

## ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ

диссертации Лифанова Ивана Павловича

**«Разработка жаростойких покрытий на основе системы  $ZrSi_2-MoSi_2-ZrB_2$  для обеспечения работоспособности жаропрочных углеродосодержащих материалов в скоростных высокоэнтальпийных потоках газов»**

на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение).

Совокупность свойств углеродосодержащих композиционных материалов (УКМ) делают эти материалы востребованными, особенно в качестве жаропрочных материалов для аэрокосмических транспортных средств. Однако из-за склонности пироуглерода и углеродных волокон к окислению применение УКМ в кислородосодержащих средах ограничено из-за потери материалами механических свойств. Поэтому тема диссертационной работы, направленной на повышение температурно-временных интервалов работоспособности УКМ за счет разработки защитных покрытий, является актуальной задачей современного материаловедения.

В диссертационной работе обосновывается выбор объекта исследования композиции в системе  $ZrSi_2-MoSi_2-ZrB_2$  и на их основе изучена эффективность защитных свойств тонкопленочных покрытий, нанесенных на композиты  $C_f/C$ ,  $C_f/SiC$  и графит.

В работе получили развитие основы проектирования построения жаростойких защитных покрытий для обеспечения работоспособности жаростойких УКМ в скоростных высокоэнтальпийных потоках окислительных газов при рабочих температурах на поверхности 1800-2000 °С. Изучены закономерности и механизмы окисления на воздухе при температуре 1400 и 1650 °С консолидированных керамических композиций на основе системы  $ZrSi_2-MoSi_2-ZrB_2-ZrSiO_4$ .

В работе убедительно доказана возможность получения жаростойких покрытий на  $C_f/SiC$  композите из порошковой керамики в системе  $ZrSi_2-MoSi_2-ZrB_2$ . Разработаны режимы термической обработки шликерных композиций, нанесенных на  $C_f/SiC$  композит, обеспечивающий формирование жаростойких покрытий толщиной 80-120 мкм.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Вх. № 8  
02 / 12 2019

Установлено, что работоспособность покрытий в скоростных потоках воздушной плазмы обеспечивается структурно-фазовым состоянием основного слоя, образованием и эволюцией в процессе эксплуатации гетерогенной оксидной пленки.

В качестве замечания, не снижающего научной ценности диссертации, следует отметить, что в работе не приведен пример нанесения защитного покрытия на конкретный конструктивный элемент из КМУ.

Автореферат позволяет сделать вывод, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая полностью соответствует критериям, установленным п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г., а ее автор Лифанов Иван Павлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение).

ОТЗЫВ СОСТАВИЛ

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник  
ПАО «РКК «Энергия».

Свечкин Валерий Петрович

«19» ноября 2019 года

Почтовый адрес: ул. Ленина, 4а, г. Королёв,  
Московская обл., Россия, 141070.

Тел.: +7(495) 513-87-37; 8(916)155-23-23

Подпись кандидата технических наук, ведущего научного сотрудника  
Свечкина Валерия Петровича удостоверяю:

Учёный секретарь ПАО «РКК «Энергия»  
кандидат физико-математических наук



О.Н. Хатунцева

Публичное акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация  
«Энергия» имени С.П. Королёва»

Почтовый адрес: ул. Ленина, 4а, г. Королёв, Московская обл., Россия, 141070.

Телефон: +7 (495) 513-86-55.

Адрес электронной почты: почты: post@rsce.ru