



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»  
(НИТУ «МИСиС»)

Ленинский проспект, 4, стр.1, Москва, 119049

Тел. (495)955-00-32; Факс: (499)236-21-05

<http://www.misis.ru>

E-mail: [kancela@misis.ru](mailto:kancela@misis.ru)

ОКПО 02066500 ОГРН 1027739439749

ИНН/КПП 7706019535/ 770601001

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и инновациям,  
доктор технических наук, профессор

М. Р. Филонов



2021 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Шоломовой Анны Владимировны  
«Самораспространяющийся высокотемпературный синтез  
высокодисперсного порошка нитрида алюминия с использованием азида натрия  
и галоидных солей  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ,  $\text{K}_3\text{AlF}_6$ ,  $(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$ »,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв,  
физика экстремальных состояний вещества

#### Актуальность темы исследования

Развитие ряда отраслей промышленности обуславливает необходимость создания керамических материалов, характеризующихся высокой теплопроводностью, хорошими электроизоляционными свойствами, значительной механической прочностью, высокой термической стойкостью и инертностью к агрессивным средам. Одним из наиболее перспективных материалов, отвечающим этим требованиям, является керамика на основе нитрида алюминия. Нитрид алюминия является весьма перспективным материалом в энергетике и микроэлектронике, в металлургии и машиностроении. Керамические изделия из нитрида алюминия получают в большинстве случаев из порошка нитрида алюминия, причем, чем дисперснее исходный порошок  $\text{AlN}$ , тем лучше свойства керамических изделий. Аналогично и с алюмокерамическими композитами  $\text{Al-AlN}$ , прочность которых возрастает при сохранении пластичности с уменьшением размера армирующих частиц  $\text{AlN}$ . Высокодисперсный порошок  $\text{AlN}$  трудно получить с помощью обычного механического измельчения, поэтому было разработано большое количество химических и физико-химических методов его получения, таких как газофазный синтез, синтез золь-гель методом с восстановительным азотированием в

ОГБОУ ВО «СовЕТУ»

" 30 " 11. 2021

Вход. № 5/Н

аммиаке, электрический взрыв алюминиевых проволок, сжигание нанопорошка алюминия в воздухе и др. Однако эти методы характеризуются большим электропотреблением, сложным оборудованием, невысокой производительностью и не используются для промышленного производства высокодисперсного порошка AlN. В связи с этим несомненный интерес представляет метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), который идет за счет собственного тепловыделения горения в простом малогабаритном оборудовании и занимает мало времени. Для синтеза высокодисперсных порошков нитридов целесообразно применение такой разновидности СВС как азидный СВС, обозначаемый СВС-Аз и разрабатываемый с 1970 года в СамГТУ, в котором в качестве азотирующего реагента вместо газообразного азота используется неорганический азид натрия  $\text{NaN}_3$ , а для химической нейтрализации выделяющегося в процессе горения натрия – галоидные соли. Для процесса СВС-Аз характерны невысокие температуры горения и образование большого количества газообразных продуктов, которые затрудняют слияние первоначальных частиц продуктов синтеза и позволяют сохранить их в высокодисперсном состоянии. Побочными продуктами химических реакций, используемых для получения AlN, являются водорастворимые фториды щелочных металлов ( $\text{NaF}$  и  $\text{KF}$ ), а также водонерастворимая соль криолита – гексафторалюминат натрия  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , которая является трудно удаляемой и загрязняет синтезируемый высокодисперсный порошок AlN. Однако перечисленные побочные соли, в том числе и криолит, являются типичными флюсами для рафинирования и модифицирования расплавов алюминиевых сплавов и применяются для улучшения смачивания керамических частиц при жидкофазном изготовлении АМКМ.

