

УДК 542.973

НЕПЛАТИНОВЫЙ КАТАЛИЗАТОР РАЗЛОЖЕНИЯ ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ДИНИТРАМИДА АММОНИЯ

Е. А. БОГДАНОВА^{1, 2}Научный руководитель А. Н. АСТАПОВ¹, канд. техн. наук¹Московский авиационный институт

(национальный исследовательский университет)

Москва, Россия

²АО «Опытное конструкторское бюро «Факел»

Калининград, Россия

Внедрение так называемых «зеленых» топлив в серийные двигатели малой тяги встречает ряд ограничений, связанных с условиями функционирования, таких как высокие температуры разложения топлива, значительный перепад температур за короткие промежутки времени, высокое давление газов и т. д.

Ключевым функциональным материалом двигателя, работающего на однокомпонентном топливе, является катализатор, требующийся для разложения топлива. Динитрамид аммония (АДНА) является одним из наиболее перспективных окислителей для таких топлив благодаря высокому удельному импульсу и меньшей токсичности в сравнении с гидразином. Кроме того, АДНА обладает высокой плотностью (1,82 г/см³) и энергоемкостью, что позволяет создавать компактные топливные баки с увеличенным запасом рабочего тела, критически важные для малых космических аппаратов и двигателей ориентации и коррекции.

В течение длительного времени гидразин и его производные наиболее часто использовались в жидкостных ракетных двигателях. Традиционный катализатор Shell 405, успешно применявшийся для разложения гидразина, во многих проектах перенесен и для современных «зеленых» топлив. Однако Shell 405 содержит дорогостоящий драгоценный металл иридий и обладает недостаточной термической стабильностью оксидного носителя $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, что существенно ограничивает его эффективность в сложных термодинамических режимах. В связи с этим критически важной задачей является создание новых каталитических материалов, обладающих высокой термической стабильностью и рентабельностью.

В настоящей работе получен неплатиновый катализатор для разложения «зеленого» топлива, а именно водно-спиртового раствора динитрамида аммония. В качестве активного компонента выбран CuO (9,8 мас. %). Носитель изготовлен модификацией структуры $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ лантаном таким образом, чтобы повысить термостойкость, сопротивление спеканию, а также механическую прочность. В результате полученный катализатор можно описать формулой CuO/ГАЛ- $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, где ГАЛ – это смесь гексаалюминатов лантана. Введение лантана на стадии формирования носителя способствовало структурной стабилизации и формированию термодинамически стабильных фаз.

Исследование свойств включало определение статической и динамической механической прочности, площади удельной поверхности, способности сопро-

тивления спеканию, каталитической активности. Механическая прочность катализатора при раздавливании составила 18,85 МПа, тест на истирание показал 1 % потери массы, площадь удельной поверхности – 18,10 м²/г. Измерение площади удельной поверхности изготовленного носителя после длительной термообработки при температуре 1250 °С показало снижение менее чем на 5 %, что подтверждает высокую эффективность модификации лантаном, нацеленную на сохранение удельной поверхности катализатора и сопротивление спеканию. На профиле термопрограммируемого восстановления катализатора CuO/ГАЛ- α -Al₂O₃, представленном на рис. 1, наблюдается смещение восстановления оксида меди в область более высоких температур (460 °С...480 °С), что может свидетельствовать о сильном электронном взаимодействии между носителем и активным компонентом, предотвращающем раннее спекание. Рост поглощения водорода свыше 650 °С, вероятно, объясняется восстановительными процессами в гексаалюминатных фазах носителя. Таким образом, применение катализатора с взаимодействием между активным компонентом и носителем может оказаться перспективным, в том числе в силу бифункционального механизма процесса разложения.

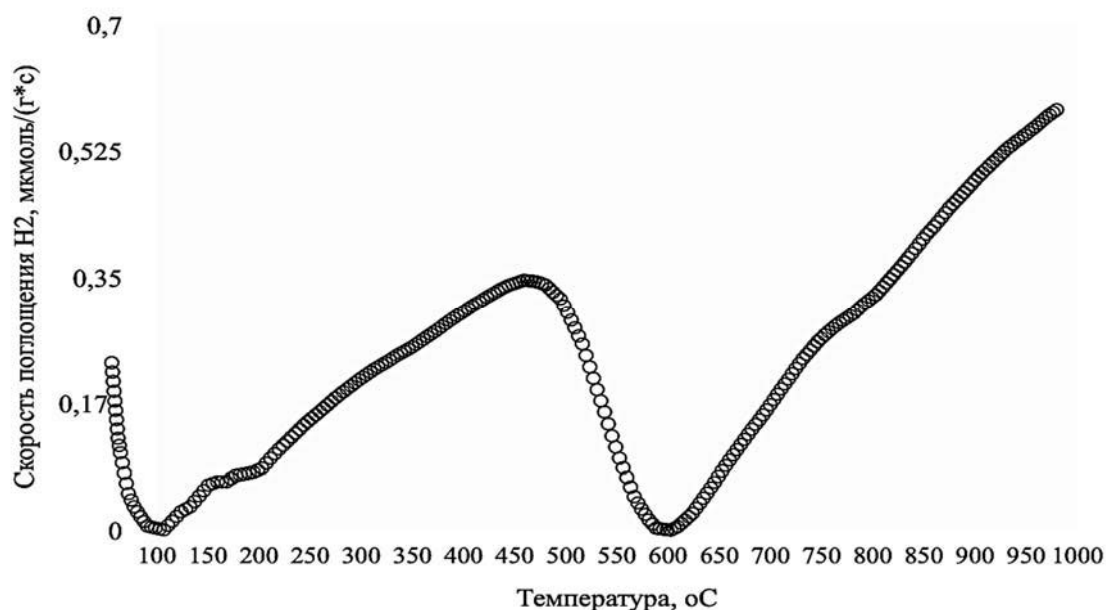


Рис. 1. Профиль термопрограммируемого восстановления катализатора CuO/ГАЛ- α -Al₂O₃

Проведенные лабораторные испытания CuO/ГАЛ- α -Al₂O₃ при контакте с топливом на основе динитрамида аммония показали эффективное разложение. Тем не менее стойкость катализатора при температурах свыше 1250 °С только планируется исследовать.

Разработанный неплатиновый катализатор CuO/ГАЛ- α -Al₂O₃ демонстрирует сочетание каталитической активности, механической прочности и исключительной термической стабильности, что делает его конкурентоспособной заменой традиционным иридиевым системам для двигателей малой тяги.