

## Отзыв

официального оппонента, д.т.н., доцента заведующего кафедрой технологии производства двигателей ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева Хаймовича Александра Исааковича на диссертационную работу

**Бачурина Александра Сергеевича**

**«Исследование влияния межоперационного припуска под термическую обработку на точность изготовления каркасных деталей летательных аппаратов»**

представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов

**Актуальность темы.** Диссертационная работа Бачурина А.С. посвящена актуальной теме повышения точности изготовления деталей летательных аппаратов. Основное внимание уделено крупногабаритным каркасным деталям из алюминиевых сплавов, чьи заготовки проходят операции закалки и старения между операциями механической обработки. Применение подобных деталей в конструкции летательных аппаратов позволяет снизить их массу и повысить экономическую эффективность. Детали подобного класса имеют, помимо больших габаритных размеров, повышенную геометрическую сложность, а требования к точности изготовления достаточно высоки. Это приводит к усложнению технологических процессов изготовления и требует применения новых подходов при проектировании техпроцессов.

Термическая обработка оказывает значительное влияние на итоговую геометрию детали посредством технологической наследственности. Учет накопленных напряжений в ходе производства заготовки в последующих операциях механической обработки чрезвычайно сложная задача. Однако, совершенно необходимая для деталей больших габаритов, низкой жесткости и выполненных из алюминиевых сплавов. Исследования в этой области представляют большой интерес.

Вопрос выбора припусков неразрывно связан с технологической наследственностью и определяется величиной допускаемых отклонений, достигнутых на предыдущем этапе производства. Определение припуска под

закалку до проведения опытных работ на производстве важно для сокращения издержек и времени внедрения детали в серийное производство. А выявление связи величины припуска и последующего закалочного коробления непосредственно влияет на качество получаемой заготовки.

**Научная новизна и практическая значимость исследований.** В диссертации Бачурина А.С. представлены результаты, обладающие научной новизной, имеющие практическую значимость:

- Предложен критерий сопротивляемости закаливаемой заготовки крупногабаритной каркасной детали короблению
- Методика определения величины припуска под закалку, на основе предложенного показателя, позволяющая снизить коробление заготовки.
- Определено влияние величины припуска под термическую обработку на точность изготовления крупногабаритных каркасных деталей летательных аппаратов, выполненных из алюминиевых сплавов.
- Составлены рекомендации по определению направления погружения заготовки в закалочную среду при термообработке, исходя из склонности заготовки к короблению.

На основе полученных Бачуриным А.С. результатов реализовано изменение технологического процесса изготовления рамы переплета фонаря на филиале ПАО «Компания «Сухой» «НАЗ им. В.П. Чкалова».

**Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.** Обоснованность и достоверность полученных результатов достигается за счет сравнения результатов моделирования и экспериментальных данных. Использованием аттестованного промышленного оборудования филиала ПАО «Компания «Сухой» «НАЗ им. В.П. Чкалова» и поверенных средств измерения. Результаты внедрения на действующем авиационном производстве подтверждаются актом внедрения.

**Рекомендации по использованию результатов диссертации.** Результаты диссертационного исследования могут быть использованы на действующих авиационных производствах и получить широкое

распространение при расчете величины припуска под термическую обработку. Современные разрабатываемые авиалайнеры, такие как МС-21 так же содержат в конструкции крупногабаритные каркасные детали, которые могут быть изготовлены по технологии с применением промежуточной термической обработки между операциями механической обработки.

### **Краткая характеристика основного содержания диссертации.**

Диссертационная работа изложена на 95-ти страницах, включая 44 рисунка и 3 таблицы, библиографический список из 93-х наименований. Диссертация включает в себя: введение, 3 главы основной части, заключение, одно приложение.

Во введении обосновывается актуальность диссертационной работы. Формулируются цель и основные задачи исследования. Описываются причины применения крупногабаритных каркасных деталей в конструкции современных авиалайнеров и возникающие технологические сложности при их производстве. Раскрывается степень разработки исследования и её новизна.

