

ПРОБЛЕМА ШЛАКООБРАЗОВАНИЯ В ДВИГАТЕЛЯХ НА ПАСТООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ*

В. А. Бабук¹, Д. И. Куклин², К. Н. Куклина³, С. Ю. Нарыжный⁴

Аннотация: Представлены результаты математического моделирования процесса шлакообразования в камере двигательной установки на пастообразном топливе (ПТ). С использованием оптимизационной процедуры определены параметры малогабаритных двигателей на ПТ, предназначенных для выполнения транспортной задачи межорбитального перелета. В качестве топлива использовались ранее разработанные составы. Проведена оценка массы шлаковых остатков в камере сгорания (КС) двигательных установок (ДУ). Получены результаты, позволяющие сделать вывод о значимости процесса шлакообразования в КС двигателя на ПТ (ДПТ). Создан инструмент оценки качества ДУ на ПТ с учетом явлений процесса эволюции многофазного потока в КС двигателя. Показано, что интенсивность шлакообразования существенно зависит от параметров конденсированных продуктов горения, а также от закона скорости горения топлива.

Ключевые слова: пастообразное топливо; двигатель на пастообразном топливе; шлакообразование; агломерат; конденсированные продукты горения; скорость горения

DOI: 10.30826/CE23160207

EDN: HDUTGT

Литература

1. Мелешко В. Ю., Павловец Г. Я., Гладышев А. И., Булавский А. С. Состояние и направления разработки пастообразных топливных композиций для прямых воздушных реактивных двигателей ракетных и артиллерийских систем // Известия РАН, 2022. Т. 121. № 1. С. 121–127.
2. Сорокин В. А., Яновский Л. С., Козлов В. А., Суриков Е. В., Шаров М. С., Фельдман В. Д., Францевич В. П., Животов Н. П., Абашеев В. М., Червяков В. В. Ракетно-прямоточные двигатели на твердых и пастообразных топливах. Основы проектирования и экспериментальной отработки. — М.: Физматлит, 2010. 320 с.
3. Salita M. Deficiencies and requirements in modeling of slag generation in solid rocket motors // J. Propul. Power, 1995. Vol. 11. No. 1. P. 10–23.
4. Dupays J., Fabignon Y., Villedieu P., Lavergne G., Estivalezes J. L. Some aspects of two-phase flows in solid-propellant rocket motors // Solid propellant chemistry, combustion, and motor interior ballistics / Eds. V. Yang, T. B. Brill, Wu-Zhen Ren. — Progress in astronautics and aeronautics ser. — Reston, VA, USA: AIAA, 2000. Vol. 185. P. 859–883.
5. Бабук В. А., Будный Н. Л., Куклин Д. И., Низяев А. А. Модель эволюции многофазного потока продуктов сгорания в камере двигательной установки и результаты ее численного анализа // Известия РАН, 2020. Т. 110. № 1. С. 53–60.
6. Бабук В. А., Будный Н. Л., Куклин Д. И., Нарыжный С. Ю., Низяев А. А. Промежуточные структуры в процессе горения высокоэнергетических конденсированных систем // Физика горения и взрыва, 2022. Т. 58. № 4. С. 1–8.
7. Бабук В. А., Куклин Д. И., Нарыжный С. Ю., Низяев А. А. Закономерности горения пастообразных конденсированных систем // Горение и взрыв, 2023. Т. 16. № 1. С. 80–85.
8. Бабук В. А., Куклин Д. И., Нарыжный С. Ю., Низяев А. А. Пастообразные топлива и закономерности их горения // Физика горения и взрыва, 2023. Т. 59. № 2. С. 125–132.
9. Авдиенко А. А., Григорьян С. С., Финагин А. Е. Рабочие процессы и проектирование ракетных двигателей на пастообразном топливе. — Саратов: СВВКИУ ракетных войск им. А. И. Лизюкова, 1996. 124 с.
10. Обносков Б. В., Сорокин В. А. Теоретические основы анализа и синтеза комбинированных ракетных двигателей на твердых и пастообразных топливах. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2012. Т. 4. 223 с.
11. Babuk V. A., Nizyaev A. A. Modeling of evolution of the coarse fraction of condensed combustion products on a surface of burning aluminized propellant and within a combustion products flow // Int. J. Energetic Materials Chemical Propulsion, 2017. Vol. 16. No. 1. P. 23–38.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-19-00044.

¹ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, babuk_va@mail.ru

² Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, dimitrykuklin1997@mail.ru

³ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, kristina23595@yandex.ru

⁴ Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, sergei.nar@bk.ru

12. *Бабук В. А., Будный Н. Л.* Моделирование эволюции высокодисперсного оксида в составе потока продуктов сгорания алюминизированного твердого топлива // Химическая физика и мезоскопия, 2017. Т. 19. № 1. С. 5–19.

Поступила в редакцию 15.03.2023