

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор – проректор по научной работе ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

доктор технических наук, профессор

Ненашев М.В.

«24» апреля 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Лемза Александра Олеговича

выполненную на тему: «Большие необратимые деформации ползучести в условиях локального пластического течения» и представленную к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

1. Структура и объём диссертации. Диссертационная работа содержит введение, четыре главы и список литературы из 197 источников, изложена на 123 страницах (включая библиографический список), содержит 40 иллюстраций. Изложение материала четко подчинено раскрытию поставленных целей и задач исследования.

2. Актуальность исследования. При оценке актуальности диссертационной работы отметим сначала внутреннюю логику развития МДТТ в области решения краевых задач при одновременном учёте склерономных (деформации пластичности) и реономных (деформации ползучести) компонент тензора деформаций. Здесь сразу возникают проблемы отделимости этих компонент уже в экспериментальных исследованиях, не решены проблемы их взаимного влияния друг на друга, при больших деформациях необходимо вводить в определяющие соотношения параметр(ы) повреждённости и использовать дополнительное кинетическое соотношение и т. д. И если в теории малых упругопластических деформаций по большей части эти задачи решены, то для конечных деформаций разрешение большинства проблем находится в стадии разработки. Внешняя же логика развития данного направления диктуется прикладными задачами

формоизменения материала в условиях «медленных» режимов ползучести, поскольку здесь процесс формоизменения связан с одновременной релаксацией напряжений вследствие ползучести в наиболее нагруженных областях, с более низким уровнем остаточных напряжений после разгрузки. Поскольку рецензируемая работа затрагивает достаточно широкий круг научных и прикладных проблем, даёт ответы на некоторые из них, находиться в тренде основных развивающихся научных направлений МДТТ, то актуальность данной работы не вызывает сомнений.

3. Научная новизна результатов и выводов. Анализ работы Лемза А.О. позволяет сделать вывод, что соискателем получен ряд новых научных результатов, имеющих и важное прикладное значение. К ним можно отнести нижеследующие.

1°. Соискателем достаточно подробно изложен математический аппарат для построения математических моделей неупругого деформирования с учётом геометрической нелинейности (конечных деформаций) и физической нелинейности уравнений состояния материалов, при этом чётко сформулированы (и обоснованы) все ограничения, гипотезы, предложения, используемые в дальнейшем. Эта структуризация в определённой мере позволяет более глубоко понять суть дальнейших исследований в области решения краевых задач, рассмотренных в главах 2-4.

2°. Второй укрупнённый блок новизны результатов состоит, во-первых, в постановке новых краевых задач для реономного материала, находящегося между двумя соосными абсолютно жёсткими (недеформируемыми) цилиндрами, учитывающих упругие, большие пластические деформации и деформации ползучести, при различных граничных условиях (без проскальзывания материала и с проскальзыванием) в условиях жёсткого режима нагружения, осуществляемого вращением одного из цилиндров. Во-вторых, разработаны методы решения отмеченных краевых задач, которые идеологически и технически достаточно трудно осуществить. Одним из приёмов, использующимся соискателем, является разделение составляющих необратимых деформаций за счёт механизма их производства, что, в свою очередь, требует соблюдения непрерывности на упругопластической границе как самих необратимых деформаций, так и скоростей их изменения.

В теоретическом плане получены новые результаты, связанные с введением в реологию материала деформации ползучести (реономной составляющей необратимой деформации), поскольку это позволило описать релаксацию напряженного состояния при постоянных и убывающих (по интенсивности) нагрузках и при полной разгрузке. В теории

формообразования при медленных режимах деформирования решение такого рода задач позволяет проанализировать не только мгновенную «упругую отдачу» при разгрузке после определённого времени выдержки, но и рассчитать кинетику остаточных напряжений после разгрузки вследствие ползучести, т. е. оценить «последействие» формируемого элемента конструкции после полной (или частичной) разгрузки.

3°. Полученные решения могут быть использованы и при экспериментальном исследовании реономных свойств материалов при его вискозиметрическом деформировании.

4°. Необходимо отметить и разработанное новое программное и математическое обеспечение для решения целого класса оригинальных задач в области больших деформаций и физически нелинейных определяющих соотношений для материала.