В первой главе дан обзор конструкции переплета фонаря авиалайнеров в историческом разрезе. Обосновывается увеличение сложности конструкции фонарей современных и вновь проектируемых авиалайнеров. Рассматривается технологический процесс изготовления крупногабаритных авиационных деталей на станках с числовым программным управлением, существующие методы расчета величин припуска под механическую обработку. В разрезе обеспечения точности изготовления рассматриваются вопросы технологической наследственности. Непосредственно рассматривается вопрос влияния закалочных остаточных напряжений на последующие операции резания в части обеспечения требуемой точности изготовления деталей.

Вторая глава посвящена прогнозированию остаточных закалочных напряжений при помощи математического моделирования. Приводится сравнение точности моделирования закалочного охлаждения при различных настройках программного продукта, в котором выполняется моделирование, в сравнении с аналитическим решением. Приводится описание влияния

процесса погружения заготовки в закалочную среду на неоднородность теплового поля при закалке. Описывается разработанный автором макрос позволяющий моделировать процесс погружения. Сравняются результаты моделирования закалки прямоугольного бруса при различных вариантах погружения в закалочную среду с экспериментальными данными по их закалке. Показаны результаты моделирования закалки на примере различных сечений заготовок авиационных деталей, отличающихся назначенным припуском. Особое внимание уделяется расположению детали в теле заготовки на фоне картин распределения остаточных закалочных напряжений для различных заготовок.

Во второй главе диссертант дает описание предлагаемого критерия склонности заготовки к короблению, возникающему при закалке. Раскрывает взаимосвязь величины припуска и жесткости закаливаемых заготовок. Описывает влияние припуска на возможность возникновения повышенных закалочных напряжений и их последующее влияние на деформированную форму готовой детали. На основе разработанного критерия предлагается методика по определению величины припуска под закалку. Основанная на нахождении максимального значения критерия при определенной величине припуска.

В третьей главе описывается производство крупногабаритной каркасной детали, а именно рамы переплета фонаря самолета Сухой Суперджет, имеющее место до проведения работ диссертанта на филиале ПАО «Компания «Сухой» «НАЗ им. В.П. Чкалова», а также трудности, возникающие при её производстве. В качестве ключевых проблем приводятся точность получаемых по такой технологии деталей и коробление заготовок этих деталей, возникающее в ходе закалки. В качестве ключевого аспекта выбран вопрос выбора подходящего припуска под закалку.

Исходя из предложенных автором критерия и методики, для рамы переплета фонаря определяется новая величина припуска и изменяется технология механической обработки по вырезке заготовки под закалку.

Результатом внедрения новой рассчитанной величины припуска является снижение уровня коробления заготовки после закалки и снижение уровня поводов готовой детали по окончанию этапов производства. Дается сравнение замеров коробления заготовок до и после изменения заготовки. Как результат приводится получение готовой детали соответствующей требованиям конструкторской документации и достигнутая увеличенная точность изготовления по сравнению с предшествующей технологией.

В целом диссертация Бачурина А.С. является законченным исследованием, представляет решение актуальной задачи.

**Оценка содержания диссертации.** Основные результаты диссертации опубликованы в 16-ти научных работах, в том числе 6 научных статей в рецензируемых журналах, включенных ВАК в перечень ведущих периодических изданий, и 1 публикация в издании, включенном в базу цитирования Scopus.

Диссертация написана ясным языком, в форме, позволяющей получить полное и достаточно подробное представление о материалах исследований, проведенных соискателем. Корректность изложения материалов диссертации, наглядная иллюстрация полученных результатов позволяют объективно оценить содержание, выводы и значимость проведенных научных исследований.

Оформление работы соответствует установленным требованиям. При использовании результатов других авторов в диссертации даются необходимые ссылки.

Полученные результаты и сделанные выводы соответствуют поставленным в диссертации целям и задачам. Тема диссертации и ее содержание соответствуют заявленной научной специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Автореферат и опубликованные работы полно отражают основное содержание диссертации, характеризуют результаты проведенных исследований.

