

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 212.204.03 на базе Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета

от «30» июня 2016 года, протокол № 15

О присуждении Федосовой Наталье Алексеевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и математическое моделирование процесса получения керамоматричного композита, армированного углеродными нанотрубками» в виде рукописи по специальностям 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий, 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, технические науки, принята к защите «30» апреля 2016 года, протокол №11, диссертационным советом Д212.204.03 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Министерства образования и науки Российской Федерации (125047, Москва, Миусская площадь, 9, приказ о создании диссертационного совета от «03» марта 2016 года № 242/нк).

Соискатель **Федосова Наталья Алексеевна**, «28» февраля 1987 года рождения, в 2009 году окончила Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации.

Обучалась в аспирантуре на кафедре информационных компьютерных технологий Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации с «10» июня 2010 года по «10» июня 2013 года.

Работает в должности ведущего программиста кафедры информационных компьютерных технологий Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре информационных компьютерных технологий Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель доктор технических наук, профессор Кольцова Элеонора Моисеевна, гражданин Российской Федерации, заведующий кафедрой информационных компьютерных технологий Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Беседин Павел Васильевич, гражданин Российской Федерации, профессор кафедры технологии стекла и керамики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова» Министерства образования и науки Российской Федерации, Белгород;

кандидат технических наук Бендовский Евгений Борисович, гражданин Российской Федерации, научный сотрудник химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» Правительства Российской Федерации, Москва, дали *положительные* отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт механики имени Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра Российской академии наук, Уфа, в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук Болотновой Раисой Хакимовной, главным научным сотрудником лаборатории «Механика многофазных систем», и кандидатом технических наук Миграновым Айратом Барисовичем, старшим научным сотрудником лаборатории «Робототехника и управление в технических системах», и утвержденном временно исполняющим обязанности директора доктором физико-математических наук Урманчеевым Саидом Федоровичем, указала, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Федосова Наталья Алексеевна,

заслуживает присуждения ей степени кандидата технических наук по специальностям 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий и 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (отзыв заслушан и одобрен на заседании Ученого совета «14» июня 2016 года, протокол № 6).

Соискатель имеет 21 опубликованных работ, все по теме диссертации, общим объёмом 57 страниц, в том числе 6 в научных журналах, включенных в перечень рецензируемых научных изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций. Публикации выполнены в соавторстве с научным руководителем и другими авторами на русском и английском языках. Личный вклад соискателя (80%) состоит в анализе литературы, выборе объектов и методов, обработке и интерпретации полученных результатов, подготовке и написании материала.

Соискателем опубликовано 12 работ в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов, получен 1 патент и 1 авторское свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, учебников, учебных пособий и монографий не имеет.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Дударов С.П., Диев А.Н., Федосова Н.А., Кольцова Э.М. Моделирование свойств конструкционного композитного материала, армированного углеродными нанотрубками, с использованием перцептронных комплексов // Компьютерные исследования и моделирование, 2015. Т. 7. № 2. С. 253–262.

2. Федосова Н.А., Файков П.П., Попова Н.А., Кольцова Э.М., Жариков Е.В. Керамический композиционный материал с углеродными нанотрубками, полученный по технологии искрового плазменного спекания // Стекло и керамика. 2015. № 1. С. 14-17.

3. Федосова Н.А., Кольцова Э.М., Попова Н.А., Жариков Е.В. Керамоматричные композиты, модифицированные углеродными нанотрубками: искровое плазменное спекание, моделирование, оптимизация // Новые огнеупоры, 2015, № 12, С. 13-17.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов, все положительные. В отзывах указывается, что представляемая работа характеризуется высоким теоретическим и экспериментальным уровнем, имеет большое научное и практическое значение и по своей новизне и актуальности соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии.

В отзыве доктора технических наук, профессора Ахмадиева Фаиля Габдулбаровича, заведующего кафедры прикладной математики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» в качестве замечания отмечено, что в стохастическом уравнении отсутствует «диффузионный член» со второй производной от функции распределения f по l .

В отзыве кандидата технических наук, доцента Леонова Владимира Григорьевича, заведующего кафедрой технологии неорганических керамических электрохимических производств Новомосковского института (филиала) Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева в качестве замечания отмечено, что в автореферате не полно приведено сравнение характеристик композитов, полученных спеканием в вакууме и искровым плазменным спеканием, и не объясняется, чем вызвано различие этих характеристик.

В отзыве доктора технических наук, профессора Хасанова Олега Леонидовича, заведующего кафедрой наноматериалов и нанотехнологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», содержатся замечания и вопросы: Выражение «ультразвуковое озвучивание» нельзя признать удачным; На рис. 7 наряду с расчетной зависимостью для прочности на изгиб представлены некие точки. Если это экспериментальные значения для прочности на изгиб, то не указано, каким условиям изготовления композита они соответствуют; не приведены их доверительные интервалы; На рис. 11, к сожалению, отсутствуют экспериментальные значения пористости в композитах после искрового плазменного спекания, что важно для верификации приведенных расчетных зависимостей; Почему температура 1600°C является оптимальной: по результатам моделирования или по комплексу полученных физико-механических свойств?

