

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ЮФУ801.01.09,
созданного на базе Института математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования

«Южный федеральный университет»,

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № 4,

решение диссертационного совета от 25.12.2023 № 12

О присуждении Корниевскому Александру Сергеевичу, гражданину
Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Моделирование и определение эффективных свойств пористых анизотропных упругих материалов с учетом внутренней структуры и поверхностных напряжений» по специальности 1.2.2 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (физико-математические науки) принята к защите 23.10.2023 (протокол заседания № 11) диссертационным советом ЮФУ801.01.09, созданным на базе Института математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», приказ о создании диссертационного совета № 368-ОД от 22 декабря 2022 г.

Соискатель Корниевский Александр Сергеевич, 1994 года рождения.

Корниевский А. С. в 2016 году окончил бакалавриат Южного федерального университета по направлению подготовки 01.03.02 прикладная математика и информатика. В 2018 году окончил с отличием магистратуру Южного федерального университета по направлению подготовки 01.04.02 прикладная математика и информатика. С 2018 по 2022 годы обучался в аспирантуре Южного федерального университета по направлению подготовки 01.06.01 математика и механика (специальность 05.13.18 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, физико-математические науки).

Во время обучения в Южном федеральном университете Корниевский А. С. неоднократно работал по различным грантам РФФИ, РНФ и Минобрнауки, а с 2022 г. он работает в должности ассистента на кафедре математического моделирования Южного федерального университета.

Диссертация выполнена на кафедре математического моделирования Института математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича Южного федерального университета.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Наседкин Андрей Викторович, заведующий кафедрой математического моделирования Института математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича Южного федерального университета.

Официальные оппоненты:

Голуб Михаил Владимирович, доктор физико-математических наук (01.02.04 – механика деформируемого твердого тела), доцент, заведующий кафедрой теории функций Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный университет» (ФГБОУ ВО «КубГУ»);

Беляк Ольга Александровна, доктор физико-математических наук (1.1.8 – механика деформируемого твердого тела), доцент, профессор кафедры теоретической механики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РГУПС).

Официальные оппоненты дали положительные отзывы по диссертации, отметили научную ценность выполненной работы и рекомендовали присудить соискателю учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Соискатель имеет 31 научных публикаций по теме диссертации, из них 5 работ [1–5] в научных изданиях, входящих в Перечень научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой

степени доктора наук, представленных для защиты в диссертационные советы Южного федерального университета; и еще 5 работ [6–10] в научных изданиях, входящих в базы данных международных индексов научного цитирования Scopus и/или Web of Science.

1. Корниевский, А.С. Сравнение моделей пен, составленных из регулярных и нерегулярных массивов открытых ячеек Гибсона-Эшби / А. С. Корниевский, А. В. Наседкин // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика.* – 2021. – №3. – С. 70-83. – DOI: 10.15593/perm.mech/2021.3.07.

2. Наседкин, А.В. Конечно-элементное моделирование эффективных свойств анизотропных упругих материалов со случайной наноразмерной пористостью / А. В. Наседкин, А. С. Корниевский // *Вычислительная механика сплошных сред.* – 2017. – Т. 10, № 4. – С. 375-387. – DOI: 10.7242/1999-6691/2017.10.4.29.

3. Kornievsky, A. S. Finite element analysis of foam models based on regular and irregular arrays of cubic open cells having uniform or normal distributions / A. S. Kornievsky, A. V. Nasedkin // *Advanced Materials Modelling for Mechanical, Medical and Biological Applications. Advanced Structured Materials.* 2022. – Vol. 155. – Ch. 15. – P. 251-269. – DOI: 10.1007/978-3-030-81705-3_15.

4. Nasedkin, A.V. Numerical investigation of effective moduli of porous elastic material with surface stresses for various structures of porous cells / A. V. Nasedkin, A. S. Kornievsky // *Wave Dynamics, Mechanics and Physics of Microstructured Metamaterials. Advanced Structured Materials.* 2019. – Vol. 109. – Ch. 15. – P. 217-228. – DOI: 10.1007/978-3-030-17470-5_15.

