

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: 24.2.327.07

Соискатель: Каримов Суннат Бахтиярович

Тема диссертации: «Моделирование нелинейно-упругих композиционных материалов с конечными деформациями методом асимптотического осреднения»

Специальность: 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 01 июля 2026 года, протокол 9, диссертационный совет пришел к заключению о том, что диссертационное исследование Каримова Сунната Бахтияровича является законченной научно-квалификационной работой, имеет важное прикладное значение и содержит элементы фундаментального исследования. Достоверность полученных результатов обоснована и сомнений не вызывает.

Диссертация Каримова Сунната Бахтияровича отвечает требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842. На заседании 01 июля 2026 года, протокол 9, диссертационный совет принял решение присудить Каримову Суннату Бахтияровичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Тарлаковский Д.В., заместитель председателя диссертационного совета Земсков А.В., заместитель председателя диссертационного совета Федотенков Г.В., ученый секретарь диссертационного совета Сердюк Д.О.

Члены диссертационного совета: Булычев Н.А., Вестяк В.А., Дмитриев В.Г., Кузнецова Е.Л., Миронова Л.И., Рабинский Л.Н., Русских С.В., Солдатенков И.А.

Председатель
диссертационного совета 24.2.327.07
д.ф.-м.н., профессор



Тарлаковский Д.В.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.327.07
д.ф.-м.н., доцент



Сердюк Д.О.

Проректор по научной работе
д.т.н., доцент



Иванов А.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.07,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «01» июля 2026 г. № 9

О присуждении Каримову Суннату Бахтияровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Моделирование нелинейно-упругих композиционных материалов с конечными деформациями методом асимптотического осреднения» по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела, принята к защите «27» апреля 2026 г., протокол № 8, диссертационным советом 24.2.327.07, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования РФ, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании диссертационного совета 24.2.327.07 – № 1184/нк от «12» октября 2022 г, о внесении изменений № 114/нк от 19.02.2026.

Соискатель Каримов Суннат Бахтиярович, 22 сентября 1994 года рождения. В 2017 г. окончил федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» по специальности 02.03.01 «Математика и компьютерные науки». Диплом об окончании бакалавриата №107718 0768380, дата выдачи 23.06.2017.

В 2019 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» по специальности 02.04.01 «Математика и компьютерные науки». Дубликат диплома об окончании магистратуры №107704 0611605, дата выдачи 26.11.2025.

С сентября 2019 по август 2023 года обучался в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» по специальности 16.06.01 «Физико-технические науки и технологии». Диплом об окончании аспирантуры №107733 0003795, дата выдачи 12.07.2023.

Справка об обучении с результатами сдачи кандидатских экзаменов №02.07-12/129 и №02.07-12/173 по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела выдана в 2025 году федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

В настоящее время работает в Научно-образовательном центре «Суперкомпьютерное инженерное моделирование и разработка программных комплексов» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный

технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» в должности ведущего инженера.

Диссертация «Моделирование нелинейно-упругих композиционных материалов с конечными деформациями методом асимптотического осреднения» выполнена на кафедре «Вычислительная математика и математическая физика» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – **Димитриенко Юрий Иванович**, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой «Вычислительная математика и математическая физика» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Звягин Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры Газовой и волновой динамики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,

Ченцов Александр Викторович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Механика новых материалов и технологий» федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Акционерное общество «Композит» в своем положительном отзыве, подписанном Секретарём подсекции комплекса

