

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТОПЛИВНЫХ СМЕСЕЙ КИСЛОРОД–ВОДОРОД И КИСЛОРОД–МЕТАН НА ВОЗМОЖНОСТЬ ЛАЗЕРНОГО ЗАЖИГАНИЯ

С. Г. Ребров¹, В. А. Голубев², А. Н. Голиков³, А. Е. Моргунов⁴

Аннотация: Представлены результаты исследований по изучению влияния скорости потока и соотношения компонентов топливных смесей кислород–водород и кислород–метан на возможность их лазерного зажигания путем инициирования искры оптического пробоя в объеме газа. Приведены экспериментальные данные, полученные при работе на исследовательской камере, скорость потока в которой регулировалась как за счет варьирования суммарного расхода топливных компонентов, так и путем изменения давления в барокамере, в которую вытекали продукты сгорания. Для оценки условий смесеобразования в исследовательской камере представлены результаты численного моделирования смешения компонентов в ней. Указаны выявленные в процессе экспериментов граничные значения скоростей потока исследуемых топливных смесей для широкого диапазона изменения значения соотношения компонентов, при которых наблюдается лазерное зажигание.

Ключевые слова: лазерное зажигание; оптический пробой; скорость течения; кислород–водород; кислород–метан

DOI: 10.30826/CE22150402

EDN: VQVFLC

Литература

1. Чванов В. К., Белов Е. А., Голубев В. А., Дубовик Д. И., Иванов Н. Г., Лёвочкин П. С., Ключева О. Г., Ромасенко Е. Н., Ребров С. Г., Фёдоров В. В. Исследование лазерного воспламенения топлива кислород–керосин в модельной установке // Труды НПО Энергомаш им. академика В. П. Глушко, 2012. № 29. С. 198–210.
2. Ребров С. Г., Голубев В. А., Голиков А. Н. Лазерное зажигание кислородно–углеводородных топлив в ракетных двигателях // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2018. № 7. С. 77–91.
3. Ребров С. Г., Голубев В. А., Космачев Ю. П., Космачева В. П. Лазерное зажигание топлива жидкий кислород–газообразный водород в крупноразмерной камере сгорания // Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2019. № 12. С. 104–114. doi: 10.18698/0536-1044-2019-12-104-114.
4. Hasegawa K., Kusaka K., Kumakawa A., Sato M., Tadano M. 2003. Laser ignition characteristics of GOX/GH₂ and GOX/GCH₄ propellants. AIAA Paper No. 2003-4906, 2003. doi: 10.2514/6.2003-4906.
5. Soller S., Rackemann N., Kroupa G. 2017. Laser ignition application to cryogenic propellant rocket thrust chambers. OSA Technical Digest. Optical Society of America. Paper LFA4.3. doi: 10.1364/LIC.2017.LFA4.3.
6. Börner M., Manfletti C., Hardi J., et al. Laser ignition of a multi-injector LOX/methane combustor // CEAS Space J., 2018. Vol. 10(2). P. 273–286. doi: 10.1007/s12567-018-0196-6.
7. Райзер Ю. П. Пробой и нагревание газов под действием лазерного луча // Успехи физических наук, 1965. Т. 87. С. 29–64.
8. Островская Г. В., Зайдель А. Н. Лазерная искра в газах // Успехи физических наук, 1973. Т. 111. С. 579–615.
9. Делоне Н. Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. — М.: Наука, 1989. 280 с.
10. Хитрин Л. Н. Физика горения и взрыва. — М.: Изд-во МГУ, 1957. 453 с.
11. Льюис Б., Эльбе Г. Горение, пламя и взрывы в газах / Пер. с англ. — М.: Мир, 1968. 592 с. (Lewis B., von Elbe G. Combustion, flames and explosions of gases. — New York, London: Academic Press Inc., 1961. 739 p.)
12. Раушенбах Б. В., Белый А. А., Беспалов И. В. и др. Физические основы рабочего процесса в камерах сгорания воздушно–реактивных двигателей. — М.: Машиностроение, 1964. 522 с.
13. Lim E. H., McIlroy A., Ronney P. D., Syage J. A. Detailed characterization of minimum ignition energies of combustible gases using laser ignition sources // 8th Symposium (International) on Transport Phenomena in Combustion. — San Francisco, CA, USA, 1995. P. 176–184.
14. Голиков А. Н., Голубев В. А., Ребров С. Г. Экспериментальные исследования лазерного зажигания в ракетном двигателе малой тяги с использованием полупроводникового лазера // Космонавтика и ракетостроение, 2020. № 1(112). С. 108–120.
15. Щелкин К. И. Быстрое горение и спиновая детонация газов. — М.: Военное издательство Министерства вооруженных сил СССР, 1949. 196 с.

Поступила в редакцию 07.02.2022

¹Исследовательский центр имени М. В. Келдыша, rebrov_sergey@mail.ru

²Исследовательский центр имени М. В. Келдыша, golubev.va@mail.ru

³Исследовательский центр имени М. В. Келдыша, andgolikov@mail.ru

⁴Исследовательский центр имени М. В. Келдыша, morgunov.alex@inbox.ru