

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 999.055.04
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ МАШИНОВЕДЕНИЯ И
МЕТАЛЛУРГИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «АМУРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28 ноября 2019 года № 2

О присуждении Вин Аунг, гражданину Республики Союз Мьянма, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Вычислительный комплекс моделирования и оптимизации процессов формообразования тонкостенных конструкций» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 27 сентября 2019 года, протокол № 5, объединенным диссертационным советом Д 999.055.04 (приказ о создании диссертационного совета Д 999.055.04 № 1483/нк от 27 ноября 2015 года) на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»), Федерального государственного бюджетного учреждения науки Вычислительный центр Дальневосточного отделения Российской академии наук (ФГБУН Вычислительный центр ДВО РАН), Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ФГБУН Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН), Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Амурский

государственный университет» (ФГБОУ ВО «Амурский государственный университет») (почтовый адрес диссертационного совета: Россия, 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27).

Соискатель Вин Аунг 1990 года рождения, в 2015 году окончил магистратуру в ФГБОУ ВПО «МАТИ - Российский государственный технологический университет имени К.Э.Циолковского», г. Москва, по направлению 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника». В октябре 2019 года окончил аспирантуру по очной форме обучения по направлению подготовки – 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» и направленности подготовки – 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», г. Комсомольск-на-Амуре. Диссертация выполнена на кафедре «Прикладная математика и информатика» ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет».

Научный руководитель – Бормотин Константин Сергеевич, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры «Механика и анализ конструкций и процессов» ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет».

Официальные оппоненты

– Ковалев Алексей Викторович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой механики и компьютерного моделирования ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж;

– Севастьянов Георгий Мамиевич, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем создания и обработки материалов и изделий обособленного подразделения Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН ФГБУН Хабаровского федерального исследовательского центра ДВО РАН, г. Комсомольск-на-Амуре,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном Радаевым Ю.Н., доктором физико-математических наук, профессором, ведущим научным сотрудником Лаборатории моделирования в механике деформируемого твердого тела и утвержденном директором Якуш С.Е., указала, что диссертация Вин Аунг на тему «Вычислительный комплекс моделирования и оптимизации процессов формообразования тонкостенных конструкций»,

представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему, в которой получены новые научные результаты, касающиеся и имеющие существенное значение для решения актуальных прикладных и производственных задач.

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ, из них в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК 4 работы и 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. Общий объем работ составляет 9.4 печатных листов. Авторский вклад в подготовку работ, опубликованных в соавторстве, заключается в непосредственном участии при постановке задач исследований, в разработке численного метода определения оптимальных траекторий деформирования и его программной реализации, проведении вычислительных экспериментов для проверки эффективности созданных алгоритмов, интерпретации результатов вычислений.

Наиболее значимые работы:

1. Бормотин, К.С. Математическое моделирование обратных задач многоточечного формообразования в режиме ползучести с помощью реконфигурируемого устройства / К.С. Бормотин, С.В. Белых, Вин Аунг // Вычислительные методы и программирование. - 2016. - Т. 17. - С. 258-267.
2. Бормотин, К.С. Метод решения обратной задачи в процессе обтяжки панели / К.С. Бормотин, Вин Аунг // Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. - 2018. - №3(37). - С. 48-58.
3. Бормотин, К.С. Метод динамического программирования в задачах оптимального деформирования панели в режиме ползучести / К.С. Бормотин, Вин Аунг // Вычислительные методы и программирование. - 2018. - Т. 19. - С. 470-478.
4. Бормотин, К.С. Численный метод оптимизации процесса формообразования панелей обтяжкой / К.С. Бормотин, Вин Аунг // Вычислительные методы и программирование. - 2019. - Т. 20. - С. 386-395.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные, указывается основное содержание замечаний):

Отзыв на диссертацию ведущей организации ФГБУН Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН имеет основные замечания: 1. Следует отметить небрежность в оформлении диссертации, что затрудняет ее восприятие и понимание. Текст диссертации изобилует несогласованностью падежей в предложениях. 2. Не

