

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

**Мироненко Владимира Витальевича**

«Исследование процессов формообразования эластичной средой элемента типа "подсечка" на листовых заготовках подвижными элементами оснастки», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 - «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

**Актуальность** темы диссертации обосновывается необходимостью решения научно-технической проблемы повышения качества тонколистовых деталей летательных аппаратов за счет сокращения на подсечках дефектов типа «недоштамповка» и «гофрообразование». Ее решение позволит уменьшить трудоемкость изготовления листовых деталей с подсечками при их формообразовании эластичной средой.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов и списка цитированной литературы. Работа изложена на 201 странице машинописного текста, содержит 166 рисунков, 11 таблиц, список литературы из 100 наименований.

**Первая глава** носит обзорный характер и рассматривает проблемы, связанные с формообразованием подсечек. Выявлено, что наиболее серьезные проблемы возникают при формообразовании боковых подсечек и то, что при их формообразовании возникают следующие основные дефекты: «гофрообразование»; «недоштамповка»; разрыв в вершине.

Проанализирован ОСТ 1.52468-80, в котором указаны рекомендуемые области соотношений характеристик для формообразования подсечки и зоны увеличения вероятности появления дефектов на номограмме. Однако при ближайшем рассмотрении выявлены серьезные ограничения в использовании данного нормативного документа в современных условиях и отсутствие гарантии бездефектного формообразования подсечки даже в рекомендуемой зоне формообразования.

Рассмотрен ОСТ 1.51728-73, в котором освещена технология формообразования подсечек для устранения дефектов «гофрообразование» и «недоштамповка». Основными проблемами при использовании данной технологии являются недостаточность давления оборудования для обеспечения качественного формообразования подсечки с рекомендованными параметрами и необходимость использования большого количества наборов прижимных опор.

Проанализирован ОСТ 1.41466-73, в котором описываются рекомендации по штамповке листовых подсечек эластичной средой с помощью эластичных накладок с определенной твердостью. Основным недостатком этой технологии состоит в том, что нужно иметь большую номенклатуру типоразмеров эластичных накладок, и устранение дефекта «недоштамповка» может потребовать очень большого давления.

Приведен анализ существующих математических моделей, методов и технологий формообразования, которые предложили Е.И. Исаченков, Н. А. Ефимов, Ю.В. Замараева, Ю.Н. Логинов, И.Ю. Захарьев, С.А. Аксенов, С.Б. Марьин, В.В. Куриный, С.А. Желтиков, С.В. Сурудин, Я.А. Ерисов.

Изучение существующих работ авторов, компетентных в направлении исследования, позволило сформулировать цель и задачи диссертации.

**Во второй главе** проанализировано применение методик, описанных в первой главе, для конкретных трех деталей. Было показано, что данные методики применимы для деталей, которые входят в рекомендуемую зону формообразования ОСТ 1.52468-80. В частности, на примере детали №1, входящей в рекомендуемую зону формообразования, было показано, что данные методики применимы и дают возможность рассчитать необходимые технологические параметры. На примере деталей №2 и №3, которые не входят в рекомендуемую зону формообразования, была показана невозможность использования методик ОСТ 1.52468-80. Для изготовления таких деталей был предложена новая технология формообразования с использованием подвижной прижимной опоры, выбрана приводящая поверхность подвижного прижима; разработана математическая модель для расчета утонения в зоне подсечек; разработана математическая модель для расчета потребной площади приводящей поверхности подвижного прижима исходя из параметров подсечки и характеристик оборудования для формообразования; для правой части номограммы ОСТ 1.52468-80 разработана математическая модель для определения потребного давления на первом переходе.

**В третьей главе** описан метод конечных элементов в конкретной реализации программного комплекса PAM-STAMP 2G. Данный программный комплекс выбран для верификации результатов предложенной модели расчета основных параметров, приведённых во второй главе, путем моделирования формообразования. Для детали №2 и детали №3 были спроектированы геометрические модели оснасток с учетом данных, рассчитанных в главе 2.

По результатам моделирования для детали №2 и детали №3 показано, что предлагаемая математическая модель по расчету утонения, деформаций (общие деформации, вычисляемые из формулы длины вектора), напряжений (по энергетической теории прочности) и расчета потребного давления для первого перехода (необходимо только для детали №3) имеет минимальные различия (не более 5%) с моделированием формообразования методом конечных элементов, т.е. предлагаемая модель подтвердила свою адекватность при сравнении с методом конечных элементов.

**В четвертой главе** описываются эксперименты по предложенным моделям формообразования детали №2 и детали №3. В результате экспериментов были изготовлены деталь №2 и деталь №3, которые по имеющимся нормативным документам невозможно изготовить без дефектов. Также были проведены эксперименты на производственной установке QFC 1.2x3 -1000 без подвижного прижима, которые показали, что наращивание давления при формообразовании такого рода подсечек не эффективно. Единственный вариант формообразования таких деталей - использовать

предлагаемую технологию с подвижным прижимом.

