

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: 24.2.327.13

Соискатель: Калягин Максим Юрьевич

Тема диссертации: Динамическое поведение пористых материалов под действием высокоинтенсивных нагрузок различной физической природы

Специальность: 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации: на заседании 19 июня 2026 года, протокол № 5, диссертационный совет пришел к заключению о том, что диссертация Калягина Максима Юрьевича является законченной научно-квалификационной работой, имеет важное прикладное значение и содержит элементы фундаментального исследования. Достоверность полученных результатов обоснована и сомнений не вызывает. Диссертация Калягина Максима Юрьевича отвечает требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями). На заседании 19 июня 2026 года, протокол № 5, диссертационный совет принял решение присудить Калягину Максиму Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета Рабинский Л.Н., заместитель председателя диссертационного совета Федотенков Г.В., ученый секретарь диссертационного совета Орехов А.А.

Члены диссертационного совета: Антуфьев Б.А., Белов П.А., Гавва Л.М., Данилин А.Н., Кондратенко Л.А., Миронова Л.И.

Заседание проводил: заместитель председателя диссертационного совета Федотенков Г.В.

Проректор по научной работе МАИ,
доктор технических наук, доцент



подпись, М.П.

А.В. Иванов

Заместитель председателя
диссертационного совета 24.2.327.13,
доктор физико-математических наук,
профессор

подпись

Г.В. Федотенков

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.327.13,
кандидат технических наук

подпись

А.А. Орехов

«19» июня 2026 г.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.13,
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 19 января 2026 г. № 5

О присуждении Калягину Максиму Юрьевичу ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Динамическое поведение пористых материалов под действием высокоинтенсивных нагрузок различной физической природы» по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин принята к защите 25 марта 2026 г., протокол заседания № 2, диссертационным советом 24.2.327.13 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании диссертационного совета 24.2.327.13 – № 1503/нк от 12 июля 2023 г.

Соискатель Калягин Максим Юрьевич, 29 июня 1984 года рождения, в 2007 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» с присуждением квалификации инженер по специальности «Ракетостроение» (дубликат диплома о высшем образовании: 107718 № 1410169, выдан 04 сентября 2025 года). В период с 01 ноября 2009 года по 31 октября 2013 года обучался в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» без отрыва от производства по программам подготовки научно-педагогических кадров в системе послевузовского профессионального образования по программе подготовки научно-педагогических кадров по научной специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» и сдал

кандидатские экзамены по указанной специальности, что подтверждается удостоверением № 104, выданным федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» 29 августа 2025 г.

Справка о сдаче кандидатского экзамена № 105 выдана 29 августа 2025 года федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», что подтверждает сдачу экзамена кандидатского минимума по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

В период подготовки диссертации соискатель Калягин Максим Юрьевич работал старшим преподавателем кафедры 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» Института № 6 «Аэрокосмический», заместителем начальника лаборатории «Автономные робототехнические комплексы» Института № 14 «Передовая инженерная школа», главным конструктором Центра беспилотных летательных аппаратов, руководителем проектов научно-исследовательского отдела кафедры 602 «Проектирование и прочность авиационно-ракетных и космических изделий» Института № 6 «Аэрокосмический» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре 903 «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения» Института общинженерной подготовки федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор **Рабинский Лев Наумович**, заведующий кафедрой 903 «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения», профессор кафедры 902 «Соппротивление материалов, динамика и прочность машин» Института общинженерной подготовки федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Могилевич Лев Ильич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Прикладная математика и системный анализ» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов;

Хомченко Антон Васильевич, кандидат технических наук, начальник отдела нагрузок и аэроупругости управления прочности общества с ограниченной ответственностью «АУРУС-АЭРО», г. Москва, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – **федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»**, г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном заслуженным деятелем науки РФ, заведующим кафедрой «Компьютерные системы автоматизации и производства», доктором технических наук **Гаврюшиным Сергеем Сергеевичем** и утвержденном и.о. Первого проректора федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» **Лазаревой Натальей Сергеевной**, указала, что диссертационная работа Калягина Максима Юрьевича «Динамическое поведение пористых материалов под действием высокоинтенсивных нагрузок различной физической природы» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне и посвященной актуальной проблеме в области динамики машин. Диссертация соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней, а именно пунктам 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (с изменениями и дополнениями), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин.

