



**МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА  
(МГУ)**

Ленинские горы, д.1, Москва, ГСП-1, 119991,  
Тел.: (495)939-10-00, факс: (495)939-01-26

*07.02.2017 795-14/013-03*

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Проректор Московского университета

д.ф.-м.н., проф. *V* А.А. Федянин

« *14* » февраля 2017 г.

### **ОТЗЫВ**

ведущей организации – Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова о диссертационной работе Ткачевой Анастасии Валерьевны «Эволюция температурных напряжений в условиях сборки упругопластических деталей способом горячей посадки», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Актуальность представленного в диссертации научного исследования определяется промышленным использованием сборок конструкций с натягом, разновидностью которых является способ горячей посадки, достаточно широко используемый в машиностроении. Поэтому прогнозирование результатов данной технологии средствами математического моделирования является практически полезной задачей. В этом случае необходим учёт при составлении математической модели свойств материалов сопрягаемых деталей и учёт их деформирования в процессе проведения технологической операции. Одной из математических моделей является классическая феноменологическая модель упругопластического тела типа Прандтля-Рейса с условием текучести Треска – Сен-Венана. Практически полезным при моделировании является учёт предела текучести от температуры. Возможным упрощением является независимость температурных и деформационных процессов. Такой подход приводит к модели зависимости пределов текучести от температуры во всё время протекания технологической операции. Это позволяет записать уравнение равновесия в перемещениях и проинтегрировать его. Полученные таким способом зависимости напряжений от температуры позволили автору отказаться от дискретизации расчетной области и составить алгоритм численно-аналитических расчетов с последовательными шагами по времени.

## Анализ содержания диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав основного текста и списка литературы, состоящего из 153 источников, изложена на 236 страницах, содержит 73 таблицы и 119 рисунков, помещенных в основной текст.

Во введении проведен обзор литературы и сформулированы цели и задачи исследования.

Первая глава носит вводный характер. Выписаны основные соотношения теории температурных напряжений в упругопластических телах, указаны принимаемые зависимости предела текучести от температуры.

Во второй главе на примере задачи посадки длинной муфты на вал описана предлагаемая схема решения задач посадки цилиндрических тел. Учтены моменты возникновения, развития и исчезновения различных областей пластического течения, развитие областей полного и повторного пластического течения с продвижением соответствующих упругопластических границ нагрузки и разгрузки, а также границ, разделяющих пластические области на части, в которых течение подчинено различным системам дифференциальных уравнений в частных производных из-за того, что напряжения соответствуют разным граням и ребру условия пластичности.

В третьей главе разработанный алгоритм расчетов адаптирован на случай посадки трубы на трубу. Учтено, что пластическое течение возможно в обеих сопрягаемых деталях одновременно. Показано, что предлагаемый алгоритм решения задачи посадки позволяет одновременно отслеживать моменты возникновения и исчезновения зон пластического течения в разных сопрягаемых деталях конструкции. Проведены вычислительные эксперименты, в которых менялись свойства материалов элементов сборки и их размеры.

Четвертая глава диссертации посвящается задаче горячей посадки в условиях плоского напряженного состояния. Данное изменение в постановочной части задачи не вносит значимых изменений в предлагаемый алгоритм расчетов; изменяются только уравнения движения.

### Общая оценка результатов диссертации.

Результаты диссертации обладают теоретической значимостью. Показано, что во всех возможных случаях за счет выбора классического кусочно-линейного условия пластичности Треска–Сен-Венана уравнение равновесия удастся записать в перемещениях и проинтегрировать. Интересны выводы о характере решения с использованием кусочно-линейного условия пластичности (переход с грани на грань, осуществимость состояний полной пластичности и др.), об особенностях деформирования в части возникновения повторных пластических течений. Эти результаты

могут быть обобщены при создании промышленного кода в расчетах термомеханических задач с более сложной геометрией и более сложным воздействием.

Научная новизна результатов диссертации состоит:

- в создании математической модели, основанной на теории температурных напряжений в упругопластических телах, и позволяющей численно-аналитически проследить за эволюцией температурных напряжений в процессе сборки цилиндрических деталей способом горячей посадки;

- в разработке алгоритма расчетов, позволяющего отслеживать возникновение и исчезновение разных областей пластического течения, указать закономерности продвижения упругопластических границ и поверхностей разделяющих области течения;

- в создании программы расчетов по разработанному алгоритму и в проведении численных экспериментов как в условиях плоских деформаций, так и в условиях плоских напряженных состояний.

В качестве замечаний отметим следующее:

1. В тексте диссертации, по существу, автор демонстрирует способ решения задачи в форме проведения вычислений последовательными шагами по времени. При этом остается неясным, в каких программных средах проводятся расчеты, какой численный метод используется для решения температурной задачи и т.д. Классического представления алгоритма расчетов основной текст диссертации практически не содержит; описанная схема деформирования с представлением шагов расчетов – еще не алгоритм решения задачи.
2. По результатам диссертации зарегистрирована только одна программа. Почему же в таком случае говорится о программных комплексах?
3. Исключительно желательной была бы адаптация разработанной программы к известным отечественным комплексам прочностных расчетов в качестве соответствующего модуля. Это существенно повысило бы значимость разработанного и его доступность для пользователя. Остается пожелать автору проделать такую полезную для технологической практики работу. Отметим это не в качестве замечания, а в качестве пожелания.
4. Предел зависит от температуры. Но с температурой могут изменяться и упругие постоянные. Насколько при этом изменится алгоритм решения? Какие возникнут при этом трудности?
5. В диссертации и в автореферате встречаются опечатки и иные небрежности. В выводах автореферата читаем «разработаны средства» и далее «оно основано». Подобные ошибки встречаются и в тексте диссертации. Присутствуют опечатки в тексте автореферата: стр. 8  $Y$ . Oreal –  $Y$ . Organ, стр. 13 в формуле (6) введены сокращения  $g$ ,  $w$  неизвестно чему равные.

## Заключение

Диссертационная работа А.В. Ткачевой является законченным научным исследованием. Диссертация обладает актуальностью и научной новизной, а также научной и практической значимостью. Представленные результаты работы достоверны, выводы обоснованны. Автореферат и публикации полностью соответствуют содержанию диссертационной работы.

Диссертационная работа «Эволюция температурных напряжений в условиях сборки упругопластических деталей способом горячей посадки» соответствует требованиям ВАК к диссертациям на соискание ученой степени, а её автор, Ткачева Анастасия Валерьевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Отзыв составили:

зав. кафедрой  
вычислительной механики  
МГУ им. М. В. Ломоносова  
академик

В. А. Левин

профессор кафедры  
вычислительной механики  
МГУ им. М. В. Ломоносова  
д. ф.-м. наук

3.02.17

В. Ан. Левин

*Подпись Левина В.А. заверяю: специалист*

*Подпись Левина В.Анаі. заверяю: специалист*