лишены о печаток и формулы, так в 1-ой формуле на стр. 21 присутствует лишний знак равенства. 3. При изложении материала присутствует многократное повторение формул и описаний к ним. Этого можно было бы избежать, пронумеровав соответствующие формулы в 1 главе. 4. В описании величин в ассоциированном законе пластического течения на стр. 21 λ названа функцией, являющаяся множителем лагранжа, не обязательно функцией, она может быть и постоянной величиной. Тут же введено обозначение s_{ij} для градиента к поверхности текучести, далее из описания можно заключить, что это девиатор напряжений. Остаётся не понятным почему он обязательно сонаправлен с градиентом к поверхности текучести. 5. Сравнив описание ассоциированного закона на стр. 21 и закон ползучести на той же странице. Можно получить систему нелинейных уравнений для определения компонент девиатора напряжений. Далее при изложении этот факт никак не обсуждается и не используется. 6. Из рисунков рис 4.1 с.58 и 5.6 с. 73 не совсем понятно, как именно выбираются законы движения контактных тел. Только на рисунках 5.10 и 5.12 пути выделены жирной, пунктирной линией и цветом. 7. Не понятно почему автор не использует систему единиц измерения СИ, это приводит к ошибкам в записи единиц измерения. Так модуль Юнга почему-то измеряется в $\text{кг}/\text{мм}^2$, а не в $[\text{Па}] = [\text{кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2)]$. Далее по тексту (см. стр. 67, табл. 5.1) такие же единицы измерения приписаны напряжениям, а в табл. 5.2 на стр. 74 в этих же единицах измерения меряется рассеянная энергия, которую обычно измеряют в джоулях $[\text{Дж}] = [\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2]$.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Ковалева А.В., доктора физико-математических наук, доцента, заведующего кафедрой механики и компьютерного моделирования ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», имеет замечания и вопросы по содержанию диссертационной работы: 1. Т.к. диссертация по специальности 05.13.18 предполагает определенную научную новизну в математической модели, методе решения и программном комплексе, то уверенный в ее наличии оппонент хотел бы, чтобы она была четко выделена, по отношению к известным результатам во всех 3 составляющих специальности. 2. В п 1.2 диссертации при обзоре условий пластичности упоминается, что наиболее используемыми являются условия пластичности Треска и Мизеса, однако, при решении конкретных задач не указывается – какая функция нагружения выбирается для расчетов. 3. При рассмотрении конкретных примеров вводится в рассмотрение «модуль линейного упрочнения», тогда в математической постановке такой задачи

вместо условия пластичности на стр 21 должна быть записана функция нагружения содержащая параметры упрочнения. 4. Часть формул, в постановках задач, например, (2.1) (2.5) приводится в общем виде и рецензенту не ясно – являются ли они творением диссертанта или принадлежат другим авторам, может [72]? 5. Согласно [79] диссертационного списка литературы явление ползучести проявляется, если тело (конструкция) долгое время находится под воздействием температуры, однако все диссертационные расчеты проведены без учета температуры. 6. При решении задачи формообразования панелей с помощью обтяжки результаты расчета по критериям (2.7) и (2.8) либо при некоторых условиях совпадают, либо «практически совпадают». Однако, не проводится сравнение либо с известными результатами, либо с экспериментом.

Отзыв на диссертацию официального оппонента Севастьянова Г.М., кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника Лаборатории проблем создания и обработки материалов и изделий обособленного подразделения Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН ФГБУН Хабаровского федерального исследовательского центра ДВО РАН имеет замечания: 1. Неудачно сформулирована часть положений, выносимых на защиту, и цель работы: "моделирование" это средство, но не цель и не результат. 2. Автор проводит развернутый обзор методов формообразования деталей в авиапромышленности, а также методов оптимизации (включая современные метаэвристики типа GA, ACO). Однако обзор методов моделирования рассматриваемых задач МДТТ (в том числе реализованных в коммерческих пакетах программ) краток и практически ограничивается только отечественной литературой. Обработка листовых деталей в режиме ползучести на стержневом пуансоне и на обтяжном оборудовании - известные технологии, используются на крупных авиационных производствах - их, без сомнения, моделировали и до автора. 3. Раздел 1.2 "Основные соотношения..." по большей части реферативен, из него тяжело понять, какие именно модели среды использует автор в своих расчетах. В частности, неясно, какой именно критерий пластического течения использовался в расчетах (вероятно, Мизеса с изотропным упрочнением, но предположить это можно только по представленным в последней главе материальным константам). Система определяющих соотношений разбросана по тексту работы. Понять, что в законе ползучести учтена разносопротивляемость материала, можно только по данным в разделе с результатами расчетов. Постановка задач геометрически

нелинейная (с рядом упрощений), стоило бы сделать хотя бы краткий обзор по этой теме, включая определяющие физические соотношения в скоростной форме. Часть обозначений в тексте пропущена, о том, какой именно тензор конечных деформаций используется в работе вскользь упомянуто на стр. 47. 4. Вязкие эффекты на стадии пластического течения могут существенно изменить картину мощности пластического рассеяния, в тексте не приведены разумные основания пренебрегать ими, равно как и стадией неустановившейся ползучести. 5. Заявлено, что "во второй главе предлагается математическая формулировка задачи оптимального управления в технологических процессах", это же положение вынесено на защиту. Чем отличается математическая формулировка от приведенной в докторской диссертации научного руководителя Бормотина К.С.? 6. Результаты расчетов показывают сильную неоднородность полей напряжений и деформаций - насколько уместно использовать критерий, осредненный по объему деформирования в целом, типа (2.4)? Почему в качестве критерия выступает "поврежденность в пластичности" (стр. 43), хотя далее в тексте работы упомянута некая комбинация поврежденности в пластичности и ползучести? 7. Описывая результаты расчетов (с. 69), автор отмечает наличие вмятин и больших деформаций в месте контакта оснастки и деформируемого материала. На с. 85 отмечает 20-процентное утонение листа. Как всё это соотносится с используемой теорией, учитывающей только конечные повороты, но не деформации? 8. При снятии нагрузки с неоднородно деформированной заготовки может произойти повторное пластическое течение, что приведет к изменению поврежденности материала. По всей видимости, используемая модель не в состоянии учесть это. 9. Графическое отображение некоторых результатов расчетов не содержит подписей, из которых можно было бы однозначно понять, эпюра какой именно величины приведена.

