

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.092.06,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «КОМСОМОЛЬСКИЙ-НА-АМУРЕ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 19 декабря 2019 г. № 3

О присуждении **Чжо Заяр Со (Kyaw Zayar Soe)**, гражданину **Республика Союз Мьянма** ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Расчёт технологических возможностей процессов изготовления тонкостенных деталей летательных аппаратов с применением диаграмм предельного формоизменения» по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» принята к защите 16 октября 2019 (протокол заседания № 2) диссертационным советом Д212.092.06, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (ведомственная принадлежность – Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; адрес – Российская Федерация, 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, проспект Ленина, д. 27; приказ о создании от 01.04.2013 № 156/нк, приказ от 05.03.2015 № 220/нк, приказ от 18.06.2014 № 339/нк, приказ от 29.07.2015 № 848/нк, приказ от 28.04.2016 № 512/нк, приказ от 09.08.2016 № 1054/нк, приказ от 16.03.2017 № 212/нк, приказ от 12.07.2017 № 748/нк, приказ от 01.07.2019 № 569/нк).

Соискатель **Чжо Заяр Со**, 1989 года рождения.

В 2015 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский

авиационный институт (национальный исследовательский университет)), г. Москва, по направлению подготовки 24.04.04 – «Авиастроение», диплом магистра с отличием 107724 0896186.

С 2015 года по 2019 год соискатель обучался в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» по направлению 24.06.01 – «Авиационная и ракетно-космическая техника» (очная форма обучения). Дата окончания обучения в аспирантуре – 18 октября 2019 года, диплом 102724 3619105, регистрационный номер 26-013/19.

Диссертация выполнена на кафедре «Технология самолетостроения» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Феоктистов Сергей Иванович**, декан самолетостроительного факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет».

Официальные оппоненты:

Чумадин Анатолий Семёнович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология производства летательных аппаратов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», г. Москва.

Кривенок Антон Александрович, кандидат технических наук, ведущий инженер научно-производственного бюро управления технического развития Филиала публичного акционерного общества «Авиационная холдинговая компания «Сухой» «Комсомольский-на-Амуре авиационный завод имени Ю.А. Гагарина», г. Комсомольск-на-Амуре.

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»), г. Иркутск, в своем положительном заключении, подписанном Гусевым Игорем Николаевичем, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры «Самолетостроения и эксплуатации авиационной техники» и утвержденном ректором ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» М.В. Корняковым, указала, что диссертация Чжо Заяр Со является законченной научно-квалификационной работой, тема работы актуальна, диссертация обладает научной новизной, научной и практической значимостью. Все утверждения и выводы корректны и обоснованы. Основные результаты работы опубликованы в ведущих российских и иностранных журналах, а также прошли апробацию на российских и международных конференциях. Автореферат и публикации соответствуют содержанию диссертационной работы. Диссертация и автореферат оформлены в соответствии с требованиями ГОСТ 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления». Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а также п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., в действующей редакции. Полученные научные результаты соответствуют паспорту специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» (технические науки). Автор диссертации Чжо Заяр Со заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, все по теме диссертации, из них:

– **2 статьи** опубликованы в журнале, входящем в международные реферативные базы данных и системы цитирования, который в соответствии с

пунктом 5 правил формирования перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденных приказом Минобрнауки России от 12 декабря 2016 г. № 1586, с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 12 февраля 2018 г. № 99, считается **включенным в Перечень** (по состоянию на 24 июля 2019 г.);

– **2 статьи** опубликованы в международных журналах, входящих в реферативную базу данных Scopus.

Личный вклад соискателя Чжо Заяр Со в работы, опубликованные в соавторстве, не вызывает сомнений. Автор лично участвовал в разработке математических моделей для решения поставленных задач, составлял алгоритмы и программы расчетов, обрабатывал и анализировал результаты, представленные в диссертации.