Результаты диссертационного исследования прошли широкую апробацию на многих конференциях и семинарах. Имеется акт внедрения с филиала ПАО «Компания «Сухой» «НАЗ им. В.П. Чкалова» по внедрению результатов диссертационной работы.

**Замечания по работе.** К содержанию работы сделаны следующие замечания:

- 1) Имеются замечания, связанные с оформлением рисунков, представленных в диссертационной работе, не объединенных единой стилистикой и имеющие различные форматы выполнения. В работе присутствуют опечатки.
- 2) Отсутствуют сравнительные экспериментальные данные по закалочному короблению заготовок для рассчитанной величины припуска по предлагаемой методике и для величин припуска, которые исходя из методики, представляются не выгодными для назначения с точки зрения снижения уровня поволодок.
- 3) Моделирование и последующий анализ закалки деталей в плоской постановке (стр. 53 диссертации) полностью не обоснованы теоретически. Рассмотренный ранее автором эффект нестационарности температурных полей при погружении заготовки в закалочную среду, влияющий по крайней мере на неравномерность осевых напряжений, далее не учитывается в плоской постановке задачи сопряженного анализа методом конечных элементов.
- 4) Автором не учитываются остаточные напряжения второго рода, возникающие при последующей механической обработке закаленных деталей, влияние которых с учетом неравномерности снимаемого припуска на результирующее коробление ажурных деталей значительно.
- 5) В качестве пожелания хотелось бы увидеть в работе данные анализа микроструктуры по сравниваемым вариантам технологий закалки.

Такой анализ был бы весомым дополнением к выводам по результатам исследований.

Указанные замечания не снижают значимость полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования Бачурина А.С.

#### **Общее заключение.**

Представленная на отзыв работа Бачурина А.С. на тему «Исследование влияния межоперационного припуска под термическую обработку на точность изготовления каркасных деталей летательных аппаратов» является завершённой научно-квалификационной работой. В работе содержится решение научно-обоснованной задачи - разработка методических основ назначения межоперационного припуска под термическую обработку при изготовлении каркасных деталей летательных аппаратов.

Диссертационная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует п.9 «Положения о присуждении учёных степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842), а её автор, Бачурин Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

В соответствии с Федеральным законом от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных» настоящим даю согласие Федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (ФГБОУ ВО «КнАГУ»), место нахождения: Россия, 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, проспект Ленина д.27, на обработку моих персональных данных, включая сбор, запись, систематизацию, накопление, хранение, уточнение (обновление, изменение), использование, передачу (распространение, предоставление, доступ), блокирование, удаление, уничтожение персональных данных. Согласие дается свободно, своей волей в

целях включения персональных данных в аттестационное дело и защиты диссертации. Обработка персональных данных осуществляется ФГБОУ ВО «КнАГУ» не дольше, чем этого требуют цели обработки персональных данных. Согласие распространяется на следующие персональные данные; фамилия, имя и отчество; ученая степень; ученое звание; шифр специальности, по которой защищена диссертация; место основной работы и должность; контактный телефон и e-mail; научные публикации в вышеуказанной сфере. Также подтверждаю, что даю согласие на размещение полного текста отзыва на диссертацию на корпоративном портале (сайте) ФГБОУ ВО «КнАГУ» в информационно телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://knastu.ru> с момента подписания настоящего согласия и на 7 (семь) месяцев считая со дня защиты диссертации.

Официальный оппонент  
д-р техн. наук, доцент,  
заведующий кафедрой  
технологий производства  
двигателей ФГАОУ ВО  
«Самарский национальный  
исследовательский  
университет имени  
академика С.П. Королева»

Хаймович Александр Исаакович

Шифр научной специальности 05.02.09 - Технологии и машины обработки давлением

Адрес: ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086  
ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»  
Хаймович А.И.  
(846) 267-45-73; (846) 335-18-17;  
Сайт: [www.ssau.ru](http://www.ssau.ru)  
E-mail [berill\\_samara@bk.ru](mailto:berill_samara@bk.ru)

Подп	_____	ряю.
		сти
		и.п.
		г.