

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.13 созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 30 декабря 2014 года публичной защиты диссертации Вагановой Ирины Константиновны «Моделирование динамического разрушения керамических композиционных материалов на основе многоуровневого подхода» по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Время начала заседания: 10-00.

Время окончания заседания: 11-45.

На заседании присутствовали 20 из 27 членов диссертационного совета, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела:

1. Васенин И.М., доктор физико-математических наук, 01.02.05, заместитель председателя диссертационного совета

2. Христенко Ю.Ф., доктор технических наук, 01.02.04, ученый секретарь диссертационного совета

3. Архипов В.А., доктор физико-математических наук, 03.00.16

4. Биматов В.И., доктор физико-математических наук, 01.02.05

5. Бубенчиков А.М., доктор физико-математических наук, 01.04.14

6. Бутов В.Г., доктор физико-математических наук 01.04.14

7. Герасимов А.В., доктор физико-математических наук, 01.02.04

8. Глазунов А.А., доктор физико-математических наук, 01.02.05

9. Глазырин В.П., доктор физико-математических наук, 01.02.04

10. Зелепугин С.А., доктор физико-математических наук, 01.02.04

11. Крайнов А.Ю., доктор физико-математических наук, 03.00.16

12. Люкшин Б.А., доктор физико-математических наук, 01.02.04

13. Прокофьев В.Г., доктор физико-математических наук, 01.04.14

14. Скрипняк В.А., доктор физико-математических наук, 01.02.04

15. Смоляков В.К., доктор физико-математических наук 01.04.14

16. Старченко А.В., доктор физико-математических наук, 01.04.14

17. Тимченко С.В., доктор физико-математических наук, 01.02.05

18. Черепанов О.И., доктор физико-математических наук, 01.02.04

19. Шрагер Г.Р., доктор физико-математических наук, 01.02.05

20. Шрагер Э.Р., доктор физико-математических наук, 01.04.14

Заседание провёл заместитель председателя диссертационного совета доктор физико-математических наук, профессор Васенин Игорь Михайлович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить И.К. Вагановой учёную степень кандидата физико-математических наук.

Заключение диссертационного совета Д 217.267.13
на базе федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства образования и науки Российской Федерации
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 30.12.2014 г., № 218

О присуждении **Вагановой Ирины Константиновне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Моделирование динамического разрушения керамических композиционных материалов на основе многоуровневого подхода»** по специальности **01.02.04** – Механика деформируемого твердого тела принята к защите 27.10.2014 г., протокол № 211, диссертационным советом **Д 217.267.13** на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 203-161 от 08.02.2008 г.)

Соискатель **Ваганова Ирина Константиновна**, 1976 года рождения.

В 2001 году соискатель окончила Московскую государственную геологоразведочную академию имени Серго Орджоникидзе.

В 2014 году соискатель очно окончила аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности лаборанта-исследователя кафедры механики деформируемого твердого тела в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре механики деформируемого твердого тела федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Скрипняк Владимир Альбертович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра механики деформируемого твердого тела, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Вахрушев Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт механики Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория механики наноструктур, заведующий лабораторией

Иванова Оксана Владимировна, кандидат физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Томский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, отдел структурной макрокинетики, старший научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук**, г. Пермь, в своем положительном заключении, подписанным **Наймарком Олегом Борисовичем** (доктор физико-математических наук, профессор, лаборатория физических основ прочности, заведующий лабораторией), указала, что многоуровневое моделирование керамических композитов и нанокомпозитов является одним из наиболее перспективных подходов прогнозирования механического поведения керамических композитов с учетом их структуры на мезоскопическом уровне и представляет собой актуальную задачу механики. В работе развит подход многоуровневого моделирования в 3D постановке для исследования закономерностей разрушения керамических композитов и

нанокомпозитов на мезоскопическом уровне при динамическом нагружении, разработаны модель и алгоритм моделирования динамического разрушения тугоплавких керамических нанокомпозитов, имеющие важное значение для развития механики деформируемого твердого тела. Полученные результаты могут быть использованы для развития численно-аналитического аппарата механики деформируемого твердого тела, исследования механического поведения нового класса материалов (керамических нанокомпозитов) при динамическом нагружении.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 12 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 4, в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций – 8 (из них 2 публикации в сборниках материалов зарубежных конференций). Общий объем публикаций – 3,56 п.л., личный вклад автора – 1,16 п.л.

