

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.15

**Соискатель:** Лифанов Иван Павлович

**Тема диссертации:** «Разработка жаростойких покрытий на основе системы  $ZrSi_2-MoSi_2-ZrB_2$  для обеспечения работоспособности жаропрочных углеродсодержащих материалов в скоростных высокоэнтальпийных потоках газов» выполнена на кафедре № 903 «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

**Специальность:** 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 19 декабря 2019 года, протокол № 98/19, диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению она удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить **Лифанову Ивану Павловичу** ученую степень кандидата технических наук

### **Присутствовали:**

Бецофен С.Я. – заместитель председателя диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

Бабаевский П.Г., Егорова Ю.Б., Коллеров М.Ю., Конкевич В.Ю., Крит Б.Л., Лозован А.А., Мамонов А.М., Моисеев В.С., Никитина Е.В., Осинцев О.Е., Петров Л.М., Серов М.М., Терентьева В.С., Шефтель Е.Н., Шляпин С.Д., Шляпин А.Д., Эпельфельд А.В.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

С.В. Скворцова

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
**ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.15,**  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 19 декабря 2019 года № 98/19

О присуждении Лифанову Ивану Павловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка жаростойких покрытий на основе системы  $ZrSi_2$ - $MoSi_2$ - $ZrB_2$  для обеспечения работоспособности жаропрочных углеродсодержащих материалов в скоростных высокоэнтальпийных потоках газов» по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)» принята к защите 10 октября 2019 г., протокол № 86/19 диссертационным советом Д 212.125.15, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании совета № 129/нк от 22.02.2017 г.

Соискатель Лифанов Иван Павлович, 1993 года рождения, в 2015 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», в 2019 году окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», работает инженером в НИО-9 института № 9 «Общеинженерная подготовка» федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре № 903 «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель: кандидат технических наук Астапов Алексей Николаевич, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра № 903 «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения», доцент.

Официальные оппоненты:

Абраимов Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор филиал АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» «Научно-исследовательский институт технологии и организации производства двигателей», отдел «Конструкционные материалы и функциональные покрытия», начальник отдела;

Кирюханцев-Корнеев Филипп Владимирович, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», научно-учебный центр самораспространяющегося высокотемпературного синтеза МИСиС-ИСМАН, ведущий научный сотрудник дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», г. Хотьково, Московская область, в своем положительном отзыве, подписанном Пашутовым А.В., кандидатом технических наук, заместителем главного конструктора - начальником

отделения и утвержденном Кульковым А.А., доктором технических наук, профессором, первым заместителем генерального директора и главного конструктора, указала, что по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям п.п. 9 – 14 Положения о присуждении учёных степеней в редакции Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)».

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 22 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Астапов А.Н., Лифанов И.П. Исследование возможности расширения границ использования известного жаростойкого защитного покрытия // Технология металлов. – 2016. – № 1. – С. 37 – 45.

2. Астапов А.Н., Погожев Ю.С., Лемешева М.В., Рупасов С.И., Вершинников В.И., Лифанов И.П., Рабинский Л.Н. Магнийтермический синтез и консолидация многокомпонентной порошковой керамики в системе Zr-Si-Mo-B // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2019. – № 1. – С. 30 – 41.

3. Лифанов И.П., Юрищева А.А., Астапов А.Н. Анализ разработок в области жаростойких антиабляционных покрытий на углеродсодержащие материалы // СТИН. – 2019. – № 4. – С. 26 – 30.

4. Астапов А.Н., Лифанов И.П., Прокофьев М.В. Высокотемпературное взаимодействие в системе  $ZrSi_2$ - $ZrSiO_4$  и его механизм // Электromеталлургия. – 2019. – № 5. – С. 30 – 38.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных Лифановым И.П. работах.

На автореферат поступило 12 отзывов: от ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана» за подписью профессора кафедры МТ-8 «Материаловедение», д.т.н.,

профессора Помельниковой А.С.; от ФГБУН Ордена Трудового Красного Знамени Института химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН за подписью ведущего научного сотрудника лаборатории кремнийорганических соединений и материалов, д.х.н., доцента, Баньковской И.Б.; от ФГБУН Института химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения РАН за подписью ведущего научного сотрудника, д.х.н. Баклановой Н.И.; от АО «ММЗ «АВАНГАРД» за подписью начальника бюро механообрабатывающего производства отдела Главного технолога, к.т.н. Караваева Я.С.; от ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» за подписью доцента кафедры «Материаловедение», к.т.н. Давыденко Л.В.; от АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина» за подписью ученого секретаря, к.т.н. Ершовой Н.И.; от ПАО «НПК «Иркут» за подписью ведущего инженера-конструктора отделения прочности, к.т.н., доцента Ереминой А.И.; от ПАО «РКК «Энергия» за подписью ведущего научного сотрудника, к.т.н. Свечкина В.П.; от АО «Корпорация «Московский институт теплотехники» за подписями заместителя начальника отделения специальных технологий, к.т.н. Архипова А.Г. и начальника сектора отдела неметаллических композиционных материалов Серебрякова В.В.; от АО «Уральский научно-исследовательский институт композиционных материалов» за подписью главного научного сотрудника отдела технологии силицирования, ученого секретаря НТС, к.х.н. Щурика А.Г.; от ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт» за подписью начальника лаборатории № 17 НИО-8, к.т.н. Жесткова Б.Е.; от АО «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Радуга» имени А.Я. Березняка» за подписью ведущего конструктора, к.т.н. Макарова А.Ф.