Соискатель имеет 61 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них 3 публикации в издании, входящем в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (категория K1), 3 публикации в издании, индексируемом международной системой цитирования Scopus (приравнивается к категории K1), 5 публикаций в виде тезисов докладов на международных конференциях и симпозиумах.

Ниже указаны наиболее значимые работы по теме диссертации.

Статьи в рецензируемых научных изданиях и журналах из перечня ВАК РФ:

1. Калягин, М. Ю. Моделирование приборных отсеков летательных аппаратов пористо-смесевыми ударниками / М. Ю. Калягин // Труды МАИ. – 2018. – № 98. – С. 8. – EDN YVGDUH.
2. Калягин, М. Ю. Исследование влияния пористости на физико-механические характеристики полиимидного пенопласта / М. Ю. Калягин, Л. Н. Рабинский, С. А. Шумская // Труды МАИ. – 2024. – № 138. – EDN DHHIVK.
3. Егорова, М. С. Теория стержней (пластин), построенная для неклассических моделей пористой среды механики деформируемого тела / М. С. Егорова, М. Ю. Калягин, Л. Н. Рабинский // Труды МАИ. – 2025. – № 142. – EDN HUNGID.

Статьи, опубликованные в издании, индексируемом в базе данных SCOPUS:

4. Babaytsev, A. V. Defect Development in Multilayer Composites under Static Loads / A. V. Babaytsev, M. Yu. Kalyagin, L. N. Rabinskiy // Russian Engineering Research. – 2024. – Vol. 44, No. 1. – P. 112-115. – DOI 10.3103/S1068798X24010064. – EDN EFLZME.
5. Rabinskiy, L. N. Numerical Estimates of the Physicomechanical Properties of Porous Composites / L. N. Rabinskiy, S. A. Shumskaya, M. Yu. Kalyagin // Russian Engineering Research. – 2025. – Vol. 45, No. 1. – P. 133-135. – DOI 10.3103/S1068798X24703404. – EDN WHTRLJ.
6. Babaytsev, A. V. Dynamic Behavior of Materials with Different Porosity / A. V. Babaytsev, M. Yu. Kalyagin, L. N. Rabinskiy // Russian Engineering Research. – 2025. – Vol. 45, No. 4. – P. 539-541. – DOI 10.3103/S1068798X2570039X. – EDN IKEYJW.

В представленных работах приведено описание результатов проведенных исследований. В работе [1] изложены постановка и численно-аналитическое решение задачи высокоскоростного ударного взаимодействия приборных отсеков летательных аппаратов с преградами, моделируемыми пористо-смесевыми ударниками; получены зависимости для контактного давления и границ зон локальной пластической течи, исследованы режимы нормального и косого удара, сформулированы критерии разрушения подкреплённых панелей.

Автором выполнен полный цикл постановки задачи, построения модели, получения и анализа результатов.

В работах [2, 4–6] приведены результаты экспериментального исследования физико-механических характеристик полиимидного пенопласта при различной плотности, в том числе сопоставление 80 и 100 кг/м³, и микроструктурном строении, выполнены испытания на изгиб и сопоставление с численным моделированием; показано возрастание жёсткости при уменьшении пористости и продемонстрировано согласие расчёта с экспериментом. Автор принимал участие в подготовке образцов и испытаний, обработке данных и анализе выявленных закономерностей.