Наиболее значительные работы соискателя:

1 Феоктистов, С.И. Определение предельного коэффициента вытяжки титановых и алюминиевых сплавов по FLD-диаграммам / С.И. Феоктистов, **Чжо Заяр Со** // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2019. – № 5. – С. 27-34. (*Перечень ВАК*)

2 Феоктистов, С.И. Определение предельного коэффициента раздачи по FLD-диаграммам / С.И. Феоктистов, **Чжо Заяр Со** // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2019. – № 9. – С. 3-7. (*Перечень ВАК*)

3 Feoktistov, S.I. Method for construction of forming limit diagram by using reference mechanical characteristics of the metal / S. I. Feoktistov, **Kyaw Zayar Soe** // Materials Science Forum. – 2019. – Vol. 945. – P. 833-838. (*Scopus*)

4 Potianikhin, D.A. Simulation of thin-walled workpieces ends expanding for pipelines making / D. A. Potianikhin, B. N. Maryn, S. I. Feoktistov and **Kyaw Zayar Soe** // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.– 2019. – Vol. 510. 012015. (*Scopus*)

5 Феоктистов, С.И. Определение технологических возможностей титановых и алюминиевых сплавов при раздаче/ С.И. Феоктистов, Чжо Заяр Со // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2019. № I-1 (37). С. 4-9.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все отзывы положительные, указаны только вопросы и замечания).

Отзывы на диссертацию:

1. Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск. Замечания:

1) В тексте работы автором сделаны выводы количественного характера, например, установлены погрешности определения предельных коэффициентов. Однако в разделе «Общие выводы» указаны только выводы общего характера, не содержащие никаких численных оценок.

2) В параграфе 3.2.2 приведены FLD-диаграммы, построенные для материала Д16М. Однако аппроксимации диаграмм истинных напряжений в параграфе 3.1 приведены для других материалов.

3) В диссертации уделено много внимания методике получения аналитического выражения для аппроксимирующих кривых диаграммы деформирования. Пункт 3 выводов по диссертации даже выделяет предложенную аппроксимацию кривой деформационного упрочнения как один из основных результатов. Поэтому вызывает недоумение, что аналитические выражения аппроксимаций для использованных в расчетах материалов не приведены в явном виде, хотя и показаны на графиках.

2. Официальный оппонент Чумадин Анатолий Семёнович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология производства летательных аппаратов» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (г. Москва). Замечания:

1) В первой главе, при проведении анализа технологических процессов изготовления тонкостенных деталей летательных аппаратов, сделан излишне

подробный анализ некоторых технологических процессов, которые в дальнейшем не рассматриваются.

2) Из второй главы не понятно, какие исходные уравнения используются при получении алгебраических уравнений, позволяющих теоретически построить FLD-диаграммы при различных показателях деформационного упрочнения.

3) В третьей главе при сравнении полученных в работе расчетных результатов с экспериментальными были заимствованы результаты, опубликованные в различных справочниках, а самостоятельные экспериментальные исследования автором не приведены.

4) В диссертации в явном виде не решен вопрос, каким образом с применением FLD-диаграмм можно прогнозировать появление других дефектов, которые возникают без разрушения заготовки (гофры, складки, чрезмерное утонение и т.д.) при изготовлении тонкостенных деталей.

5) По работе в целом можно отметить ряд опечаток и редакционных неточностей в обозначениях. Так, например, на стр. 77 в формуле (2.52) отсутствует выражение для определения dP_2 ; деформация, соответствующая временному сопротивлению деформирования или началу образования шейки, обозначается по-разному, в одних формулах $e_{ш}$, в других e_v .

3. Официальный оппонент Кривенок Антон Александрович, кандидат технических наук, ведущий инженер научно-производственного бюро управления технического развития филиала ПАО «Компания «Сухой» «КнААЗ им. Ю.А. Гагарина» (г. Комсомольск-на-Амуре). Вопросы и замечания:

1) В качестве цели диссертационного исследования указана «разработка рациональных методик расчёта предельных технологических возможностей...». Однако в дальнейшем в работе не раскрывается, что подразумевается под термином «рациональная методика». В общих выводах рациональность также не упоминается.

