

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
24.2.316.03 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

Аттестационное дело №_____

Решение диссертационного совета от 18 декабря 2025 года № 20

о присуждении Севастьянову Георгию Мамиевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Аналитические решения в нелинейной механике деформирования материалов, допускающих большие деформации» по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела» принята к защите 10 сентября 2025 г., протокол №5, диссертационным советом 24.2.316.03 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, д. 27, приказ Минобрнауки России 24 июня 2016 г. № 787/нк. и приказ Минобрнауки России от 20 октября 2017 г. № 1017/нк.

Соискатель Севастьянов Георгий Мамиевич, 1986 года рождения, в 2008 году закончил «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» с присуждением квалификации «Математик, системный программист» по специальности «Прикладная математика и информатика»; в 2011 году закончил аспирантуру Института машиноведения и металлургии ДВО РАН по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твёрдого тела»; в 2011 г. в диссертационном совете при Институте автоматики и процессов управления ДВО РАН (г. Владивосток) защитил кандидатскую диссертацию по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твёрдого тела» с присуждением степени кандидата физико-математических наук; с 2008 года работал в Институте машиноведения и металлургии ДВО РАН (в настоящее время Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН Хабаровского Федерального исследовательского центра ДВО РАН, г. Комсомольск-на-Амуре) в должностях младшего научного сотрудника, научного сотрудника, старшего научного сотрудника, заместителя директора по общим вопросам, инженера; в настоящее время занимает должность ведущего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в Институте машиноведения и металлургии ДВО РАН Хабаровского федерального исследовательского центра ДВО РАН.

Научный консультант – Буренин Анатолий Александрович, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник Института машиноведения и металлургии, ФГБУН Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН, г. Комсомольск-на-Амуре

Официальные оппоненты:

Левин Владимир Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры вычислительной механики механико-математического факультета, ФГБОУ ВО Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва,

Роговой Анатолий Алексеевич, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории нелинейной механики деформируемых твердых тел Института механики сплошных сред УрО РАН, ФГБУН Пермский Федеральный исследовательский центр УрО РАН, г. Пермь,

Шутов Алексей Валерьевич, доктор физико-математических наук (Dr. *habil.*), и.о. заведующего лабораторией механики композитов, ФГБУН Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – *ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук, г. Москва* – в своем положительном заключении, подписанном Радаевым Юрием Николаевичем, доктором физико-математических наук, профессором, ведущим научным сотрудником лаборатории механики новых материалов и технологий ИПМех РАН, и утвержденном директором ИПМех РАН членом-корреспондентом РАН Якушем Сергеем Евгеньевичем, указала, что диссертационная работа Г.М. Севастьянова представляет собой завершённое научное исследование, которое представляет собой совокупность решений ряда (в большинстве случаев одномерных) задач нелинейной механики деформирования твёрдых тел, представляющих интерес для теории и приложений механики деформируемого твёрдого тела.

Ведущая организация отмечает, что диссертационная работа «Аналитические решения в нелинейной механике деформирования материалов, допускающих большие деформации» выполнена на достаточно высоком научном уровне, её результаты обладают научной новизной, теоретической и прикладной значимостью; соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к докторским диссертациям (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. N 842 (ред. от 16.10.2024) «Положение о присуждении ученых степеней»), а ее автор Севастьянов Георгий Мамиевич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8. – «Механика деформируемого твердого тела».

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные, указывается основное отражение замечаний):

Отзыв на диссертацию ведущей организации Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук имеет следующие замечания и вопросы.

1. На стр. 2 диссертационной работы оператор набла назван Гамильтонианом. В современной научной литературе Гамильтонианом обычно называется функция

Гамильтона (функциональными аргументами которой являются канонические переменные: обобщенные координаты и обобщенные импульсы).

2. Раздел 1.1 диссертационного исследования посвящён разделению полной деформации на обратимую и необратимую составляющие. Автор выполнил указанное разделение как мультиплективное разложение тензора Фингера с формулой (1.1.1) стр. 13. На этой же странице зачем-то выделяются упругие составляющие тензора **B** (левый тензор деформации Коши – Грина). Упругая составляющая тензора **B** выражается через упругую составляющую градиента деформации. Хотя разложение градиента деформации появляется только на стр. 19 формула (1.2.1) и всё это преподносится как альтернативный вывод. Зачем понадобилось начинать изложение с разложения тензора деформации Фингера, а не с разложения градиента деформации?