В связи с этим не вызывает сомнения актуальность и практическая значимость диссертационной работы А.В. Шоломовой, цель которой заключается в исследовании закономерностей самораспространяющегося высокотемпературного синтеза высокодисперсного наноразмерного и субмикронного порошка AlN с использованием азидов натрия и алюмосодержащих галоидных солей  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ,  $\text{K}_3\text{AlF}_6$ ,  $(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$ , которые не использовались ранее, для уменьшения содержания побочной соли криолита в конечном продукте синтеза, а также исследование возможности применения различных методов ввода синтезированных высокодисперсных порошков AlN в расплав алюминия для получения дисперсно армированных композитов Al-AlN с максимальным содержанием армирующей фазы AlN.

Для достижения поставленной цели в работе выбраны и обоснованы составы компонентов исходных смесей для реализации процесса азидного СВС нитрида алюминия на основании результатов анализа научно-технической литературы и собственных ранних исследований; проведен термодинамический анализ физико-химических процессов, протекающих при химической реакции высокотемпературного взаимодействия в смесях порошков «алюминий – алюмосодержащая галоидная соль – азид натрия»; экспериментально исследованы закономерности горения и превращения исходных веществ в целевой продукт AlN в

зависимости от соотношения исходных компонентов в смеси; исследованы морфологии и размера частиц, химического и фазового составов синтезированных порошков AlN; исследованы возможности применения различных методов ввода высокодисперсных порошков нитрида алюминия в расплав алюминия и его сплавов для получения дисперсно армированных алюмоматричных композитов.

### **Научная новизна полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Научная новизна диссертационной работы состоит в том, что впервые для получения высокодисперсного наноразмерного и субмикронного порошка нитрида алюминия по азидной технологии СВС использованы три алюмосодержащие галоидные соли  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ,  $\text{K}_3\text{AlF}_6$  и  $(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$ , которые не использовались для этого ранее. Проведены термодинамические расчеты адиабатических температур и состава продуктов реакций азидного СВС, показавшие, что при использовании всех трех галоидных солей исходные порошковые смеси способны к самостоятельному горению с образованием целевого продукта – нитрида алюминия. Экспериментально установлено, что при использовании галоидных солей порошок AlN синтезируется в наноразмерном виде (менее 100 нм) только в двойных системах «алюмосодержащий галогенид – азид натрия», то есть в отсутствие энергетической добавки порошка алюминия в исходной смеси порошков. Однако в этом случае промытые продукты горения содержат большое количество (от одной до двух третей по массе) примеси водонерастворимой соли криолита  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ . Установлено, что при добавлении порошка Al в исходную двойную смесь температуры горения и скорости горения увеличиваются, содержание примеси  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  в продуктах горения уменьшается, но размер синтезируемых при этом частиц AlN существенно возрастает, в результате чего синтезируемый порошок нитрида алюминия переходит из категории наноразмерного в категорию субмикронного с размером частиц от 100 до 400 нм. Выявлено значительное отличие найденных экспериментально составов продуктов горения, содержащих примесь соли криолита  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , от теоретических составов согласно термодинамическому расчету, в которых отсутствует соль  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ . При рассмотрении химической стадийности процесса СВС-Аз это отличие объяснено тем, что термодинамический анализ показывает состав продуктов горения при адиабатической температуре горения, а рентгенофазовый анализ показывает состав остывших продуктов горения. Впервые исследована возможность применения трех различных специальных методов ввода синтезированных нанопорошков нитрида алюминия состава  $\text{AlN}+35\%\text{Na}_3\text{AlF}_6$  в расплав алюминия и его сплавов для получения алюмоматричных композитов и определено максимально возможное содержание введенной армирующей фазы AlN в случае каждого метода. Показано, что соль криолита  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  выполняет при вводе в расплав функцию флюса, удаляется из расплава и в конечный состав алюмоматричного композита не входит, не загрязняя его.

