

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Панченко Галины Леонидовны «Процессы интенсивного формоизменения материалов со сложными термомеханическими свойствами», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела

Диссертация посвящена исследованию поведения конструкционных материалов со сложными реологическими и теплофизическими свойствами в условиях термомеханических нагрузок и больших деформаций.

Задачи такого рода возникают, например, в технологических процессах при обработке материалов давлением. Решение задачи с учетом вязких, пластических свойств материалов и изменения температуры в рамках больших деформаций позволяет более точно описать процессы изготовления изделий и технологии обработки материалов. Поэтому решение такого класса задач является **актуальным**.

Структура и содержание диссертации.

Диссертация Панченко Г.Л. объемом 338 страниц печатного текста состоит из введения, пяти глав, заключения и списка использованной литературы из 282 наименований.

Во введении приводится актуальность исследования, обзор публикаций, посвященных исследованию больших деформаций с учетом нелинейной упругости, вязкости и пластичности в условиях термомеханической нагрузки, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимости.

В первой главе на основе подхода Быковцева Г.И., Буренина А.А., Ковтанюк Л.В. описана неизотермическая математическая модель исследования больших деформаций, в которой обратимая и необратимая составляющие полных деформаций определяются дифференциальными уравнениями их изменения при пространственном описании поведения среды. Для определения кинематики среды используется тензор полных деформаций Альманси с разделением на обратимую и

необратимую часть. Рассматриваемый материал является изотропным и механически несжимаемым (изменение объема происходит только за счет теплового расширения или сжатия). Определяющие соотношения получены с помощью термодинамического потенциала (свободной энергии деформирования). Записаны соотношения Мурнагана, связывающие напряжения с обратимыми деформациями, и уравнение баланса энтропии, получено уравнение теплопроводности.

Необратимые деформации включают в себя как пластические, так и вязкие деформации. Полные необратимые деформации рассматриваются без явного разделения на деформации ползучести и пластические деформации. Считается, что вязкие свойства проявляются на всех этапах деформирования. При упругом деформировании скорости необратимых деформаций являются скоростью вязких деформаций, которая определяется из закона ползучести Нортона.

При появлении пластических деформаций накопленные вязкие деформации являются начальными пластическими, скорости необратимых деформаций определяются ассоциированным законом течения. Для учета вязких свойств материала на стадии пластического течения вводятся дополнительные слагаемые в пластический потенциал. В качестве критерия пластичности приводятся условия пластичности Треска, Ивлева – Ишлинского, Мизеса с учетом вязкого сопротивления пластическому течению.

Вторая глава посвящена прямолинейным течениям упруговязкопластических материалов. Решена задача об упругопластическом деформировании цилиндрического слоя, заключенного между двумя жесткими коаксиальными цилиндрами, с различными условиями на контактных поверхностях и при различных условиях нагружения. Для всех случаев получены аналитические зависимости для скоростей, перемещений, компонент напряжений и деформаций.

В третьей главе рассмотрены задачи неизотермического деформирования плоского тяжелого слоя на наклонной плоскости, неизотермического деформирования упруговязкопластического плоского горизонтального слоя, движения упруговязкопластической среды в круглой трубе при ее нагреве за счет пристеночного трения, движения упруговязкопластического цилиндрического слоя за счет изменяющегося градиента давления, деформирования упруговязкопластической среды в зазоре между двумя жесткими коаксиальными цилиндрами при движении внешнего

цилиндра, неизотермического движения упруговязкопластической среды в трубе при наличии слоя смазки в условиях переменного градиента давления.

Четвертая глава посвящена большим необратимым деформациям при ползучести и пластическом течении. Рассматриваются изотермические процессы ползучести и вязкопластического течения материала в зазоре между двумя жесткими цилиндрическими поверхностями при прямолинейном движении внутренней граничной поверхности и закрепленной внешней, решение связанной краевой задачи о деформировании тяжелого слоя, расположенного на наклонной плоскости, при изменяющемся термическом и термомеханическом нагружении, решение неизотермических краевых задач о необратимом деформировании материала, образующего пробку конечной длины в круглой недеформируемой трубе, под действием изменяющегося со временем перепада давления, заданного на торцевых поверхностях пробки, ползучесть и вязкопластическое течение материала полого шара в условиях всестороннего гидростатического сжатия.

В пятой главе рассмотрены следующие задачи: сдавливание тяжелого сжимаемого слоя упругопластической и упруговязкопластической среды с различными критериями пластичности, в частности, используются условие Кулона–Мора, условие Мизеса–Шлейхера; задача о деформировании толстостенной цилиндрической трубы под действием равномерного внутреннего давления в условиях справедливости закона ползучести Нортон и в условиях критерия пластичности Треска; решена задача деформирования сферического слоя вязкоупругопластического материала под действием всестороннего изменяющегося со временем давления; задача о двух последовательных нагружениях внутренним давлением толстостенной трубы из упруговязкопластического материала.

