

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Муат Каинга «**Неустановившиеся температурные напряжения при локальном нагреве и последующем остывании упругопластических пластин**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности: 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Работа Муат Каинга посвящена установлению закономерностей как процессов нестационарного квазистатического деформирования пластин из термо-упругопластического материала, так и пространственного распределения остаточных напряжений и деформаций, полученных в конечной стадии этих процессов.

Актуальность проблематики, связанной с математическим моделированием деформирования пластин из термо-упруго-пластического материала, обусловлена тем, что в ряде промышленных технологий используются интенсивные тепловые воздействия на материалы обрабатываемых заготовок, приводящие, в конечном итоге, к наличию остаточных напряжений и деформаций, оказывающих существенное влияние на эксплуатационные качества изготавливаемых изделий. Наличие разработанного аппарата моделирования процессов, используемых в этих технологиях, может, в конечном итоге, помочь в оптимизации этих процессов с целью минимизации остаточных напряжений. По этой причине рецензируемая работа представляется современной и актуальной.

Основной *новш*й, полученный *лично* автором, результат диссертационной работы заключается в применении математического аппарата нелинейной механики деформируемого твердого тела и вычислительных технологий, основанных на методе конечных разностей, к установлению закономерностей процессов неустановившегося квазистатического деформирования пластин из термо-упругопластического материала и пространственного распределения остаточных напряжений и деформаций, полученных в конечной стадии этих процессов. При этом используется оптимальная для моделирования этих процессов поверхность нагружения (текучести) Ишлинского–Ивлева, а также учитывается зависимость механических параметров от температуры. В процессе работы над решением главной проблемы автор решил много частных, но очень важных для теории и приложений задач и, в итоге, получил ряд интересных результатов, среди которых можно выделить следующие, определяющие для оценки работы как кандидатской диссертации, результаты:

- Разработан алгоритм численной реализации решения одномерных задач нестационарного деформирования пластин из термо-упруго-пластического материала, основанный на решении задач термомеханики в несвязанной постановке (сначала решается температурная задача, а далее и задача упруго-пластического деформирования).
- На основе как точных решений, так и компьютерного моделирования, определены зависимости областей упругого и неупругого (пачального и обратного) деформирования от зависящих от времени распределений температур, полученных при решении температурной задачи.

- Определены пространственные распределения остаточных напряжений и деформаций, полученные в конечной стадии термомеханических процессов для задач, моделирующих некоторые технологические процессы.
- Дана количественная оценка неучета зависимости механических параметров материалов от температуры, влияющая на конечное распределение остаточных напряжений и деформаций пластин из термо-упруго-пластического материала. Выяснено, что при уточненной постановке задачи для некоторых моделирований это влияние окажется существенным, что может оказаться полезным при оценке этих напряжений и деформаций в реальных технологических процессах.

Значимость основного результата диссертации – установление закономерностей процессов нестационарного квазистатического деформирования пластин из термо-упруго-пластического материала и пространственного распределения остаточных напряжений и деформаций, полученных в конечной стадии этих процессов – состоит в том, что разработанные методики повышают достоверность определения остаточных напряжений и деформаций, что, в перспективе, может помочь в оптимизации технологических процессов с целью минимизации остаточных напряжений.

Ценность полученных результатов для практики состоит в том, что в настоящее время проектировщики технологических процессов часто используют коммерческие конечно-элементные коды для математического моделирования этих процессов, а представленные в диссертации решения одномерных задач могут помочь пользователям коммерческих кодов отработать методики моделирования процессов нестационарного квазистатического деформирования пластин из термо-упруго-пластического материала.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации обеспечиваются вследствие:

- применения уравнений механики деформируемого твердого тела;
- строгостью постановки краевых задач и формулировки определяющих соотношений;
- непротиворечивостью полученных решений интуитивному пониманию закономерностей распределения остаточных напряжений в пластинах;
- получением в тех случаях, когда это возможно, точных решений краевых задач;
- использованием современного надежного метода конечных разностей при численных решениях задач.

Основные результаты диссертации опубликованы. *Автореферат* правильно отражает содержание диссертации.

В качестве *замечаний* можно отметить:

1. Из текста диссертации непонятно, как осуществлялось численное решение задач о распространении температуры и эволюции напряжений. По ссылке [77] (см. нижнюю половину стр. 65 диссертации) можно догадаться, что использовался метод конечных разностей, но надо это указать явно в текстах диссертации и автореферата.

2. К сожалению, в диссертации не приведены решения температурных задач, которые далее используются для решения задач нестационарного квазистатического деформирования пластин из термо-упруго-пластического материала, что затрудняет понимание изложенного материала.
3. Имеются опечатки (надо надеяться, что не ошибки), а именно, в начале раздела 1.3 номер уравнения (1.22) надо поменять на (1.21); в формуле (2.7) в правой части знак «+» надо поменять на «-»; в правой части формулы (2.11) пропущен множитель « K »; в рис. 2.5 на графиках отсутствуют обозначения вертикальных осей.

Заключение. Высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку квалификационной работы, в которой на основании выполненных автором исследований установлены закономерности процессов нестационарного квазистатического деформирования пластин из термо-упруго-пластического материала и пространственного распределения остаточных напряжений и деформаций, полученных в конечной стадии этих процессов, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области механики неупругих процессов. Диссертационная работа «Неустановившиеся температурные напряжения при локальном нагреве и последующем остывании упругопластических пластин» представляет собой законченное научное исследование по важнейшей для теории и практики сложной научно-технической проблеме математического моделирования деформирования неупругих заготовок в условиях интенсивного температурного воздействия.

Диссертация соответствует требованиям пп. 9, 10 «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842) в части, касающейся ученой степени кандидата наук, а ее автор Муат Каинг *достоин присуждения* ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела.

Оппонент согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.

Официальный оппонент
заведующий лабораторией механики разрушения материалов и конструкций
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева
Сибирского отделения Российской академии наук
д.ф.-м.н. (по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела),
с.н.с. Коробейников Сергей Николаевич
23.01.2020 г.

Почтовый адрес: 630090, г. Новосибирск, пр-т Акад. Лаврентьева, 15,
тел. +7(383)3331746,
e-mail: s.n.korobeynikov@mail.ru

Подпись Коробейникова С.Н. заверяю:
Ученый секретарь ИГиЛ СО РАН
к.ф.-м.н.

И.В. Любашевская