«Неметаллические материалы» АО «Композит», начальником сектора, кандидатом физико-математических наук **Сергеевой Еленой Сергеевной**, заместителем начальника отделения, начальником отдела АО «Композит», кандидатом технических наук, доцентом **Магнитским Ильёй Владимировичем**, утвержденном первым заместителем генерального директора АО «Композит», кандидатом физико-математических наук, **Дворецким Александром Эргардовичем**, указала, что диссертационная работа Каримова Сунната Бахтияровича «Моделирование нелинейно-упругих композиционных материалов с конечными деформациями методом асимптотического осреднения» является завершённой научно-квалификационной работой, содержащей новые научные результаты в области механики деформируемого твердого тела. Выявленные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей высокой оценки проведённых исследований. Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым ВАК Российской Федерации к кандидатским диссертациям, установленным постановлением правительства РФ от 24.09.2013 №842 (ред. от 16.10.2024), а ее автор, Каримов Суннат Бахтиярович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Основные положения диссертационного исследования достаточно полно отражены в 12 научных работах, из них: 4 научные работы в изданиях, рекомендованных Перечнем ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 5 публикаций в сборниках трудов конференций, индексируемых в Scopus, остальные 3 – в прочих изданиях. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Димитриенко Ю.И., Губарева Е.А., Кольжанова Д.Ю., Каримов С.Б. Моделирование несжимаемых слоистых композитов с конечными деформациями на основе метода асимптотического осреднения // Математическое моделирование и численные методы. — 2017. — № 1(13). — С. 32–54.

Личный вклад автора заключается в постановке локальной задачи метода асимптотического осреднения для слоистых композиционных материалов из несжимаемых компонент при конечных деформациях, разработке и программной реализации методики численного расчёта локальных задач и эффективных диаграмм деформирования, а также в вычислении таких диаграмм при одноосном растяжении для различных сочетаний толщин трёх несжимаемых изотропных слоёв.

2. Димитриенко Ю.И., Каримов С.Б., Димитриенко А.Ю. Моделирование конечных деформаций композиционных материалов на основе универсальных моделей A_n и метода асимптотического осреднения // Математическое моделирование и численные методы. — 2024. — № 2. — С. 17–34.

Личный вклад автора заключается в формулировке локальных задач метода асимптотического осреднения при конечных деформациях в вариационной постановке, разработке и реализации алгоритма численного решения полученной задачи при помощи итерационного метода, основанного на линеаризации задачи, а также расчёте эффективных диаграмм деформирования при одноосном растяжении 3D-армированного композиционного материала при конечных деформациях на основе численного решения локальных задач.

В основных работах автора содержатся решения задач упругости композиционных материалов при конечных деформациях, актуальных в научном и прикладном направлениях.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации и официальных оппонентов, отзывы положительные,

от **Филиппова Павла Геннадьевича**, доктора физико-математических наук, руководителя проектов научно-технической экспертизы Научно-технического совета (Департамента) государственной корпорации «Ростех», отзыв положительный;

от **Кузнецова Дмитрия Александровича**, доктора технических наук, начальника отдела организации научной работы и **Герасимчука Владимира Васильевича**, кандидата технических наук, ведущего инженера-конструктора Акционерного общества «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина», отзыв положительный;

от **Яковлева Николая Олеговича**, кандидата технических наук, начальника лаборатории «Прочность и надежность материалов воздушного судна им. проф. С.И. Кишкиной» федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» национального исследовательского центра «Курчатовский институт», отзыв положительный;

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам; отмечены: новизна, достоверность полученных автором результатов и их практическая значимость.

В поступивших отзывах имеются замечания.

В отзыве ведущей организации **Акционерного общества «Композит»** имеются следующие вопросы и замечания:

1. Возможность использования быстроосциллирующей функции для описания зависимости полей от локальных координат при моделировании конечных деформаций, особенно при значениях деформации, сопоставимых с характерными размерами ячейки периодичности композиционного материала, недостаточно обоснована.

2. Из текста диссертации неясно как использованные модели A_n описывают поведение композиционных материалов при нагружении сжатием.

3. В диссертации описано использование моделей A_n , в общем случае нелинейных, однако сравнение диаграмм деформирования при растяжении проведено для материала КМ2, экспериментально полученная диаграмма деформирования которого является линейной.

4. Из текста диссертации неясно, была ли проведена верификация расчётно-полученных диаграмм деформирования материалов КМ1 и КМ2.

5. В тексте диссертации отсутствует пример моделирования объекта из тканевого композиционного материала КМ1. В главе 3 представленной работы приведены решения многомасштабных задач нелинейной упругости для периодических сред на примерах амортизатора их дисперсно-армированного сферами материала КМ2 и колеса, в состав которого входит шина также из материала КМ2.