3. На стр. 14 формулой (1.1.6) вводятся два тензора второго ранга **T** и **A** без разъяснения их механического / геометрического смысла. Тем более, что на стр. 15 и 17 приводятся формулы для вычисления этих тензоров.

4. На стр. 16 соискатель вводит термин «скорость диссипации». Этот термин систематически используется в дальнейшем изложении. Термин «диссипация» сам по себе бессодержателен. Остается непонятным, с какой физической величиной этот термин связан.

5. На стр. 17 речь идёт об инвариантности следа tr относительно кругового сдвига. Нам неизвестно понятие «кругового сдвига» в применении к следу tr . Видимо, речь идёт об инвариантности алгебраического оператора tr относительно поворотов координатной системы? На стр. 206 снова идёт речь о «круговом сдвиге», который на этот раз отождествляется с течением Куэтта в реологии вязких жидкостей. Является ли «круговой сдвиг» на стр. 206 тем же самым «круговым сдвигом», упоминаемым на стр. 17 относительно инвариантности алгебраического оператора tr ?

6. На стр. 49 говорится о том, что «значение коэффициента Пуассона не слишком сильно влияет на процесс кавитации». Не понятен формальный смысл сочетания слов «не слишком сильно». Имеется в виду $1/2$ или $1/3$ от «сильного влияния»?

7. На стр. 49 автор ведёт речь о «любой» модели температурного разупрочнения, которое описывает изменение пластических характеристик при изменении температуры. Понимает ли под этим автор разупрочнение металлов (холодное охрупчивание) вследствие падения предела текучести при уменьшении температуры, что подтверждается экспериментальными наблюдениями?

8. Вызывает недоумение тот факт, что среди выдающихся учёных-механиков, работавших в направлении рецензируемого диссертационного исследования, присутствуют учёные, на работы которых в списке использованной литературы отсутствуют ссылки. На стр. 6 упоминается о научном вкладе А.Ю. Ишлинского, хотя в библиографическом списке отсутствуют указания на его работы. О каком вкладе акад. А.Ю. Ишлинского идёт речь?

9. На стр. 65 вторая строка снизу: термин «точка» зачем-то повторяется в английском варианте *point*.

10. На стр. 65 автор использует не академическую терминологию «движение материала».

11. Диссертационная работа сверхнасыщена терминами «любой» и «произвольный». Эти термины категоричны и не подразумевают многократное использование. В качестве примера укажем замечание 7; а также стр. 127, где речь идет о «произвольных» функциях,

задающих законы упрочнения / разупрочнения. Нам представляется, что функции, характеризующие закон упрочнения, обладают рядом хорошо известных свойств и совсем «произвольными» их задать нельзя, тем более что в работе автором формулируются условия, которым эти функции должны априорно удовлетворять.

12. В разделах 2.3, 2.4, 2.8 автор утверждает об учете эффекта «приложенного высокого гидростатического давления». По сравнению с чем и насколько давление считается «высоким»?

13. На стр. 127 автор считает необходимым производить учет температурных эффектов, игнорируя термоупругие деформации. Насколько разумным и обоснованным является такой подход? То же самое касается «адиабатического приближения», в рамках которого выполнено диссертационное исследование. Хорошо известно, что адиабатическое приближение достаточно для исследования быстропротекающих волновых процессов и неприемлемо при квазистатических рассмотрениях (когда разумным представляется изотермическое приближение).

14. На стр. 127 говорится о «нагреве за счет выделяющейся теплоты пластического деформирования», хотя ранее на стр. 49 речь шла о «любых» моделях, независимо от того, будет ли изменение температуры положительным или отрицательным.

15. На стр. 138 условие текучести Кулона – Мора (2.4.2) сочетается с пластическим потенциалом Треска (2.4.3) и вводится эквивалентная гиперболическая система (2.4.25). Чему эквивалентна система уравнений (2.4.25)? Как показывает анализ текста доказательства гиперболичности (2.4.25) не приводится, и нет никаких указаний, где доказывалась бы гиперболичность указанной системы. Как хорошо известно, неассоциированные с условием текучести законы пластического течения не могут приводить к гиперболическим системам дифференциальных уравнений.