Наиболее значительные работы:

1. Скрипняк В.А., Скрипняк Е.Г., Ваганова И.К., Янющкин А.С., Скрипняк В.В., Лобанов Д.В. Механические свойства наноструктурной керамики на основе диборида циркония // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2010. – Т. 55, № 7/2 . – С. 119-123. – 0,31 / 0.09 п.л.

2. Ваганова И.К., Скрипняк В.В., Скрипняк В.А., Скрипняк Е.Г. Моделирование процессов разрушения керамических нанокомпозитов при высокоэнергетических воздействиях // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 7/3. – С. 23-25. – 0,19 / 0.07 п.л.

3. Скрипняк Е.Г., Скрипняк В.В., Ваганова И.К., Скрипняк В.А. Самоорганизация микроповреждений хрупких гетерогенных сред в условиях интенсивных динамических воздействий // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 7/3. – С. 86-88. – 0,19 / 0.05 п.л.

4. Скрипняк В.А., Скрипняк Е.Г., Скрипняк В.В., Ваганова И.К. Многоуровневое моделирование процессов деформации и разрушения структурированных твердых тел. проблема определения представительного объема для динамических условий нагружения // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 7/3. – С. 80-82. – 0,19 / 0.08 п.л.

На автореферат поступили 7 положительных отзывов. Отзывы представили:

- 1) **В.Э. Вильдеман**, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций», директор Центра экспериментальной механики Пермского национального исследовательского политехнического университета, *без замечаний*.
- 2) **В.И. Халиулин**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Производство летательных аппаратов», руководитель Центра композитных технологий Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ, *без замечаний*.
- 3) **А.В. Острик**, д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник Института проблем химической физики РАН, г. Черноголовка, *без замечаний*.
- 4) **А.Ф. Ревуженко**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий отделом моделирования процессов деформирования и разрушения горных пород Института горного дела СО РАН им. Н.А. Чинакала, г. Новосибирск, и **С.В. Лавриков**, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., старший научный сотрудник лаборатории механики деформируемого твердого тела и сыпучих сред Института горного дела СО РАН им. Н.А. Чинакала, г. Новосибирск, *без замечаний*;
- 5) **Ю.В. Маслов**, канд. техн. наук, доц., доцент кафедры 104 «Технологическое проектирование и управление качеством» Московского авиационного института (национальный исследовательский университет), *без замечаний*.
- 6) **А.М. Брагов**, д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией «Механика материалов» Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, и **А.К. Ломунов**, д-р физ.-мат. наук, проф., главный научный сотрудник лаборатории «Механика материалов» Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, *с замечанием* о плохом качестве рисунков.
- 7) **Ю.В. Горохов**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Обработка металлов давлением» Сибирского федерального университета, г. Красноярск, *с замечаниями*: сравнение результатов численных экспериментов проводилось с практическими данными, полученными другими исследователями, поэтому желательно было бы перечислить авторов и привести таблицу сравнения экспериментальных и расчетных сравнений; некоторые рисунки плохо разборчивы (рис. 2, рис. 6); не понятно, о сходимости менее 5 % каких результатов идет речь на странице 13; в названии работы следовало бы поставить фразу «на основании многоуровневого подхода» после слова «моделирование».

