

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: Д 212.125.04

Соискатель: Леонов Сергей Сергеевич

Тема диссертации: Математическое моделирование задач механики деформируемого твердого тела и численные методы их решения

Специальность: 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Решение диссертационного совета по результатам защиты: На заседании 16 декабря 2016 года, протокол № 41, диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Леонову Сергею Сергеевичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

Присутствовали: Наумов А. В. – *председатель*, Северина Н. С. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Бардин Б. С., Битюков Ю. И., Бортаковский А. С., Грумондз В. Т., Денисова И. П., Кан Ю. С., Кибзун А. И., Короткова Т. И., Красильников П. С., Красинский А. Я., Кулагин Н. Е., Кузнецов Е. Б., Кузнецова Е. Л., Куравский Л. С., Пантелеев А. В., Ревизников Д. Л., Формалев В. Ф., Ципенко А. В.

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.04, к.ф.-м.н., доцент



Н. С. Северина

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.04 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 16.12.2016 № 41

О присуждении Леонову Сергею Сергеевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Математическое моделирование задач механики деформируемого твердого тела и численные методы их решения» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите «03» октября 2016 года, протокол № 37, диссертационным советом Д 212.125.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012, об изменении состава диссертационного совета № 628/нк от 07.10.2013, 574/нк от 15.10.2014, № 1339/нк от 29.10.2015, № 710/нк от 21.06.2016, № 1403/нк от 01.11.2016.

Соискатель Леонов Сергей Сергеевич 1989 года рождения, окончил в 2013 году факультет «Прикладная математика и физика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Прикладная математика».

В августе 2016 года окончил аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Работает ассистентом кафедры «Дифференциальные уравнения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре «Дифференциальные уравнения» факультета «Прикладная математика и физика».

Научный руководитель – профессор кафедры «Дифференциальные уравнения» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», доктор физико-математических наук, профессор Кузнецов Евгений Борисович.

Официальные оппоненты:

1. Лопаницын Евгений Анатольевич, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, профессор центра математического образования Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет»;

2. Орлов Игорь Александрович, гражданин Российской Федерации, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник лаборатории теории механизмов и структуры машин отдела «Механика машин и управление машинами» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт прикладной механики Российской академии наук» (ИПРИМ РАН), Москва, в своем положительном заключении, составленном заместителем директора ИПРИМ РАН по научной работе, доктором физико-математических наук Данилиным Александром

Николаевичем, и утвержденном директором ИПРИМ РАН, доктором технических наук Власовым Александром Николаевичем, указала, что диссертация содержит новые научные результаты, имеющие существенное теоретическое и практическое значение, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне, по решению плохо обусловленных задач, возникающих при моделировании процесса деформирования в условиях высокотемпературной ползучести.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию ведущей организации.

Замечания по диссертации:

1. В работе для описания процесса ползучести используются уравнения кинетической теории ползучести. Не пояснены причины выбора именно кинетической теории. Возможно, при оценки длительной прочности лучший результат дало бы использование одного из критериев длительной прочности или одной из многочисленных альтернативных теорий, например теории наследственности.

2. Для идентификации параметров модели для сплава 3В используется аналитическое решение. По сути, идентификация параметров модели в этом случае сводится к вариационной задаче, которую и следовало бы решать методами вариационного исчисления, поэтому применение нейросетевого моделирования в данном случае не ясно.

3. При записи решения рассматриваемых в диссертации задач используется четыре знака после запятой, а при идентификации параметров модели выписывается до семи знаков. На практике же, из-за сложности описываемого процесса, обычно используется не более трех знаков после запятой.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Лопаницына Евгения Анатольевича.

Замечания по диссертационной работе.

1. Выбор объектов – образцов при равномерном одноосном растяжении, на примере которых строятся алгоритмы решения плохо обусловленных задач,

неудачен. Во-первых, практически все рассмотренные задачи допускают аналитические решения. Во-вторых, для численного решения этих задач достаточно сменить независимую переменную – время на деформацию или параметр поврежденности, и особенность задач исчезает. В результате создаётся впечатление, что применение здесь такого мощного аппарата, как метод продолжения, избыточно.

