

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ГОРЕНИЯ НА ПЛОСКОЙ ПОРИСТОЙ МАТРИЦЕ

В. С. Арутюнов¹, А. А. Беляев², Б. В. Лидский³, А. В. Никитин⁴, В. С. Посвянский⁵, В. М. Шмелев⁶

Аннотация: Методом математического моделирования исследована природа верхнего предела поверхностного горения метановоздушной смеси на плоской пористой матрице. Решалась одномерная стационарная задача с использованием глобального кинетического механизма горения метана, отработанного при расчетах процессов самовоспламенения и распространения ламинарного пламени в газовых смесях парафиновых углеводородов. Установлено, что на положение фронта пламени относительно рабочей поверхности матрицы сильно влияет величина теплообмена между газом и твердым материалом матрицы. Получена зависимость пределов горения от удельной мощности горения. Установлено, что возникновение верхнего предела поверхностного горения связано с отрывом пламени от поверхности матрицы, а предельное значение удельной мощности горения растёт с увеличением температуры подогрева входящей метановоздушной смеси. Однако при больших подогревах в промежуточном диапазоне изменения удельной мощности горения возникает область, в которой режим поверхностного горения не может осуществляться. Определена зависимость температуры рабочей поверхности матрицы от удельной мощности горения.

Ключевые слова: пористая матрица, горелочные устройства, горение метана, математическое моделирование, устойчивость горения

DOI: 10.30826/CE18110302

Литература

1. Брюханов О. Н. Радиационно-конвективный теплообмен при сжигании газа в перфорированных системах. — Л.: ЛГУ, 1977. 238 с.
2. Родин А. К. Газовое лучистое отопление. — Л.: Недра, 1987. 191 с.
3. Брюханов О. Н., Крейнин Е. В., Матрюков Б. С. Радиационный газовый нагрев. — Л.: Недра, 1989. 296 с.
4. Vouza P. H., de Goey L. P. H. Premixed combustion on ceramic foam burners // *Combust. Flame*, 1999. Vol. 119. P. 133–143.
5. Nemoda S., Trimis D., Zivkovic G. Numerical simulation of porous burners and hole plate surface burners // *Therm. Sci.*, 2004. Vol. 8. No. 1. P. 3.
6. Barra A. J., Ellzey J. L. Heat recirculation and heat transfer in porous burner // *Combust. Flame*, 2004. Vol. 137. P. 230–241.
7. Keshtkar M. M., Nassab S. A. G. Theoretical analysis of porous radiant burners under 2-D radiation field using discrete ordinates method // *J. Quant. Spectrosc. Ra.*, 2009. Vol. 110. P. 1894–1907.
8. Randrianalisoa J., Brechet Y., Baillis D. Materials selection for optimal design of a porous radiant burner for environmentally driven requirements // *Adv. Eng. Mater.*, 2009. Vol. 11. No. 12. P. 1049–1056.
9. Шмелев В. М. Горение природного газа на поверхности матриц из высокопористой металлической пены // *Хим. физика*, 2010. Т. 29. № 7. С. 27–36.
10. Djordjevic N., Habisreuther P., Zarzalis N. A numerical investigation of the flame stability in porous burners employing various ceramic sponge-like structures // *Chem. Eng. Sci.*, 2011. Vol. 66. P. 682–688.
11. Крайнов А. Ю., Мусеева К. М. Горение бедных метановоздушных смесей в щелевой горелке с адиабатическими внешними стенками // *Физика горения и взрыва*, 2016. Т. 52. № 1. С. 52–59.
12. Вильямс Ф. А. Теория горения / Пер. с англ. — М.: Наука, 1971. 615 с. (*Williams F. A. Combustion theory. — Addison-Wesley Publishing Co.*, 1965. 447 p.)
13. Футько С. И., Жданок С. А. Химия фильтрационного горения газов. — Минск: Беларуская навука. 2004. 319 с.
14. Burcat A. Thermodynamic data at the Web site of the Laboratory for Chemical Kinetics. Ideal gas thermodynamic data in polynomial form for combustion and air pollution use. 2005. <http://garfield.chem.elte.hu/Burcat/burcat.html>.

¹Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, arutyunov@chph.ras.ru

²Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, belyaevIHF@yandex.ru

³Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, fishgoit@mail.ru

⁴Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, ni_kit_in@rambler.ru

⁵Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, vsposv@yandex.ru

⁶Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, shmelev@chph.ras.ru

15. Франк-Каменецкий Д. А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. — М.: Наука, 1987. 502 с.
16. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей / Пер. с англ. — Л.: Химия, 1982. 592 с. (Reid R. C., Prausnitz J. M., Sherwood T. K. The properties of gases and liquids. — New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1977. 688 p.)
17. Басевич В. Я., Беляев А. А., Фролов С. М. «Глобальные» кинетические механизмы ламинарных пламен для моделирования турбулентных реагирующих течений. Ч. 1. Основной химический процесс тепловыделения // Хим. физика, 1998. Т. 17. № 9. С. 112–128.
18. Басевич В. Я., Беляев А. А., Фролов С. М. «Глобальные» кинетические механизмы ламинарных пламен для моделирования турбулентных реагирующих течений. Ч. 2. Образование окиси азота // Хим. физика, 1998. Т. 17. № 10. С. 71–79.
19. Годунов С. К., Рябенский В. С. Разностные схемы. — М.: Наука, 1977. 440 с.
20. Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ / Пер. с англ. — М.: Физматлит, 2006. 352 с. (Warnatz J., Maas U., Dibble R. W. Combustion. Physical and chemical fundamentals, modeling and simulations, experiments, pollutant formation. — Springer, 2001. 352 p.)

Поступила в редакцию 12.01.18