## **Практическая значимость полученных автором результатов диссертационной работы**

Определены параметры процесса и характеристики продукта азидного СВС при использовании трех новых алюмосодержащих галоидных солей  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ,  $\text{K}_3\text{AlF}_6$  и  $(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$  для получения высокодисперсного порошка нитрида алюминия из различных исходных смесей порошков. Определены условия самораспространяющегося высокотемпературного синтеза нанопорошка нитрида алюминия (в смеси с криолитом), стоимость которого может быть в несколько раз меньше стоимости представленного на рынке нанопорошка нитрида алюминия плазмохимического синтеза. Установлено, что использование галоидной соли  $(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$  с энергетической добавкой алюминия в азидном СВС позволяет получать субмикронный порошок нитрида алюминия чистотой до 95 масс. %, что значительно лучше, чем в случае использования солей  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  и  $\text{K}_3\text{AlF}_6$  (83,5 масс. % и 44,0 масс. %, соответственно). Продемонстрировано применение трех различных методов ввода синтезированных нанопорошков нитрида алюминия состава  $\text{AlN}+35\%\text{Na}_3\text{AlF}_6$  в расплав алюминия и его сплавов для получения алюмоматричных композитов и установлено максимально возможное содержание введенной армирующей фазы  $\text{AlN}$  в случае каждого метода: 0,035 масс. % при использовании нанопорошковой псевдолигатуры  $\text{Cu}-4\%(\text{AlN}+35\%\text{Na}_3\text{AlF}_6)$ ; 1,0 масс. % при использовании композиционной лигатуры, полученной сплавлением флюса  $\text{KCl}\cdot\text{MgCl}_2$  с нанопорошком  $(\text{AlN}+35\%\text{Na}_3\text{AlF}_6)$ ; 4,0 масс. % при введении  $\text{AlN}+35\%\text{Na}_3\text{AlF}_6$  в расплав в твердотелом состоянии. Показано, что алюмоматричные композиты, армированные наночастицами нитрида алюминия марки СВС-Аз, имеют повышенные значения механических свойств (твердости, прочности и пластичности), в связи с чем синтезированные высокодисперсные порошки нитрида алюминия могут быть успешно использованы в качестве эффективных модификаторов литейных алюминиевых сплавов и армирующих фаз в дисперсно-упрочненных алюмоматричных композитах.

Результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс СамГТУ и используются для подготовки бакалавров и магистров по направлению «Материаловедение и технологии материалов».

## **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы**

Результаты, представленные в диссертационной работе Шоломовой А.В., могут быть использованы в различных отраслях промышленности для получения методом азидного СВС высокодисперсных наноразмерных и субмикронных порошков нитрида алюминия и керамических изделий на их основе, а также новых, с повышенными свойствами алюмоматричных композиционных материалов, дисперсно армированных нитридом алюминия марки СВС-Аз.

## **Публикации и апробация основных положений работы**

Основные результаты диссертации достаточно полно изложены в 30 печатных работах, в том числе 2 публикациях в ведущих научных журналах из баз данных WoS и Scopus и 2 статьях в рецензируемых журналах из перечня ВАК. Основные положения работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на конференциях различного уровня.

## **Содержание диссертационной работы**

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных источников из 180 наименований. Диссертация изложена на 184 страницах и содержит 99 рисунков, 17 таблиц и приложений на 6 страницах.

**Во введении** к диссертации обоснована актуальность выбранной темы диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, отражена научная новизна и практическая значимость проведенных исследований. Представлены сведения об апробации и достоверности полученных результатов, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, а также дана краткая характеристика диссертационной работы.

**В первой главе** представлен обзор литературы по теме диссертационной работы. Изложены строение и разнообразные свойства, методы получения и области применения нитрида алюминия. Проанализированы преимущества и недостатки известных технологий получения нитрида алюминия. Более детально представлен классический процесс СВС как основной процесс получения нитридов. Показана целесообразность и актуальность использования в процессах СВС твердых азотсодержащих соединений, в частности, азидов натрия и галоидных солей (СВС-Аз), для получения высокодисперсного наноразмерного и субмикронного порошка нитрида алюминия за счет реализации невысоких температур горения, образования большого количества газообразных продуктов и отсутствия фильтрационных затруднений. Представлен анализ литературных данных по существующим способам получения литых композиционных материалов на алюминиевой матрице, показано влияние высокодисперсных армирующих тугоплавких частиц нитрида алюминия на улучшение механических и эксплуатационных свойств матричных алюминиевых сплавов.

