

# САМОВОСПЛАМЕНЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, СОДЕРЖАЩИХ НИТРОЭФИРЫ: СРАВНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Ю. М. Милёхин<sup>1</sup>, А. А. Коптелов<sup>2</sup>, Л. К. Астахова<sup>1</sup>, А. А. Рогозина<sup>3</sup>

**Аннотация:** Расчетным путем определены температуры окружающей среды (термостата)  $T_S$ , приводящие к самовоспламенению образцов ракетного топлива типа NEPE в форме цилиндров диаметром и высотой от 20 до 150 мм при периодах задержки теплового взрыва  $\tau$ , соответствующих экспериментальным (НИАСТ, Китай). В экспериментах температуры  $T_S$  составляли 90, 100, 110 и 120 °С. Необходимые для расчета кинетические параметры были ранее определены авторами методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) для близкого по составу модельного энергетического композиционного материала (ЭКМ), содержащего смесь нитроэфиров, одним из компонентов которой является нитроглицерин. Показано, что одной из основных причин различий между расчетными и экспериментальными температурами  $T_S$  при одинаковых значениях  $\tau$  может являться миграция активных продуктов разложения из образцов топлива в окружающую среду. Приведен качественный анализ процесса миграции.

**Ключевые слова:** энергетический композиционный материал; нитроэфиры; миграция; тепловой взрыв; период задержки

DOI: 10.30826/CE23160409

EDN: MFTYMV

## Литература

1. Burnham A. K., Weese R. K., Wemhoff A. P., Maisenschein J. L. A historical and current perspective on predicting thermal cookoff behavior // *J. Therm. Anal. Calorim.*, 2007. Vol. 89. No. 2. P. 407–415.
2. Wemhoff A. P., Howard W. M., Burnham A. K., Nichols A. L. An LX-10 kinetic model calibrated using simulations of multiple small-scale thermal safety tests // *J. Phys. Chem. A*, 2008. Vol. 112. No. 38. P. 9005–9011.
3. Krause G. Volume-dependent self-ignition temperatures for explosive materials // *Propell. Explos. Pyrot.*, 2012. Vol. 37. No. 1. P. 107–115. doi: 10.1002/prep.201100007.
4. Попок В. Н., Ильиных К. Ф. Тепловой взрыв смешанных энергетических материалов на основе различных горючих-связующих и окислителей // *Бутлеровские сообщения*, 2013. Т. 33. № 3. С. 42–48.
5. Qin Pei-wen, Zhao Xiao-bin, Qin Chao, Cheng Li-guo, Su Jing, Guan Hong-bo. Size effects of thermal safety of NEPE propellant // *Chinese J. Explosives Propellants*, 2016. Vol. 39. No. 1. P. 84–88. doi: 10.14077/j.issn.1007-7812.2016.01.016.
6. Коптелов А. А., Милёхин Ю. М., Матвеев А. А., Коптелов И. А., Рогозина А. А. Прогнозирование параметров теплового взрыва энергетических материалов по данным термического анализа // *Ж. прикладной химии*, 2017. Т. 90. Вып. 8. С. 1033–1040.
7. Милёхин Ю. М., Коптелов А. А., Коптелов И. А., Рогозина А. А., Шишов Н. И. Тепловой взрыв энергетического композиционного материала, пластифицированного нитроэфирами // *Горение и взрыв*, 2022. Т. 15. № 3. С. 102–109. doi: 10.30826/CE22150310. EDN: KIVRDN.
8. Kotoyori T. Critical temperatures for the thermal explosion of chemicals. — Amsterdam: Elsevier, 2005. 376 p.
9. Liang Yulong, Zhang Mi, Ren Hui, Jiao Qingjie. Comprehensive evaluation of the accelerated aging law of NEPE propellants // *J. Chemistry*, 2020. Vol. 2020. P. 1–7. doi: 10.1155/2020/8414505.
10. Trache Djalal, Tarchoun Ahmed Fouzi. Stabilizers for nitrate ester-based energetic materials and their mechanism of action: A state-of-the-art review // *J. Mater. Sci.*, 2018. Vol. 53. No. 1. P. 100–123. doi: 10.1007/s10853-017-1474-y.
11. Wu W., Chen C., Fu X., Ding C., Wang G. The correlation between chemical stability and binder network structure in NEPE propellant // *Propell. Explos. Pyrot.*, 2017. Vol. 42. No. 5. P. 541–546. doi: 10.1002/prep.201600117.
12. Азатян В. В., Проконенко В. М., Тимербулатов Т. Р. Управление горением, взрывом и детонацией газов методами химической кинетики // *Ж. физ. химии*, 2020. Т. 94. № 1. С. 32–39. doi: 10.31857/S0044453720010021.

Поступила в редакцию 02.05.2023

<sup>1</sup>Федеральный центр двойных технологий «Союз», soyuz@fcdt.ru

<sup>2</sup>Федеральный центр двойных технологий «Союз», aakoptelov@gmail.com

<sup>3</sup>Федеральный центр двойных технологий «Союз», npi-2013@bk.ru