В работе [3] рассматривается построение теории стержней и пластин для неклассических моделей пористой среды в градиентной постановке; предложены корректные вариационные формулировки задач изгиба, включая аналоги Тимошенко, показано устранение искусственных добавок к изгибной жёсткости и сингулярностей тонких элементов по сравнению с «некорректными» постановками. Автор принял участие в формализации задачи, математическом моделировании и интерпретации результатов.

Публикации [1–6] выполнены в рамках единой научной темы, посвященной механике пористых сред и прочностной надёжности тонкостенных авиационно-космических конструкций; они отражают как теоретические, так и экспериментальные результаты, составляющие основу диссертационной работы.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от **научного руководителя, ведущей организации, официальных оппонентов и другие отзывы**, все отзывы положительные:

от **научного руководителя – Рабинского Льва Наумовича**, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой 903 «Перспективные материалы и технологии аэрокосмического назначения», профессора кафедры 902 «Соппротивление материалов, динамика и прочность машин» Института общинженерной подготовки федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», отзыв положительный;

от **ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»**, г. Москва, отзыв положительный;

от **официального оппонента – Могилевича Льва Ильича**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Прикладная математика и системный анализ» федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов, отзыв положительный;

от **официального оппонента – Хомченко Антона Васильевича**, кандидата технических наук, начальника отдела нагрузок и аэроупругости управления прочности общества с ограниченной ответственностью «АУРУС-АЭРО», г. Москва, отзыв положительный;

от **Хазова Павла Алексеевича**, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Теория сооружений и техническая механика», заведующего лабораторией «Непрерывный контроль технического состояния зданий и сооружений» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», советника РААСН, отзыв положительный;

от **Митряйкина Виктора Ивановича**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Машиноведения и инженерной графики» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», отзыв положительный;

от **Украинского Леонида Ефимовича**, доктора технических наук, профессора, член-корреспондента РАН, заместителя директора по научной работе филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения имени А.А. Благонравова Российской академии наук «Научный центр нелинейной волновой механики и технологии РАН», отзыв положительный;

от **Курбатова Алексея Сергеевича**, кандидата технических наук, старший научный сотрудник отдела «Механика адаптивных и композиционных материалов и систем» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт прикладной механики Российской академии наук – ИПРИМ РАН», отзыв положительный.

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам, отмечена научная новизна и достоверность полученных автором результатов, а также их теоретическая и практическая значимость.

В поступивших отзывах имеются замечания.

В отзыве **ведущей организации** – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» – имеются следующие **замечания**:

1. В работе следовало бы более четко обозначить границы применимости предложенных моделей пористых и градиентных сред. В диссертации рассматриваются модели, учитывающие свободные неинтегрируемые дилатации, дефектность и градиентные масштабные эффекты, что является достоинством работы. Вместе с тем целесообразно было бы более подробно указать диапазоны пористости, характерные размеры пор, уровни деформаций и режимы нагружения, при которых предложенные модели могут применяться без существенной потери точности. Особенно это важно с учетом того, что рассматриваемая теория предполагает обратимые изменения пористости и линейное описание микродилатационных эффектов.

2. Недостаточно подробно раскрыта процедура идентификации неклассических материальных параметров модели. В работе введены классические, неклассические, градиентные и инерционные параметры пористой среды. В частности, динамическая постановка содержит значительное число физических постоянных, включая параметры, отвечающие за свойства непрерывной матрицы, пористой среды и их взаимодействие. Однако в диссертации было бы полезно более детально описать алгоритм их независимого экспериментального определения, а также обсудить вопросы единственности идентификации и чувствительности расчетных результатов к изменению этих параметров.

3. Экспериментальная база могла бы быть расширена за счет большего числа типов образцов и уровней пористости. В работе проведены статические и динамические испытания образцов двух плотностей — 80 кг/м^3 и 100 кг/м^3 , при этом для каждой партии использовались три однотипных образца. Полученные результаты представляют интерес и позволяют выявить влияние пористости на модуль упругости, прочность и динамический отклик материала. Вместе с тем для более надежного обоснования общих выводов желательно было бы рассмотреть более широкий диапазон плотностей, размеров пор и геометрических параметров образцов, а также привести более развернутую статистическую обработку экспериментальных данных.