**Во второй главе** представлен выбор реагентов для азидного СВС нано- и субмикронного порошка  $AlN$ . Выбраны методики, приборы и оборудование, предназначенные для исследования процесса СВС-Аз и анализа синтезированного нитрида алюминия. Приведены основные характеристики исходных компонентов, методы и оборудование для изготовления литых композитов  $Al-AlN$ , дисперсно армированных нанопорошком нитрида алюминия марки СВС-Аз, методики анализа структуры и свойств полученных образцов композитов  $Al-AlN$ .

**В третьей главе** представлены результаты термодинамического анализа возможности реализации процесса азидного СВС и образования нитрида алюминия в режиме горения в исследуемых системах. Построены зависимости адиабатических

температур и энтальпии продуктов реакции, а также равновесного состава продуктов реакции от содержания алюминия в исходной смеси реагентов (шихте). Получены значения адиабатических температур реакций азидного СВС в пределах от 1130 до 2934 К, что свидетельствует о способности к самостоятельному горению выбранных составов исходных смесей при использовании всех алюмосодержащих галоидных солей  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ,  $\text{K}_3\text{AlF}_6$  и  $(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$ . Равновесный состав продуктов всех реакций показывает полное образование целевого продукта — нитрида алюминия.

**В четвертой главе** представлены результаты экспериментальных исследований закономерностей горения азидных систем и синтеза нитрида алюминия из систем «алюмосодержащий галогенид – азид натрия» и систем «алюмосодержащий галогенид – азид натрия – алюминий». Исследовано влияние соотношения исходных компонентов на температуру и скорость горения, кислотно-щелочной баланс, фазовый и количественный состав, размеры и морфологию синтезированного конечного продукта нитрида алюминия. Построены графические зависимости температуры и скорости горения от состава исходных реагентов. Установлено, что порошок  $\text{AlN}$  синтезируется в наноразмерном виде только в двойных смесях «алюмосодержащий галогенид – азид натрия» без энергетической добавки порошка алюминия. Однако в этом случае промытые продукты горения содержат большое количество примеси водонерастворимой соли криолита  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ : 61 масс. % при использовании соли  $(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$ , 35 масс. % при использовании соли  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , 29 масс. % при использовании соли  $\text{K}_3\text{AlF}_6$  (вместе с примесью 50 масс. %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в последнем случае, обусловленной наличием этой примеси  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в составе исходной соли  $\text{K}_3\text{AlF}_6$ ). При добавлении порошка  $\text{Al}$  в исходную смесь температуры горения и скорости горения увеличиваются, содержание примеси криолита  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  в продуктах горения уменьшается, но размер синтезируемых при этом частиц  $\text{AlN}$  существенно возрастает, в результате чего синтезируемый порошок нитрида алюминия переходит из категории наноразмерного в категорию субмикронного с размером частиц от 100 до 400 нм. В ходе эксперимента выявлено, что использование галоидной соли  $(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$  с максимальным содержанием энергетической добавки алюминия в исходной смеси позволяет получать субмикронный порошок нитрида алюминия чистотой 95 масс. %, что значительно лучше, чем при использовании солей  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  и  $\text{K}_3\text{AlF}_6$  с максимальным содержанием добавки алюминия, позволяющим синтезировать  $\text{AlN}$  чистотой 83,5 масс. % и 44,0 масс. %, соответственно.

