

О РЕЖИМАХ ГОРЕНИЯ В ЗАКРУЧЕННОЙ СТРУЕ, НАПРАВЛЕННОЙ НА ПЛОСКУЮ ПРЕГРАДУ*

Д. К. Шараборин¹, Р. В. Толстогузов², В. М. Дулин³, Д. М. Маркович⁴

Аннотация: Представлены результаты исследования структуры потока и формы фронта пламени пропановоздушной смеси в закрученных струях, натекающих на охлаждаемую металлическую преграду. Коэффициент избытка топлива смеси был равен 0,7, число Рейнольдса струи составляло 5000. С использованием панорамных оптических методов PIV (particle image velocimetry) и НСНО PLIF (planar laser-induced fluorescence), основанных соответственно на анемометрии по изображениям частиц и регистрации плоскостной лазерно-индуцированной флуоресценции формальдегида, измерены распределения скорости и положение фронта пламени в осевом сечении потока. Для исследованных пламен при расстоянии между срезом сопла и плоской преградой в три калибра в пристенной области обнаружено значительное увеличение интенсивности флуоресценции формальдегида и других органических соединений при возбуждении на длине волны 355 нм. Ожидается, что данный эффект вызван охлаждением продуктов горения вследствие теплообмена с металлической преградой, снижением температуры внутри зоны рециркуляции и уменьшением полноты сгорания топлива.

Ключевые слова: закрученная струя; турбулентное горение в вихревом потоке; лазерная диагностика; импактная струя

DOI: 10.30826/CE19120208

Литература

1. Syred N., Beer J. M. Combustion in swirling flows: A review // *Combust. Flame*, 1974. Vol. 23. No. 2. P. 143–201.
2. Gupta A. K., Lilley D. G., Syred N. Swirl flows. — Kent, U.K.: Abacus Press, 1984. 475 p.
3. Weber R., Dugué J. Combustion accelerated swirling flows in high confinements // *Prog. Energ. Combust.*, 1992. Vol. 18. No. 4. P. 349–367.
4. Luo D. D., Zhen H. S., Leung C. W., Cheung C. S. Premixed flame impingement heat transfer with induced swirl // *Int. J. Heat Mass Tran.*, 2010. Vol. 53. No. 19–20. P. 4333–4336.
5. Singh G., Chander S., Ray A. Heat transfer characteristics of natural gas/air swirling flame impinging on a flat surface // *Exp. Therm. Fluid Sci.*, 2012. Vol. 41. P. 165–176.
6. Chander S., Singh G. 2013. Effect of helical vane swirler geometry on heat transfer characteristics for compressed natural gas/air swirling flame impinging on a flat surface // *ASME 2013 Mechanical Engineering Congress and Exposition (International)*. — San Diego, CA, USA: American Society of Mechanical Engineers. P. V08AT09A018.
7. Singh G., Chander S. Effect of swirl intensity on heat transfer characteristics of swirling flame impinging on a flat surface // *ASME 2013 Mechanical Engineering Congress and Exposition (International)*. — San Diego, CA, USA: American Society of Mechanical Engineers, 2013. P. V08AT09A021.
8. Singh S., Chander S. Heat transfer characteristics of dual flame with outer swirling and inner non-swirling flame impinging on a flat surface // *Int. J. Heat Mass Tran.*, 2014. Vol. 77. P. 995–1007.
9. Dreizler A., Böhm B. Advanced laser diagnostics for an improved understanding of premixed flame–wall interactions // *P. Combust. Inst.*, 2015. Vol. 35. No. 1. P. 37–64.
10. Edwards C. F., Fornaciari N. R., Dunskey C. M., Marx K. D., Ashurst W. T. Spatial structure of a confined swirling flow using planar elastic scatter imaging and laser Doppler velocimetry // *Fuel*, 1993. Vol. 72. P. 1151–1159.
11. Cheng R. K. Velocity and scalar characteristics of premixed turbulent flames stabilized by weak swirl // *Combust. Flame*, 1995. Vol. 101. P. 1–14.
12. Stella A., Guj G., Kompenhans J., Raffel M., Richard H. Application of particle image velocimetry to combust-

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 16-19-10566).

¹Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук; Новосибирский государственный университет, Sharaborin.d@gmail.com

²Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук; Новосибирский государственный университет, enot.roman@gmail.com

³Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук; Новосибирский государственный университет, vmd@itp.nsc.ru

⁴Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук; Новосибирский государственный университет, dmark@itp.nsc.ru

- ing flows: Design considerations and uncertainty assessment // *Exp. Fluids*, 2001. Vol. 30. P. 167–180.
13. *Johnson M. R., Littlejohn D., Nazeer W. A., Smith K. O., Cheng R. K.* A comparison of the flowfields and emissions of high-swirl injectors and low-swirl injectors for lean premixed gas turbines // *P. Combust. Inst.*, 2005. Vol. 30. P. 2867–2874.
 14. *Cheng R. K., Littlejohn D., Nazeer W. A., and Smith K.* Laboratory studies of the flow field characteristics of low-swirl injectors for adaptation to fuel-flexible turbines // *J. Eng. Gas Turb. Power*, 2008. Vol. 130. P. 021501.
 15. *Коробейников О. П., Шмаков А. Г., Чернов А. А., Маркович Д. М., Дулин В. М., Шараборин Д. К.* Пространственное и временное разрешение метода PIV при измерении скорости в пламени // *Физика горения и взрыва*, 2014. Т. 50. № 5. С. 13–21.
 16. *Kohse-Höinghaus K.* Laser techniques for the quantitative detection of reactive intermediates in combustion systems // *Prog. Energ. Combust.*, 1994. Vol. 20. P. 203–279.
 17. *Hassel E. P., Linow S.* Laser diagnostics for studies of turbulent combustion // *Meas. Sci. Technol.*, 2000. Vol. 11. P. R37–R57.
 18. *Miles R. B., Lempert W. R., Forkey J. N.* Laser Rayleigh scattering // *Meas. Sci. Technol.*, 2001. Vol. 12. P. R33–R51.
 19. *Glassman I.* Combustion. — 3rd ed. — San Diego, CA, USA: Academic Press, 1996. 631 p.

Поступила в редакцию 18.01.19