

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.135.01 (Д 003.038.01),
созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук по диссертации на соискание ученой степени
кандидата (доктора) наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 08.10.2021 № 179

О присуждении Зиминой Валентине Алексеевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Определение механических характеристик хрупких пористых материалов на основе численного моделирования» по специальности 1.1.8. (01.02.04) Механика деформируемого твердого тела (физико-математические науки) принята к защите 02.07.2021 г., протокол №172, диссертационным советом 24.1.135.01 (Д003.038.01) на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН), 634055, г. Томск, пр. Академический, 2/4; приказ Рособнадзора о создании диссертационного совета №1925-1671 от 10.09.2009 г.; приказ об изменении состава диссертационного совета №1153/НК от 30.09.2015 г; приказ об изменении состава диссертационного совета № 569/НК от 01.07.2019 г. Последние изменения внесены приказом Минобрнауки №331/НК от 12.04.2021.

Соискатель *Зиминая Валентина Алексеевна*, до замужества *Микушина Валентина Алексеевна*, дата рождения 24.02.1993 г., окончила в 2016 г. магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (ТГУ) по направлению 15.04.03 Прикладная механика. С 10.07.2016 г. по 10.07.2020 г. обучалась в очной аспирантуре ТГУ по направлению 01.06.01 Математика и механика. В настоящее время работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории нелинейной механики метаматериалов и многоуровневых систем ИФПМ СО РАН.

Диссертация выполнена на кафедре прочности и проектирования физико-технического факультета ТГУ и в лаборатории нелинейной механики метаматериалов и многоуровневых систем ИФПМ СО РАН.

Научный руководитель: *Смолин Игорь Юрьевич* – доктор физико-математических наук, доцент, заведующий лабораторией нелинейной механики метаматериалов и многоуровневых систем ИФПМ СО РАН.

Официальные оппоненты: *Светашков Александр Андреевич* – доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, профессор отделения общетехнических дисциплин школы базовой инженерной подготовки Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» и *Зайцев Алексей Вячеславович* – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры механики композиционных материалов и конструкций Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»*, в своем положительном отзыве, подписанном профессором кафедры вычислительной механики, доктором физико-математических наук, профессором *Левиным Владимиром Анатольевичем*, ученым секретарем кафедры, кандидатом физико-математических наук, доцентом *Колдоба Еленой Валентиновной*, заместителем декана механико-математического факультета, доктором физико-математических наук, профессором *Ивановым Александром Олеговичем* и утвержденном проректором - начальником Управления научной политики МГУ, профессором, доктором физико-математических наук, *Федяниным Андреем Анатольевичем*, указала, что диссертация выполнена на актуальную тему, результаты имеют научную новизну, достоверность результатов и выводов вполне обоснована; подчеркнула теоретическую и практическую значимость результатов; проанализировала структуру и содержание работы; подтвердила соответствие содержания автореферата тексту диссертации, сделала замечания, не затрагивающие основные положения и выводы работы и не снижающие ее высокой оценки; указала, что диссертация соответствует всем требованиям п. II 9 «Положения о присуждении ученых степеней» и является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи о расчете эффективных механических свойств хрупких пористых тел и численном исследовании закономерностей их деформации и разрушении, имеющей значение для развития механики деформируемого твердого тела.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим: официальные оппоненты являются признанными специалистами в области механики деформируемого твердого тела; имеют публикации, близкие к теме диссертационной работы, являются сотрудниками различных организаций и не имеют совместных публикаций с соискателем. Ведущая

организация широко известна своими научными достижениями в механике деформируемого твердого тела; сотрудники кафедры вычислительной механики МГУ являются ведущими специалистами в области конечно-разностных методов численного интегрирования уравнений механики сплошных сред и моделирования деформации и разрушения пористых и микронеоднородных сред. Соискатель и научный руководитель соискателя не работают в данной организации и не являются участниками научно-исследовательских работ, ведущихся в этой организации.

Основное содержание диссертационной работы изложено в 8 публикациях, посвященных разработке метода расчета эффективных механических характеристик изотропных хрупких пористых материалов на основе экспериментальных данных об их поровой структуре и численному исследованию их механического поведения (2 – в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК, 6 – в изданиях, включенных в библиографические базы цитирований Scopus и Web of Science).

Наиболее значимые работы: 1) **Микушина (Зими́на) В.А.** Смолин И.Ю. Численное моделирование деформирования и разрушения пористой алюмооксидной керамики на мезоуровне // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2019. – №58. – С.99–108. 2) **Зими́на В.А.** Экспериментальное исследование структуры, упругих и прочностных характеристик пористой корундовой керамики // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2020. – №67. – С.117–126. 3) Eremin M., Kulkov A., Smolin I., **Mikushina (Zimina) V.** Investigation of failure mechanism of Al₂O₃ specimens subjected to three-point bending test // Frattura ed Integrita Strutturale. – 2019. – Vol.13. – P. 38-45; 4) **Mikushina (Zimina) V.A.**, Smolin I.Yu. Numerical analysis of the stress state and fracture of porous ceramics at the mesolevel // Journal of Physics: Conf. Series. – 2019. – Vol. 1214. – P.012016-1–012016-8.

