

# ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ СУРРОГАТА АВИАЦИОННОГО КЕРОСИНА В МОДЕЛЬНОЙ КАМЕРЕ СГОРАНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ\*

Л. В. Безгин<sup>1</sup>, В. И. Копчёнов<sup>2</sup>, А. М. Старик<sup>3</sup>, Н. С. Титова<sup>4</sup>, С. А. Торохов<sup>1</sup>

**Аннотация:** Проведен численный анализ воспламенения и горения  $n$ -C<sub>10</sub>H<sub>22</sub> и H<sub>2</sub> в камере сгорания (КС) высокоскоростного воздушно-реактивного двигателя (ВВРД). Показано, что при параметрах воздушного потока на входе в двигатель  $T_0 = 1300$  К и  $P_0 = 0,5$  атм длина зоны индукции при горении  $n$ -C<sub>10</sub>H<sub>22</sub> значительно больше, чем при горении H<sub>2</sub>. При параметрах воздуха  $T_0 = 1000$  К и  $P_0 = 0,3$  атм  $n$ -C<sub>10</sub>H<sub>22</sub> в тракте ВВРД не воспламеняется, в то время как чистый водород воспламеняется на расстоянии  $\sim 1$  м. Затянутое воспламенение  $n$ -C<sub>10</sub>H<sub>22</sub> не позволяет обеспечить высокую полноту сгорания топлива в выходном сечении камеры сгорания.

**Ключевые слова:** модельная камера сгорания;  $n$ -декан; водород; воспламенение и горение; численное моделирование

## Литература

1. Sheffer S. G., Martinelli L., Jameson A. Simulation of supersonic reacting hydrocarbon flows with detailed chemistry // *Combust. Sci. Technol.*, 1998. Vol. 136. P. 55–80.
2. Baurle R. A., Eklund D. R. Analysis of dual-mode hydrocarbon scramjet operation at Mach 4–6.5 // *J. Propul. Power*, 2002. Vol. 18. P. 990–1002.
3. Yu G., Li J. G., Zhao J. R., Yue L. J., Chang X. Y., Sung C.-J. An experimental study of kerosene combustion in a supersonic model combustor using effervescent atomization // *Proc. Combust. Inst.*, 2005. Vol. 30. P. 2859–2866.
4. Berglund M., Fureby C. LES of supersonic combustion in a scramjet engine model // *Proc. Combust. Inst.*, 2007. Vol. 31. No. 2. P. 2497–2504.
5. MacClinton C. R. High speed / hypersonic aircraft propulsion technology development // *Advances in propulsion technology for high-speed aircraft. RTO-AVT-VKI lecture ser.*, 2007. P. 1-1–1-32.
6. Kumaran K., Babu V. Investigation of the effect of chemistry models on the numerical predictions of the supersonic combustion of hydrogen // *Combust. Flame*, 2009. Vol. 156. No. 4. P. 826–841.
7. Bezgin L. V., Ganzhelo A. N., Gouskov O. V., Kopchenov V. I. Some numerical investigation results of shock-induced combustion. AIAA Paper No. 1998-1513, 1998.
8. Козлов В. Е., Секундов А. Н., Смирнова И. П. Модели турбулентности для описания течения в струе сжимаемого газа // *Изв. АН СССР, МЖГ*, 1986. Т. 6. С. 38–44.
9. Годунов С. К., Забродин А. В., Иванов М. Я., Крайко А. Н., Прокопов Г. П. Численное решение многомерных задач газовой динамики. — М: Наука, 1976. 216 с.
10. Dean A. J., Penyazkov O. G., Sevruck K. L., Varatharajan B. Autoignition of surrogate fuels at elevated temperatures and pressures // *Proc. Combust. Inst.*, 2007. Vol. 31. No. 2. P. 2481–2488.
11. Dagaut P., Reuillon M., Boettner J.-C., Cathonnet M. Kerosene combustion at pressures up to 40 atm: Experimental study and detailed chemical kinetic modeling // *25th Symposium (International) on Combustion Proceedings*. — The Combustion Institute, 1994. Vol. 25. P. 919–926.
12. Dagaut P., Reuillon M., Cathonnet M., Voisin D. High pressure oxidation of normal decane and kerosene in dilute conditions from low to high temperature // *J. Chim. Phys. Phys.-Chim. Biol.*, 1995. Vol. 9. P. 47–76.

Поступила в редакцию 29.12.16

\* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 13-01-00786-а).

<sup>1</sup>Центральный институт авиационного моторостроения имени П. И. Баранова, leon@ciam.ru

<sup>2</sup>Центральный институт авиационного моторостроения имени П. И. Баранова, kop@ciam.ru

<sup>3</sup>Центральный институт авиационного моторостроения имени П. И. Баранова

<sup>4</sup>Центральный институт авиационного моторостроения имени П. И. Баранова, titova@ciam.ru

<sup>5</sup>Центральный институт авиационного моторостроения имени П. И. Баранова, storokhov@ciam.ru