В заключении представлены основные результаты работы

Научная новизна результатов, полученных в диссертации, заключается в построении математической модели исследования больших деформаций материалов с упругими, пластическими и вязкими свойствами и в решении ряда новых задач, таких как прямолинейное вязкопластическое течение материалов в случаях возможного проскальзывания в окрестностях ограничивающих их контактных поверхностей; неизотермическое вязкопластическое течение материалов в плоских слоях, в круглой трубе (также при наличии слоя смазки) и в цилиндрическом слое, заключенном между двумя жесткими коаксиальными цилиндрическими поверхностями; деформирование в

условиях ползучести и пластического течения тяжелого слоя, расположенного на наклонной плоскости, при нагреве, а затем охлаждении его свободной поверхности; вязкопластическое течение в плоском тяжелом слое на наклонной плоскости под действием термомеханических нагрузок; деформирование в условиях ползучести и вязкопластического течения материала пробки конечной длины в круглой трубе в случае жесткого сцепления со стенкой трубы и в случае проскальзывания в окрестности стенки трубы; деформирование в условиях ползучести и пластического течения полого шара, подверженного всестороннему гидростатическому сжатию; деформирование плоского горизонтального слоя упругопластической и упруговязкопластической среды с учетом необратимой сжимаемости материала; упругопластическое деформирование о сжатии сферического слоя внешним всесторонним давлением.

Достоверность и обоснованность результатов обеспечивается строгим соблюдением математической и физической постановок рассматриваемых задач.

Полнота опубликованных результатов и апробация работы. По теме диссертации опубликовано 75 печатных работ, из них 29 статей в журналах из списка ВАК Минобрнауки России и/или из баз данных Scopus/Web of Science). Основные положения и результаты выполненных исследований докладывались и обсуждались на научных конференциях различного уровня.

Теоретическая значимость работы заключается в получении фундаментальных результатов механики твердого тела, связанных с исследованием процессов неизотермического деформирования.

Практическая значимость заключается в том, что полученные решения краевых задач могут использоваться в качестве верификации численных расчетов упруговязкопластического деформирования.

Результаты исследования могут быть использованы в таких организациях как Институт механики и машиностроения ФИЦ КазНЦ РАН, Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, Институт механики сплошных сред УРО РАН, Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, КФУ, ННГУ, МГУ, НГУ и др.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Тема диссертации и ее содержание соответствуют паспорту специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Замечания

1. Желательно при постановке задачи указывать в рамках какой модели и допущений решается задача. Например, для задачи 2.1. на третьей странице описания решения задачи появляется условие, накладываемое на скольжение и пластическое течение, при этом не ясно какой критерий пластичности используется (критерий упоминается только в конце следующей страницы). В задаче 2.1 рассматривается видимо слой бесконечной длины?

2. В диссертации рассмотрены задачи деформирования под действием изменяющегося градиента давления, давления, заданного во всей области. Как на практике реализовать такие граничные условия?

3. В 2.4.1. рассматривается деформирование материала в условиях растущего со временем градиента давления $\frac{\partial p}{\partial z} = -G(t)$ (тут имеется в виду компонента градиента давления, т.к. градиент скалярной величины – вектор), при этом давление принимается $p = g_0(t)z + a_0(t)$, т.е. $g_0 = -G(t)$? Как обеспечивается конечность напряжений при $z \rightarrow \infty$?

4. В диссертации решен ряд задач, но нет сравнения с решениями других авторов или с экспериментальными результатами.

5. Не совсем понятно какой класс и в каких случаях описывают предложенные модели деформирования. Например, на стр. 137 написано: «Полученное здесь решение связанной задачи механики деформирования будет полезным при моделировании технологий высокотемпературного прессования в порошковой металлургии, в прессовании моделей в высокоточном литье и др.». Видимо речь идет об обработке металлов? При этом металлы являются сжимаемыми.

6. Во втором соотношении (1.8) Dp / Dt или dp / dt ? Если dp / dt , то как получить соотношение (1.30). Если p – тензор необратимых деформаций и γ – тензор скоростей необратимых деформаций, то тогда как называется тензор dp / dt ?

Приведенные замечания не снижают общую положительную оценку представленной к защите диссертации и не носят принципиального характера.

Заключение

На основании вышеизложенного следует сделать вывод о том, что совокупность результатов, полученных в диссертации Панченко Галины Леонидовны «Процессы интенсивного формоизменения материалов со сложными термомеханическими

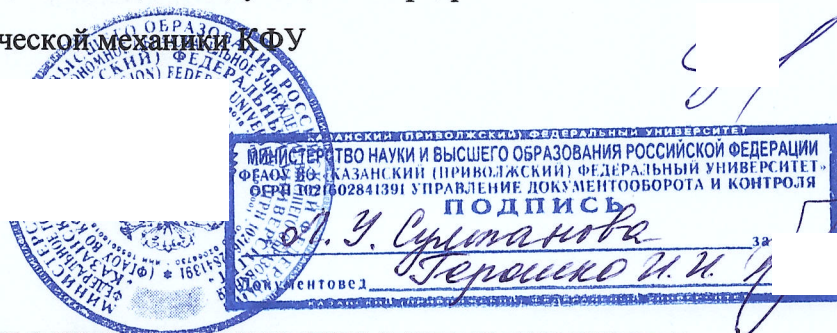
свойствами», можно квалифицировать как научное достижение, диссертация удовлетворяет требованиям пп. 9–11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Панченко Галина Леонидовна, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент,

д.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой
теоретической механики КФУ

Л.У. Султанов

12.05.2026



Сведения о лице, предоставившего отзыв на диссертацию:

Султанов Ленар Усманович, доктор физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, заведующий кафедрой теоретической механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

Почтовый адрес: 420008, Россия, г. Казань, ул. Кремлевская, д. 18,

тел.+7 (843) 2337185, E-mail: Lenar.Sultanov@kpfu.ru.

Сведения о Султанове Ленаре Усмановиче верны.

Первый проректор – проректор
по научной деятельности КФУ



(Handwritten mark)

Д.А. Таюрский