**В пятой главе** представлена химическая стадийность образования нитрида алюминия при горении в системах «алюмосодержащая галоидная соль – азид натрия – алюминий» для всех трех алюмосодержащих галоидных солей ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ,  $\text{K}_3\text{AlF}_6$  и  $(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$ ). Рассмотрены возможные реакции, проходящие во фронте горения и приводящие к образованию нитрида алюминия и других продуктов горения. Проведен анализ отличия составов продуктов горения, найденных экспериментально, от теоретических составов продуктов горения согласно термодинамическому расчету, в которых отсутствует соль криолита  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ . Это отличие объяснено тем, что

термодинамический анализ показывает состав продуктов горения при адиабатических температурах горения, при которых криолит не может существовать, так как он разлагается при температурах выше 1000 °С, а рентгенофазовый анализ показывает состав остывших продуктов горения с образованием криолита из высокотемпературных продуктов горения при температурах ниже 1000 °С.

**В шестой главе** представлены результаты исследования возможности применения трех различных методов ввода синтезированных нанопорошков нитрида алюминия состава  $\text{AlN}+35\%\text{Na}_3\text{AlF}_6$  в расплав алюминия и его сплавов для получения литых алюмоматричных композитов и определено максимально возможное содержание введенной армирующей фазы AlN в случае каждого метода: 0,035 масс. % при использовании нанопорошковой псевдолигатуры  $\text{Cu}-4\%(\text{AlN}+35\%\text{Na}_3\text{AlF}_6)$ ; 1,0 масс. % при использовании композиционной лигатуры, полученной сплавлением флюса  $\text{KCl}\cdot\text{MgCl}_2$  с нанопорошком ( $\text{AlN}+35\%\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ); 4,0 масс. % при введении  $\text{AlN}+35\%\text{Na}_3\text{AlF}_6$  в расплав в твердой жидком состоянии. Выявлено, что полученные литые алюмоматричные композиты, армированные наночастицами нитрида алюминия марки СВС-Аз, имеют повышенные значения механических свойств (твердости, прочности при растяжении и относительного удлинения) по сравнению с матричными сплавами соответственно: на 36,0 35,0 и 14,0 % у композита  $\text{Al}-1,2\%\text{Cu}-0,035\%\text{AlN}$ ; на 25,0, 44,0 и 53,0 % у композита  $\text{AMg6}+1,0\%\text{AlN}$ ; на 22,8, 20,0 и 78,8 % у композита  $\text{AM5}-4,0\%\text{AlN}$ .

**В заключении** сформированы общие выводы по результатам, полученным в диссертационной работе.

**В приложениях** представлены результаты расчета количества исходных компонентов в системах, акты использования материалов диссертационной работы.

**Обоснованность и достоверность результатов** работы обеспечена использованием современного сертифицированного научно-исследовательского оборудования, необходимым количеством полученных экспериментальных данных, сопоставлением полученных результатов с результатами других авторов. Достоверность результатов подтверждается их публикациями в рецензируемых научных журналах.

**Соответствие работы требованиям, предъявляемым к диссертационным работам**

Выполнены все требования, предъявляемые к диссертационным работам. Проведен подробный анализ литературных данных, относящихся к теме диссертации, грамотно поставлены цели и задачи исследования. Экспериментальные результаты представлены четко. Работа написана понятным языком и хорошо проиллюстрирована. Диссертация и автореферат содержат необходимые разделы и соответствуют друг другу.

#### **Замечания по диссертационной работе**

В диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В первой главе подробно описаны кристаллическая структура и многие

свойства нитрида алюминия, которые далее в работе нигде не используются.

2. Во второй главе приводится химический состав галоидной соли гексафторалюмината калия  $K_3AlF_6$  с ошибочной ссылкой на ГОСТ 10067-80, который относится к соли калия фтористого кислого  $KF \cdot HF$ .

