

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ситникова Сергея Анатольевича  
«Разработка стойких к ионной эрозии материалов на основе нитрида кремния для разрядных камер электроракетных двигателей», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Диссертационная работа Ситникова С.А. посвящена разработке и исследованию керамических композиционных материалов на основе  $\text{Si}_3\text{N}_4$  и технологии деталей из них, в том числе, разрядных камер электроракетных двигателей (ЭРД). Одновременное действие механических нагрузок, температурных полей, глубокого вакуума, ионно-плазменных потоков при работе ЭРД приводит к быстрому разрушению керамических деталей из применяемых в настоящее время материалов. В связи с этим поставленная автором цель разработки керамических материалов, технических и технологических решений для быстрого получения функциональных прототипов деталей ЭРД, стойких к ионно-плазменной эрозии, является весьма актуальной.

**Научную значимость** имеют результаты исследований, посвященных, прежде всего:

- разработке теоретико-прикладных основ подхода к изготовлению разрядных камер ЭРД и других деталей из керамических материалов, опирающегося на технологию реакционного спекания в среде азота предварительно отформованных заготовок.
- установлению закономерностей процесса ионно-плазменного распыления созданных новых керамических материалов в условиях бомбардировки ионами  $\text{Ar}^+$  и  $\text{Xe}^+$ .

**Практическая значимость** работы не вызывает сомнений. Особый интерес представляет разработанная автором технология и реализующее ее технологическое оборудование для получения различных керамических изделий на основе  $\text{Si}_3\text{N}_4$  с введением в них требуемого количества неорганических наполнителей ( $\text{BN}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiC}$  и др.). При непосредственном участии автора спроектированы, изготовлены и апробированы опытная установка для получения заготовок методом послойного наплавления (FDM), установка для получения заготовок методом послойного впрыска связующего (Binder Jetting), технологический участок по получению заготовок методом шликерного литья. Отработан метод реакционного спекания нитрида кремния для синтеза нитридных керамических материалов. Результаты проведенных исследований электрофизических, механических свойств и стойкости к ионно-плазменному распылению разработанных материалов, а затем и эксплуатационных свойств изделий ЭРД, полученных из них, подтвердили высокую перспективность использования представленных технических решений для двигателей космических аппаратов и других теп-