16. В разделе 2.6 автор оперирует с понятием «антiplоского осесимметричного сдвига». Этот термин не поддается никакой смысловой интерпретации, поскольку, например, в теории идеальной пластичности любая деформация представляет собой сдвиг. Это справедливо и в плоском, и в осесимметричном случае, т.е. деформация сдвига никогда ранее не разделялась отдельно на плоскую и осесимметричную. То же самое относится к термину «плоская деформация кругового сдвига» (раздел 2.7).

17. На стр. 207 вводится, «совокупность упругой модели Муни – Ривлина и уравнения ползучести Науменко – Альтенбаха – Гораша». Мы считаем термин «совокупность» в данном случае не совсем академическим. Насколько физически обоснованным является введение в упругую модель Муни – Ривлина уравнения ползучести Науменко – Альтенбаха – Гораша?

18. Выше в замечании 15 упоминалось о невозможности вывода квазистатических гиперболических уравнений для моделей с неассоциированным законом пластического течения. То же самое имеет место для упрочняющихся тел (Д.Д. Ивлев, Г.И. Быковцев. Теория упрочняющегося пластического тела. М.: Наука, 1971. 231 с.). Целью написания указанной монографии Д.Д. Ивлева и Г.И. Быковцева являлось доказательство того факта, что бесполезно и бессмысленно искать гиперболические уравнения в моделях упрочняющихся пластических тел. Решающим обстоятельством в вопросе поиска гиперболических уравнений теории пластичности выступает статическая определимость механического состояния на пределе текучести, т.е. привлечение к исследованию

деформаций (малых или больших) не является необходимым и не играет никакой роли. К сожалению, соискатель практически не уделяет внимания вопросу о том, с уравнениями какого аналитического типа (эллиптического, гиперболического или параболического) он имеет дело. Классификация уравнений часто выступает признаком физической / механической адекватности предлагаемых моделей. С нашей точки зрения вопрос об аналитической классификации исследуемых дифференциальных уравнений представляет, кроме всего прочего, и огромный познавательный интерес, который, к сожалению, остался за рамками диссертационного исследования.

19. Прочтение и рецензирование диссертационной работы существенно осложняется тем, что список использованной литературы организован не в алфавитном порядке.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Левина Владимира Анатольевича имеет следующие замечания и вопросы.

1. Разделы 2.6 и 2.7, в которых рассмотрен антиплоский (телескопический) и круговой сдвиг, используют более частную модель материала (модель Муни – Ривлина с условием пластиичности Треска с монотонным упрочнением), чем раздел диссертации, посвященный кручению. Могут ли подходы к решению в этих разделах быть обобщены?
2. В разделе 2.5, который посвящен упруго-пластическому «выворачиванию трубы», постановка задачи не рассматривает историю деформирования. Насколько такой подход является общим для пластического деформирования при конечных деформациях?
3. В разделе 2.2 при сопоставлении модели с экспериментальными данными взяты значения «универсальной твёрдости». В чём отличие этой величины от твёрдости, измеряемой лабораторными твердомерами?
4. В разделе, посвящённом моделированию кручения при высоком давлении, при построении упрощённого решения нет оценки «отброшенной» (не учитываемой) величины и её изменения при разных уровнях нагрузки.
5. Вопросы единственности решений в работе не исследовались.
6. Было бы полезно на стадии выполнения работы предлагать её результаты разработчикам САЕ систем для верификации их программного обеспечения.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Рогового Анатолия Алексеевича имеет следующие замечания и вопросы.

1. Перечисляя в конце Введения учёных, внёсших значительный вклад в нелинейную механику деформируемого твёрдого тела, автор, к сожалению забыл отметить такие фамилии, как Анатолий Исаакович Лурье, Владимир Александрович Пальмов и Клиффорд Трусделл.
2. Столя в подразделе 1.2 первой главы альтернативную кинематику, связывающую упругие и неупругие процессы, автор предполагает, как он пишет, что в разложении $\mathbf{F} = \mathbf{F}_E \cdot \mathbf{F}_{IN}$ тензор \mathbf{F}_{IN} – симметричный тензор, что означает, что пластическая деформация осуществляется без вращения. Это должно быть не предположением, а обязательным условием, иначе мощности упругого и неупругого деформирования будут неинвариантными по отношению к смене системы отсчёта и могут стать какими угодно по величине и знаку за счёт только выбора системы отсчёта. Кроме того, строя

альтернативную кинематику, следовало бы сделать ссылку на публикацию [2], указывающую на авторство доктора наук в этом действии.

