



003492266

На правах рукописи

ЕРЁМКИН Денис Иванович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРЕХМЕРНОГО
ТКАНОГО КАРКАСА ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА**

Специальность 05.19.04 – Технология швейных изделий

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

25 ФЕВ 2010

**Москва
2010**

На правах рукописи



ЕРЁМКИН Денис Иванович

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И СПОСОБА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРЕХМЕРНОГО
ТКАНОГО КАРКАСА ЛОПАТКИ ВЕНТИЛЯТОРА**

Специальность 05.19.04 – Технология швейных изделий

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

**Москва
2010**

Работа выполнена в Московском государственном университете дизайна и технологии на кафедре «Технология швейного производства»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Базаев Евгений Михайлович

Научный консультант: доктор технических наук, доцент
Родэ Сергей Витальевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент
Белокуров Владислав Николаевич
кандидат технических наук
Линник Юлия Владимировна

Ведущая организация: ОАО Национальный институт авиационных технологий, г.Москва

Защита состоится «17» марта 2010 г. в 12:00 час на заседании диссертационного совета Д 212.144.01 в Московском государственном университете дизайна и технологии по адресу: 117 997, Москва, ул. Садовническая 33, стр.1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета дизайна и технологии

Автореферат разослан «17» февраля 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.144.01



Лаврис Е.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Декларируемая правительством инновационная стратегия развития России ставит перед текстильной и швейной промышленностями не только задачу проектирования предметов одежды высокого качества, но и разработки методов для создания принципиально новых технических оболочек из композиционных материалов для различных отраслей промышленности: авиационной, судостроительной, космической и др. Создание таких оболочек позволит существенно повысить прочность и надежность специализированных изделий в эксплуатации по сравнению с традиционно применяемыми металлами, а также избежать их коррозии, снизить вес и себестоимость.

Композиционные материалы позволяют создавать изделия и элементы конструкций с заданными свойствами, наиболее полно отвечающими характеру и условиям работы деталей и конструкций, в том числе летательных аппаратов. Поэтому разработка технологий, позволяющих заменить металлы на композиты, как более легкие и прочные материалы, стала приоритетным направлением в повышении качества изделий.

Изделие из композиционных материалов состоит из двух компонентов: текстильного армирующего компонента и полимерного связующего. Текстильная оболочка армирующего каркаса наполнителя является важной составляющей изделий воспринимающей силовые нагрузки и от ее прочности во многом зависят эксплуатационные свойства изделия.

Особенностью специализированных трехмерных тканых каркасов является не только криволинейность и многослойность, но и разнотолщинность, что требует совершенствования существующих методов проектирования, технологических способов раскроя, укладки и прошивки слоев оболочки, а также разработки новых способов плетения и ткачества для создания

трехмерных цельнотканых структур оболочек без швов и выточек, что обеспечивает их особую прочность.

Поэтому разработка и совершенствование методов проектирования трехмерных разнотолщинных многослойных и цельнотканых оболочек и технологий их изготовления является актуальной задачей и представляет теоретический и практический интерес при решении общей задачи создания космической и авиационной техники.

Разработка метода проектирования и изготовления трехмерного разнотолщинной тканого каркаса осуществлялась на базе преформы вентиляторной лопатки авиационного двигателя по техническому заданию Роспрома, в рамках федеральной целевой программы «Развитие гражданской авиационной техники России на 2002-2010 годы и на период до 2015 года», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 15.10.2001 г. №728. Работа выполнялась по тематическому плану НИР МГУДТ, 2006-2008 гг. комплексная тема: «Разработка методов проектирования бесшовных объемных оболочек», а также по договору МГУДТ и ОАО НИАТ №2808 от 28 февраля 2008 года и хоздоговорной теме «Разработка схем армирования и технологий изготовления преформ для деталей двойной кривизны (лопатка вентилятора) и замкнутых оребренных конструкций» выполняемой по договору № 0706-Х от 06.09.2007 г. с ОАО НИАТ.