Для подтверждения работоспособности и перспективности технологии предлагаемая методика расчета и проектирования оснастки была опробована на детали из трудно-деформируемого сплава ОТ-4. В результате, по предложенной в главе 3 технологии, за два перехода с максимальным давлением 20,5 МПа была отформована такая деталь из титанового сплава без использования нагрева. Для подтверждения работоспособности методики и доказательства невозможности изготовления данной детали без подвижного прижима, был произведен эксперимент на производственной установке QFC 1.2x3 -1000 при давлении 100 МПа. С помощью виртуального моделирования было рассчитано, что «недоштамповка» в районе подсечки без применения подвижного прижима составляет 2 мм, а с применением подвижного прижима - 0,054 мм.

**Научная новизна** исследования заключается:

- в разработке нового способа формообразования подсечек эластичной средой с использованием подвижной прижимной опоры, обеспечивающего сокращение количества дефектов типа «недоштамповки» и «гофрообразования»;

- в разработке методики проектирования комплекта оснастки для формообразования эластичной средой с использованием подвижной прижимной опоры разного типоразмера подсечек.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность.** В диссертационной работе автором проведен анализ известных достижений и теоретических положений отечественных и зарубежных авторов. Все утверждения подтверждены ссылками на источники. Соискатель использует как теоретические, так и экспериментальные методы исследования. Обоснованность и достоверность результатов, выдвинутых соискателем, основывается на хорошем совпадении результатов теоретического и экспериментального исследований.

**Практической ценностью** работы является создание нового способа производства деталей с подсечками, обеспечивающего устранение дефектов типа «недоштамповка» и «гофрообразование», реализуемость и применимость которого доказана экспериментальными исследованиями и НИОКРами.

Результаты работы апробированы в ходе следующих НИОКР:

1. "Автоматизация и повышение эффективности процессов изготовления и подготовки производства изделий авиатехники нового поколения на базе Научно-производственной корпорации «Иркут» с научным сопровождением Иркутского государственного технического университета» № ИрГТУ 218-3.13.1.017 2013 г.- 2015 г., реализованной в рамках постановления 218 Правительства РФ от 09.04.2010 г.;

2. "Разработка методики проектирования рабочей поверхности средств технологического оснащения (СТО) для процесса гидроэластичной формовки на прессе «Avure». Разработка технологической документации на изготовление деталей методом гидроэластичной формовки", 25.01.2017 по 25.01.2018; по заказу ИАЗ – филиала ПАО «Корпорация «ИРКУТ».

На способ формообразования с подвижным прижимом получен патент РФ №2684130 «Способ формообразования эластичной средой листовых деталей с элементами типа подсечка» (дата государственной регистрации в государственном реестре изобретений 4 апреля 2019 г.).

Основные результаты работы в достаточном объеме опубликованы в печати. По теме диссертации опубликовано 19 печатных работ. В рецензируемых научных изданиях, рекомендуемого ВАК РФ перечня, опубликовано 6 статей. Ещё 7 статей опубликованы в изданиях, включённых в международные базы научного цитирования.

**В качестве замечаний** по представленной диссертации можно отметить следующее:

- 1 Не поясняется, исходя из каких соображений выбирается профиль опорной кривой;
- 2 Разработанную методику проектирования комплекта оснастки для формообразования эластичной средой с использованием подвижной прижимной опоры было бы неплохо представить в виде алгоритма или инженерной методики для упрощения ее практического применения;
- 3 В заключении к работе указывается, что удалось снизить трудоемкость изготовления деталей с подсечками на 50%, однако в работе отсутствуют данные, подтверждающие это утверждение;
- 4 Для измерения изменений толщин в районе подсечек следовало использовать более точные методы измерений и приборы контроля;
- 5 Графики зависимостей, приводимые в работе, слишком мелкие, без обозначения названий осей и единиц измерения;
- 6 Для абсолютной уверенности в качестве получаемых деталей по предлагаемому способу формообразования подсечек эластичной средой с использованием подвижной прижимной опоры было бы желательно получить заключение от БТК реального производства.

Указанные выше замечания не снижают научной и практической ценности диссертации.

Работа написана грамотно, стиль изложения - доказательный. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

**Заключение.** Диссертация «Исследование процессов формообразования эластичной средой элемента типа "подсечка" на листовых заготовках подвижными элементами оснастки» представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, направленную разработку нового способа формообразования подсечек эластичной средой, обеспечивающего бездефектное формообразование подсечек на листовых деталях.

Работа соответствует требованиям и критериям «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённом постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 01.10.2018), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Мироненко Владимир Витальевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 - «Проектирование, конструкция и производство

летательных аппаратов».

Подтверждаю своё согласие на включение моих персональных данных в аттестационные документы соискателя учёной степени кандидата технических наук Мироненко Владимира Витальевича и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент – доцент кафедры самолето- и вертолетостроения, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет»

кандидат технических наук по специальности 05.07.02 - «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов»

Подпись оппонента

Бобин Константин Николаевич

Адрес организации:  
630073, Россия, г. Новосибирск,  
пр-т К.Маркса, д. 20,  
Тел.: +7 (383) 346-08-43  
Факс: +7 (383) 346-02-09  
Телефон: +7 (383) 346-50-01  
Электронная почта: rector@nstu.ru  
Веб-сайт: <https://www.nstu.ru/>

Подпись Бобина К.Н. удостоверяю

Должность удостоверяющего

подпись ФИО