3. Используемое в работе обозначение tr (след) какого-либо тензора второго ранга \mathbf{A} предполагает, исходя из смысла названия, суммирование диагональных элементов этого тензора. В общем случае тензор \mathbf{A} имеет ко-, контра- и смешанные составляющие, которые совпадают только в декартовом базисе. По определению первый инвариант любого тензора второго ранга \mathbf{A} – это свёртка единичного тензора и тензора \mathbf{A} , что приводит к сумме диагональных членов только для смешанных составляющих этого тензора, или любых, если базис декартов. Это относится и к третьему инварианту. В общем случае это определитель, построенный на смешанных составляющих тензора. Использовать любые другие можно только для декартова базиса. Поэтому, на мой взгляд, использовать обозначения tr и \det без указания, что эти операторы действуют на смешанные координатные составляющие тензора, можно только когда базис декартов. В любом другом случае необходимо использовать обозначения I_1, I_2, I_3 .

4. Обычно, в выражении $\dot{\mathbf{v}} = \partial \mathbf{v} / \partial t + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v}$, где $\nabla(\bullet)$ – оператор Гамильтона относительно текущей (актуальной) конфигурации, конвективное слагаемое $\mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v}$ сохраняется при описании процессов в гидродинамике. Насколько необходимо и в каких задачах нужно сохранять его в механике деформируемого твёрдого тела? Какими примерами можно это подтвердить?

5. Заканчивая главу 1, в которой приведены эволюционные (удовлетворяющие принципу объективности) кинематические уравнения, связывающие упругую и неупругую кинематику, и определяющие уравнения, описывающие упругое и неупругое поведение среды, следовало бы привести алгоритм (последовательность) их реализации, добавив к ним уравнение равновесия. Это позволило бы наглядно представить процесс решения упруго-неупруго связанной нелинейной задачи (безотносительно к возможности построения аналитического решения).

6. При решении конкретных задач в главах 2 и 3, докторант, осуществляя концептуальную формулировку задачи, не даёт её полную математическую постановку в части граничных условий. Поэтому не сразу можно понять, что, например, в задачах разделов 2.2 и 2.4 касательные усилия на поверхности контакта заготовки с индентором и с цилиндрической частью выемки в нижней наковальне полагаются равными нулю.

7. Автор называет величину Λ в законе пластического течения $\mathbf{D}^p = \Lambda \partial g / \partial \boldsymbol{\sigma}$ неопределенным скалярным множителем Лагранжа и находит её значение в результате решения конкретной задачи (см., например, соотношение (2.1.14)). Обычно, этот множитель определяется из равенства $\mathbf{D}^p \cdot \mathbf{D}^p = \Lambda \partial g / \partial \boldsymbol{\sigma} \cdot \mathbf{D}^p = \Lambda^2 \partial g / \partial \boldsymbol{\sigma} \cdot \partial g / \partial \boldsymbol{\sigma}$, учитывая, что $\mathbf{D}^p \cdot \mathbf{D}^p = (3/2)\dot{q}^2$, где q – накопленная пластическая деформация. Не удобнее ли поступать именно так?

8. Упругие материалы, допускающие большие деформации, обычно слабосжимаемые, и во многих случаях с достаточной степенью точности их можно аппроксимировать несжимаемыми материалами. Но в процессах с высокими гидростатическими давлениями (раздел 2.4) или с сильно стеснённой деформацией (что также приводит к высоким давлениям), такая аппроксимация некорректна, т.к. параметры материала, типа модуля

сдвига, существенно зависят от приложенного давления (возрастают с его увеличением). В результате сдвинутая в осевом и / или закрученная в окружном направлениях жёсткая обойма, надетая на полый цилиндр из слабосжимаемого материала, сдвигается обратно и раскручивается при приложении к цилиндуру внутреннего давления. Я полагаю, что такие интересные эффекты и сама теория слабосжимаемого упругого материала, с зависимостью его параметров от гидростатического давления, должны заинтересовать автора диссертации, и призываю его обратить на это внимание.

