

СФЕРИЧЕСКОЕ ДИФФУЗИОННОЕ ПЛАМЯ ЭТИЛЕНА В КОСМИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ «АДАМАНТ»*

С. М. Фролов¹, С. Н. Медведев², Ф. С. Фролов³

Аннотация: Совместный космический эксперимент (КЭ) NASA и Роскосмоса Flame Design (Адамант) — один из шести экспериментов, проводимых в настоящее время астронавтами NASA и космонавтами Роскосмоса на американском сегменте Международной космической станции (МКС) в рамках проекта АСМЕ (русский перевод: «Продвинуться в понимании горения с помощью экспериментов в условиях микрогравитации»). Цель КЭ — экспериментальное и теоретическое изучение фундаментальных механизмов управления сажеобразованием в сферическом диффузионном пламени (СДП), формируемом вокруг пористой сферы (ПС), и радиационного погасания СДП в условиях микрогравитации. Объекты исследования — «прямые» и «обратные» СДП газообразного этилена в атмосфере кислорода с добавками инертных газов, азота и диоксида углерода при комнатной температуре и давлениях от 0,02 до 0,1 МПа. «Прямое» пламя — это пламя, образованное в атмосфере окислителя при подаче горючего через ПС. «Обратное» пламя — это пламя, образованное в атмосфере горючего при подаче окислителя через ПС. Данные КЭ используются для проверки одномерных, двумерных и трехмерных физико-математических моделей явления, включающих сокращенные и детальные кинетические механизмы окисления и горения этилена, сажеобразования, свойства переноса в многокомпонентной газовой смеси, а также конвективный и кондуктивный теплообмен и теплообмен излучением. Ожидается, что в результате выполнения проекта будут получены новые знания о физике и химии диффузионных пламен, которые помогут в решении задач управления горением и снижения вредных выбросов при горении. В статье представлены текущие экспериментальные и теоретические результаты проекта.

Ключевые слова: космический эксперимент; микрогравитация; сферическое диффузионное пламя; этилен; численное моделирование

DOI: 10.30826/CE21140102

Литература

1. Flickr. www.flickr.com/photos/space-flames.
2. Space Flames. www.facebook.com/space.flames.
3. Zarevo. <https://tsnimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/zarevo/>.
4. Sunderland P. B., Axelbaum R. L., Urban D. L., Chao B. H., Liu S. Effects of structure and hydrodynamics on the sooting behavior of spherical microgravity diffusion flames // *Combust. Flame*, 2003. Vol. 132. P. 25–33.
5. Christiansen E. W., Tse S. D., Law C. K. A computational study of oscillatory extinction of spherical diffusion flames // *Combust. Flame*, 2003. Vol. 134. P. 327–337.
6. Tang S., Chernovsky M. K., Im H. G., Atreya A. A computational study of spherical diffusion flames in microgravity with gas radiation. Part I: Model development and validation // *Combust. Flame*, 2010. Vol. 157. P. 118–126. doi: 10.1016/j.combustflame.2009.09.010.
7. Lecoustre V. R., Sunderland P. B., Chao B. H., Axelbaum R. L. Numerical investigation of spherical diffusion flames at their sooting limits // *Combust. Flame*, 2012. Vol. 159. P. 194–199. doi: 10.1016/j.combustflame.2011.05.022
8. Nayagam V., Dietrich D. L., Williams F. A. Radiative extinction of burner-supported spherical diffusion flames: A scaling analysis // *Combust. Flame*, 2019. Vol. 205. P. 368–370. doi: 10.1016/j.combustflame.2019.04.027.
9. Markan A., Baum H. R., Sunderland P. B., Quintiere J. G., de Ris J. L. Transient ellipsoidal combustion model for a porous burner in microgravity // *Combust. Flame*, 2020. Vol. 212. P. 93–106. doi: 10.1016/j.combustflame.2019.09.030.
10. Williams F. A. *Combustion theory*. — Menlo Park, CA, USA: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. 1985. P. 636, 637.
11. Forchheimer P. Wasserbewegung durch boden // *Z. Ver. Dtsch. Ing.*, 1901. Vol. 45. No. 50. P. 1781–1788.

* Научно-исследовательская работа выполнена в рамках космического эксперимента «Адамант». Авторы благодарны своим коллегам из Федерального исследовательского центра химической физики им. Н. Н. Семёнова РАН (В. Я. Басевичу, А. А. Беляеву, В. С. Посвянскому, М. Ю. Синеву, П. А. Власову), а также Р. Аксельбауму из Вашингтонского университета в Сент-Луисе, П. Сандерленду из Мэрилендского университета и Д. Урбану из Исследовательского центра Гленна НАСА за плодотворное сотрудничество.

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, smfrol@chph.ras.ru

²Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, medvsn@gmail.com

³Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, f.frolov@chph.ru

12. Басевич В. Я., Беляев А. А., Посвянский В. С., Фролов С. М. Механизмы окисления и горения нормальных парафиновых углеводородов: переход от C_1 – C_{10} к C_{11} – C_{16} // Хим. физика, 2013. Т. 32. № 4. С. 1–10.
13. Басевич В. Я., Медведев С. Н., Фролов С. М., Фролов Ф. С., Басара Б., Пришинг П. Макрокинетическая модель для расчета эмиссии сажи в дизеле // Горение и взрыв, 2016. Т. 9. № 3. С. 36–46.
14. TNF Workshop. <https://tnfworkshop.org/radiation/>.
15. Reid R. C., Prausnitz J. M., Sherwood T. K. The properties of gases and liquids. — New York, NY, USA: McGrawHill, 1977. 703 p.

Поступила в редакцию 14.02.2021