

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Башкирова Евгения Алексеевича на тему: «Самораспространяющийся высокотемпературный синтез керамических материалов на основе атомно-слоистых МАВ-фаз MoAlB и Fe_2AlB_2 », представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук, специальность 2.6.5 - «Порошковая металлургия и композиционные материалы» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 26 мая 2026 года.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 16.03.2026 г., протокол № 37.

Диссертация выполнена на кафедре порошковой металлургии и функциональных покрытий НИТУ МИСИС. Научный руководитель – Потанин Артём Юрьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-учебного центра самораспространяющегося высокотемпературного синтеза МИСИС-ИСМАН (НУЦ СВС).

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 37 от 16.03.2026 г.) в составе:

1. Штанский Дмитрий Владимирович, д.ф.-м.н., главный научный сотрудник научно-учебного центра самораспространяющегося высокотемпературного синтеза МИСИС-ИСМАН, директор научно-исследовательского центра «Неорганические наноматериалы», профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий НИТУ МИСИС - председатель комиссии;

2. Петржик Михаил Иванович, д.т.н., ведущий научный сотрудник научно-учебного центра самораспространяющегося высокотемпературного синтеза МИСИС-ИСМАН, профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий НИТУ МИСИС;

3. Рогачев Александр Сергеевич, д.ф.-м.н., заведующий лабораторией № 13 «Динамика микрогетерогенных процессов» федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А.Г. Мержанова Российской академии наук, профессор кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий НИТУ МИСИС;

4. Курганова Юлия Анатольевна, д.т.н., профессор кафедры материаловедения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»;

5. Серов Михаил Михайлович, д.т.н., профессор кафедры «1101 Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»;

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», г. Самара.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция о возможности получения материалов на основе атомно-слоистых МАВ-фаз MoAlB и Fe_2AlB_2 путем комбинации методов высокоэнергетической механической обработки (ВЭМО) реакционных смесей Mo-Al-B и Fe-Al-B , самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) и последующего горячего прессования, либо силового СВС-компактирования, позволившая выявить новые физико-химические закономерности формирования структуры и свойств разрабатываемых МАВ-фаз;

доказана перспективность практического использования керамических материалов на основе MoAlB в качестве прекурсоров в виде порошков и электродов для нанесения защитных износостойких покрытий (акты апробации электродов и СВС-порошков на основе МАВ-фазы MoAlB в ООО «НПО МЕТАЛЛ»), а также керамики на основе Fe_2AlB_2 в качестве рабочего материала в установках твердотельного магнитного охлаждения (акт испытаний от 06 февраля 2026 г, проведенных в Тверском государственном университете).

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что:

изложены доказательства наличия существенных различий механизмов формирования МАВ-фазы состава MoAlB при СВС в режиме объемного горения смеси в зависимости от интенсивности предварительной низкоэнергетической и высокоэнергетической механической обработки. В первом случае при температуре $660\text{ }^\circ\text{C}$ происходит первичное образование фаз Mo_3Al_8 и MoB , реакционное взаимодействие между которыми в последующем приводит к формированию MoAlB . Для механически активированных реакционных смесей с масштабом гетерогенности до 700 нм доминирующим является твердофазный механизм взаимодействия компонентов при температуре $490\text{ }^\circ\text{C}$ с непосредственным образованием МАВ-фазы MoAlB .

Экспериментально доказаны положения о том, что ВЭМО системы Fe-Al-B в планетарной центробежной мельнице приводит к формированию тонкодисперсной МАВ-фазы Fe_2AlB_2 с размером кристаллитов $1\text{--}3\text{ мкм}$ и субмикронных частиц оксида алюминия

в процессе послойного горения. Эти частицы, образующиеся при взаимодействии с примесным кислородом, способствуют увеличению механических свойств консолидированной керамики за счет дополнительного дисперсионного упрочнения.

применительно к проблематике диссертации, результативно и с получением обладающих новизной результатов, **использован комплекс базовых современных методов исследования**, включая времяразрешающую рентгеновскую дифракцию, рентгеноструктурный фазовый анализ, закалку в волне горения, растровую и просвечивающую электронную микроскопию.

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

- разработан состав и способ получения керамических атомно-слоистых боридов на основе МАВ-фаз, зарегистрированный в Депозитарии НИТУ МИСИС как секрет производства, свидетельство № 12–732-2024 ОИС от 15 октября 2024 года;

- разработаны и зарегистрированы технологические инструкции ТИ 69-11301236-2025 на процесс изготовления керамических боридных порошков на основе МАВ-фаз MoAlB и Fe_2AlB_2 методом СВС и ТИ 70-11301236-2025 на производство керамических мишеней-катодов и электродов на основе МАВ-фаз для ионно-плазменного осаждения и электроискрового нанесения функциональных покрытий;

- проведена апробация материалов на основе МАВ-фазы MoAlB в технологиях нанесения защитных покрытий методами искрового плазменного спекания и электроискровой обработки в ООО «НПО МЕТАЛЛ» (г. Москва), по результатам которых разработанные СВС-порошки и электроды рекомендованы к внедрению в технологический процесс нанесения функциональных покрытий на изделия из молибденовых сплавов;

- проведены испытания и экспериментальная оценка магнитокалорического эффекта керамики на основе МАВ-фазы Fe_2AlB_2 в магнитных полях индукцией до 1,8 Тл в интервале температур 250-340 К в Тверском государственном университете, по результатам которых показана перспективность применения разработанной керамики в качестве рабочего материала в установках твердотельного магнитного охлаждения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов подтверждается использованием для экспериментальных работ современного технологического и аналитического оборудования, а также непротиворечивостью полученных данных теоретическим и практическим результатам, опубликованными другими авторами.

Личный вклад соискателя состоит в анализе научно-технической литературы по теме исследования, получении и обработке экспериментальных данных, анализе и обобщении результатов исследований. Обсуждение и интерпретация полученных результатов проводились совместно с научным руководителем и соавторами публикаций. Основные положения, научная новизна, практическая значимость и выводы диссертационной работы сформулированы совместно с научным руководителем.

По материалам диссертации имеется 18 публикаций, в том числе 6 – статьи в рецензируемых журналах из перечня ВАК и входящих в базы данных Scopus, Web of Science, а также 1 ноу-хау. Результаты диссертационной работы Башкирова Е. А. доложены на 11 всероссийских и международных научно-технических конференциях.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Башкирова Евгения Алексеевича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основе проведенных автором исследований, разработаны новые научно-обоснованные технические и технологические решения проблемы получения керамических материалов на основе атомно-слоистых МАВ-фаз составов $MoAlB$ и Fe_2AlB_2 . Сформулированы и экспериментально проверены основные принципы многофакторного влияния структуры, химического состава и способа обработки дисперсной фазы на механические свойства полученного композита, что имеет существенное значение для развития порошковой металлургии и создания металломатричных композитов на основе алюминия.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Башкирову Евгению Алексеевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 - «Порошковая металлургия и композиционные материалы».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии

Д.В. Штанский

26.05.2026