2. В диссертации не до конца проанализированы причины обнаруженной экономии времени построения решений в случае применения параметра продолжения, близкого к наилучшему. В некоторых случаях она достигает 4-х раз. На самом деле, в случае применения этого параметра продолжения за счёт уменьшения количества операций для вычисления правых частей системы разрешающих уравнений возможно уменьшение времени расчётов до 17%. Однако применение такого параметра продолжения приводит к ухудшению обусловленности каждой рассматриваемой задачи: мера сопоставления обусловленности для всех рассмотренных случаев всегда положительна. Поэтому количество шагов для построения каждой траектории решений должно увеличиться по сравнению с традиционным подходом, а это должно уменьшить 17%-ю экономию времени или полностью её компенсировать и привести к увеличению потребного для расчётов времени.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Орлова Игоря Александровича.

Замечания по диссертационной работе.

1. При использовании метода нейронных сетей не пояснен выбор функционала ошибки в квадратичном виде, а также выбор базисных функций для конкретной задачи.

2. Идентификация моделей ползучести проводится лишь для постоянных напряжений и температур. Стоило бы также рассмотреть идентификацию моделей для переменных напряжений и температур, так как именно такие процессы чаще всего встречаются в реальности, тем более, что в диссертации описана возможность реализации подобных задач.

3. В диссертации недостаточно ясно сформулирован алгоритм выбора формы модифицированного наилучшего аргумента применительно к конкретной задаче.

4. В диссертации присутствует ряд неизбежных грамматических и пунктуационных ошибок.

На автореферат диссертации поступило 8 отзывов. Все отзывы, поступившие на автореферат диссертации, положительные. В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационной работы, дан краткий обзор работы, отмечены новизна, достоверность полученных автором результатов, их теоретическая и практическая значимость.

ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М. В. Ломоносова».

Отзыв составлен кандидатом физико-математических наук, доцентом, заведующей кафедрой «Математический анализ, алгебра и геометрия» Сабуровой Натальей Юрьевной.

Замечание. Результаты получены для случая постоянных температур и напряжений, но деформационные процессы ползучести часто проходят при переменных температурах и напряжениях.

ФГУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша Российской академии наук».

Отзыв составлен доктором физико-математических наук, профессором, ведущим научным сотрудником Зверевым Евгением Михайловичем.

К недостаткам работы можно отнести отсутствие обоснования выбора численного подхода к решению задачи Коши и метода простых итераций для решения систем нелинейных уравнений в неявном виде.

ФГБУН «Институт машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук» (ИМиМ ДВО РАН)

Отзыв составлен членом-корреспондентом Российской академии наук, доктором физико-математических наук, профессором, директором ИМиМ ДВО РАН Бурениным Анатолием Александровичем и кандидатом физико-

математических наук, старшим научным сотрудником лаборатории металлотехнологий, исполняющим обязанности Ученого секретаря ИМиМ ДВО РАН Севастьяновым Георгием Мамиевичем.

В качестве замечаний отметим следующее.

1. Особые точки систем уравнений (3) и (6), выбранных автором для рассмотрения, могут быть устранены очевидной заменой переменных, поэтому вывод о том, что для решения задачи (6) «необходимо использовать специальные методы решения жестких задач» сомнителен. Более содержательным могло стать рассмотрение наряду с (3), (6) также системы ОДУ, для которой устранение особой точки было бы затруднительно, в том числе, системы с обратной связью «параметр поврежденности – деформация ползучести».

2. Формула (7) в теореме 1 требует расшифровки входящих в нее величин, также стоило бы упомянуть, на чем основано доказательство условий сходимости.

3. Несмотря на высокое общее качество исполнения автореферата, в нем присутствуют опечатки (напр., стр. 3, посл. абз. разд. «Актуальность темы»). Название работы размыто до крайности. Первый пункт раздела «Научная новизна» автореферата («Рассмотрено применение метода...») не может являться новым результатом.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева».

Отзыв составлен заведующим кафедрой «Прикладная математика, дифференциальные уравнения и теоретическая механика», кандидатом физико-математических наук Жалниним Русланом Викторовичем.

Замечания по диссертации: в автореферате не указано про программную реализацию нейросетевого подхода, в частности, не понятно – является ли реализация нейросетевого метода частью вышеуказанного комплекса программ или представляет собой отдельный программный продукт.

