

РАЗВИТИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ФРОНТА ВОДОРОДНО-ВОЗДУШНОГО ПЛАМЕНИ В ОТКРЫТОМ КАНАЛЕ

И. С. Яковенко¹, И. С. Медведков², А. Д. Киверин³

Аннотация: Работа посвящена анализу развития неустойчивости фронта пламени в обедненных водородно-воздушных смесях различного состава при горении в открытом канале. Проведен численный анализ различных стадий развития фронта. В частности, определены характеристики линейной стадии роста неустойчивости, построены дисперсионные кривые и получена зависимость критической длины волны от состава смеси. Продемонстрированы закономерности нелинейного развития процесса, следующего за линейной стадией. На основе полученных результатов построена диаграмма зависимости скорости распространения пламени от величины периметра фронта горения для смесей различного состава. Показано, что для обедненных смесей водорода с воздухом зависимость скорости распространения от площади фронта имеет нелинейный участок при малых площадях фронта горения.

Ключевые слова: горение водорода; численное моделирование; неустойчивость фронта пламени; скорость распространения пламени

DOI: 10.30826/CE21140402

Литература

1. Abe J., Popoola A., Ajenifuja E., Popoola O. Hydrogen energy, economy and storage: Review and recommendation // *Int. J. Hydrogen Energ.*, 2019. Vol. 44. No. 29. P. 15072–15086. doi: 10.1016/j.ijhydene.2019.04.068.
2. Das L. Hydrogen engines: A view of the past and a look into the future // *Int. J. Hydrogen Energ.*, 1990. Vol. 15. No. 6. P. 425–443. doi: 10.1016/0360-3199(90)90200-I.
3. Verhelst S. Recent progress in the use of hydrogen as a fuel for internal combustion engines // *Int. J. Hydrogen Energ.*, 2014. Vol. 39. No. 2. P. 1071–1085. doi: 10.1016/j.ijhydene.2013.10.102.
4. Matalon M. Intrinsic flame instabilities in premixed and nonpremixed combustion // *Annu. Rev. Fluid Mech.*, 2007. Vol. 39. No. 1. P. 163–191. doi: 10.1146/annurev.fluid.38.050304.092153.
5. Ландау Л. Д. К теории медленного горения // *ЖЭТФ*, 1944. Т. 14. С. 240–250.
6. Баренблатт Г. И., Зельдович Я. Б., Истратов А. Г. О диффузионно-тепловой устойчивости ламинарного пламени // *Прикл. мех. техн. физ.*, 1962. Т. 4. С. 21–26.
7. Keromnes A., Metcalfe W. K., Heufer K. A., Donohoe N., Das A. K., Sung C.-J., Herzler J., Naumann C., Griebel P., Mathieu O., Krejci M. C., Petersen E. L., Pitz W. J., Curran H. J. 2013. An experimental and detailed chemical kinetic modeling study of hydrogen and syngas mixture oxidation at elevated pressures // *Combust. Flame*, 2013. Vol. 160. No. 6. P. 995–1011. doi: 10.1016/j.combustflame.2013.01.001.
8. McGrattan K., McDermott R., Hostikka S., Weinschenk C. G., Forney G. P. Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Vol. 1: Mathematical model. — Gaithersburg, MD, USA: U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 2013. Technical Report NIST Special Publication 1018-1. doi: 10.6028/NIST.SP.1018.
9. Гостинцев Ю. А., Истратов А. Г., Шулепин Ю. В. 1988. Автомодельный режим распространения свободного турбулентного пламени в перемешанных газовых смесях // *Физика горения и взрыва*, 1988. Т. 5. С. 63–70.
10. Bauwens C. R. L., Bergthorson J. M., Dorofeev S. B. Experimental investigation of spherical-flame acceleration in lean hydrogen–air mixtures // *Int. J. Hydrogen Energ.*, 2017. Vol. 42. No. 11. P. 7691–7697. doi: 10.1016/j.ijhydene.2016.05.028.
11. Wu F., Liang W., Chen Z., Ju Y., Law C. K. Uncertainty in stretch extrapolation of laminar flame speed from expanding spherical flames // *P. Combust. Inst.*, 2015. Vol. 35. No. 1. P. 663–670. doi: 10.1016/j.proci.2014.05.065.
12. Bradley D., Lawes M., Liu K., Verhelst S., Woolley R. Laminar burning velocities of lean hydrogen–air mixtures at pressures up to 1.0 MPa // *Combust. Flame*, 2007. Vol. 149. No. 1-2. P. 162–72. doi: 10.1016/j.combustflame.2006.12.002.

Поступила в редакцию 15.11.2021

¹Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, yakovenko.ivan@bk.ru

²Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, medvedkov562@gmail.com

³Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, alexeykiverin@gmail.com