4. При анализе динамических испытаний желательно было бы подробнее исследовать влияние условий закрепления образцов. Автор справедливо отмечает, что жесткость опор и характер закрепления существенно влияют на колебательные характеристики образцов. Однако в работе этот фактор мог бы быть рассмотрен более подробно: например, через отдельную расчетную модель упругого закрепления, оценку чувствительности собственных частот к жесткости заделки или сопоставление различных схем закрепления. Это особенно важно для пористых материалов, у которых динамический отклик

может существенно зависеть от локальных контактных условий и способа фиксации образца.

5. Связь прикладной задачи высокоскоростного удара с разработанными ранее моделями пористой градиентной среды могла бы быть раскрыта более последовательно. Пятая глава имеет выраженную инженерную направленность и посвящена задаче высокоскоростного удара пористого тела о преграду. Вместе с тем было бы полезно более явно показать, какие именно параметры и выводы, полученные в теоретических и экспериментальных главах, используются при построении модели ударного взаимодействия. Кроме того, практическую значимость результатов усилило бы более подробное сопоставление расчетов с независимыми экспериментальными данными или известными инженерными методиками для задач нормального и косого удара.

Замечания в отзыве **официального оппонента Могилевича Л.И.:**

1. В работе следовало бы более подробно обсудить область применимости предложенной обобщенной модели пористой среды, в частности ограничения, связанные с предположениями линейной изотропной среды и использованием упрощенного варианта теории Миндлина.

2. При введении большого числа физических постоянных целесообразно было бы подробнее рассмотреть вопрос их экспериментальной идентификации, включая чувствительность расчетных результатов к изменению отдельных параметров.

3. Экспериментальная часть работы является важной, однако описание статистической обработки результатов испытаний, погрешностей измерений и повторяемости экспериментов могло бы быть представлено более подробно.

4. В пятой главе переход от реальной конструкции головной части летательного аппарата к пористо-смесевой модели ударника представляет существенный практический интерес. Вместе с тем алгоритм такого перехода желательно было бы формализовать более подробно, чтобы облегчить его применение к другим типам конструкций.

5. В работе было бы полезно расширить сравнение предложенной модели с альтернативными моделями пористых и поврежденных сред, особенно в части учета масштабных эффектов и диссипативных свойств.

Замечания в отзыве **официального оппонента Хомченко А.В.**

1. В работе желательно подробнее описать процедуру выбора параметров конечно-элементной модели при моделировании высокоскоростного удара, включая влияние размера сетки, типа элементов и параметров контактного взаимодействия на результат.

2. При анализе минимальной скорости пробития целесообразно привести более подробное исследование чувствительности результатов к параметрам

материала преграды и ударника, особенно к параметрам модели пластического поведения.

3. Рассмотрение косого удара является важным достоинством работы, однако диапазоны углов, скоростей и геометрических параметров, при которых предложенная модель дает надежные результаты, могли бы быть обозначены более явно.

4. В экспериментальной части работы следовало бы подробнее раскрыть влияние условий закрепления образцов на измеряемые динамические характеристики, поскольку для пористых материалов этот фактор может существенно влиять на форму колебаний и значения собственных частот.

5. В работе используется значительное число расчетных параметров, связанных с пористостью, градиентностью и дефектностью. Для инженерного применения было бы полезно дополнительно представить пошаговую методику их определения по результатам стандартных испытаний.

В отзывах на автореферат следует отметить следующие замечания:

1. Автор утверждает, что «В результате исследования получено, что пористые материалы обладают способностью эффективно поглощать и рассеивать вибрационные нагрузки» (с. 11), однако из приведенных в автореферате результатов данный вывод непосредственно не следует.

2. Со слов автора, «при моделировании трехточечного изгиба задавалось условие заделки у элементов опоры» (с. 10), однако Рисунку 5 автореферата соответствует постановка условия контакта плоского и цилиндрического деформируемых тел.

