

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Лемзы Александра Олеговича «Большие необратимые деформации ползучести в условиях локального пластического течения», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела

### 1. Актуальность работы

Актуальность представленной работы определяется тем, что она направлена на изучение технологического процесса холодной формовки, когда большие необратимые деформации накапливаются за счет медленного процесса ползучести. Возникающие при этом и развивающиеся области пластического течения существенно перераспределяют напряжения и, следовательно, влияют и на процесс ползучести материала. Решенные в работе задачи являются одними из первых, когда при необратимом деформировании материала рассматриваются и его ползучесть, и пластическое течение.

### 2. Общая характеристика диссертационной работы

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы (197 наименований).

Во введении, на основе проведенного литературного обзора, указываются цели и задачи исследования, формулируются научная новизна, практическая значимость и достоверность результатов. Приводится структура диссертации по главам.

В первой главе представлены соотношения модели больших деформаций материалов с упругими, пластическими и вязкими свойствами, используемые в дальнейшем при решении краевых задач.

Во второй главе решается задача теории больших деформаций материалов о деформировании цилиндрического слоя, помещенного в зазор между двумя жесткими коаксиальными цилиндрическими поверхностями.



Деформирование осуществляется за счет приложенного к внутренней цилиндрической поверхности момента закручивания. Вначале рассмотрено необратимое деформирование материала, когда деформации накапливаются за счет его ползучести, затем, после выхода напряженного состояния на поверхность нагружения, исследуется его пластическое течение. Закручивающий момент полагался сначала возрастающим, затем постоянным и наконец, уменьшающимся. Разработана программа, осуществляющая расчёт неизвестных параметров напряжённо-деформированного состояния на всех этапах деформирования.

В третьей главе задача, аналогичная рассмотренной во второй главе, решается для случаев, когда граничное воздействие задается за счет изменяющейся скорости поворота одной из жестких поверхностей, в то время как на другой поверхности выполнено условие жёсткой спайки. Отдельно исследованы случаи, когда пластическое течение в материале не возникает и когда такое течение развивается. Положение движущейся границы, отделяющей область течения от области с накапливающимися деформациями ползучести, определяется полученным в работе дифференциальным уравнением. Для нахождения параметров процесса деформирования при увеличивающейся, постоянной, уменьшающейся до нуля и нулевой скорости поворота методом конечных разностей решается система дифференциальных уравнений отдельно для области пластического течения и области с деформациями ползучести при условии совпадения этих параметров на движущейся упругопластической границе.

В четвертой главе исследовано влияние проскальзывания материала на внутренней цилиндрической поверхности, наблюдаемого при возрастании напряжённого состояния в среде как при условии нагрузки ниже предела текучести, так и при развивающемся пластическом течении. Составлены алгоритмы и программные решения для численного исследования возможных в рамках модели процессов.



### **3. Достоверность и степень обоснованности научных результатов**

Достоверность полученных результатов основана на использовании подходов современной механики деформирования и применении апробированных численных методов.

### **4. Оценка научной новизны**

Уровень научных результатов диссертации является высоким. В ней впервые поставлены и решены краевые задачи теории больших деформаций. На примере вискозиметрических деформаций указывается способ задания потенциала ползучести и пластического потенциала, обеспечивающий непрерывность деформаций и скоростей деформаций на продвигающихся упругопластических границах. Необратимые деформации не разделяются на деформации ползучести и деформации пластического течения и отличаются только условием их роста. Указан необходимый алгоритм их расчетов и проведены такие расчеты для ряда случаев вискозиметрического деформирования.

### **5. Практическая и теоретическая значимость работы**

Теоретическое значение результатов диссертации задается их новизной в фундаментальной механике деформирования. Впервые указано, что процесс деформирования материалов с упругими, вязкими и пластическими свойствами может представляться последовательным процессом роста необратимых деформаций за счет ползучести затем, при выходе напряженных состояний на поверхность текучести, за счет быстрого процесса пластического течения и обратной сменой при разгрузке. Установлены условия непрерывности в таком росте необратимых деформаций.

Практическая значимость результатов определяется запросами технологической практики холодной формовки изделий, где режим ползучести предпочтителен, но от развития пластических областей невозможно избавиться.

### **6. Оценка изложения материалов диссертации и автореферата**



Диссертация хорошо оформлена, текст легко читается, все математические преобразования подробно приведены.

### **7. Замечание по диссертации**

- 1) Следовало бы каждую в конце каждой главы привести заключение.
- 2) Зачем в каждой из трех глав описывать процедуру приведения системы уравнений к безразмерному виду? Можно проделать это один раз, поскольку уравнения и геометрия остаются, по существу, одними и теми же.
- 3) Используется кусочно-линейный пластический потенциал и переменное нагружение. Возможен ли в таком случае переход с грани поверхности текучести на ребро и далее на иную грань? Полагаю, что в диссертации обязан даваться ответ на такой вопрос.
- 4) На рисунках, изображающих напряжения, не показаны границы пластического течения. Если бы расчеты производились с упругопластической средой, то граница раздела пластического течения была бы видна, поскольку здесь вязкость и ползучесть, то границы «смазаны» и визуалью не видны.
- 5) Приведенные распределения напряжений после релаксации (рис. 3,18) являются остаточными или нет? Процесс деформирования завершен?
- 6) Постановкой задачи требуется непрерывность в скоростях необратимых деформаций. Это требование в отличие от условия непрерывности необратимых деформаций не является обязательным. Возможен ли на упругопластической границе разрыв скоростей необратимых деформаций? Откуда взялось требование, что скорости непрерывны?

### **8. Заключение**

Диссертация Лемзы А.О. является законченной научно-исследовательской работой, в которой разработаны метод и алгоритм расчетов в механике деформирования упругопластических материалов. Считаю, что диссертация Лемзы А.О. «Большие необратимые деформации




ползучести в условиях локального пластического течения» соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, и иным требованиям ВАК. Автор диссертации Лемза А.О. достоин присуждения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

19 апреля 2019 г.

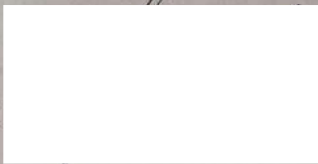
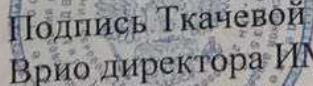
Официальный оппонент

Ткачева Анастасия  
Валерьевна

кандидат физико-математических наук по специальности 05.13.18 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, старший научный сотрудник Лаборатории проблем создания и обработки материалов и изделий Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук, 681005, г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Металлургов, д. 1, тел./факс (4217) 549539, e-mail: [mail@imim.ru](mailto:mail@imim.ru)



Подпись Ткачевой А.В. заверяю  
Врио директора ИМиМ ДВО РАН



О.Н. Комаров