На автореферат диссертации прислали положительные отзывы: без замечаний: **С.С. Саркисян** - доктор физико-математических наук, профессор, член-корр. НАН Армении, заведующий лабораторией механики нано- и микротехнических материалов Ширакского государственного университета, г. Гюмри; **В.Н. Лейцин** – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией фундаментального и прикладного материаловедения Балтийского федерального университета им. Иммануила Канта, г. Калининград; **В.М. Мусалимов** – доктор технических наук, профессор, факультет систем управления и роботехники Национального исследовательского университета ИТМО, г. Санкт-Петербург; с замечаниями: **Плехов О.А.** – доктор физико-математических наук, профессор РАН, заместитель директора Института механики сплошных сред Пермского

федерального исследовательского центра УрО РАН, (г. Пермь): *о возможности определения вклада дефектов в значение объемного модуля упругости и модуль сдвига*; **Морозов А.Ю.** – кандидат физико-математических наук, старший преподаватель Московского авиационного института: *использование в тексте различных десятичных разделителей*; **Фомин В.М.** – академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор, Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича (г. Новосибирск): *о ссылке разных значений физико-механических параметров оксида алюминия на один источник; о конкретном размере образцов для испытаний; об отсутствии в автореферате ссылок на метод определения пористости керамических материалов*; **Кузнецов В. П.** – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры термообработки и физики металлов Уральского федерального университета им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург): *в названии диссертации не отражен этап экспериментального определения параметров поровой структуры*.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: *разработан* новый вариант модели повреждаемых сред, позволяющий описать особенности разрушения упруго-хрупких материалов при разных видах напряженного состояния в квазистатических условиях нагружения; *предложен* новый метод расчета эффективных механических характеристик изотропных хрупких пористых материалов на основе экспериментальных данных об их поровой структуре и результатов моделирования механического отклика их мезообъемов в условиях одноосного растяжения и сжатия. Предложенный в диссертационной работе метод расчета позволяет наиболее полно учитывать влияние поровой структуры нагруженного материала на упругие и прочностные свойства при прогнозировании его механического поведения с помощью разработанной модели; *доказано*, что в случае одноосного растяжения пористой корундовой керамики имеют место как растягивающие, так и сжимающие локальные напряжения, величины которых могут в десятки раз превосходить макроскопический предел прочности материала при растяжении; *введены* новые представления о механическом поведении упруго-хрупкой повреждаемой среды, отражающие особенности протекания процессов неупругой деформации, накопления повреждений и разрушения хрупких пористых материалов на разных масштабных уровнях. Показано, что предложенные в диссертационной работе математические модели и расчетные методы могут быть успешно адаптированы для определения эффективных механических характеристик и других структурно-неоднородных материалов.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что **доказаны** положения, вносящие вклад в расширение представлений о процессах,

происходящих при неупругом деформировании и разрушении хрупких пористых материалов, чувствительных к виду напряженного состояния. Совокупность полученных данных может быть использована при моделировании механического поведения других микронеоднородных сред; **применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс экспериментальных методик по исследованию структуры и механических свойств изотропных хрупких материалов, а также численных методов для моделирования механического поведения этих материалов; **изложены** доказательства успешного применения развитых моделей и разработанного метода расчета эффективных характеристик в рамках многоуровневого моделирования механического поведения пористой корундовой керамики; **раскрыты** перспективы применения предложенного метода расчета упругих и прочностных характеристик пористых хрупких керамик при разработке новых материалов с заданными свойствами; **изучены** связи эффективных механических характеристик изотропных хрупких материалов со сложноорганизованной поровой структурой корундовой керамики.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что: **разработан** новый вариант определяющих соотношений повреждаемых сред для описания особенностей разрушения упруго-хрупких материалов в зависимости от вида напряженного состояния; **определены** пределы и перспективы практического использования предложенной модели; **создана** система практических рекомендаций по применению предложенного метода расчета упругих модулей и прочностных характеристик для структурно-неоднородных материалов; **представлены** перспективы решения задачи прогнозирования поведения изотропных пористых материалов в квазистатических условиях нагружения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что **экспериментальные результаты получены** с применением современных методов исследования на сертифицированном научно-исследовательском оборудовании; **теория построена** на проверяемых и воспроизводимых научных фактах; **идея** базируется на анализе и обобщении современных литературных источников по теме разработки изотропных хрупких пористых материалов со сложноорганизованной поровой структурой; **использовано** сравнение данных работы с результатами исследований других авторов по тематике диссертации; **установлено** качественное совпадение основных авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по созданию и применению корундовой керамики; **использованы** современные методики сбора и обработки экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в получении и обработке исходных данных, анализе литературных источников по теме диссертации, формулировке выводов и положений диссертации, личном участии в апробации результатов исследования, а также написании научных статей по теме работы и подготовке их к опубликованию.

Диссертация соответствует всем критериям Положения о присуждении ученых степеней, установленным для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, согласно п. II.9, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи об определении эффективных механических характеристик хрупких пористых материалов и моделировании их механического поведения при квазистатическом активном нагружении, имеющей важное значение для развития механики деформируемого твердого тела.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: о применимости предложенной модели к расчету плоского деформированного состояния, о терминологии в двумерных расчетах.

Соискатель Зими́на В.А. ответила на заданные ей вопросы и согласилась с критическими замечаниями.

На заседании 08.10.2021 года диссертационный совет принял решение: - за решение научной задачи – разработке нового метода расчета эффективных характеристик хрупких пористых материалов разной природы, имеющей существенное значение при создании новых перспективных материалов, а также в инженерных расчетах прочностных свойств широко используемых материалов, присудить Зиминой В.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человека, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, дополнительно введенных на разовую защиту - 0 человек, проголосовали: за – 22, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета

Колубаев Е.А.

Ученый секретарь диссертационного совета

Сизова О.В.



08. 10. 2021 г.