9. Автор называет тензоры **B** и **C** тензорами деформаций. В классической литературе эти тензоры называются мерами деформаций (см., например, А.И. Лурье). Мера деформации в недеформированной конфигурации (обычно начальной) равна единичному тензору, а тензор деформации – нулю. Поэтому использование последнего оказывается в определенных случаях (например, в качестве аргумента функции свободной энергии изотропного материала) более удобным, хотя это и не принципиально.

10. Автор называет тензор **D** тензором скорости деформаций. Учитывая, что под тензорами деформаций в диссертации считаются тензоры **B** и **C**, тензорами скорости деформаций должны быть $\dot{\mathbf{B}}$ и $\dot{\mathbf{C}}$ или удовлетворяющие принципу объективности производные от **B** и **C**. Ни одна из этих величин не есть **D**. А.И. Лурье вводит линейный оператор деформации $\boldsymbol{\varepsilon}(\bullet) = \left[\nabla(\bullet) + (\nabla(\bullet))^T \right] / 2$, где $\nabla(\bullet)$ – оператор Гамильтона относительно текущей (актуальной) конфигурации. Действие этого оператора на вектор перемещений \mathbf{u} даёт тензор, буквальное название которого – тензор деформации перемещений (линейная часть тензора деформации Альманзи), а на вектор скорости перемещений \mathbf{v} , $\mathbf{v} = \dot{\mathbf{u}}$ – тензор **D**, который буквально называется тензором деформации скорости.

11. Непонятно, что в разделе 2.5 автор имеет в виду под «тангенциальным напряжением на внутренней (свободной) поверхности вывернутой трубы». Если поверхность свободна, то на ней нет вообще никаких напряжений.

12. Текст в диссертации тщательно выверен. Тем не менее, небольшие ограхи всё-таки имеются (например, рис. 2.1.1 – полость начальным радиусом, рис. 2.1.7 – сплошная линия соответствует). Слово «тензор» в именительном падеже множественного числа будет «тензоры», но не «тензора», как и «векторы», а не «вектора».

13. В разделе 2.4 внешний радиус цилиндра в тексте обозначается как R_1 , а на рисунках как R_0 .

14. На рис. 2.4.8 я не увидел кривые, которым соответствуют квадратные маркеры.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Шутова Алексея Валерьевича имеет следующие замечания.

1. На стр. 3 объективные производные Олдройда и Коттер – Ривлина ошибочно названы «коротационными производными». В действительности, указанные производные

относятся к классу конвективных производных: производная Олдройда – верхняя конвективная, а производная Коттер – Ривлина – нижняя конвективная.

2. На стр. 3, а также на стр. 25 эквивалентное напряжение по Мизесу σ_{eq} определено как квадратный корень из инварианта J_2 . Однако эквивалентное напряжение σ_{eq} определяется как корень из $3J_2$. В то же время, условие текучести типа Мизеса задаётся правильно, см., например, формулу (2.2.7).

3. В теории больших деформаций, а также при моделировании материалов с ниспадающей ветвью, утрачивается свойство единственности решения краевой задачи. В частности, помимо представленных решений задачи о деформировании сферического слоя, существуют и альтернативные режимы деформирования, связанные с потерей сферической симметрии при критических уровнях нагружения. В работе не рассмотрен вопрос единственности решения, а также вопрос о возможном динамическом «перескоке» с фундаментального симметричного решения на альтернативные.

4. На стр. 80 наблюдается рассогласование размерностей: левая часть формулы (2.2.38) имеет размерность обратного времени, а правая часть – безразмерная величина. Аналогично, на стр. 81 скорости деформации заданы безразмерными величинами, хотя в действительности они имеют размерность обратного времени.

5. Некоторые англоязычные термины, такие как «Size Effect» и «peak stress», приводятся в диссертации на английском языке, несмотря на то, что существуют устоявшиеся русскоязычные аналоги.