Объектом исследования в работе выбран процесс проектирования и изготовления трехмерных текстильных армирующих каркасов для конструкций оболочек из композиционных материалов.

Целью работы является разработка методов проектирования и способов изготовления трехмерных разнотолщинных цельнотканых и многослойных каркасов из ткани на примере лопатки вентилятора авиационного двигателя.

Для достижения поставленной цели в работе решались следующие задачи:

анализ методов проектирования и способов изготовления трехмерных разнотолщинных цельнотканых и многослойных каркасов из ткани;

- разработка метода проектирования и способа изготовления трехмерных многослойных каркасов из ткани с учетом конструкторских и технологических факторов изготовления композиционных изделий;

- исследование структуры и процессов формообразования трехмерных разнотолщинных цельнотканых оболочек;

- разработка метода проектирования трехмерных цельнотканых каркасов с учетом геометрии строения объемных структурных ячеек;

- разработка методики определения геометрических параметров структуры и патрона переплетения трехмерного разнотолщинного цельнотканого каркаса;

- разработка способов изготовления трехмерных разнотолщинных цельнотканых каркасов на примере изготовления преформ вентиляторной лопасти авиационного двигателя;

- промышленная апробация разработанных методов проектирования и способов изготовления трехмерных армирующих тканых каркасов лопасти вентилятора.

Основные методы исследования. В работе использовались методы теоретического анализа, классификации, математического моделирования, положения аналитической, дифференциальной и численной геометрий, теории поверхностей, геометрии сетей. В работе использовались программы Microsoft Word, Microsoft Excel, AutoCAD, Adobe Photoshop, Internet Explorer, MathCAD, CorelDRAW, Unigraphics NX для операционной системы Windows Vista.

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в том, что:

- разработаны методы проектирования трехмерных многослойных разнотолщинных и цельнотканых каркасов с учетом геометрического строения их структур;

обоснована целесообразность и доказана возможность изготовления трехмерных разнотолщинных цельнотканых каркасов методами плетения и ткачества;

- выявлены особенности структурного строения и раскрыт механизм формообразования трехмерных разнотолщинных цельнотканых каркасов.

- предложены рациональные цельнотканые структуры каркасов из лент разной ширины, переменной конфигурации и растяжимости;

- разработаны новые способы изготовления трехмерных разнотолщинных многослойных и цельнотканых каркасов, научная новизна которых подтверждена тремя патентами РФ: (№ 81275, № 89189, № 82009).

Практическая значимость результатов работы заключается в:

- разработке метода проектирования трехмерных многослойных разнотолщинных каркасов из ткани с учетом конструкторских и технологических факторов: ориентации слоев по линии максимальных толщин, перегиба слоев и топографии рельефа формы оболочки;

- разработке способа изготовления многослойной преформы лопатки вентилятора с внутренним облегченным сердечником;

- разработке способа армирования облегченного сердечника из пенопласта и минералокompозита путем внедрения наружного слоя стеклоткани;

- разработке способа прошивки многослойных преформ зигзагообразными строчками с заходом строчек друг на друга;

- разработке метода автоматизированного расчета параметров патрона переплетения трехмерного разнотолщинного цельнотканого каркаса;

- разработке способа изготовления бесшовного трехмерного разнотолщинного цельнотканого каркаса лопатки вентилятора с прокладыванием основы и утка по непрерывным зигзагообразным траекториям;

- разработке способа изготовления трехмерного цельнотканого каркаса лопатки с зональным распределением лент разной ширины.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформированных в диссертации, подтверждается согласованностью результатов теоретических и экспериментальных исследований, современными методами их решения, использованием известных положений фундаментальных наук и результатами промышленной апробацией разработанных технологий. Достоверность новизны технического решения подтверждается тремя патентами на полезную модель и двумя патентами на изобретение.