2) Не ясно, зачем в диссертации в параграфе 1.7 на стр. 51 продублированы цель и задачи работы, уже сформулированные во введении на стр. 8.

3) Почему σ_z названо напряжением по толщине, а ε_z – относительной деформацией по толщине (стр. 131)?

4) На стр. 131 истинная (логарифмическая) деформация ошибочно определяется через десятичный логарифм.

5) На стр. 130 для величины S указано определение «истинное напряжение в образце при испытании на разрыв», лишённое смысла. В работе величина S обозначает толщину

6) Непонятно, зачем введено обозначение интенсивности напряжений σ_i , если для него всюду используется σ_s ?

7) Некоторая небрежность в выборе обозначений затрудняет чтение диссертации. Например, что в условии пластичности Губера-Мизеса (2.41) обозначено σ_s ? Судя по смыслу определения данного условия пластичности, это должно быть напряжение текучести, а не интенсивность истинных напряжений.

8) В работе не приводятся никакие количественные оценки сравнения эффективности полученных автором результатов с результатами других авторов.

Отзывы на автореферат:

1. Белых Сергей Викторович, кандидат технических наук, доцент, директор Балтийского инжинирингового центра машиностроения ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта», г. Калининград. Замечание:

1) Отсутствие в автореферате результатов сравнения полученных автором методик с методиками, используемыми для анализа в конечно-элементных коммерческих пакетах PAM-Stamp, AutoForm и др.

2. Корольков Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Самолетостроение» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж. Замечания:

1) Отсутствие в автореферате материалов по экспериментальному подтверждению разработанных методик. Это затрудняет оценку погрешности

методики. Оценка предельного состояния при формообразовании конкретной детали значительно зависит от механических характеристик материала конкретной заготовки, расчет предельного состояния по стандартным методикам материала может давать значительную погрешность, так как разброс значений стандартных характеристик может достигать 20-ти и более процентов.

2) Рассматриваемые в работе листовые и трубчатые полуфабрикаты имеют значительную «технологическую» анизотропию, обусловленную технологией получения листа и труб, поэтому при оценке предельного состояния необходим учет направления главных деформаций по отношению к осям анизотропии материала. В автореферате автор не рассматривает данный вопрос.

3) В автореферате автор в качестве дефектов рассматривает два случая: разрушение и локализацию утонения заготовки. Но эти дефекты имеют разные механизмы образования и разные критерии оценки. Поэтому непонятно, к прогнозированию какого дефекта относятся полученные результаты.

4) В автореферате математически не сформулирован критерий оценки предельного состояния.

3. Курлаев Николай Васильевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Самолето- и вертолетостроение» ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», г. Новосибирск. Замечание:

1) В основных выводах по работе отсутствуют какие-либо количественные показатели, диапазоны, оценки.

4. Муляр Сергей Геннадьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела прочности конструкций ПАО «РКК «Энергия», г. Королев. Замечания:

1) Из текста автореферата неясен диапазон применимости разработанной методики в контексте скорости деформации заготовки.

2) Для повышения информативности работы и дополнительного подтверждения правильности полученных результатов, работу следовало дополнить результатами конечно-элементного моделирования процесса штамповки.

5. Прокудин Александр Николаевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории проблем создания и обработки материалов и изделий обособленного подразделения Институт машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровского Федерального Исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук.

1) В тексте автореферата отсутствует описание введенных условных обозначений, что затрудняет понимание приведенных математических выражений без обращения к тексту диссертации.

2) В автореферате не объясняется, почему построение FLD-диаграмм при вытяжке приводится для титановых и алюминиевых сплавов, а при раздаче – для алюминиевых сплавов и конструкционных сталей.

