

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ГОРЕНИЕ КАПЕЛЬ*

В. Я. Басевич¹, А. А. Беляев², С. Н. Медведев³, С. М. Фролов⁴, Ф. С. Фролов⁵

Аннотация: Рассмотрено влияние теплового излучения на самовоспламенение и горение капель н-гептана. Как показывают эксперименты с углеводородным горючим, проведенные на Международной космической станции в условиях микрогравитации (Российско-американский космический эксперимент CFI («Зарево»)), после зажигания одиночной крупной капли диаметром 2–5 мм происходит радиационное погасание пламени с ее последующим низкотемпературным окислением и горением. Расчеты свидетельствуют о том, что это явление обязано тепловому излучению сажи, образующейся при горении капли. В отличие от крупных капель горение мелких капель субмиллиметрового диаметра происходит без определяющего влияния теплового излучения: капля успевает сгореть, прежде чем проявятся эффекты теплового излучения.

Ключевые слова: горение капель; тепловое излучение; задержка самовоспламенения; константа скорости горения капли

DOI: 10.30826/CE18110210

Литература

1. *Nayagam V., Dietrich D. L., Ferkul P. V., et al.* Can cool flames support quasi-steady alkane droplet burning? // *Combust. Flame*, 2012. Vol. 159. P. 3583–3588.
2. *Басевич В. Я., Беляев А. А., Медведев С. Н., Посвянский В. С., Фролов Ф. С., Фролов С. М.* Моделирование самовоспламенения и горения капель н-гептана с использованием детального кинетического механизма // *Хим. физика*, 2010. Т. 12. № 12. С. 50–59.
3. *Басевич В. Я., Медведев С. Н., Фролов С. М., Фролов Ф. С., Васара В., Priesching P.* Макрокинетическая модель для расчета эмиссии сажи в дизеле // *Горение и взрыв*, 2016. Т. 9. № 3. С. 36–47.
4. *Фролов С. М., Басевич В. Я., Медведев С. Н.* Моделирование низкотемпературного окисления и горения капель // *ДАН*, 2016. Т. 470. № 4. С. 427–430.
5. *Фролов С. М., Басевич В. Я., Медведев С. Н., Фролов Ф. С.* Беспламенное горение крупной капли н-додекана в условиях микрогравитации // *Горение и взрыв*, 2017. Т. 10. № 3. С. 36–42.
6. *Фролов С. М., Посвянский В. С., Басевич В. Я., Беляев А. А., Сметанюк В. А., Марков В. В., Семенов И. В.* Испарение и горение капли углеводородного топлива. II. Неэмпирическая модель испарения капли с учетом многокомпонентной диффузии // *Хим. физика*, 2004. Т. 23. № 4. С. 75–83.

Поступила в редакцию 02.02.18

* Работа выполнена за счет субсидии, выделенной ИХФ РАН на выполнение государственного задания (темы 0082-2016-0011, ААА-А17-117040610346-5 и 0082-2014-0004, ААА-А17-117040610283-3).

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

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

³ Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, medvedevs@chph.ras.ru

⁴ Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, smfrol@chph.ras.ru

⁵ Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук, f.frolov@chph.ru

EFFECT OF THERMAL RADIATION ON DROPLET COMBUSTION

V. Ya. Basevich¹, A. A. Belyaev¹, S. N. Medvedev¹, S. M. Frolov^{1,2,3}, and F. S. Frolov^{1,3}

¹N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation

²National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), 31 Kashirskoe Sh., Moscow 115409, Russian Federation

³Scientific Research Institute of System Studies, Russian Academy of Sciences, 36-1 Nakhimovskiy Prosp., Moscow 117218, Russian Federation

Abstract: The effect of thermal radiation on self-ignition and combustion of *n*-heptane droplets is considered. As shown by the experiments with hydrocarbon fuel performed at the International Space Station in microgravity conditions (the Russian–American space experiment CFI (“Zarevo”)), after ignition of a single large droplet 2–5 mm in diameter, the arising flame quenches and the droplet undergoes subsequent low-temperature oxidation and combustion. Calculations show that this phenomenon is due to the thermal emission of soot formed during the burning of the droplet. Unlike large droplets, the combustion of small droplets of submillimeter diameter occurs without the determining influence of thermal radiation: the droplet has time to burn nearly completely before the effects of thermal radiation manifest themselves.

