

**Открытое акционерное общество  
Иркутский научно-исследовательский институт  
авиационной технологии и организации производства  
ОАО «ИРКУТСКИЙ НИАТ» .**

664020 г. Иркутск, ул. Гравийная,22  
телефон (3952) 32-42-06  
телефакс (3952) 32-42-11

**№ 166 « 22 » 12. 2014 г.**

«УТВЕРЖДАЮ»  
Генеральный директор ОАО «Иркутский НИАТ»  
Зюзиков Н.А.  
« 22 » декабря 2014 г.



**ОТЗЫВ  
ведущей организации  
на диссертационную работу Колесникова Алексея Владимировича  
«Пневмотермическая формовка трёхслойных клиновидных панелей из  
титановых сплавов»,  
представленную на соискание учёной степени кандидата технических  
наук  
по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и  
производство летательных аппаратов»**

**Актуальность для науки и практики**

Актуальность темы определяется недостаточной разработкой вопросов комплексного технологического процесса пневмотермической формовки и диффузионной сварки, применительно к изготовлению многослойных конструкций переменной высоты из титановых сплавов. Сегодня при технологической подготовке их производства требуется практическое использование формализованных методик выбора способов изготовления, выбора объектов производственной среды, компоновки и технологического анализа геометрических параметров конструкции.

Целью рассматриваемой работы является исследование и разработка технологического процесса пневмотермической формовки трёхслойных клиновидных панелей в режиме сверхпластичности, позволяющего снизить трудоёмкость и сократить длительность технологической подготовки производства и способствующих повышению качества.

Основное внимание в представленной работе уделено исследованию проблемы определения технологических параметров пневмотермической формовки клиновидных трёхслойных панелей из титановых сплавов. Её

решение существенным образом влияет на реализацию технологического процесса, обеспечение качества изделия, а также позволяет снизить длительность цикла технологической подготовки производства.

В работе рассматривается важная проблема технологического процесса пневмотермической формовки и диффузионной сварки способов изготовления и состава объектов производственной среды.

Также в работе рассмотрена оптимизация конструктивных параметров клиновых панелей, которые учитывают возможности технологии ПТФ/ДС.

Выводы и рекомендации по этим вопросам являются необходимыми для технологической подготовки производства многослойных конструкций сложной формы.

### **Структура диссертации**

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, общих выводов, списка сокращений, списка литературы (114 наименования, 10 страниц) и трёх приложений. Полный объём работы составил 215 страниц из них основного текста 180 страниц.

### **Новизна исследований и полученных результатов**

Новизна работы заключается в установлении основных закономерностей процесса пневмотермической формовки клиновидных трёхслойных конструкций в режиме сверхпластичности на основе исследования процесса. За основу были приняты результаты имеющихся работ по расчёту формовки плоскопараллельных панелей, в которых не учитывалось изменение относительной высоты панели и её влияние на процесс деформирования.

Разработана методика определения условий изготовления многослойных панелей без утяжин – одного из распространенных дефектов таких изделий. Определено, что их возникновение обусловлено соотношением следующих параметров: исходными толщинами обшивки и заполнителя, высотой прогиба обшивки на первом этапе пневмотермической формовки и его шириной. Для определения оптимального диапазона выбора параметров был проведен виртуальный анализ ПТФ клиновидной панели, который позволил выявить значения критического прогиба и оценить влияние на его величину конструктивных и технологических параметров панели. В результате была определена зависимость оптимального соотношения толщины обшивки и заполнителя от относительной высоты ребер, определяющих рекомендуемый диапазон выбора параметров панели для бездефектного изготовления.

Автором осуществлен анализ возможности изготовления панелей со значениями соотношения толщин, не входящими в рекомендуемый диапазон, и предложены дополнительные способы, обеспечивающие изготовление без утяжин, не соблюдая эти условия, к ним относятся: использование технологических листов, укрупнение зерна микроструктуры обшивки предварительной термообработкой, а также применение подвижного

элемента оснастки. Особое внимание было уделено применению подвижного элемента оснастки, который может приводиться в действие механически, либо с помощью противодавления. Для каждого из способов определены индивидуальные условия и режимы изготовления панелей.

На основании результатов анализа процесса пневмотермической формовки предложен алгоритм выбора способа изготовления в зависимости от конструктивно-геометрических параметров панелей.

Автором также предложена методика расчёта геометрических параметров заполнителя клиновидных трёхслойных панелей для обеспечения минимизации разнотолщины. Предложены зависимости для определения значений относительных высот каждого из ребер в зависимости от предпочтительной степени деформации материала панели, обеспечивающие равную толщину ребер заполнителя.

### **Значимость для науки и производства полученных результатов**

Используемый автором подход к математическому описанию процесса пневмотермической формовки трёхслойных клиновидных панелей и построение на его основе методики расчёта технологических параметров формовки углубляют имеющиеся знания о возможностях данного процесса.

Анализ проблем, возникающих при изготовлении панелей, привёл к рассмотрению нескольких способов формовки конструкций, и позволил разработать рекомендации по проектированию технологического процесса. В результате был предложен алгоритм выбора способа изготовления конкретной панели с имеющимися параметрами.

Рассмотрен вопрос оптимизации заполнителя многослойных панелей при проектировании, открывающий возможность для конструкторов проектировать такие конструкции с учётом технологии изготовления.

В работе определены свойства сверхпластичности ряда титановых сплавов методом испытаний на двухосное растяжение.

Таким образом, значимость данной работы состоит в создании на базе теоретических и экспериментальных исследований практических рекомендаций по разработке технологических процессов формовки многослойных клиновидных конструкций, расчёте технологических параметров и проектировании технологической оснастки.

### **Общие замечания по диссертационной работе**

1. Было бы целесообразно в работе рассмотреть влияние кривизны контура панели на возможности процесса формообразования и определение параметров пневмотермической формовки.

2. Из текста не ясно как задаются свойства сверхпластичности титанового сплава в виртуальную модель процесса формовки.

3. Не достаточно уделено внимание режимам диффузионной сварки трёхслойных панелей.

## **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

В рассматриваемой диссертационной работе решена важная научно-практическая задача разработки технологического процесса пневмотермической формовки трёхслойных клиновидных панелей из титановых сплавов. Представляется целесообразным продолжить использование результатов в дальнейших исследованиях пневмотермической формовки конструкций, обладающих кривизной поверхности, а также по разработке полноценного программного обеспечения для расчёта, как рациональных параметров конструкции, так и оптимальных режимов их пневмотермической формовки.

Следует также продолжить работы в области проектирования технологического оснащения под технологию ПТФ/ДС и отработать технологическую оснастку под формовку с подпорной плитой. Разработать механизм обеспечивающий поворот плиты при повышенных температурах.

Представляют интерес для промышленного использования рекомендации по пневмотермической формовке многослойных конструкций из алюминиевых и стальных сплавов.

## **Заключение**

Диссертация представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссидентом, имеют существенное значение для авиационной отрасли. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Работа отвечает критериям Положения о порядке присуждения учёных степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Колесников Алексей Владимирович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – «Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужденены на заседании научно-технического совета ОАО «Иркутский НИАТ» 22 декабря 2014 г., протокол № 3.

Начальник научно-исследовательской лаборатории, к.т.н.

Ю.А.Шенрок