

ОТЗЫВ

официального оппонента Егоровой Юлии Георгиевны на диссертационную работу Фирсова Сергея Викторовича «Одновременный учёт деформации ползучести и пластического течения в материалах, обладающих упругими, вязкими и пластическими свойствами», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – механика деформируемого твердого тела

Актуальность выбранной темы диссертации непосредственно следует из внутренней логики развития фундаментальной механики деформируемых тел. В классических задачах о деформировании вносится естественное обобщение об учёте вязких свойств материала при его деформировании до момента возникновения пластического течения и при его разгрузке. Следовательно, необратимые деформации накапливаются во всём деформируемом теле; область обратимого (упругого) деформирования отсутствует. На упругопластических (или упруговязкопластических) границах в таком случае, в отличие от классической теории идеальной упругопластичности, не начинается рост необратимых деформаций, а продолжается. Это обстоятельство формулирует проблему односторонней смены в механизме производства необратимых деформаций на упругопластических границах.

В диссертации убедительно показывается, что необратимые деформации являются единым термодинамическим параметром состояния, включающим в себя и деформации ползучести и деформации пластического течения. Тогда на упругопластической границе, разделяющей области необратимого деформирования, изменяются определяющие законы для необратимых деформаций с закона ползучести (вязкий закон) на закон пластического течения (закон пластичности). На разгружающей границе смена происходит в обратном порядке. Эти законы должны быть согласованы между собой, так как необратимые деформации на таких поверхностях обязаны быть непрерывными. Рассматриваемая диссертация ставит такие задачи на примерах решения задачи о прямолинейном продвижении материала по трубе и о необратимых деформациях в переменном вращающихся дисках и цилиндрах. Первая из этих задач оказывается задачей теории больших деформаций, во второй деформации возможно считать малыми. Связывает данные задачи именно разрешение общей проблемы перемены в механизме производства необратимых деформаций на упругопластической или упруговязкопластической границе.

Ставящаяся в диссертации задача о моделировании подобной перемены в процессе относится к фундаментальным задачам современной механики, в чём и заключается её актуальность. Добавляют актуальности ещё и вызовы со стороны технологической практики, где сформировалось требование одновременного учёта и вязкости (ползучести), и пластичности (течение) в

расчётах процессов изготовления изделий с целью совершенствования технологий интенсивного формоизменения.

Анализ текста диссертации

Работа состоит из введения, четырёх глав основного текста, заключения, списка литературы из 244 наименований, списка иллюстративного материала, включающего 56 рисунков и 2 таблицы. Объём работы составляет 242 страницы машинописного текста.

Во введении на основе обзора литературы формулируется цель работы и ставятся задачи, разрешение которых приближает к продекларированной цели. Устанавливается новизна подходов к решению задач диссертации, научная и практическая значимость работы, достоверность результатов расчётов и выводов, личный вклад соискателя в получение последующих результатов.

Первая глава диссертации, несмотря на её кажущийся вводный характер, вместе с необходимой записью соотношений теории, которые далее используются, вводит термодинамические параметры состояния деформируемого тела. Ими считаются обратимые и необратимые деформации без разделения последних на собственно деформации ползучести, задаваемые вязкими свойствами материала деформируемого тела, и пластические деформации в качестве следствия пластического течения. Это приводит к следствию, представленному последним параграфом главы, где формулируется основная задача исследования на основе записанных соотношений математической модели. Основная роль при этом предназначена дифференциальным соотношениям, задающим изменения термодинамических параметров состояния в процессе деформирования.

Во второй главе диссертации решается задача о конечном продвижении несжимаемого упруговязкопластического материала по трубе за счёт возрастающего, поддерживаемого постоянным, а затем падающим до нуля перепада давления. Рассматриваются последовательные и параллельные режимы (терминология автора) перемены в механизмах производства необратимых деформаций. Перемещение осуществляется за счёт пристеночного вязкопластического течения. Следуя результатам численных расчетов, оценивается влияние учёта ползучести в продвигающемся ядре материала на формируемую область течения. Преимущество отдаётся параллельному учёту скоростей изменения деформаций ползучести и скоростей деформаций пластического течения, когда они в своей сумме представляют тензор скоростей необратимых деформаций. Отмечается, что при последовательной смене в механизме производства необратимых деформаций в расчётах наблюдаются разрывы в градиенте перемещений и, как следствие, в напряжениях на упруговязкопластической границе. Это характерно при торможении данной границы, при развороте в её движении в обратную сторону при падении перепада давления.

В рамках классической теории малых деформаций в третьей главе диссертации рассматривается эволюция напряжённых состояний во вращающемся с переменной угловой скоростью цилиндре. Рассмотрены случаи плоской деформации (закреплённые по оси торцы) и обобщённой плоской деформации (торцы свободны). Для целей тестирования программ расчётов приводятся точные решения задач упругого деформирования и установившегося вязкопластического течения. Оппоненту неизвестно, было ли последнее точнее решение получено где-то ранее; по-видимому, это авторское решение. Указаны условия возникновения повторного (обратного) пластического течения при торможении вращения. Изменяющиеся напряжённо-деформированные состояния рассчитываются последовательными шагами по времени и отслеживаются таким способом развития областей вязкопластического течения с моментами их возникновения и исчезновения при разгрузке, когда вращение тормозится. Ползучесть определяется степенным законом Нортона, пластичность ассоциирована с поверхностью цилиндра Мизеса. Но следует заметить, что на боковых поверхностях полого цилиндра ставятся разные граничные условия, то есть решается ряд задач. Также иногда осуществляется переход на иные условия пластического течения. Подобные вольности чрезвычайно затрудняют прочтение текста, поэтому следовало бы рекомендовать соискателю ограничиться выбранным пластическим потенциалом. Но этот вопрос к научному руководителю, соискателю всегда хочется отразить в работе всё сделанное.