5. Nasedkin, A.V. Finite element modeling and computer design of anisotropic elastic porous composites with surface stresses / A. V. Nasedkin, A. S. Kornievsky // *Wave Dynamics and Composite Mechanics for Microstructured Materials and Metamaterials. Advanced Structured Materials.* 2017. – Vol. 59. – Ch. 6. – P. 107-122. – DOI: 10.1007/978-981-10-3797-9_6.

6. Kornievsky, A. Finite element study of effective moduli of nanoporous materials composed of regular Gibson-Ashby cells with surface stresses / Kornievsky A., Nasedkin A. // *Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications. Springer Proceedings in Materials.* 2023. – Vol. 20. – Ch. 22. – P. 276-289. – DOI: 10.1007/978-3-031-21572-8_22.

7. Kornievsky, A. Numerical Investigation of Mechanical Properties of Foams Modeled by Regular Gibson-Ashby Lattices with Different Internal Structures / Kornievsky A., Nasedkin A. // *Materialia.* – 2022. – Vol. 26. – P. 101563. – DOI: 10.1016/j.mtla.2022.101563.

8. Nasedkin, A.V. Finite element homogenization of elastic materials with open porosity at different scale levels / A. V. Nasedkin, A. S. Kornievsky // *AIP Conference Proceedings.* – 2018. – Vol. 2046. – P. 020064. – DOI: 10.1063/1.5081584.

9. Nasedkin, A.V. Modeling of nanostructured porous thermoelastic composites with surface effects / A. V. Nasedkin, A. A. Nasedkina, A. S. Kornievsky // *AIP*

Conference Proceedings. – 2017. – Vol. 1798. – P. 020110. – DOI: 10.1063/1.4972702.

10. Nasedkin, A.V. Finite element modeling of effective properties of nanoporous thermoelastic composites with surface effects / A. V. Nasedkin, A. A. Nasedkina, A. S. Kornievsky // *Proceedings of the 7th International Conference on Coupled Problems in Science and Engineering, COUPLED PROBLEMS 2017.* – 2017. – P. 1140-1151.

– Режим доступа: <http://congress.cimne.com/coupled2017/frontal/Doc/Ebook2017.pdf>.

На автореферат поступило 10 отзывов: от доктора физ.-мат. наук, с. н. с. Айзиковича С. М., заведующего лабораторией функционально-градиентных и композиционных материалов научно-образовательного центра «Материалы» Донского государственного технического университета, г. Ростов-на-Дону; доктора физ.-мат. наук, профессора Васильева В. И., заведующего кафедрой «Вычислительные технологии» Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова, г. Якутск; доктора физ.-мат. наук, доцента Каменецкого Е. С., главного научного сотрудника отдела математического моделирования Южного математического института Владикавказского научного центра РАН, г. Владикавказ; доктора физ.-мат. наук, профессора Куликова Г. М., заведующего научно-исследовательской лабораторией «Механика интеллектуальных материалов и конструкций» Тамбовского государственного технического университета, г. Тамбов; доктора технических наук, действительного члена Академии наук Республики Саха (Якутия) Лепова В. В., и. о. главного научного сотрудника отдела № 30 моделирования разрушения и безопасности сложных систем Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, г. Якутск; доктора физ.-мат. наук, доцента Панькова А. А., профессора кафедры механики композиционных материалов и конструкций Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь; кандидата физ.-мат. наук Соколова А. П., доцента кафедры «Системы автоматизированного проектирования» Московского государственного технического университета (МГТУ) им. Н.Э. Баумана, г. Москва; доктора технических наук, доцента Степаненко Д. А., профессора кафедры «Конструирования и производства приборов» Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь; доктора технических наук, профессора Ткачева А. Н., заведующего кафедрой

прикладной математики Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ), г. Новочеркасск, Ростовская обл.; доктора физ.-мат. наук, профессора Чехонина К. А., и.о. руководителя Хабаровского отделения Института прикладной математики Дальневосточного отделения РАН, г. Хабаровск.

Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность и важность проведённого исследования. В отзывах содержатся следующие основные замечания:

1. Работа выглядела бы более выигрышно при более тщательном сравнении полученных численных данных с работами других авторов и с результатами численных экспериментов.

2. Имеется опечатка в формуле (13) автореферата.

3. Слабо обоснован выбор ячейки Гибсона-Эшби и представительного объема для моделирования деформационных свойств рассматриваемых в работе реальных пористых анизотропных композитов со случайной микроструктурой.