6. На стр. 102 рассматривается модель, которая в диссертации называется «моделью пластичности Джонсона – Кука». Однако в базовом варианте модель Джонсона – Кука учитывает вязкие эффекты, а применённые определяющие соотношения не учитывают зависимость от скорости деформирования.

7. В разделе 2.3.4 представлено сопоставление полученного аналитического решения с численным решением в конечно-элементном пакете MSC.Marc. Однако в диссертации нет указаний, по какой именно модели проводилось численное моделирование в MSC.Marc.

8. В разделе 2.5.2 рассматривается задача о «выворачивании круговой трубы». Следует явно указать, что рассматривается только задача о *стеснённом* выворачивании трубы в жёсткой обойме. Задача о выворачивании трубы без жёсткой обоймы – это значительно более сложная, нелинейная краевая задача.

9. В задаче о стеснённом выворачивании трубы рассматривается случай упругопластического поведения материала трубы. В такой постановке напряжённое состояние зависит от траектории в пространстве деформаций, но кинематические соотношения (2.5.3) – (2.5.4) задают только конечное состояние. При этом траектория в пространстве деформаций и параметр нагружения не прояснены.

10. В разделе 3.3.3 решается задача о деформировании представительного объёма волокнистого композита. Соискатель пренебрегает радиальным напряжением на границе контакта волокна и матрицы. Однако в режиме конечных деформаций, по причине эффектов второго порядка, радиальное напряжение может быть существенным.

1) На автореферат диссертации получен отзыв Банциковой Инны Анатольевны, доктора физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории статической прочности Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН. Отзыв положительный, содержит следующие замечания.

1. В плане оформления в тексте автореферата отсутствует ссылка на рисунок 32 (стр.42), а на рисунке 35 отсутствует обозначение осей.
2. Согласно ГОСТ Р 7.0.11-2011 в структуру автореферата после разделов, соответствующих общей характеристике работы и основному содержанию работы, должен быть включён раздел «заключение» с итогами выполненного исследования и рекомендациями, который отсутствует.
3. В разделе 3.2, в котором рассматривается изгиб пластины на стр. 41-42 приводятся три модели ползучести, учитывающие разные свойства материала на растяжение и сжатие, однако на рисунке 33 приведён сравнительный анализ решений только для двух первых моделей.
4. В том же разделе 3.2 исследуется задача изгиба пластины в цилиндрическую форму, срединная поверхность которой имеет нулевую гауссову кривизну. Для таких пластин решение по теории малых и больших деформаций остаются близки для достаточно больших прогибов. Для изгибаемых балок, например, оценку можно найти в работе Работнова Ю.Н. («Механика деформируемого твёрдого тела. 1988 г., стр.98-110). Из автореферата не ясно: какого типа пластины исследуются - жёсткие, гибкие или оболочечного типа; проводилось ли сравнение решений по теории малых и больших деформаций; какой порядок деформаций для момента приведённого на рисунке 33.

2) На автореферат диссертации получен отзыв Ерофеева Владимира Ивановича, доктора физико-математических наук, профессора, директора Института проблем машиностроения РАН – филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова – Грехова Российской академии наук» (ИПМ РАН). Отзыв положительный, не содержит замечаний.

3) На автореферат диссертации получен отзыв Захарова Игоря Николаевича, доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой сопротивления материалов Волгоградского государственного технического университета. Отзыв положительный, не содержит замечаний.

4) На автореферат диссертации получен отзыв Люкишина Бориса Александровича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой механики и графики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, и Панина Сергея Викторовича, члена-корреспондента РАН, доктора технических наук, профессора, заведующего лабораторией механики полимерных композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики прочности и материаловедения СО РАН. Отзыв положительный, содержит следующие замечания.

1. Перечень мероприятий, где обсуждалась работа (семинары, конференции), выглядит довольно скромно.

2. Приведённые в работе формулы и результаты, оформленные в виде графиков, содержат расшифровку не всех величин, что затрудняет их чтение и понимание.

5) На автореферат диссертации получен отзыв Радченко Владимира Павловича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой «Прикладная математика и информатика» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет». Отзыв положительный, содержит следующие замечания.

1. Удивляет, что положение «Научная новизна» сформулировано одним предложением, без конкретизации (задача решена впервые, получено ещё одно решение, в чём отличие математического аппарата для решения задачи от имеющихся и т.д.?)

