

РЕЦЕПТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГОРЕНИЯ ПАСТООБРАЗНЫХ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ

В. А. Бабук¹, Д. И. Куклин², С. Ю. Нарыжный³, А. А. Низяев⁴

Аннотация: Двигатели на пастообразном топливе (ДПТ) являются возможной альтернативой широко используемым жидкостным (ЖДУ) и твердотопливным двигательным установкам (ТДУ). Однако информация о процессе горения пастообразных конденсированных систем остается весьма ограниченной. В работе представлены результаты экспериментального исследования процесса горения пастообразных конденсированных систем при варьировании рецептурных факторов. Исследование включало определение параметров закона скорости горения и характеристик процесса агломерации. Приведено описание методики исследования. Определены рецептурные решения, обеспечивающие управление процессом горения пастообразных топлив (ПТ), которое включает изменение закона скорости горения и характеристик агломерации. Установлена существенная роль в процессе горения рассматриваемых систем промежуточной структуры — каркасного слоя, которая оказывает значимое влияние на различные проявления этого процесса. Полученные данные позволили сформулировать общую физическую картину процесса горения ПТ.

Ключевые слова: пастообразные конденсированные системы; рецептурные решения; каркасный слой; агломерат; скорость горения; закон скорости горения

DOI: 10.30826/CE24170310

EDN: FPRYXQ

Литература

1. Животов Н. П., Сорокин В. А., Францевич В. П., Козлов В. А., Суриков Е. В., Фельдман В. Д., Абашев В. М., Черваков В. В., Шаров М. С., Яновский Л. С. Ракетно-прямоточные двигатели на твердых и пастообразных топливах. — М.: Физматлит, 2010. 350 с.
2. Беляев Н. М., Белик Н. П., Уваров Е. И. Реактивные системы управления космическими летательными аппаратами. — М.: Машиностроение, 1979. 231 с.
3. DeLuca L. T., Shimada T., Sinditskii V. P., Calabro M., and Manzara A. P. An introduction to energetic materials for propulsion // Chemical rocket propulsion. A comprehensive survey of energetic materials / Eds. L. T. De Luca, T. Shimada, V. P. Sinditskii, M. Calabro. — Springer, 2017. P. 3–59.
4. Бабук В. А., Куклин Д. И., Куклина К. Н., Нарыжный С. Ю. Проблема шлакообразования в двигателях на пастообразном топливе // Горение и взрыв, 2023. Т. 16. № 2. С. 90–97.
5. Мелешко В. Ю., Павловец Г. Я., Гладышев А. И., Булавский А. С. Состояние и направления разработки пастообразных топливных композиций для прямоточных воздушно-реактивных двигателей ракетных и артиллерийских систем // Известия РАН, 2022. Т. 121. № 1. С. 121–127.
6. 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. 71–76.
7. 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.
8. 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. 16–23.
9. Lengelle G., Duterque J., Trubert J. F. Physico-chemical mechanisms of solid propellant combustion // Solid propellant chemistry, combustion, and motor interior ballistics / Eds. V. Yang, T. B. Brill, W. Z. Ren. — Progress in astronautics and aeronautics ser. — AIAA, 2000. Vol. 185. P. 287–334.
10. Денисюк А. П., Шевелев Ю. Г., Русин Д. Л., Шумский И. В. Влияние гексогена и октогена на эффективность действия катализаторов горения баллистических порохов // Физика горения и взрыва, 2001. Т. 37. № 2. С. 77–83.
11. Денисюк А. П., Демидова Л. А., Сизов В. А., Меркушкин А. О. Влияние углеродных нанотрубок на закономерности горения низкокалорийных порохов // Горение и взрыв, 2017. Т. 10. № 1. С. 59–63.
12. Денисюк А. П., Милехин Ю. М., Демидова Л. А., Сизов В. А. Влияние углеродных нанотрубок на закономерности катализа горения пороха // Докл. Акад. наук, 2018. Т. 483. № 6. С. 628–630.

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

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

³Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, sergei.nar@bk.ru

⁴Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д. Ф. Устинова, anizyaev@bstu.spb.ru

13. *Игнатьева Е. Л., Лемперт Д. Б., Чуканов Н. В., Шилов Г. В., Алдошин С. М.* Сокристаллизат А-CL-20 с водой и перекисью водорода как потенциальный компонент смешанного твердого ракетного топлива // *Хим. физика*, 2022. Т. 41. № 4. С. 7–15.
14. *Babuk V. A., Dolotkazin I. N., Glebov A. A.* Burning mechanism of aluminized solid rocket propellants based on energetic binders // *Propellants Explosives Pyrotechnics*, 2005. Vol. 30. No. 4. P. 281–290.
15. *Бабук В. А., Низяев А. А.* Моделирование структуры смешанных твердых топлив и проблема описания процесса агломерации // *Химическая физика и мезоскопия*, 2014. Т. 16. № 1. С. 31–42.
16. *Beckstead M. W., Puduppakkam K., Thakre P., Yang V.* Modeling of combustion and ignition of solid-propellant ingredients // *Prog. Energ. Combust.*, 2007. Vol. 33. No. 6. P. 497–551.
17. *Babuk V., Dolotkazin I., Gamsov A., Glebov A., DeLuca L. T., Galfetti L.* Nanoaluminum as a solid propellant fuel // *J. Propul. Power*, 2009. Vol. 25. No. 2. P. 482–489.
18. *Beckstead M. W., Derr R. L., Price C. F.* A model of composite solid-propellant combustion based on multiple flames // *AIAA J.*, 1970. Vol. 8. No. 12. P. 2200–2207.
19. *Babuk V. A.* Formulation factors and properties of condensed combustion products // *Chemical rocket propulsion. A comprehensive survey of energetic materials* / Eds. L. T. De Luca, T. Shimada, V. P. Sinditskii, M. Calabro. — Springer, 2017. P. 319–341.
20. *Бабук В. А., Будный Н. Л., Ивоненко А. Н., Низяев А. А.* Моделирование характеристик конденсированных продуктов в камере сгорания // *Физика горения и взрыва*, 2018. Т. 54. № 3. С. 55–63.

Поступила в редакцию 14.05.2024