Апробация и реализация результатов работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на следующих конференциях и семинарах: научно-практических семинарах на ОАО Национальном институте авиационных технологий; VIII Международной научно-методической конференции аспирантов и молодых ученых. МГУДТ, Москва, апрель 2007 г.; межвузовской научно-практической конференции «инновационные и наукоемкие технологии в легкой промышленности». МГУДТ, Москва, апрель 2008 г.; научно-практическом семинаре в корпорации Иркут с присутствием сотрудников ОКБ им. Туполева и ОКБ им. Яковлева.

Апробация результатов работы осуществлена на ОАО Национальном институте авиационных технологий, где были получены положительные отзывы.

Результаты и материалы исследования использованы в учебном процессе МГУДТ при выполнении курсовых, дипломных и научно-исследовательских работ студентов специальности 28.08.00 «Технология швейных изделий».

Публикации. Основные результаты работы изложены в 12 работах, из них 3 в научных изданиях, включенных в список, утвержденный Высшей Аттестационной Комиссией, получены 3 патента на полезную модель.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников, включающего

72 наименования и 4-х приложений. Работа изложена на 128 страницах машинописного текста, содержит 90 рисунков, 3 таблицы. Приложения представлены на 35 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее цели, задачи, определены основные пути их решения и методы исследования. Приведены научная новизна, практическая значимость и основные результаты, представленные к защите.

В первой главе проведен анализ применения композиционных материалов в авиационной промышленности. В качестве основного объекта исследования выбрана лопатка вентилятора авиационного двигателя. Лопатка вентилятора является сложной пространственной оболочкой, имеющей переменную толщину и кривизну. К ней, как к детали авиационного двигателя предъявляются повышенные конструктивно-технологические и эксплуатационные требования, которые необходимо учитывать при проектировании трехмерной оболочки из полимерных композиционных материалов.

Проведен анализ существующих способов изготовления композиционных лопаток вентилятора авиационного двигателя с целью изучения существующих технологий и выявления их недостатков. Выявлено, что преформы лопаток вентилятора из углеродных и стекловолоконистых тканей получают способами выкладки ткани и однонаправленных полотен, а также методами плетения и ткачества.

Из перечисленных способов наиболее перспективными является способы получения вентиляторных лопаток методами плетения и ткачества, которые позволяют обеспечить прочные связи в трехмерных структурах и автоматизировать производство.

Так как в основе проектируемого изделия из композиционных материалов, лежит текстильный каркас, то от его свойств, структуры и формы зависят

технические параметры и качество изделия, в том числе прочность, эксплуатационная надежность, вес, размеры и строгое соответствие проектируемой форме, что свидетельствует об актуальности проблемы.

Поэтому особенно важны и перспективны исследования, направленные на поиск и разработку новых методов проектирования и способов изготовления бесшовных трехмерных тканых оболочек являющихся армирующими каркасами для изделий из композиционных материалов.

Вторая глава посвящена аналитическому и экспериментальному исследованию процесса формообразования трехмерных тканевых и тканых каркасов и моделированию процесса их изготовления.

Проведенные ранее исследования на кафедре ТШП показали, что процесс одевания поверхностей тканью и методами ткачества описывается геометрическими сетями с двухмерными ячейками: Чебышева, геодезических параллелей, трапеций, продольных и поперечных сечений.

Для проектирования трехмерных разнотолщинных цельнотканых каркасов предложено использовать трехмерные структурные ячейки. Такие ячейки имеют 12 ребер (сторон), состоят из 6 граней с контурами двухмерных четырехсторонних ячеек и имеют 24 сетевых угла (рис. 1).