2. В автореферате отсутствует пункт «Заключение».

6) На автореферат диссертации получен отзыв Сенашова Сергея Ивановича, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва»; и Савостьяновой Ирины Леонидовны, доктора физико-математических наук, доцента, зам. директора по учебной работе Научно-образовательного центра «Институт космических исследований и высоких технологий» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва». Отзыв положительный, содержит следующее замечание.

1. Название работы несколько шире полученных автором результатов.

7) На автореферат диссертации получен отзыв Султanova Lenara Usmanovicha, доктора физико-математических наук, доцента, заведующего кафедрой теоретической механики института математики и механики им. Н.И. Лобачевского Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) Федеральный университет». Отзыв положительный, содержит следующие замечания.

1. На стр. 8 приводятся соотношения, которые, как утверждает автор, также можно получить при использовании мультиплекативного разложения тензора градиента деформации в условиях симметричности неупругой части тензора градиента деформации. С другой стороны, при таком же, мультиплекативном, представлении тензора градиента деформации и при условии симметричности тензора упругой части градиента деформации, можно получить последнее соотношение на стр. 7, из которого получим те же соотношения на стр. 8. То есть получается предложенная модель разложения тензора Фингера (тензора деформации Коши) является частным случаем при симметричности хотя бы одного из градиентов деформаций (упругого либо неупругого)? Нет ли в этом неоднозначности? Справедлива ли предложенная модель разложения тензора Фингера и при больших упругих и больших пластических поворотах?

2. В задаче о кручении упругопластического цилиндра (раздел 2.3) не указано какое условие пластичности используется при моделировании в MSC.Marc, не приводится анализ причин наблюдаемых отклонений.

8) На автореферат диссертации получен отзыв Трусова Петра Валентиновича, доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой математического моделирования систем и процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета. Отзыв положительный, содержит следующие замечания.

1. Стр. 4, 3-й абзац. Не ясно, как аналитические решения, полученные с использованием вполне определённых конститутивных моделей, могут быть применены для построения усложнённых определяющих соотношений и для установления функциональных зависимостей (т.е. зависимостей от истории термомеханических воздействий) характеристик материалов.

2. Отсутствует описание строения рассматриваемых материалов, физических механизмов, реализующих деформирование, в связи с чем сложно оценить приемлемость тех или иных определяющих соотношений для решения рассматриваемых задач.

3. Стр. 8, последний абзац. В общем случае отклик материала (а следовательно – функция текучести) зависит не только от накопленной пластической деформации, температуры и скорости деформации в рассматриваемый момент процесса, но и от истории деформирования (траектории деформации) и изменения температуры (с учётом процессов рекристаллизации, твердотельных фазовых переходов). Необходимо более чётко обозначить пределы применимости полученных решений, определяемые принятыми гипотезами.

9) На автореферат диссертации получен отзыв Чернышова Александра Даниловича, доктора физико-математических наук, профессора, профессора кафедры высшей математики Воронежского государственного университета инженерных технологий. Отзыв положительный, содержит следующие замечания.

1. В диссертации нет никакой информации об использовании в определяющих уравнениях принципа материальной объективности. Видимо, диссертант учтет данный принцип в дальнейших своих исследованиях.

2. В задаче о выворачивании круглой трубы возможно появление нарушения сплошности (разрывов).

3. В вычислительной части используется старинный метод конечных элементов, тогда как существует современный метод быстрых разложений, имеющий следующие преимущества: метод аналитический, значительно менее трудоемкий, точность на несколько порядков выше, ничтожно малая погрешность не накапливается и распределена равномерно по всей рассматриваемой области, погрешность меньше погрешности в задании входных данных рассматриваемой задачи.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются компетентными специалистами в области диссертационного исследования, а ведущая организация широко известна достижениями работающих в ней специалистов в области науки, соответствующей тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- изучены математические особенности постановок упруго-пластических задач нелинейной механики деформирования с конечными деформациями, задач вязкоупругой релаксации напряжений;