6. Тексты диссертации и автореферата содержат неточности редакционного характера и погрешности оформления.

Замечания в отзыве официального оппонента Звягина А. В.

1. В работе встречаются отдельные неточности в оформлении формул и обозначений, что несколько затрудняет восприятие материала. Есть замечания к согласованию падежей.

2. Некоторые этапы вывода определяющих соотношений и переходов при построении асимптотических разложений изложены достаточно компактно и могли бы быть дополнительно пояснены.

3. Представляло бы интерес более подробное сравнение разработанной методики с существующими подходами численной гомогенизации для задач с конечными деформациями.

Замечания в отзыве официального оппонента Ченцова А. В.

1. При разделении масштабов введен термин «микрозадача». Однако, не сформулированы критерии перехода между масштабами и привязки этих размеров к порядку микро - 10^{-3} , что обосновало бы такой термин.

2. В ряде мест текст перегружен громоздкими математическими выкладками, что усложняет восприятие отдельных результатов. Ограниченный набор видов анизотропии, рассмотренный в главе 2, не

является исчерпывающим, тем не менее, не обсуждается возможность применения методики и для иных случаев.

3. Некоторые рисунки и графические материалы могли бы сопровождаться более подробными пояснениями и крупными цифрами на шкалах полей.

4. В работе сравнительно мало внимания уделено вопросам вычислительной эффективности, масштабируемости и устойчивости разработанных алгоритмов и оценке их трудоёмкости.

В отзывах на автореферат имеются такие замечания:

1. В работе можно было бы более подробно рассмотреть вопросы сходимости предложенного итерационного метода.

2. В диссертации недостаточно внимания уделено сравнению полученных результатов расчетов с экспериментальными данными.

3. Целесообразно расширить обсуждение применимости предложенных моделей для сильно анизотропных или пористых структур.

4. Рекомендуется уделить больше внимания вопросам устойчивости итерационных процедур при больших деформациях.

5. Пригодна ли методика в случаях, когда структура композиционного материала не строго периодична (например, при хаотичном коротком армировании).

6. Как обеспечивается требование комформной сетки на гранях ячейки периодичности без симметрии.

7. Как учитывается возможное изменение микроструктуры под нагрузкой (из-за переориентации жестких волокон, изменения форм пор, локальной потери устойчивости).

8. В автореферате недостаточно подробно раскрыты вопросы существования и единственности решений сформулированных нелинейных локальных задач.

9. Представляло бы интерес более детальное обсуждение области применимости используемых универсальных моделей материала и ограничений, связанных с их использованием.

10. Не приведена оценка влияния размеров ячейки периодичности на точность получаемых осреднённых характеристик.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высококвалифицированными специалистами в данной области, а ведущая организация проводит значительные исследования в области механики деформируемого твердого тела, в том числе посвященные механике композитов. Официальные оппоненты и сотрудники ведущей организации имеют значительное количество публикаций, связанных с направлением исследований диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика многомасштабного моделирования нелинейно-упругих композиционных материалов с конечными деформациями на основе метода асимптотического осреднения, позволяющая вычислять эффективные определяющие соотношения композиционных материалов с периодической структурой;

предложены подходы к решению локальных задач метода асимптотического осреднения на полной ячейке периодичности без использования предположений о её симметрии, что расширяет область применения метода для композиционных материалов сложной структуры;

доказана возможность применения решений локальных задач на полной ячейке периодичности для построения аналитических эффективных определяющих соотношений нелинейно-упругих композиционных материалов с периодической структурой при конечных деформациях;

Новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность применения метода асимптотического осреднения к моделированию нелинейно-упругих композиционных материалов с конечными деформациями при использовании универсальных моделей упругих сред посредством решения локальных задач на полной ячейке периодичности;

применительно к проблематике диссертации эффективно **использованы** положения нелинейной механики деформируемого твердого тела, механики композиционных материалов, метода асимптотического осреднения, метода конечных элементов и методов оптимизации при построении математической модели деформирования композиционных материалов с периодической структурой;

