

## ВЛИЯНИЕ БОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРЕНИЯ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

А.Г. Коротких<sup>1,2</sup>, И.В. Сорокин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: korotkikh@tpu.ru

Одним из способов повышения характеристик горения высокоэнергетических материалов (ВЭМ) является использование катализаторов или порошков металлов и их оксидов в составе твердого ракетного топлива [1-3]. В работе представлены результаты термодинамического расчета влияния добавок чистого бора на характеристики горения высокоэнергетических материалов (ВЭМ) на основе перхлората и нитрата аммония, активного горючего-связующего и порошков алюминия Al, титана Ti, магния Mg и бора B. С использованием программы термодинамического расчета «Терра» рассчитаны параметры горения и равновесного состава конденсированных продуктов сгорания (КПС) модельных составов ВЭМ. Рассмотрены составы твердых топлив, в которых варьировалось соотношение металлов (Al/B, Ti/B, Mg/B, Al/Mg/B). Определены значения температуры горения  $T_{ад}$  в камере сгорания, пустотного удельного импульса  $J$  на срезе сопла и массовой доли  $m_a$  конденсированных продуктов сгорания ВЭМ.

Установлено, что для составов ВЭМ на основе двойного окислителя и активного горючего-связующего увеличение содержания бора в составе твердого топлива приводит к снижению температуры горения ВЭМ. Для составов, содержащих металлическое горючее Ti/B и Mg/B, наблюдается повышение  $T_{ад}$  в диапазоне содержания бора в составе металлического горючего 20–32% и 5–15%, соответственно. Для составов ВЭМ, содержащих добавки металлов Al/B=55,5/44,5, Mg/B=52,9/47,1 и Al/Mg/B=37,5/37,5/25,0, получены максимальные значения удельного импульса на срезе сопла. Однако, данные металлизированные составы ВЭМ образуют достаточно большое количество КПС на срезе сопла. Составы топлив, содержащие добавки металлов с высокой концентрацией бора Al/B=20/80, Mg/B=15,8/84,2 и Al/Mg/B=8,6/8,6/82,8, снижают массовую долю КПС в 3,5, 3,2 и 3,4 раза по сравнению с базовыми составами ВЭМ на основе чистого алюминия, магния и Al/Mg сплава, соответственно.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-33-90015.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нанопорошки алюминия, бора, боридов алюминия и кремния в высокоэнергетических материалах / Под ред. Ш.Л.Гусейнов, С.Г.Федоров. – М.: Торус Пресс, 2015. – 255 с.
2. Sinditsky V.P., Chjornyj A.N., Zhuo S.Kh., Bobylev R.S. Combustion of mixtures of ammonium perchlorate with high-calorific combustibles // *Advances in Chemistry and Chemical Technology*. – 2016. – Vol. 30, No. 8. – P. 18-20.
3. Korotkikh A.G., Glotov O.G., Arkhipov V.A., Zarko V.E., Kiskin A.B. Effect of iron and boron ultrafine powders on combustion of aluminized solid propellants // *Combustion and Flame*. – 2017. – V. 178. – P. 195-204.