Четвёртая глава диссертации повторяет, по существу, третью, но только для случая плоских напряжённых состояний. Рассматривается вращение с переменной угловой скоростью тонких дисков, опять же при разных граничных условиях (с полостью, с жёстким включением, с закреплением внешней кромки диска и др.). Необратимые деформации производятся первоначально в форме деформаций ползучести, затем появляется и развивается область течения и так далее, вплоть до исчезновения течения при торможении вращения диска и релаксации напряжений.

По тексту диссертации возможно сделать следующие замечания:

1. Участок разгона вращения и временной промежуток по данным соискателя составляют незначительное время по сравнению со временем протекания всего процесса. Отчего тогда пренебрегается угловым ускорением? Ответ типа «так делают все...» заведомо не принимается. Ведь в недавней работе (Begun A.S. et al. Irreversible deformation of a rotating disk having angular acceleration / A.S. Begun, A.A. Burenin, L.V. Kovtanyuk, A.N. Prokudin // Acta Mechanica. — 2021. — Vol. 232, no. 5. — P. 1917–1931. doi:10.1007/s00707-021-02942-5) данное ускорение учитывается. Следовательно, нет непреодолимых математических трудностей.

2. В третьей главе для изучения влияния учёта ползучести на пластическое течение варьировался параметр t^* — продолжительность

процесса деформирования. Однако при этом меняется и скорость накопления деформаций пластического течения. Выбор такого приёма представляется неудачным.

3. Во второй главе записана компонента тензора вращения r_{zr} со ссылкой на формулу первой главы, где компоненты обозначены через φ_{ij} . Отчего такая путаница в обозначениях?

4. В оформленном достаточно хорошо тексте встречаются всё же опечатки.

Общие выводы по тексту диссертации

Переходя к оценке диссертации, отметим в первую очередь, что соискателем выполнена объёмная и многотрудная работа по исследованию необратимого деформирования материалов со сложными комбинированными свойствами. Научные результаты данного исследования, несомненно, составляют предмет диссертации при её оценке в качестве научно-квалификационной работы на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. В ней, на примере исследования решений задач теории деформирования о конечном продвижении материала по трубе и о необратимых деформациях материала переменного вращающихся дисков и цилиндров, устанавливаются особенности эволюции напряжённо-деформированных состояний при одновременном учёте вязких (ползучесть) и пластических (течение) свойств деформируемых материалов.

Научная новизна диссертации соотносится с проведёнными расчётами при разрешении новых краевых задач механики твёрдых деформируемых тел. Одна из этих задач относится к теории больших деформаций и задаёт конечное продвижение материала с упругими, вязкими и пластическими свойствами по круглой трубе. В других задачах, предполагая деформации малыми, изучаются условия возникновения, развития и последующего затухания областей вязкопластического течения в материалах вращающихся с переменной угловой скоростью цилиндров и дисков. Во всех разрешаемых задачах является принципиально новым отсутствие в деформируемых телах жёстких или упругих частей; во всём теле и всегда, пока процесс деформирования продолжается, растут необратимые деформации.

Значимое продвижение в развитии теории деформирования представляют установленные в диссертации закономерности одномоментного изменения в определяющих законах для скоростей необратимых деформаций на границах областей пластического течения. Вместе с результатами расчётов согласно предложенным алгоритмам и разработанным и оттестированным программам эти закономерности составляют теоретическую значимость диссертационного исследования.

Значимость для практических приложений диссертации необходимо признать достаточно высокой. Предлагаемые подходы к расчётам особенно

необходимы в тех случаях, когда техническими условиями технологической операции формоизменения её необходимо провести в условиях медленного процесса ползучести. Но при этом невозможно совершенно избавиться от возникновения областей пластического течения. Примером тому является операция холодной формовки крупногабаритных панелей конструкций планёров летательных аппаратов. Апробированные подходы к расчётам возникающих задач подобного свойства предоставляют значимые предпосылки для моделирования и прогнозирования подобных технологических операций.

Повсеместная опора на классические математические модели механики деформирования с учётом следствий неравновесной термодинамики и выверенное тестирование алгоритмов и программ расчётов на основании точных решений, включая специально построенные в диссертации, не оставляют места для сомнений в достоверности полученных соискателем учёной степени результатов. Сформулированные замечания носят только рекомендательный характер, поэтому окончательный вывод по диссертации может быть следующим:

Диссертация Фирсова С. В. «Одновременный учёт деформации ползучести и пластического течения в материалах, обладающих упругими, вязкими и пластическими свойствами» является законченной научно-исследовательской работой, в которой изучаются особенности эволюции напряжённо-деформированных состояний при одновременном учёте вязких (ползучесть) и пластических (течение) свойств деформируемых материалов.

Тематика и результаты выполненных в диссертации исследований соответствуют специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела. Представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ «О порядке присвоения учёных степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Фирсов Сергей Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент _____ Егорова Юлия Георгиевна

« 21 » января 2022 г.

Егорова Юлия Георгиевна, доцент кафедры «Прикладная математика», кандидат физико-математических наук.

ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

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

тел.: +7 (924) 102-83-53

e-mail: egorova_jg@mail.ru

Юг
си



Юг
си