В отзыве кандидата технических наук Лысенкова Антона Сергеевича, старшего научного сотрудника лаборатории №33 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова Российской академии наук в качестве замечаний отмечено: исходя из данных табл. 2 непонятно, почему автор не увеличил время выдержки для установления максимальных значений прочности при изгибе; в автореферате не приведено обоснование выбора метода искрового плазменного спекания в качестве одного из методов обжига; несмотря на позиционирование получаемого композита как материала для изготовления деталей в авиационной и космической промышленности автореферат не содержит сведений о высокотемпературных свойствах полученных керамических композиционных материалов.

В отзыве доктора технических наук, доцента Рухова Артема Викторовича, исполняющего обязанности заведующего кафедрой «Химия и химические технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» указан ряд вопросов: 1. Чем обоснован выбор объемных концентраций при работе с углеродными нанотрубками? Оценивалось ли изменение насыпной плотности углеродных нанотрубок, при их хранении, например, в результате изменения влагосодержания? 2. Из каких соображений выбирались диапазоны концентраций углеродных нанотрубок? 3. Из текста автореферата не явно массовые или объемные концентрации диспергаторов использовались при обработке углеродных нанотрубок. 4. В автореферате указано, что в экспериментальной работе по исследованию керамических композитов использовались только углеродные нанотрубки 1 типа, с внешним диаметром 5-40 нм, однако на рис.5 показаны структуры с диаметрами, порядка 100 нм. 5. Не ясно, как в математической модели, представленной в третьей главе, учитываются характеристики и свойства углеродных нанотрубок, и проводилось ли прогнозирование прочности композита при значениях концентраций вне диапазона экспериментального исследования? 6. На стр.14 указано, что на основе расчета с использованием математической модели определено оптимальное значение температуры спекания, однако не поставлена задача оптимизации и не представлены результаты расчета.

В отзыве кандидата физико-математических наук, доцента Соколова Александра Павловича, доцента кафедры «Системы автоматизированного проектирования» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана» в качестве замечания отмечено, что отсутствует описание новой технологии спекания. Каким образом происходит нагрев порошка, и за счет чего продолжительность спекания сокращается до нескольких минут?

В отзыве кандидата физико-математических наук, доцента Семендяевой Натальи Леонидовны, научного сотрудника факультета вычислительной математики и кибернетики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова указывается следующее замечание: в автореферате нет сравнения расчетных и экспериментальных данных искрового плазменного спекания, не понятно, по каким данным проводилась оценка параметров модели, а по каким проверялась адекватность модели.

Отзыв кандидата химических наук Комарова Евгения Валерьевича, главного инженера Проектного института федерального государственного унитарного предприятия «Российский научный центр Прикладная химия» без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован соответствием области научных интересов теме работы соискателя, это подтверждается значительным числом научных публикаций. Многолетний опыт и высокая квалификация в области химической технологии неорганических соединений, а также в области основных процессов и аппаратов химической технологии позволяет им оценить научную и практическую значимость проведенной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны на основе нейросетевого подхода математическая модель описания процесса получения композита Al_2O_3 -углеродные нанотрубки (3-20%об. углеродных нанотрубок) в вакууме; на основе аппарата механики гетерогенных сред математическая модель искрового плазменного спекания для композита Al_2O_3 -углеродные нанотрубки (20-50%об. углеродных нанотрубок);

предложены оптимальные условия спекания композита Al_2O_3 -углеродные нанотрубки (3-5%об. углеродных нанотрубок) в вакууме, обеспечивающие свойства: пористость $< 0,1\%$, прочность на изгиб > 490 МПа, микротвердость > 19 ГПа, трещиностойкость > 4 МПа*м^{1/2}; оптимальные условия импульсноплазменного спекания для композита Al_2O_3 -углеродные нанотрубки (20-50%об. углеродных нанотрубок), обеспечивающие свойства: пористость $< 0,1\%$, прочность на изгиб $550 \div 630$ МПа, микротвердость $19,4 \div 19,6$ ГПа, трещиностойкость $6,2 \div 7,2$ МПа*м^{1/2};

доказана абсолютная устойчивость разработанной неявной разностной схемы, аппроксимирующей уравнение баланса числа пор по размерам со вторым порядком аппроксимации по времени и координате (размеру поры);

введено понятие «Z-схемы» для аппроксимации уравнения баланса числа пор по размерам.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны: 2-й порядок аппроксимации разностной «Z-схемы» по времени и размеру поры, абсолютная устойчивость разностной «Z-схемы» и ее преимущество по сравнению со схемой «Кабаре» (второго порядка аппроксимации по времени и координате) для расчета уравнения баланса пор по размерам;

