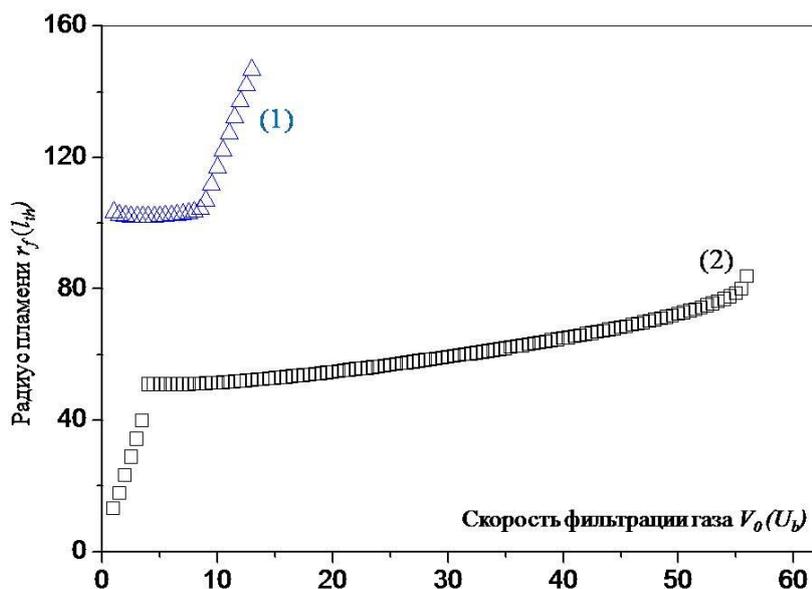


Рис. 1. Радиус стабилизации пламени (измеряется в единицах тепловой толщины l_{th}) в цилиндрической пористой горелке в зависимости от скорости фильтрации газа (измеряется в единицах адiabатической скорости горения U_b). Кривая (1) - инициация пламени снаружи горелки. Кривая (2) - воспламенение внутри горелки

В представленной работе предложена модель фильтрационного горения газов в цилиндрической пористой горелке, которая учитывает радиационный перенос тепла и позволяет получить стационарные решения как внутри пористого материала, так и в прилегающих областях. Эта модель дает возможность сделать качественные оценки мощности и эффективности теплового излучения от горелки для разных стационарных режимов горения. Результаты численного счета на основе этой модели находятся в хорошем качественном согласии с экспериментальными результатами, известными из литературы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fursenko R.V. et al. Temperature and radiative characteristics of cylindrical porous Ni–Al burners // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2016. – Т. 98. – С. 277-284.
2. Palesskii F. S., Fursenko R. V., Minaev S. S. Modeling of filtration combustion of gases in a cylindrical porous burner with allowance for radiative heat transfer // Combustion, Explosion, and Shock Waves. – 2014. – Т. 50. – №. 6. – С. 625-631.
3. Babkin V. S. Laevsky Y.M. Filtration gas combustion // Combust. Explos. Shok. Wavea. – 1987. – Т. 23. – С. 531-547.