

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной
работе ФГБОУ ВО
«Комсомольский-на-Амуре
государственный
университет»

А.В. Космынин

2025 г.

ОТЗЫВ

официального оппонента Потянихина Дмитрия Андреевича на диссертацию Поповой Елены Олеговны «Неизотермические прямолинейные течения материалов с упругими, пластическими и вязкими свойствами», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела»

Актуальность работы. Диссертация Поповой Е.О. посвящена постановкам и решениям связанных краевых задач теории больших деформаций об антиплоских течениях несжимаемых упругопластических материалов с учетом их сложных реологических и теплофизических свойств, с последующей разгрузкой и остыванием. Поскольку методы термомеханической обработки, к которым относятся нагрев, охлаждение и механическая деформация, являются важными инструментами в производстве металлических изделий с определенными эксплуатационными свойствами, тема является актуальной и востребованной в наши дни.

Общая характеристика диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованных литературных источников (160 наименований).

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, на основе проведенного литературного обзора, посвященного различным моделям и методам решения задач при больших деформациях материалов со сложными реологическими и теплофизическими свойствами, сформулированы цель и задачи исследований, новизна и достоверность полученных результатов.

В первой главе приводятся соотношения неизотермической математической модели больших деформаций материалов с упругими, пластическими и вязкими свойствами, использующейся в дальнейшем при

решении краевых задач. Математическая модель основана на дифференциальных определениях для тензоров обратимых и необратимых деформаций (уравнения переноса). Законы термодинамики используются для установления связи между напряжениями и обратимыми деформациями и вывода уравнений теплопроводности для областей обратимого деформирования, разгрузки и пластического течения. Предполагается, что необратимые деформации могут быть и деформациями ползучести, и пластическими деформациями, и они не разделяются на составляющие, по-разному задается только их источник в дифференциальном уравнении изменения. При деформировании в условиях ползучести скорости деформаций определяются из степенного закона ползучести Нортон. При пластическом течении накопленные деформации ползучести являются начальными для накапливающихся в дальнейшем пластических деформаций. Их скорости связаны с напряжениями ассоциированным законом пластического течения, где в качестве условия пластичности выбрано условие Треска с учетом вязкого сопротивления пластическому течению. Параметры ползучести материала, предел текучести и коэффициент вязкости пластического течения полагаются зависимыми от температуры.

Во второй главе получено решение связанной краевой задачи теории больших деформаций о деформировании в условиях переменного перепада давления несжимаемого упруговязкопластического материала, образующего пробку конечной длины в круглой недеформируемой трубе. При условиях жесткого сцепления материала пробки со стенками трубы разогрев происходит только за счет необратимого деформирования, которое связано сначала с ползучестью материала, а затем с пластическим течением. При возрастающем и постоянном давлении исследованы процесс ползучести, возникновение и развитие вязкопластического течения и разогрева материала, торможение течения и разгрузка среды при убывающем давлении, а также остывание материала после полного снятия механической нагрузки.

В третьей главе решается задача, аналогичная рассмотренной во второй главе, но теперь с условием проскальзывания материала в окрестности жесткой стенки трубы. Разогрев материала в таком случае происходит не только за счет необратимого деформирования материала, но еще и за счет его трения о граничную шероховатую поверхность трубы. Рассмотрены ползучесть материала при возрастающем перепаде давления, возникновение и развитие вязкопластического течения при возрастающем, постоянном и уменьшающемся давлении, торможение течения при

дальнейшем уменьшении давления, разгрузка и остывание материала после полного снятия нагрузки. Рассчитаны температура и параметры напряженно-деформированного состояния на каждом этапе деформирования, установлены закономерности движения упругопластических границ по деформируемому материалу, определены остаточные деформации и напряжения. Проведено сравнение полученных результатов с решением задачи второй главы.

В четвертой главе получено решение неизотермической краевой задачи о деформировании за счет переменного давления упруговязкопластического материала в жесткой трубе при наличии слоя смазки между материалом и стенкой трубы. Основным материал и смазка имеют разные значения предела текучести и коэффициента вязкости, которые зависят от температуры, а также упругих модулей. При возрастающем и постоянном давлении исследованы обратимое деформирование материалов, пластическое течение сначала в слое смазки, затем и в основном материале, а также их разогрев, который происходит как за счет трения материала смазки о боковую поверхность трубы, так и за счет пластического течения. При уменьшающемся давлении изучено уменьшение областей течения сначала в основном материале, затем в смазке, разгрузка и остывание материалов. Рассчитаны температура и параметры напряженно-деформированного состояния, в том числе остаточные деформации и напряжения после полной разгрузки и остывания материала.

Научная новизна результатов, полученных в диссертации, обусловлена новыми решениями связанных краевых задач теории больших деформаций материалов с упругими, вязкими и пластическими свойствами. Рассмотрены задачи, когда накапливаемые материалом необратимые деформации могут быть и деформациями ползучести, и пластичности, при условиях зависимости параметров ползучести, предела текучести и коэффициента вязкости от температуры.

Достоверность научных результатов основана на корректном использовании классических подходов неравновесной термодинамики и механики сплошных сред, апробированных численно-аналитических методов.

Теоретическая и практическая значимость результатов. Теоретическая значимость результатов заключается в получении фундаментальных результатов механики деформирования, связанных с исследованием процессов неизотермического деформирования

конструкционных материалов от их нагружения и разогрева до полной разгрузки и остывания с предложенными методами решения таких задач теории больших деформаций.