ФГБУН «Институт динамики систем и теории управления им. В. М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук».

Отзыв составлен доктором физико-математических наук, главным научным сотрудником лаборатории 2.1 «Системный анализ и вычислительные методы» Булатовым Михаилом Валерьяновичем.

Замечание. Мера обусловленности, введенная в третьей главе диссертации, является недостаточно обоснованной.

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова».

Отзыв составлен заведующим лабораторией ползучести и длительной прочности НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, доктором физико-математических наук, профессором, лауреатом Государственной премии РСФСР Локощенко Александром Михайловичем и научным сотрудником НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова, кандидатом физико-математических наук Фоминым Леонидом Викторовичем.

Следует отметить некоторые замечания:

1. В названии диссертации указан широкий класс задач: «задачи механики деформируемого твердого тела», однако, в тексте диссертации разрабатываются численные методы решения задач только одного направления механики деформируемого твердого тела: ползучести и длительной прочности металлов.

2. В автореферате приводится перечень формулировок трех теорем без указания методов их доказательства.

3. Испытания на длительную прочность обычно характеризуются большим разбросом, в частности, времена до разрушения t^* идентичных образцов в одинаковых условиях из-за особенностей микроструктуры могут различаться на десятки процентов и более. В связи с этим возникает вопрос о целесообразности вычисления в диссертации значений t^* с семью значащими цифрами.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Отзыв составлен профессором кафедры «Прикладная математика и информатика», доктором технических наук, профессором Карповым

Владимиром Васильевичем и доцентом кафедры «Прикладная математика и информатика», кандидатом технических наук, докторантом Семеновым Алексеем Александровичем.

В качестве замечаний следует отметить следующее:

1. В тексте автореферата при упоминании разработанной и зарегистрированной автором программы для ЭВМ следовало бы указать ее номер государственной регистрации, либо указать это вместе со списком публикаций в конце автореферата.

2. В тексте автореферата упоминается, что автором были рассмотрены также задачи ползучести и длительной прочности для круглых стержней из анизотропного титанового сплава, однако конкретных результатов не приводится. Считаем, что в качестве примера расчета в автореферате следовало бы указать результаты именно для задач с анизотропными материалами, так как они представляют наибольший интерес в связи с их малой изученностью.

3. Для формулы (18) принцип выбора функции $f(u, v, x)$ в зависимости от рассматриваемой задачи следовало бы описать более подробно.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)».

Отзыв составлен профессором кафедры «Прикладная механика», доктором технических наук, профессором Гуськовым Александром Михайловичем.

Замечание. Приводятся решения только одномерных задач. Было значительно важнее апробация разработанных в диссертации методов также на двумерных и трехмерных задачах.

Соискатель имеет 28 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них 4 в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, и 2 в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования, в том числе 1 работа в зарубежном научном издании. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Большинство работ опубликовано в соавторстве, при этом вклад соискателя был определяющим, а опубликованные результаты получены либо лично соискателем, либо при непосредственном участии соискателя. Без соавторов опубликована 1 научная работа. В опубликованных работах излагаются основные положения диссертационной работы: разработка алгоритма наилучшей параметризации применительно к задачам определения деформационно-прочностных характеристик металлических конструкций в условиях высокотемпературной ползучести, введение нового модифицированного наилучшего аргумента продолжения решения и оценка обусловленности параметризованных им плохо обусловленных начальных задач, доказательство единственности наилучшего аргумента в классе модифицированных аргументов продолжения специального вида, разработка подхода к идентификации моделей высокотемпературной ползучести, использующего комбинацию методов нейросетевого моделирования и продолжения решения по параметру.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Budkina E. M., Kuznetsov E. B., Lazovskaya T. V., Leonov S. S., Tarkhov D. A., Vasilyev A. N. Neural Network Technique in Boundary Value Problems for Ordinary Differential Equations // Lecture Notes in Computer Science. 2016. Vol. 9719. Pp. 277-283.

2. Кузнецов Е. Б., Леонов С. С. Методика выбора функций определяющих уравнений ползучести и длительной прочности с одним скалярным параметром поврежденности // Прикладная механика и техническая физика. 2016. Т. 57. № 2. С. 202-211.