изучены закономерности влияния доли углеродных нанотрубок на пористость, прочность на изгиб, трещиностойкость керамоматричного композита для спекания в вакууме и искрового плазменного спекания;

исследованы закономерности скорости зарастания («залечивания») поры для двух стадий в искровом плазменном спекании;

разработан способ комбинирования однослойных персептронов в нейросетевые комплексы, позволяющий использовать малую и неполную обучающую выборку при моделировании процесса спекания композита в вакууме.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что

разработаны: математическая модель и нейросетевой программный комплекс для прогнозирования свойств керамического композита Al_2O_3 -углеродные нанотрубки (3-20%об. углеродных нанотрубок) полученного спеканием в вакууме; математическая модель и программный комплекс для прогнозирования свойств керамического композита Al_2O_3 -углеродные нанотрубки, (20-50%об. углеродных нанотрубок), полученного методом искрового плазменного спекания; технологические схемы по получению керамоматричного композита с содержанием углеродных нанотрубок 5%об. и 30%об. для спекания в вакууме и искрового плазменного спекания с производительностью 600 тонн в год.

определены оптимальные режимы получения керамоматричного композита Al_2O_3 -углеродные нанотрубки (3-5%об. углеродных нанотрубок) путем спекания в вакууме; оптимальные режимы получения керамоматричного композита Al_2O_3 -углеродные нанотрубки (20-50%об. углеродных нанотрубок) методом искрового плазменного спекания.

разработан и защищен патентом РФ № 2517146 способ получения керамического композиционного материала.

Результаты работы могут быть рекомендованы для использования и внедрения в научных и образовательных организациях, а также на предприятиях химической промышленности при организации промышленного производства керамических композиционных материалов, армированных углеродными нанотрубками, для использования их в качестве конструкционных материалов для изготовления легких и прочных деталей в авиационной и космической промышленности, в качестве бронематериалов, в частности в акционерном обществе Научно-производственное предприятие «КлАСС», закрытом акционерном обществе «НЭВЗ-КЕРАМИКС».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– экспериментальные исследования проведены в значительном объеме, с использованием современных методов и технологических средств;

– достоверность полученных результатов обеспечена использованием методик эксперимента, соответствующих современному научному уровню, и подтверждена их согласованностью;

– выводы диссертации обоснованы, не вызывают сомнения и согласуются с современными представлениями о процессах получения керамоматричных композиционных материалов.

Личный вклад соискателя состоит: в проведении экспериментальных исследований по получению и спеканию композитного порошка Al_2O_3 -углеродные нанотрубки (0-50%об.); определению керамических свойств образцов композита; участии в создании математической модели процесса спекания в вакууме; в разработке модели процесса

искрового плазменного спекания; в разработке новой абсолютно устойчивой разностной схемы со вторым порядком аппроксимации по времени и координате; в разработке алгоритмов и программ расчета процессов спекания, проведении вычислений, анализа результатов, подготовке материалов для публикаций.

Тематика исследования диссертационной работы, используемые методы и подходы, области приложения полученных результатов и общая направленность работы подтверждают ее соответствие паспортам специальностей:

1) по специальности 05.17.08: «Фундаментальные разработки в изучении явлений переноса энергии и массы в технологических аппаратах»; «Способы, приемы и методология исследования гидродинамики движения жидкости, газов, перемещения сыпучих материалов, исследование тепловых процессов в технологических аппаратах и технологических схемах, исследования массообменных процессов и аппаратов»; «Методы изучения, расчета, интенсификации, оптимизации и разработки механических процессов подготовки сырья: процессы измельчения и распределения твердых веществ, процессы формования, процессы смешения веществ»;

1) по специальности 05.17.11: «объект исследований: по особенностям технологии, строению и функциональному назначению – керамика, композиционные материалы на основе силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (композиционные керамические материалы); «по размерным параметрам – наноразмерные, порошковые, волокна»; «Физико-химические принципы технологии материалов и изделий из силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, включают стадии подготовки исходных материалов, смешивания и гомогенизации компонентов, формования заготовок или изделий, высокотемпературных процессов, обработки материалов и изделий для придания им требуемых свойств, формы и размеров».

По пункту 1.2 области исследований.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой по результатам экспериментальных работ и математического моделирования решена задача получения керамоматричных композитов, армированных углеродными нанотрубками с содержанием углеродных нанотрубок (3-50%/об. углеродных нанотрубок) для использования их в авиационной и аэрокосмической промышленности, а также в производстве бронематериалов, что имеет важное значение для развития экономики страны.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным п. 9-14 «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

На заседании «30» июня 2016 года, протокол № 15, диссертационный совет принял решение присудить Федосовой Наталье Алексеевне ученую степень кандидата технических наук по специальностям 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий, 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 12 докторов наук по специальностям и отраслям наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, в том числе 9 по специальности 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий и 3 по специальности 05.17.11 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 17, против присуждения учёной степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета

М. Б. Глебов

Ученый секретарь диссертационного совета

А. В. Женса