Keywords: droplet combustion; thermal radiation; self-ignition delay; combustion constant

DOI: 10.30826/CE18110210

Acknowledgments

This work was carried out due to a subsidy allocated by the Institute of Chemical Physics of the Russian Academy of Sciences for the performance of the state task (topics 0082-2016-0011, AAA-A17-117040610346-5 and 0082-2014-0004, AAA-A17-117040610283-3).

References

1. Nayagam, V., D. L. Dietrich, P. V. Ferkul, et al. 2012. Can cool flames support quasi-steady alkane droplet burning? *Combust. Flame* 159:3583–3588.
2. Basevich, V. Ya., A. A. Belyaev, S. N. Medvedev, V. S. Posvyanskii, F. S. Frolov, and S. M. Frolov. 2010. Simulation of the autoignition and combustion of *n*-heptane droplets using a detailed kinetic mechanism. *Russ. J. Phys. Chem. B* 4(6):995–1004.
3. Basevich, V. Ya., S. N. Medvedev, S. M. Frolov, F. S. Frolov, B. Basara, and P. Priesching. 2016. Makrokineticheskaya model' dlya rascheta emissii sazhi v dizele [Macrokinetic model for calculation of soot emissions in Diesel engine]. *Goren. Vzryv (Mosk.) — Combustion and Explosion* 9(3):36–47.
4. Frolov, S. M., V. Ya. Basevich, and S. N. Medvedev. 2016. Modeling of low-temperature oxidation and combustion of droplets. *Dokl. Phys. Chem.* 470(2):150–153.
5. Frolov, S. M., V. Ya. Basevich, S. N. Medvedev, and F. S. Frolov. 2017. Besplamennoe gorenie krupnoy kapli *n*-dodekana v usloviyakh mikrogravitatsii [Flameless burning of large *n*-dodecane drops in microgravity conditions]. *Goren. Vzryv (Mosk.) — Combustion and Explosion* 10(3):36–42.
6. Frolov, S. M., V. S. Posvyanskii, V. Ya. Basevich, V. A. Smetanyuk, V. V. Markov, and I. V. Semenov. 2004. Isparenie i gorenie kapli uglevodorodnogo topliva. II. Neempiricheskaya model' ispareniya kapli s uchetom mnogokomponentnoy diffuzii [Evaporation and combustion of hydrocarbon fuel droplet. Part II: Nonempirical model of droplet evaporation with regard for multicomponent diffusion]. *Khim. Fiz.* 23(4):75–83.

Received February 2, 2018

Contributors

Basevich Valentin Ya. (b. 1926) — Doctor of Science in technology, professor, chief research scientist, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation; basevich@chph.ras.ru

Belyaev Andrey A. (b. 1954) — Candidate of Science in physics and mathematics, senior research scientist, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation; belyaevIHF@yandex.ru

Medvedev Sergey N. (b. 1985) — Candidate of Science in physics and mathematics, senior research scientist, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation; medvedevs@chph.ras.ru

Frolov Sergey M. (b. 1959) — Doctor of Science in physics and mathematics, professor, head of department, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation; professor, National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), 31 Kashirskoe Sh., Moscow 115409, Russian Federation; senior research scientist, Scientific Research Institute for System Studies, Russian Academy of Sciences, 36-1 Nakhimovskii Prosp., Moscow 117218, Russian Federation; smfrol@chph.ras.ru

Frolov Fedor S. (b. 1981) — Candidate of Science in physics and mathematics, senior research scientist, N. N. Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, 4 Kosygin Str., Moscow 119991, Russian Federation; research scientist, Scientific Research Institute for System Studies, Russian Academy of Sciences, 36-1 Nakhimovskii Prosp., Moscow 117218, Russian Federation; f.frolov@chph.ru