Все отзывы положительные. В отзывах отмечены актуальность темы работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, достоверность и обоснованность результатов.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их высокой квалификацией, наличием публикаций в сфере исследований по теме диссертации, практическим опытом применения научных методов в сфере производства летательных аппаратов. Выбор ведущей организации обоснован широкой известностью ФГБОУ «ИРНИТУ», г. Иркутск, своими достижениями в научной области, связанной с проектированием, конструкцией и производством летательных аппаратов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика расчета предельных деформаций, основанная на энергетических и геометрических (кинематических) критериях с учетом реальных механических характеристик материала, позволяющая значительно упростить использование диаграмм предельного формоизменения для расчета численно-аналитическими методами предельных технологических

возможностей процессов изготовления тонкостенных деталей летательных аппаратов;

предложен способ аппроксимации кривой деформационного упрочнения, позволяющий адекватно описать эту кривую аналитически, используя типовые справочные характеристики материалов и общие свойства кривой упрочнения для истинных напряжений;

доказана перспективность совместного использования метода переменных параметров упругости и диаграмм предельного формоизменения для решения задач по определению предельных технологических возможностей процессов изготовления тонкостенных деталей.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана корректность применения различных теории предельного деформирования листовых заготовок для исследования технологических процессов изготовления тонкостенных деталей и прогнозирования дефектов;

применительно к проблематике диссертации результативно использован метод переменных параметров упругости для определения напряжённо-деформированного состояния тонкостенной заготовки с учётом геометрической и физической нелинейности;

раскрыто преимущество диаграммы предельного деформирования Хилла-Свифта (энергетический критерий) при исследовании процессов вытяжки и раздачи тонкостенных деталей и расчете технологических возможностей этих процессов, по сравнению с диаграммой предельного деформирования Сторена-Райса (геометрический критерий).

проведена модернизация существующих математических моделей теории предельного деформирования листовых заготовок для различных критериев, выведены соотношения, обеспечивающие получение новых результатов по теме диссертации.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана методика расчета предельных деформаций, основанная на энергетических и геометрических (кинематических) критериях с учетом реальных механических характеристик материала, позволяющая значительно упростить использование диаграмм предельного формоизменения для расчета предельных технологических возможностей процессов листовой штамповки при использовании численно-аналитических методов расчета,

определены перспективы и области практического использования диаграмм предельного формоизменения для определения технологических возможностей и прогнозирования дефектов при исследовании процессов изготовления тонкостенных деталей летательных аппаратов,

представлены рекомендации по применению конкретных критериев предельного деформирования для анализа технологических возможностей процессов изготовления тонкостенных деталей летательных аппаратов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория определения напряжённо-деформированного состояния построена на известном методе переменных параметров упругости и полученные результаты хорошо согласуются с известными аналитическими решениями для абсолютно пластичного материала;

идея базируется на использовании общепризнанных теорий предельного деформирования листовых заготовок;

использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

установлено удовлетворительное количественное совпадение расчётных результатов по определению предельных технологических возможностей процессов вытяжки и раздачи с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Личный вклад соискателя состоит в:

постановке, совместно с научным руководителем, задач исследования; формулировке положений и выводов, выносимых на защиту; разработке математических моделей для решения поставленных задач, составлении

алгоритмов и программ расчетов; обработке и интерпретации результатов расчетов; подготовке основных публикаций по выполненной работе; подготовке докладов на конференции и личном участии в апробации результатов исследования.

Заключение

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу и отвечает требованиям, установленным пунктом 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (ред. от 01.10.2018), предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 19 декабря 2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Чжоу Заяр Со ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.07.02 «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов» за решение важной задачи в области прогнозирования дефектов и повышения точности анализа при моделировании технологических возможностей процессов изготовления тонкостенных деталей летательных аппаратов, имеющей значение для развития авиастроения.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 9 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета



Бобков Александр Викторович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Потянихин Дмитрий Андреевич

19 декабря 2019 г.