4. Не поясняется (физический смысл и математическое обоснование), почему в (13) оператор осреднения по представительному «макро» объему $\langle \dots \rangle$ имеет поправку в виде оператора осреднения по межфазным поверхностям (не имеющим «макро» объема), что возможно лишь при сингулярности осредняемого поля.

5. Было бы полезным изложить структуру разработанного программного обеспечения для определения эффективных модулей более подробно, например, привести блок-схемы основных программ или численных алгоритмов.

6. Автор отмечает, что для изотропных композитов, основанных на ячейке Гибсона-Эшби, гомогенная среда имеет анизотропные свойства. Очевидно, что это явление обусловлено геометрией данных ячеек. В связи с этим было бы интересно рассмотреть и другие структурные ячейки для высокопористых материалов.

7. Не поясняется, известны ли экспериментальные данные об эффекте «увеличения жесткости материала при появлении пористости», проиллюстрированном на рис. 4 (стр.17).

8. Было бы целесообразно привести более расширенный список

исследователей, которые занимались аналогичными проблемами.

9. Из автореферата не ясен вклад межфазных напряжений в общую энергию деформаций композита.

Выбор официальных оппонентов обосновывается наличием большого опыта в области моделирования, численных методов, механики деформируемых сред с усложненной структурой, математических методов в биологии, а также достаточно большим числом публикаций по смежным с представленной диссертацией тематикам. Голуб М. В. является специалистом в области численных методов решения задач математической физики и волновой динамики, моделирования акустических метаматериалов и наноразмерных структур. Беляк О. А. – специалист в области численных методов и математического моделирования композиционных материалов и неоднородных сред со сложными физико-механическими свойствами.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований разработаны модели гомогенизации пористых анизотропных упругих композитов с возможностями учета поверхностных или интерфейсных напряжений по методу эффективных модулей, поддерживающие энергетические соотношения Хилла; разработаны конечно-элементные модели нанокompозитов, учитывающие поверхностные напряжения Гуртина-Мурдоха; разработаны специальные алгоритмы для размещения интерфейсных конечных элементов на гранях контакта элементов различных фаз композита и алгоритмы для расчета полного набора эффективных модулей жесткости для композитов с произвольными типами как физической, так и геометрической анизотропии; разработаны конечно-элементные модели композитов различной геометрической конфигурации, основанные на ячейке Гибсона-Эшби, и алгоритмы для генерации регулярных и нерегулярных решеток, составленных из ячеек Гибсона-Эшби; проведены численные эксперименты и дан анализ результатов решения задач гомогенизации пористых композитов с поверхностями напряжениями и высокопористых ячеистых композитов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что полученные в работе результаты связаны с комплексным развитием методов моделирования, конечно-элементных технологий и программного инструментария для

определения эффективных свойств пористых и высокопористых композитов с усложненными механическими свойствами, такими как поверхностные напряжения и/или анизотропия.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики состоит в том, что разработанные программы и инструменты позволяют прогнозировать механические свойства пористых композитов с различной геометрией и, следовательно, упростить и удешевить процесс создания материалов с наиболее подходящей структурой для определенных целей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила: полученные в диссертационном исследовании результаты основываются на использовании классических методов гомогенизации композитов в совокупности с методом конечных-элементов; теории Гуртина-Мурдоха, апробированной для моделирования поверхностных эффектов; моделей, базирующихся на ячейке Гибсона-Эшби, широко применяемых для исследования высокопористых структур и неоднократно подтвержденных экспериментально; апробации полученных результатов на научных семинарах и конференциях.

Личный вклад соискателя состоит в проведении алгоритмической и компьютерной части исследований, разработке методов и алгоритмов конструирования представительных объемов, создании специализированных программных средств и проведении анализа результатов вычислительных экспериментов.

На заседании 25 декабря 2023 года диссертационный совет отметил, что рассматриваемая диссертация соответствует критериям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет»», и принял решение присудить Корниевскому А. С. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (1.2.2 — математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих

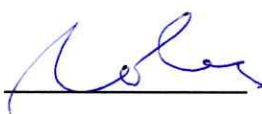
в состав совета (дополнительных членов не вводилось), проголосовали тайно:
за – 12, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета



Сумбатян Межлум Альбертович

Ученый секретарь
диссертационного совета



Говорухин Василий Николаевич

25 декабря 2023 года