3. В четвертой главе при исследовании морфологии и размера частиц конечного продукта, синтезированного из двойной смеси « $K_3AlF_6 + 3NaN_3$ », показано, что частицы этого продукта имеют пластинчатую форму со средним размером 1-3 мкм и толщиной 100-300 нм, то есть не являются наноразмерными. Однако в общем выводе 3 в заключении диссертации допущена неточность, заключающаяся в утверждении, что при использовании каждой из трех галоидных солей порошок  $AlN$  синтезируется в наноразмерном виде в двойных смесях «алюмосодержащий галогенид – азид натрия» в отсутствие энергетической добавки порошка алюминия. На самом деле это утверждение справедливо при использовании только двух из трех солей:  $Na_3AlF_6$  и  $(NH_4)_3AlF_6$ .

4. В шестой главе не представлены микроструктуры полученных литых композитов составов  $AMg6 + 0,1\%AlN$  и  $AMg6 + 1,0\%AlN$ , а также рентгеновские дифрактограммы композитов этих составов и составов  $AM5 - 1,0\%AlN$  и  $AM5 - 4,0\%AlN$ .

5. В диссертации не проводились исследования и не обсуждены возможные методы удаления примеси криолита  $Na_3AlF_6$  из целевого продукта - высокодисперсного наноразмерного и субмикронного порошка нитрида алюминия.

6. В пункте 2 практической значимости работы утверждается, что стоимость полученного методом азидного СВС с использованием рассмотренных в диссертации галоидных солей нанопорошка нитрида алюминия (в смеси с криолитом) может быть в несколько раз меньше стоимости представленного на рынке нанопорошка нитрида алюминия плазмохимического синтеза, однако доказательств этому не приводится.

7. В тексте диссертационной работы встречаются опечатки.

### **Заключение**

Несмотря на имеющиеся замечания, оценивая диссертацию в целом, можно заключить, что все цели, поставленные в работе, автором успешно решены. Отмеченные недостатки не снижают существенно теоретической и практической значимости результатов исследований, выполненных на высоком научном уровне. Диссертация А.В. Шоломовой представляет собой законченное научное исследование, в котором содержится решение задачи по разработке метода азидного СВС высокодисперсного наноразмерного и субмикронного порошка нитрида алюминия и его использования для армирования алюмоматричных композитов, имеющей важное значение для развития химической физики, в том числе физики горения и взрыва, по направлению применения процессов горения для получения керамических и металлокерамических материалов.

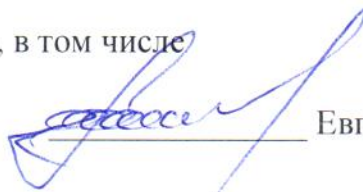
По объему полученных результатов и научной значимости диссертационная



работа Шоломовой А.В. удовлетворяет всем требованиям, в том числе п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Российской Федерации, утвержденного Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 1.3.17. (01.04.17) Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества по пунктам 7 и 8, а ее автор, Шоломова Анна Владимировна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Отзыв составлен на основании анализа диссертации, автореферата и публикаций Шоломовой А.В. на объединенном заседании кафедры порошковой металлургии и функциональных покрытий (ПМиФП) и Научно-учебного центра СВС МИСиС-ИСМАН (НУЦ СВС) Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (протокол № 6 от «16» ноября 2021 г.).

Заведующий кафедрой ПМиФП,  
Директор НУЦ СВС,  
доктор технических наук  
(01.04.17 – Химическая физика, в том числе  
физика горения и взрыва),  
профессор



Евгений Александрович Левашов

Ученый секретарь кафедры ПМиФП,  
старший преподаватель,  
научный сотрудник НУЦ СВС,  
кандидат технических наук  
(05.16.06 – Порошковая металлургия  
и композиционные материалы)



Марина Яковлевна Бычкова

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

119049, г. Москва, Ленинский проспект, 4, стр.1

Тел.: 7 (495) 638-45-00, Факс: 7 (499) 236-52-98, E-mail: [vvkurb@mail.ru](mailto:vvkurb@mail.ru)



Подпись

заверяю

Зам. начальника

отдела кадров МИСиС

*Левашов Е.А.; Бычкова М.С.*



Кузнецова А.Е.

«17» 11 2021 г.