В заключении отметим, что все полученные результаты и выводы работы соответствуют пунктам:

- 1) установление законов деформирования, повреждения и разрушения материалов;
- 2) разработка методов постановки и методов решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твёрдых тел различной природы при разнообразных воздействиях;
- 3) выявление новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения целей исследования и пунктам:
 - 1) законы деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе природных, искусственных и вновь создаваемых;
 - 2) теория упругости, пластичности и ползучести;
 - 3) постановка и решение краевых задач для тел различной конфигурации и структуры при механических, электромагнитных, радиационных, тепловых и прочих воздействиях, в том числе применительно к объектам новой техники.
 - 4) математические модели и численные методы анализа применительно к задачам, не допускающим прямого аналитического исследования
- области исследования паспорта специальности 01.02.04 – механика деформируемого твёрдого тела.

4. Теоретическая и практическая ценность результатов. При анализе теоретической и практической значимости полученных результатов следует отметить, что с точки зрения внутренней логической завершенности работы диссертантом сделан существенный шаг в развитие научной проблемы в

области разработки методов решения (в определённой мере) новых краевых задач реологического поведения материала между двумя идеально жёсткими соосными цилиндрами при вращении одного из них с учётом идеальной адгезии между материалом и цилиндром и проскальзыванием. При этом учитывалась сложная реология (упругость, пластичность, ползучесть), геометрическая (большие деформации) и физическая (определяющие соотношения материала) нелинейность и различные немонотонные режимы нагружения.

С другой стороны, с точки зрения внешней логической завершенности работы (ее связи со смежными отраслями науки и чисто прикладными проблемами), отметим, во-первых, что результаты работы имеют ясные и прозрачные пути использования, например, в «технологических» задачах формообразования при медленных режимах деформирования (в режиме ползучести) для расчёта напряженно-деформированного состояния не только при нагрузке, но и для оценки степени релаксации остаточных напряжений после разгрузки, что даёт инструмент для управления процессом формообразования. Во-вторых, полученные решения позволяют использовать их при интерпретации экспериментальных данных при вискозиметрическом деформировании материала и идентификации некоторых реологических параметров моделей. Очевидно, что все теоретические и экспериментальные результаты будут полезны в научных исследованиях академических институтов, организациях Высшей Школы и отраслевых научно-исследовательских институтах, занимающихся подобными проблемами.

5. Апробация работы и полнота опубликованных результатов. Основные положения рецензируемой работы в достаточной мере опубликованы в рецензируемых научных журналах и изданиях, включая публикации в изданиях из базы данных Web of Science и Scopus, и материалах ряда Международных, Всероссийских и региональных научных конференций. Поэтому считаем, что рецензируемая диссертационная работа в достаточной мере опубликована и апробирована.

6. Диссертация и автореферат написаны ясным и понятным научным языком. Содержание диссертации достаточно полно, подробно и ясно раскрывает постановку, методы и результаты решения рассмотренных задач. Автореферат в целом отражает содержание диссертации. Оформление диссертации и автореферата в основном соответствует существующим требованиям. Судя по автореферату и диссертации основные результаты (формулировки краевых задач и методы их решения; разработка алгоритмов и

программ; реализация численных методов и анализ решений) принадлежат лично автору.

7. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, приведённых в диссертационной работе А.О. Лемза, определяется тем, что диссертант корректно использовал классические подходы неравновесной термодинамики и механики сплошных сред к постановкам и решению краевых задач, апробированные компьютерные технологии и вычислительные средства. Полученные результаты не противоречат известным результатам в частных случаях и в определённой мере обобщают результаты, полученные ранее другими авторами.

8. Рекомендации по использованию результатов работы. Результаты диссертационной работы Лемза А.О. могут быть использованы как в учебном процессе, так и в научных исследованиях Московского государственного технического университета имени М.Э. Баумана (г. Москва), Институте механики МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва), Санкт-Петербургском государственном университете (г. Санкт-Петербург), Новосибирском государственном университете (г. Новосибирск), Самарском государственном техническом университете (г. Самара), Комсомольск-на-Амуре государственном университете (г. Комсомольск-на-Амуре), Дальневосточном федеральном университете (г. Владивосток) и многими другими высшими учебными заведениями, а также в учреждениях РАН: Институте гидродинамики СО РАН (г. Новосибирск), Институте проблем механики им. А.Ю. Ишлинского (г. Москва), Институте механики сплошных сред УрО РАН (г. Пермь) и многих других научных и научно-исследовательских организациях, занимающихся родственными проблемами.