В отзывах отмечено, что керамические композиционные материалы на основе оксидов, карбидов и боридов металлов, обладающие уникальными физико-механическими свойствами, занимают значительное место в конструкциях современной техники, но в процессе эксплуатации изделий возможны катастрофы техногенного и природного характера, сопровождающиеся интенсивными динамическими воздействиями. Поэтому разработка методик и моделей для теоретического прогноза механического поведения новых керамических композитов в заданных условиях воздействий с учетом фазового состава и структуры на мезоскопическом уровне с помощью компьютерного моделирования является актуальной научно-технической задачей. Практическое применение результатов работы может быть направлено на разработку авиакосмической техники, ядерных реакторов четвертого поколения, энергоэффективных машин и приборов, связанных с использованием новых керамических композиционных материалов, обладающих сочетанием высокой твердости, прочности, трещиностойкости и химической стойкости.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются крупными специалистами в области механики деформированного твердого тела: А.В. Вахрушев занимается разработкой методик многоуровневого математического моделирования физико-химических процессов в наноматериалах на нано-, микро- и макроуровнях; О.В. Иванова занимается моделированием процессов в многокомпонентных системах при ударно-волновых воздействиях; Институт механики сплошных сред УрО РАН является ведущим научным учреждением в области математического и физического моделирования процессов деформирования, разрушения и аномального поведения твердых тел с учетом температурно-временных эффектов, фазовых превращений в материалах, возникновения и развития дефектов в материалах при деформации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана физико-математическая модель для описания деформации и разрушения керамических нанокомпозитов в условиях интенсивных динамических

воздействий, обогащающая научную концепцию подхода многоуровневого моделирования и новая методика расширяющая возможность получения прогнозов прочности нанокомпозитов с учетом влияния ряда структурных факторов (концентрации упрочняющих частиц, распределения размеров зерен матрицы и упрочняющих частиц, распределения размеров пор и наличия поровых кластеров);

разработана новая методика моделирования на мезоскопическом уровне процессов деформации и разрушения керамических композиционных материалов, позволяющая прогнозировать влияние структуры керамических нанокомпозитов на модули упругости, пределы упругости Гюгонио, параметры кинетики повреждения, при интенсивных динамических воздействиях с амплитудами до 20 ГПа.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения и методика моделирования деформации и разрушения нанокомпозитов на мезоскопическом уровне, вносящие вклад в расширение представлений о закономерностях быстропротекающих явлений деформации и разрушения керамических композитов и нанокомпозитов при динамическом нагружении.

применительно к проблематике диссертации результативно использован метод многоуровневого моделирования механического поведения керамических композитов и нанокомпозитов при интенсивных динамических воздействиях, с учетом гетерогенной структуры мезоскопического уровня.

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

разработаны и внедрены новые технологии многоуровневого моделирования керамических нанокомпозитов, новые образовательные технологии в подготовке магистров.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования: Разработанные в диссертации модель и методика моделирования могут быть использованы при решении научных и практических задач при проектировании элементов конструкций из керамических нанокомпозитов рассмотренного класса. Полученные данные о прочностных свойствах опытных

образцов нанокompозитов на основе ZrB_2-B_4C , $ZrB_2-t ZrO_2$ могут быть использованы в инженерной практике. Материалы диссертационного исследования могут быть использованы в учреждениях Российской академии наук, вузах Российской Федерации при подготовке магистров и аспирантов.

Оценка достоверности и новизны результатов исследования выявила:

экспериментальные данные о структуре и механических свойствах получены на сертифицированном оборудовании;

разработанные модель и методика построены с использованием проверенных теоретических представлений и данных;

при получении результатов вычислительных экспериментов обеспечена численная сходимость при выбранных параметрах пространственно-временной дискретизации;

полученные теоретические результаты согласуются с экспериментальными данными для опытных образцов композитов.

В результате проведенных численных исследований с использованием разработанных моделей и алгоритмов впервые получены закономерности развития повреждений и разрушения объемных наноструктурных керамических композиционных материалов ZrB_2-B_4C , ZrB_2-tZrO_2 , $ZrB_2-Al_2O_3$, впервые получены теоретические данные о пределах упругости Гюгонио, прочности рассматриваемых композитов, установлен квазихрупкий характер повреждения данных композитов при воздействии ударных импульсов с амплитудами, превышающими макроскопический предел упругости.

Личный вклад автора состоит в: непосредственном участии на всех этапах процесса получения данных, проведении экспериментов, разработки модели и методики; создании и тестировании кодов программ; проведении серий расчетов; обработки и интерпретации экспериментальных и теоретических данных, участия в подготовке основных публикаций по выполненным работам.

Диссертация соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по разработке подхода многоуровневого моделирования механического

На заседании 30.12.2014 г. диссертационный совет принял решение присудить **Вагановой И.К.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 20, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

30.12.2014 г.



Васенин Игорь Михайлович

Христенко Юрий Федорович