3. Во Второй главе указано, что экспериментальные исследования в статике и динамике проводились на малоразмерных образцах акрида с габаритами. Учитывая, что средний размер пор составляет порядка 0,1 мм, не оказывали ли масштабные и приповерхностные эффекты на границах образца существенного искажающего влияния на модули упругости, полученные в ходе трехточечного изгиба.

4. При описании ударного взаимодействия целесообразно четче обозначить границы применимости расчетной модели для различных типов пористых материалов и условий нагружения.

5. В автореферате недостаточно полно раскрыт вопрос экспериментального определения обобщенной модели пористой среды, поскольку для практического применения предложенных соотношений этот аспект имеет важное значение.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высококвалифицированными специалистами в данной области и имеют публикации, связанные с

направлением исследований диссертации, а ведущая организация известна своими научными достижениями в соответствующей сфере исследования, что подтверждается актуальными публикациями ее сотрудников.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана обобщенная вариационная модель градиентной пористой среды с учетом полей свободных (неинтегрируемых) дилатаций, градиентной дилатации и взаимодействия совместного и несовместного изменения объема, позволяющая описывать деформирование пористых материалов при статическом, динамическом и высокоинтенсивном нагружении, включая стержневые элементы и ударное взаимодействие пористого тела с преградой.

предложены метод построения общего решения уравнений дефектных пористых сред и идентификации неклассических физических параметров; вариационные постановки задач растяжения, изгиба и динамики тонкостенных стержней из пористого материала с учетом алгебраической и градиентной пористости; численно-аналитический подход к оценке динамических и диссипативных характеристик пористых материалов по экспериментальным данным; расчетная модель высокоскоростного ударного взаимодействия пористо-смесового ударника и деформируемой преграды на основе теории деформации Генки-Ильюшина.

доказана согласованность предложенных моделей с известными предельными случаями классической теории упругости, среды с алгебраической пористостью, градиентной среды Тупина и градиентной дефектной среды Миндлина, корректность полученных уравнений и граничных условий на основе вариационного принципа, соответствие результатов численного моделирования данным статических и динамических экспериментов, обоснованность применения разработанного подхода для описания динамического поведения пористых материалов.

Новые понятия не вводились.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана правомерность и обоснованность предложенной вариационной постановки задач деформирования пористых сред и стержневых элементов из пористого материала, расширяющие представления о механике сред с полями дефектов, свободными дилатациями и градиентными масштабными эффектами.

Применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс базовых методов исследования, включающий методы классической и градиентной теории упругости, теории колебаний, теории дифференциальных уравнений, вариационного исчисления, численного

моделирования методом конечных элементов и экспериментальных методик статических и динамических испытаний.

изложены аналитические, численные и экспериментальные методы механики пористых сред применительно к решению задачи исследования динамического поведения пористых материалов и конструктивных элементов из них под действием статических, динамических и высокоинтенсивных нагрузок различной физической природы.

раскрыты существенные проявления теории пористых сред: влияние алгебраической и градиентной пористости на эффективные упругие характеристики, особенности формирования приведенной жесткости при растяжении и изгибе, а также роль пористой структуры в поглощении и рассеянии энергии при динамическом нагружении.

изучены связи рассматриваемой модели с классической теорией упругости, теорией Ковина–Нунциато, моделью Миндлина, градиентной теорией упругости, экспериментальными данными по статическим и динамическим испытаниям пористых образцов, а также с задачами высокоскоростного ударного взаимодействия.

проведена модернизация существующих математических моделей пористых и градиентных сред, алгоритмов численно-аналитического расчета динамических характеристик и численных методов моделирования ударного взаимодействия, обеспечивающая получение новых результатов по теме диссертации.

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

разработаны и апробированы на уровне расчетно-экспериментального исследования методики определения динамических характеристик пористых материалов, включая статические испытания на трехточечный изгиб, динамические испытания на вибростенде, обработку экспериментальных данных и сопоставление с конечно-элементным моделированием.