изложены принципы построения многомасштабной модели нелинейно-упругого композиционного материала, основанной на совместном использовании локальных задач на ячейке периодичности и макроскопических задач для эквивалентной однородной среды;

раскрыты особенности построения и численного решения локальных задач метода асимптотического осреднения для нелинейно-упругих композиционных материалов при конечных деформациях на полной ячейке периодичности с учетом условий периодичности;

изучены особенности формирования осредненных изотропных и ортотропных нелинейно-упругих композиционных материалов на основе диаграмм деформирования, полученных при решении локальных задач на ячейке периодичности;

проведена модернизация метода асимптотического осреднения применительно к задачам нелинейной теории упругости с конечными деформациями за счёт разработки постановки локальных задач на полной ячейке периодичности и соответствующей вычислительной методики их решения.

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

разработаны и внедрены вычислительные методики решения локальных задач на полной ячейке периодичности и определения эффективных характеристик нелинейно-упругих композиционных материалов при конечных деформациях;

определены подходы к нахождению параметров осредненных моделей изотропных и ортотропных нелинейно-упругих композиционных материалов на основе аппроксимации диаграмм деформирования, полученных при решении локальных задач на ячейке периодичности;

созданы вычислительные модули для решения локальных задач метода асимптотического осреднения и определения эффективных характеристик композиционных материалов по осреднённым диаграммам деформирования;

представлены результаты, подтверждающие возможность прогнозирования поведения композиционных материалов и конструкций, подверженных большим деформациям, с использованием разработанной методики многомасштабного моделирования, включая задачу нагружения амортизатора из дисперсно-армированного композиционного материала и задачу деформирования шины из композиционного материала в составе колеса под действием внешней нагрузки.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на фундаментальных положениях нелинейной механики деформируемого твёрдого тела, механики композиционных материалов, метода асимптотического осреднения и метода конечных элементов. Использованные методы решения задач математически строгие и непротиворечивы;

идея базируется на распространении метода асимптотического осреднения на задачи моделирования нелинейно-упругих композиционных материалов с конечными деформациями и периодической структурой;

использованы результаты анализа существующих подходов к определению эффективных характеристик композиционных материалов и результаты решения локальных и многомасштабных расчетных задач, приведенные в диссертации, для обоснования применимости разработанной методики к моделированию нелинейно-упругих композиционных материалов с конечными деформациями;

установлено что результаты численного моделирования согласуются с теоретическими представлениями о поведении композиционных материалов при конечных деформациях и не противоречат известным результатам исследований в данной области;

использованы современные методы вычислительной механики, включая метод асимптотического осреднения, вариационные методы, метод конечных элементов, итерационные алгоритмы решения нелинейных задач и численные методы многомасштабного моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в разработке методики многомасштабного моделирования нелинейно-упругих композиционных материалов с конечными деформациями на основе метода асимптотического осреднения, предложении подхода к решению локальных задач на полной ячейке периодичности, разработке и программной реализации вычислительных алгоритмов для решения локальных задач, а также определения эффективных характеристик композиционных материалов, проведении вычислительных экспериментов, анализе и обобщении полученных результатов.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний. Диссертация соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. «О порядке присуждения учёных степеней».

На заседании «01» июля 2026 года диссертационный совет принял решение присудить Каримову Суннату Бахтияровичу ученую степень кандидата физико-математических наук **за** исследование в области механики нелинейно-упругих композиционных материалов, в котором разработана методика многомасштабного моделирования периодических структур при конечных деформациях и решения локальных задач на полной ячейке периодичности без ограничений по симметрии. Данные результаты имеют важное теоретическое и практическое значение для развития современной механики деформируемого твердого тела и могут быть использованы в дальнейшем проектировании конструкций из композиционных материалов, испытывающих нагрузки с конечными деформациями.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 7 докторов физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 12, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета
24.2.327.07
д.ф.-м.н., профессор



Тарлаковский Д.В.

Ученый секретарь
диссертационного совета
24.2.327.07
д.ф.-м.н., доцент



Сердюк Д. О.

Проректор по научной работе
д.т.н., доцент

Иванов

«01» июля 2013

Иванов А. В.

«01» июля 2026 года