Отзыв на автореферат Коробейникова С.Н., доктора физико-математических наук, старшего научного сотрудника, заведующего Лабораторией механики разрушения материалов и конструкций ФГБУН Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, г. Новосибирск, не имеет замечаний.

Отзыв на автореферат Кривенка А.А., кандидата технических наук, ведущего инженера научно-производственного бюро управления технического развития Филиала ПАО «Компания «Сухой» «КНААЗ им. Ю.А. Гагарина», г. Комсомольск-на-Амуре, имеет замечание: в качестве замечаний к работе следует отметить отсутствие апробации разработанных решений в реальных технологических процессах.

Отзыв на автореферат Анисимова А.Н., кандидата физико-математических наук, исполняющего обязанности заведующего кафедрой информационной безопасности, информационных систем и физики ФГБОУ ВО «Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет», г. Комсомольск-на-Амуре, не имеет замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются компетентными специалистами в исследуемой области, а ведущая организация широко известна достижениями работающих в ней специалистов в области науки, соответствующей тематике диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработан** численный метод решения задач оптимизации параметров в технологических процессах формообразовании тонкостенных конструкций;
- **предложен** алгоритм для расчета оптимальной траектории деформирования, основанный на методе конечных элементов и методе динамического программирования;
- **доказана** перспективность использования метода оптимизации для различных способов формообразования при обычных и повышенных температурах;
- **введены** критерии оптимизации технологических процессов, обеспечивающих минимальное значение поврежденности материала и отклонений от необходимой формы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** оптимальность решений исходных дискретных задач, полученных рекуррентными соотношениями последовательности вспомогательных простых задач минимизации функций;
- **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** современные методы моделирования нелинейного деформирования твердых тел, реализованные в программах инженерного анализа, метод динамического программирования, метод локальных вариаций и методы разработки программных компонентов (COM, DCOM);
- **изложены** условия технологических процессов формообразования, обеспечивающих необходимую остаточную кривизну тонкостенной конструкции;
- **раскрыты** проблемы при расчете задач, связанные с времязатратными

вычислениями, которые решены с помощью метода локальных вариаций и распараллеливания алгоритма;

– **изучены** теоретические аспекты механики деформируемого твердого тела, численных методов решения задач механики и задач оптимального управления, обеспечивающие формулировку и разработку метода решения задачи оптимального деформирования конструкций;

– **проведена модернизация** итерационного метода решения обратных задач формообразования панелей для расчета формы штамповой оснастки.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики

подтверждается тем, что:

– **разработан** вычислительный программный комплекс, который может использоваться для расчета параметров формообразования тонкостенных конструкций и формирования предложений, рекомендаций с целью совершенствования технологических процессов;

– **определены** перспективы практического использования предлагаемого подхода решения задач в машиностроительной отрасли на этапе подготовки производства на оборудовании с числовым программным управлением;

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

– **теория** построена на известных положениях механики деформируемого твердого тела и теории оптимального управления, численных методов оптимизации и методов вычислительной механики с привлечением современных комплексов программ инженерного анализа.

– **установлено** выполнение условий сходимости численного метода и соответствие полученных численных результатов решения задач с аналитическими, представленными другими исследователями.

Личный вклад соискателя состоит в проведении вычислительных экспериментов по моделированию технологических процессов формообразования тонкостенных конструкций с помощью реконфигурируемой стрежневой установки и обтяжного оборудования, анализе траекторий деформирования, разработке, исследовании и программной реализации численного метода определения оптимальных траекторий деформирования, а также в личном участии в апробации результатов на всероссийских и международных научных конференциях, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация Вин Аунг представляет собой законченную научно-квалификационную работу и отвечает требованиям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (утвержденное постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842).

На заседании 28 ноября 2019 года диссертационный совет Д 999.055.04 принял решение присудить Вин Аунг ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» за решение важной научно-технической задачи в области математического моделирования технологических процессов формообразования тонкостенных конструкций, разработку и программную реализацию предложенного метода численного анализа оптимального деформирования, имеющих существенное значение для развития промышленности страны.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 4 доктора наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 15, против 1, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя

диссертационного совета Д 999.055.04,
член-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор



Буренин Анатолий Александрович

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 999.055.04,
к.ф.-м.н., доцент

Егорова Юлия Георгиевна

28 ноября 2019 года