3. Кузнецов Е. Б., Леонов С. С. Математическое моделирование чистого изгиба балки из разномодульного авиационного материала в условиях ползучести // Вестник РУДН. Серия «Инженерные исследования». 2015. № 1. С. 111-122.

4. Васильев А. Н., Кузнецов Е. Б., Леонов С. С. Идентификация параметров модели разрушения для анизотропных конструкций // Вестник

Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Серия «Механика предельного состояния». 2014. № 4(22). С. 33-45.

5. Кузнецов Е. Б., Леонов С. С. Чистый изгиб балки из разномодульного материала в условиях ползучести // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Математическое моделирование и программирование». 2013. Т. 6. № 4. С. 26-38.

6. Кузнецов Е. Б., Леонов С. С. Математическое моделирование чистого изгиба балки из авиационного материала в условиях ползучести [Электронный ресурс] // Электронный журнал «Труды МАИ». 2013. № 65. Режим доступа: <https://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=35927>

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **предложено** использование наилучшей параметризации применительно к решению задач ползучести и длительной прочности металлических конструкций, описываемых начальными задачами для систем обыкновенных дифференциальных уравнений с несколькими предельными особыми точками и показана эффективность данного подхода;

– **разработан** численный метод решения плохо обусловленных начальных задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений, использующий переход к модифицированному наилучшему аргументу, эффективность которого показана на тестовых задачах ползучести и длительной прочности ;

– **разработан** метод идентификации параметров моделей, описывающих процессы ползучести и длительной прочности металлических конструкций, комбинирующий алгоритмы нейросетевого моделирования и продолжения решения по параметру;

– **предложено** использовать нейросетевое моделирование для решения граничных задач с неполностью заданными граничными условиями и показана эффективность данного подхода;

– **получены** модели для одномерных задач определения деформационно-прочностных характеристик металлических конструкций, работающих при

постоянных напряжениях и температуре в условиях высокотемпературной ползучести.

– **разработан** комплекс программ для решения начальных задач, в рамках которого реализованы традиционные явные методы, а также метод наилучшей параметризации.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– **введен** новый аргумент продолжения решения по параметру, названный модифицированным наилучшим, для решения плохо обусловленных начальных задач;

– **исследован** процесс отсчета модифицированного наилучшего аргумента, получено выражение для отклонения его направления отсчета от касательного направления и дан способ оценки обусловленности преобразованных данным аргументом начальных задач;

– **доказана** теорема единственности наилучшего аргумента в классе аргументов продолжения решения специального вида, используемых для решения задач высокотемпературной ползучести.

Значение для практики полученных результатов заключается в том, что разработанные новые математические модели, численные методы и алгоритмы могут быть использованы при расчете деформационно-прочностных характеристик металлических конструкций, работающих в условиях высокотемпературной ползучести. Метод продолжения решения по наилучшему аргументу, используемый в диссертации для решения плохо обусловленных задач, реализован в виде модуля разработанного программного комплекса и может быть использован для решения практических задач.

Оценка **достоверности** результатов исследования выявила, что результаты, представленные в диссертационной работе, подтверждаются строгим использованием классических механических концепций и адекватного математического аппарата, удовлетворительным согласованием полученных расчетных данных с точными аналитическими решениями рассматриваемых задач, а также опубликованными расчетными и экспериментальными результатами других авторов.


Личный вклад соискателя состоит в формулировке и доказательстве основных теоретических результатов, представленных в диссертационной работе. Также автором реализованы используемые численные методы решения задачи Коши в среде Matlab, проведены численные эксперименты и выполнен анализ полученных расчетных данных.

Диссертация удовлетворяет пункту 9 постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 “О порядке присуждения ученых степеней”, так как является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области численных методов решения плохо обусловленных начальных задач для систем дифференциальных уравнений с несколькими предельными особыми точками, при этом решены задачи высокотемпературной ползучести металлических конструкций, имеющие важное практическое значение.

На заседании «16» декабря 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Леонову С. С. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 20, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета
Д 212.125.04, д.ф.-м.н., профессор

 А. В. Наумов

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.04, к.ф.-м.н., доцент

 Н. С. Северина

16.12.2016