Все отзывы положительные, в них отражена научная новизна, актуальность и практическая значимость работы, некоторые отзывы содержат замечания, например:

- Покрyтия формируются на УКМ подложках в инертной среде с высокой скоростью нагрева, что ограничивает применимость метода для нанесения покрытий на крупногабаритные детали в условиях реального производства.

Рассматривались ли другие (более технологичные) способы или режимы нанесения защитных слоев?

- По приведенным на рис. 3 микроструктурам трудно судить, достигнута ли каркасность структуры при формировании покрытий?

- Не ясно, почему для исследования жаростойкости как компактных керамик, так и образцов с покрытиями в спокойном воздухе, были выбраны температуры 1400 и 1650°C?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области данной диссертационной работы, подтвержденной наличием у них соответствующих публикаций, а также их согласием.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые жаростойкие защитные покрытия на основе системы  $ZrSi_2-MoSi_2-ZrB_2$ , обеспечивающие кратковременную работоспособность композиционного материала на основе углерода в скоростных потоках воздушной плазмы при температурах на поверхности 1800-2100°C;

доказана перспективность использования предложенных технических решений для защиты жаропрочных материалов на основе углерода от высокотемпературной газовой коррозии и эрозии.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность получения жаростойких покрытий на композиционном материале класса  $C_f/SiC$  из порошковой керамики состава 44-54%  $ZrSi_2$ , 18-28%  $MoSi_2$ , 15-36%  $ZrB_2$ .

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования структуры, эксплуатационных и специальных свойств материалов и покрытий, в том числе: экспериментальные методики металлографического, рентгеноструктурного и термического анализов, исследования жаростойкости, излучательной способности, адгезионной прочности, газодинамических стендовых испытаний;

изложены температурно-кинетические условия окисления в воздушной атмосфере объемных материалов и тонкослойных покрытий на основе систем  $ZrSi_2-MoSi_2-ZrB_2$  и  $Si-ZrSi_2-MoSi_2-ZrB_2$ , а также закономерности защитного действия покрытий в условиях аэрогазодинамического обтекания и неравновесного нагрева потоками воздушной плазмы с числами Маха 5,5-6,0 и энтальпией 45-50 МДж/кг;

изучены процессы жидкофазного спекания порошковых композиций систем  $ZrSi_2-MoSi_2-ZrB_2$  и  $Si-ZrSi_2-MoSi_2-ZrB_2$  в зависимости от температуры и давления. Установлено, что формирование компактных защитных слоев происходит только при 1680-1725°C и давлении 150-200 Па. Выявлено образование вторичных тугоплавких фаз  $ZrC/SiC$  и протекание рекристаллизации фазы  $MoSi_2$ .

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны состав порошковой керамики, включающий 54%  $ZrSi_2$ , 28%  $MoSi_2$ , 15%  $ZrB_2$ , 3%  $Si$ , и технология формирования из него покрытия на композиционном материале класса  $C_f/SiC$ , обеспечивающие работоспособность конструкционной стенки в условиях гиперзвукового обтекания воздушной плазмой при плотности теплового потока до 2 МВт/м<sup>2</sup> и температуре поверхности 1800°C в течение не менее 900 с, а при 2100°C – не менее 350 с;

определен режим термической обработки, обеспечивающий формирование качественных покрытий на  $C_f/SiC$  и  $C_f/C$  композитах.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на современном исследовательском оборудовании, использован комплекс взаимодополняющих методов структурных исследований и математическая обработка результатов. Обоснованность теоретических выводов и предложенных рекомендаций подтверждена полученными экспериментальными данными;

идея базируется на глубоком и всестороннем анализе современных методов и средств защиты от высокотемпературной газовой коррозии и эрозии жаропрочных композиционных материалов на основе углерода.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном и активном участии в формировании цели и задач исследования, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, анализе и обработке полученных результатов, их обобщении, формулировке рекомендаций и выводов, в подготовке основных публикаций по теме, личном участии в апробации результатов исследования.

На заседании 19 декабря 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Лифанову И.П. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.16.09 – «Материаловедение (машиностроение)», участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета



Бецофен Сергей Яковлевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Скворцова Светлана Владимировна

19 декабря 2019 года

И.о.начальника отдела УДС МАИ  
Т.А. Аникина

