

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Бардина Николая Григорьевича  
**«ЖАРОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ УГЛЕРОДНЫХ И УГЛЕРОД-КАРБИДОКРЕМНИЕВЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»,**

представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Диссертационная работа Бардина Н.Г. посвящена решению важной научно-технической задачи – увеличению рабочих температур композиционных материалов на основе углерода (УУКМ, УККМ), работающих в средах с высоким окислительным потенциалом. Это одна из **актуальнейших** задач современного материаловедения, поскольку указанные материалы имеют значительные перспективы использования в качестве конструкционных или теплозащитных при создании новых изделий ракетной и авиакосмической техники, а также в атомной, химической, металлургической и др. отраслях промышленности. Решение проблемы лежит в обеспечении эффективной защиты УУКМ/УККМ от высокотемпературного окисления посредством нанесения жаростойких покрытий.

Среди положений **научной новизны**, перечисленных в автореферате, следует особо отметить установленные автором закономерности формирования покрытий в системе SiC-Si методом парофазного силицирования; покрытий в системах SiC-Si, ZrB<sub>2</sub>-SiC-Si и HfB<sub>2</sub>-SiC-Si методом шликерно-обжигового наплавления. Данные закономерности расширяют знания в предметной области исследования и могут служить основой для создания жаростойких покрытий или отдельных слоев в многослойных защитных системах, работоспособных в экстремальных условиях эксплуатации.

**Практическая значимость** результатов работы сомнений не вызывает. Особый интерес представляют результаты многопараметрических исследований в технологических процессах формирования покрытий с привлечением методов парофазного силицирования и шликерно-обжигового наплавления. Грамотная интерпретация внушительного объема полученных экспериментальных данных позволила установить рациональные режимы и параметры, позволяющие получать качественные защитные слои с регулируемой структурой, фазовым составом и характеристиками. Другой значимой прикладной задачей, решенной соискателем, является разработка рецептурных составов жаростойких покрытий на УУКМ/УККМ. Эффективность предложенных технических решений подтверждена положительными результатами испытаний образцов в условиях статического окисления и в условиях взаимодействия с диссоциированными потоками воздуха при газодинамических стендовых экспериментах.

Следует отметить скрупулезность проведенных автором комплексных исследований микроструктуры, фазового состава, механических и эксплуатационных свойств разрабатываемых покрытий на всех стадиях получения конечного продукта. Следует особо выделить применение в работе большого количества исследовательских методик, высокотехнологичного оборудования и прецизионных приборов.

По автореферату имеются следующие **замечания**:

1. Не представлены данные о том, в какой среде (вакуум / инертная атмосфера) и при каких рабочих давлениях осуществлялся обжиг шликерных слоев в электропечи.

2. Требуют более детального разъяснения механизмы защитного действия разработанных покрытий. Фраза о том, что защита при температурах 1600-2000°C обеспечивается фазами  $\text{HfO}_2$  и  $\text{HfSiO}_4$ , не достаточно обоснована, т.к.  $\text{HfO}_2$  – не является газоплотным оксидом, температура диссоциации фазы  $\text{HfSiO}_4$  составляет  $1750 \pm 15^\circ\text{C}$ , а  $\text{SiO}_2$ /боросиликатное стекло активно испаряется в этих условиях.
3. Отсутствуют сравнительные данные достигнутых температурно-временных характеристик работоспособности созданных покрытий с известными техническими решениями.

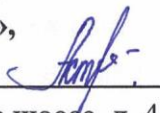
Указанные замечания носят рекомендательный характер и ни в коей мере не снижают общего положительного впечатления от работы.

Автореферат диссертации написан грамотным техническим языком, достаточно проиллюстрирован графическим материалом. Результаты исследований многократно докладывались и обсуждались на отечественных и международных тематических конференциях, а также были опубликованы в 15 печатных работах, из которых 7 – в научно-технических журналах из перечня ВАК, 1 – в журнале, входящем в базы данных Scopus/Web of Science. Диссертационная работа представляет собой законченное исследование, по актуальности, научной новизне и практической ценности заслуживает высокой оценки, соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) и заявленной специальности, а ее автор Бардин Николай Григорьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

**Доцент кафедры «Перспективные материалы и технологии  
аэрокосмического назначения»**

**ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»,**

**к.т.н., Астапов Алексей Николаевич**



**Почтовый адрес:** 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

**Телефон:** +7-499-158-42-64

**Адрес электронной почты:** [Lexxa1985@inbox.ru](mailto:Lexxa1985@inbox.ru)

**Сайт:** <http://www.mai.ru>

Подпись Астапова А.Н. удостоверяю.

**Директор дирекции института № 9 инженерной подготовки  
ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт**

**(национальный исследовательский университет)»,**

**заведующий кафедрой «Перспективные материалы и технологии  
аэрокосмического назначения»,**

**д.ф.-м.н., профессор Рабинский Лев Наумович**



« 13 » июля 2020 г.