Практическая значимость полученных результатов связана с возможностью использования неизотермической математической модели больших деформаций материалов с упругими, пластическими и вязкими свойствами и предложенных методов исследования для моделирования процессов интенсивного формоизменения конструкционных материалов при их обработке давлением, в том числе при их разгрузке и остывании с вычислением остаточных напряжений.

Вопросы и замечания. Несмотря на общий высокий уровень проведенных исследований, есть ряд замечаний.

1. Присутствует ряд недостатков оформительского характера: пунктуационные, грамматические и иные ошибки и опечатки, неправильные библиографические ссылки. Например, на стр. 16 поставлена неправильная ссылка на работу [52].

2. В диссертации используется большое количество буквенных обозначений, что осложняет восприятие текста. Наличие списка обозначений облегчило бы чтение работы.

3. При оформлении диссертации автор отступила от требований п. 5.3.1. ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». В явном виде не сформулированы теоретическая и практическая значимость; положения, выносимые на защиту. Порядковый номер страницы, согласно ГОСТ, должен быть напечатан на середине верхнего поля страницы. То же самое относится и к автореферату (ГОСТ Р 7.0.11-2011, п. 9.2.1): не сформулированы теоретическая значимость и положения, выносимые на защиту (хотя таковыми можно признать «основные научные результаты»). Список литературы в диссертации и автореферате следовало оформлять согласно действующему ГОСТ Р 7.0.100–2018.

4. Журнал «Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета» не входит в Перечень ВАК по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела» (физико-математические науки).

5. В названии диссертации и цели работы заявлено исследование прямолинейных течений материалов, в то время как постановки задач ограничены антиплоским осесимметричным деформированным состоянием

несжимаемых материалов. Следовало более корректно отразить круг изучаемых вопросов в формулировках.

6. Заключение написано в форме аннотации к постановкам задач, рассматриваемым в главах диссертации. В то же время, главы 2, 3 и 4 посвящены решению сходных задач, отличающихся краевыми условиями. В заключении следовало дать анализ, каким образом учёт того или иного эффекта влияет на результат решения, не только качественно, но и количественно, что позволило бы судить о достижении цели.

7. Задачи решаются в квазистатической постановке. Однако в тексте работы не проанализированы условия, при которых такие решения будут адекватны. В тех случаях, когда под действием внешнего давления преодолевается сила трения между пробкой и трубой, движение без ускорения представляется некоторым экзотическим частным случаем.

8. В тексте диссертации мало внимания уделено численному методу решения задачи, в то время как все решения получены численно. Непонятно, почему если известно, что используемая конечно-разностная схема абсолютно устойчива, понадобилось проверять это прогонами на сужающихся сетках.

9. В работе не оговаривается, из каких соображений выбираются значения безразмерных параметров. Соответствуют ли они каким-то реально существующим материалам и процессам? Почему, например, значения коэффициентов β во всех трёх постановках задач различны? И почему $\nu_1 \mu^{-1}$ в главах 2 и 3 отличается в 800 раз?

10. Хотелось бы увидеть более подробный анализ влияния температуры на описываемые процессы, согласно расчетам. В задаче с жестким сцеплением пробки и трубы влияние температуры, видимо, практически отсутствует вследствие её малого значения и незначительности ее изменения вдоль радиуса (рис. 2.2; 2.7; 2.15). Вызывают вопросы графики изменения температуры при других краевых условиях. Например, если проанализировать рис. 3.3 и предположить, что начальная температура соответствует комнатной $T_0=293$ К, то пробка нагревается до 400 – 700 К. Существуют ли экспериментальные данные, подтверждающие полученные расчетные значения?

Указанные замечания не снижают общее положительное впечатление от диссертационной работы и носят частный характер. Некоторые из замечаний

носят также дискуссионный характер и могут быть учтены в дальнейшей работе соискателя в рамках развития тематики исследований.

Заключение. Диссертация «Неизотермические прямолинейные течения материалов с упругими, пластическими и вязкими свойствами» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, в которой решены новые связанные краевые задачи теории больших деформаций материалов с упругими, вязкими и пластическими свойствами. Результаты работы опубликованы и апробированы, автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертации.

Диссертация соответствует требованиям пунктов 9 – 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 16.10.2024, с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025), а ее автор, Попова Елена Олеговна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела» (физико-математические науки).

Согласен на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени кандидата физико-математических наук Поповой Елены Олеговны и последующую их обработку в соответствии с Федеральным законом «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ.

Официальный оппонент

доцент кафедры «Авиастроение и компьютерное проектирование»

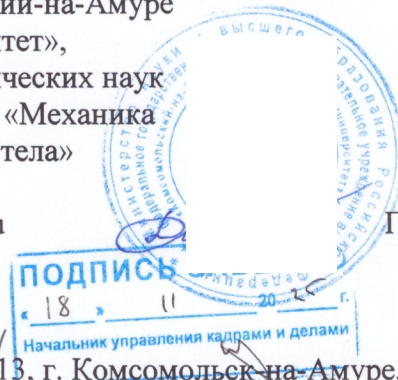
ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»,

кандидат физико-математических наук

по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твёрдого тела»

тел. +79141682458

e-mail: potyanikhin@mail.ru



Потянихин Дмитрий Андреевич

18.11.2025

Адрес организации: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, д. 27

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Тел.: +7 (4217) 53-23-04

Факс: +7 (4217) 53-61-50

Электронная почта: office@knastu.ru

Веб-сайт: http://knastu.ru/