определены перспективы практического использования предложенных моделей при расчете стержневых и тонкостенных элементов из пористых материалов, при оценке демпфирующих свойств, вибрационного отклика и поведения элементов конструкций в условиях высокоинтенсивных кратковременных нагрузок.

создана модель эффективного применения знаний о влиянии пористости на жесткостные, прочностные и диссипативные характеристики материала, позволяющая обосновывать выбор параметров пористой структуры для элементов авиационных и аэрокосмических конструкций.

представлены методические рекомендации и расчетные положения для более высокого уровня организации расчетно-экспериментальных исследований пористых материалов, включая рекомендации по учету масштабных эффектов, параметров пористости, условий закрепления, характера динамического нагружения и верификации численных моделей по экспериментальным данным.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ использовалось сертифицированное оборудование, а именно: универсальная испытательная машина Instron, вибростенд TIRA TV, лазерный датчик перемещений Laser Triangulation Sensors RF603HS, растровый электронный микроскоп Karl Zeiss; обеспечены воспроизводимость испытаний на однотипных образцах, контроль микроструктуры, сравнение серий образцов разной плотности и сопоставление экспериментальных данных с численным моделированием.

теория построена на известных проверяемых положениях классической и градиентной теории упругости, теории пористых сред, теории колебаний и вариационных принципах механики; полученные модели согласуются с известными предельными случаями и переходят в классические постановки при занулении соответствующих неклассических параметров.

идея базируется на анализе практики расчета пористых и композиционных материалов, обобщении современного опыта построения континуальных моделей сред с микроструктурой, а также на необходимости учета дефектности, свободных дилатаций, градиентных эффектов и динамического взаимодействия в пористых материалах.

использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике; сопоставление аналитических, численных и экспериментальных результатов; конечно-элементное моделирование в Ansys Workbench и Ansys LS-Dyna; обработка экспериментальных зависимостей деформация–напряжение и динамического отклика образцов.

установлена удовлетворительная согласованность результатов численных расчетов и конечно-элементного моделирования с данными статических и динамических экспериментальных испытаний пористых материалов, подтверждающая применимость предложенных моделей и методов к оценке их физико-механических и динамических характеристик.

использованы современные методы математического моделирования пористых материалов и элементов конструкций из таких материалов, методики и алгоритмы аналитического и численного интегрирования дифференциальных уравнений в частных производных, возникающих в задачах классической и градиентной теории упругости и теории колебаний, методы конечно-элементного моделирования, а также информационные и компьютерные методы

обработки и визуализации полученных расчетных и экспериментальных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач исследования, анализе современного состояния проблемы, разработке и исследовании вариационных моделей пористых и градиентных сред, выводе разрешающих уравнений и граничных условий, построении расчетных схем для задач растяжения, изгиба, динамики и высокоскоростного ударного взаимодействия, выполнении численного моделирования, участии в планировании и проведении экспериментальных исследований, обработке и интерпретации полученных данных, сопоставлении расчетных результатов с экспериментом, подготовке публикаций и апробации основных результатов диссертации.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний. Диссертация соответствует требованиям п.п. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (с изменениями и дополнениями).

На заседании 19 июня 2026 года диссертационный совет принял решение присудить Калягину Максиму Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук за его вклад в развитие расчетно-экспериментальных методов исследования динамического поведения пористых материалов при высокоинтенсивных нагрузках различной физической природы, имеющий важное значение в области динамики машин.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 9 человек, из них 8 докторов по специальности 1.1.7. Теоретическая механика, динамика машин, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 9, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Проректор по научной работе, д.т.н.



М.П.

А.В. Иванов

Заместитель председателя
диссертационного совета 24.2.327.13,
д.ф.-м.н., профессор

Г.В. Федотенков

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.327.13,
к.т.н.

А.А. Орехов

« 19 » ИЮНЯ 20 26 г.