9. Замечания по содержанию и оформлению работы. Недостатков, ставящих под сомнение справедливость какого-либо результата, в диссертации не обнаружено. Тем не менее, замечания по диссертационной работе А.О. Лемза можно квалифицировать как по оформлению диссертации, так и по существу работы.

1. Требует пояснения граничное условие (2.49) $\sigma_{\text{rr}}(R, t) = \sigma_0$, когда внешний цилиндр статичен, и (3.1) $\sigma_{\text{rr}}(r_0, t) = \sigma_0$, когда внутренний цилиндр статичен. Оно физически не обосновано, поскольку в начальный момент материал находился в ненапряженном состоянии. Тогда как задавать величину σ_0 , из каких соображений?

2. Для расчётов ползучести использовался закон Нортонса (установившейся ползучести) с эквивалентным напряжением (в главных

сях) $\Sigma = \max |\sigma_i - \sigma_j|$. Но в процессе ползучести происходит перераспределение напряжений по объёму интегрирования и может произойти переориентация главных осей. Возникает естественный вопрос о классе функционала $V(\Sigma)$: будет ли он принадлежать классу C^1 , т.е. будет ли всегда существовать $\frac{\partial V(\Sigma)}{\partial \sigma_{ij}}$?

3. Анализ результатов расчётов в главах 2-4, представленных на соответствующих рисунках (рис. 2.6-2.8, 3.3 и 3.5 и т.д.), свидетельствует о том, что полученные деформации являются малыми (в главах 2 и 3 они не превосходят 4%, в главе 4 для некоторых режимов нагружения около 10 %). Возникает вопрос о целесообразности использования конечных деформаций, возможно, достаточно было воспользоваться теорией малых деформаций. Ответ на этот вопрос можно было бы получить, выполнив расчёты по обеим теориям и сравнив результаты для напряжений, тогда можно было бы выяснить влияние нелинейных членов. Но этого в работе не было сделано.

4. В автореферате и диссертации отсутствует пункт «Положения, выносимые на защиту», причём здесь нужно чётко указывать, чем эти результаты отличаются от имеющихся аналогичных результатов других авторов (не путать с пунктом: «Новизна...»).

5. Каждая глава диссертации должна начинаться со ссылок на работы соискателя, в которых изложены материалы этой главы. В конце главы обычно чётко формулируются выводы по главе, чего также не было сделано.

Разумеется, отмеченные недостатки носят частный характер и ни в коей мере не влияют на общую положительную оценку работы Лемза Александра Олеговича.

10. Заключение по диссертации. Оценивая работу в целом, считаем, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполненной соискателем самостоятельно и на достаточно высоком научном уровне. Совокупность научных исследований можно квалифицировать как решение новых краевых задач о вискозиметрическом деформировании реономного материала при учёте геометрической и физической нелинейности.

Полученные результаты достоверны, выводы и умозаключения обоснованы. Работа базируется на достаточном объеме полученных теоретических результатов и вносит существенный вклад в соответствующий раздел механики деформируемого твердого тела.

Исходя из вышеизложенного, считаем, что диссертационная работа «Большие необратимые деформации ползучести в условиях локального пластического течения» соответствует специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, имеет важное научное и прикладное значение, соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 года (в редакции от 01.10.2018 года), а её автор – Лемза Александр Олегович – заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по указанной специальности.

Отзыв рассмотрен и утвержден на расширенном заседании кафедры «Прикладная математика и информатика» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» под председательством заведующего кафедрой, д.ф.-м.н., профессора Радченко В.П.

Присутствовало – 28 человек.

Результаты голосования: «за» – 28 человек, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Протокол №9 от 24 апреля 2019 г.

Отзыв подготовлен:

заведующий кафедрой «Прикладная математика и информатика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет»,
доктор физико-математических наук (01.02.04),
профессор

Радченко Владимир
Павлович

Служебный телефон:

8(846)3370443

E-mail: radchenko.vp@samgtu.ru

Служебный адрес:

443100, г. Самара
ул. Молодогвардейская ,244,
Главный корпус СамГТУ,
кафедра «Прикладная математика и информатика»