- **получили дальнейшее развитие** методы решения краевых задач нелинейной механики деформируемого твердого тела;
- **обоснованы** подходы к построению моделей процессов необратимого деформирования, а также моделей поведения материалов при активном процессе их нагружения;
- **предложена оригинальная методика** исследования и решения уравнений упруго-пластичности в условиях больших деформаций, позволяющая получать решение краевых задач для этих уравнений в аналитическом виде;
- **впервые получены новые** аналитические решения для краевых задач теории больших упруго-пластических деформаций;
- **разработана** новая модель индентации материалов со сложным нелинейным поведением в пластическом диапазоне, включающим эффекты масштаба и немонотонного упрочнения; новая модель однонаправленного армированного короткими волокнами композита, учитывающая нелинейно-упругое поведение матрицы;
- **впервые получены формулы** для количественной связи эффекта Свифта с разносопротивляемостью материала в пластическом диапазоне деформирования, а также новые универсальные нелинейно-упругие соотношения при развитом упруго-пластическом кручении материалов с ограниченным упрочнением.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **разработан** авторский подход к решению упруго-неупругих задач при конечных деформациях; определяющее уравнение в этом подходе зависит от упругой деформации и для упруго-неупругого процесса этот тензор должен определяться через полную и неупругую деформации; для этого строятся эволюционные, удовлетворяющие принципу объективности (использующие производные Коттер – Ривлина и Олдройда) уравнения, связывающие эти три величины;
- **построены** аналитические решения ряда новых задач, расширяющие возможности аналитической механики деформируемых тел и открывающие перспективные возможности для теоретического анализа сложных процессов деформирования, включающих большие деформации и усложнённые реологические свойства деформируемых материалов;
- **установлены** закономерности в связях внешнего нагружения и напряженно-деформированного состояния материалов со сложными физико-механическими и реологическими свойствами в схемах нагружения, которые могут использоваться для определения механических функциональных параметров материалов.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы известные методы современной фундаментальной математики, включая тензорную алгебру и анализ, а также подходы и методы формализма неравновесной термодинамики.

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

- **разработана** теоретически обоснованная методика обработки опытных данных специальных экспериментов по определению твёрдости материалов и изделий, покрытых тонкими защитными слоями;
- **определены** способы установления механических параметров материалов, подвергаемых интенсивному формоизменению (законы упрочнения);
- **представлены** данные анализа результатов найденных новых решений в теории больших деформаций с целью использования их при математическом моделировании соответствующих технологических операций;
- **созданы** эталоны для тестирования алгоритмов и программ расчётов в технологиях, основанных на интенсивном формоизменении материалов.

Оценка достоверности результатов выявила:

теория построена с использованием классических подходов механики сплошных сред и неравновесной термодинамики;

идея базируется на обобщении классических результатов определения напряжённо-деформированного состояния материалов, допускающих большие деформации, со сложными реологическими, теплофизическими и физико-механическими свойствами;

достоверность полученных результатов работы обеспечивается корректным использованием методов механики деформируемого твердого тела при построении математических моделей деформирования упруго-неупругих сред, геометрической и термодинамической непротиворечивостью построенных моделей и подтверждается совпадением полученных результатов с данными МКЭ-моделирования и экспериментов;

для расчетов использованы классические численные методы;

для верификации использованы доступные данные экспериментальных исследований, самостоятельных экспериментальных исследований не проводилось.

Личный вклад соискателя заключается в постановке и аналитическом решении представленных в диссертации нелинейных задач механики деформирования; в верификации и анализе этих решений; в проведении большинства численных расчетов;

подготовке публикаций, отражающих результаты исследований и представлении результатов работы.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Севастьянов Г.М. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы, к замечаниям не критического характера привел собственную аргументацию, согласившись с некоторыми из них.

Заключение:

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу и отвечает требованиям, установленным пунктом 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям.

На заседании 18 декабря 2025 г. диссертационный совет 24.2.316.03 принял решение присудить Севастьянову Георгию Мамиевичу учёную степень доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела» за получение и анализ новых аналитических решений задач нелинейной механики деформируемых твердых тел с конечными деформациями.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета; проголосовали: за 16, против 0.

Председатель

диссертационного совета

Учёный секретарь

диссертационного совета

18 декабря 2025 года



Дмитриев Эдуард Анатольевич

Григорьева Анна Леонидовна