Установлено, что процесс формообразования многослойных трехмерных разнотолщинных цельнотканых оболочек с ортогональным распределением уточных и основных нитей может быть описан чебышевскими сетями. При криволинейном распределении нитей в трехмерных структурах цельнотканых оболочек они могут образовывать сети геодезических параллелей или продольных и поперечных сечений. При неравноплотном распределении нитей возможно образование сети трапеций. При ортогональном распределении нитей образуется трехмерная сеть с объемными ячейками в виде ребер куба или параллелепипеда. При деформации сети в объемной структурной ячейке оболочки происходит изменение 24 сетевых углов в контурах шести граней при условии сохранения длин ребер сторон ячеек. Три возможные фазы изменения

сетевых углов показаны на рисунке 2. Первая заключается в изменении сетевых углов в двух противоположных контурах граней обозначенных как 1265 и 4378 (рис. 2, а), вторая в четырех 1265, 4378, 1234, 5678 (рис. 2, б), третья в шести 1265, 4378, 1234, 5678, 1485, 2376 (рис. 2, в).

Формообразование структурных ячеек при изгибе оболочки описывается формулами:

$$ds_{xy} = \sqrt{dx^2 + dy^2 + 2\cos\varphi_x};$$

$$ds_{xz} = \sqrt{dx^2 + dz^2 + 2\cos\varphi_x};$$

$$ds_{yz} = \sqrt{dy^2 + dz^2 + 2\cos\varphi_y};$$

где dS_{xy} , dS_{xz} , dS_{yz} – длины диагоналей двумерных структурных ячеек, входящих в состав трехмерной ячейки; dx, dy, dz – длины сторон трехмерной ячейки; $\varphi_{xy}, \varphi_{xz}, \varphi_{yz}$ – сетевые углы между сторонами.

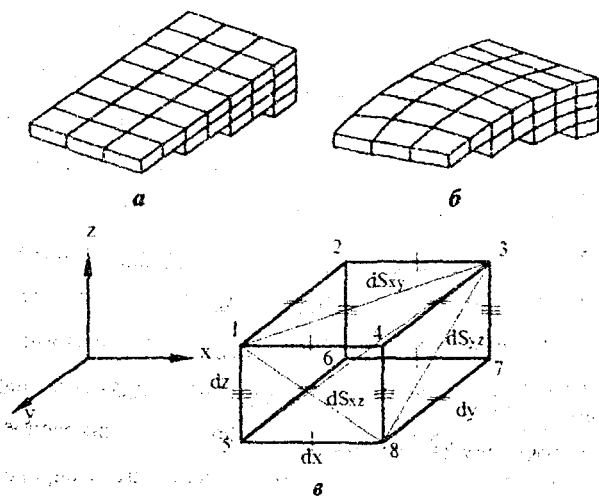


Рис. 1 Трехмерная разнотолщинная цельнотканая оболочка: а – недеформированная оболочка; б – деформированная оболочка; в – структурная ячейка оболочки

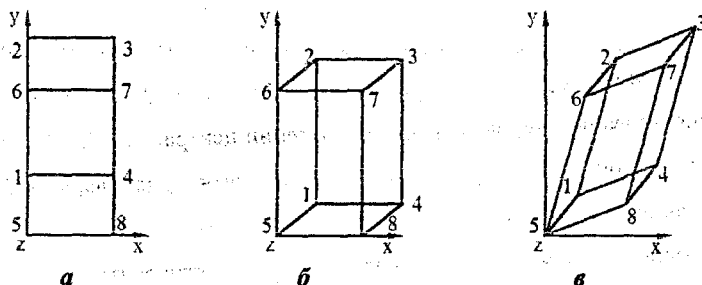


Рис. 2 Образование структуры объемной ячейки путем изменения сетевых углов: *a* – в двух противоположных гранях; *б* – в четырех гранях; *в* – в шести гранях

Моделирование процесса изготовления трехмерного цельнотканого каркаса лопатки вентилятора осуществлялась методами ручного плетения из лент шириной 20 и 30 мм. По результатам моделирования определены три метода изготовления каркасов:

Использование лент постоянной ширины (рис. 3). Получаемый образец представляет собой разнотолщинную трехмерную ткань. Образование формы трехмерного каркаса достигается изменением числа лент по основе и утку. В связи с тем, что лопатка имеет криволинейную конфигурацию в области рабочей поверхности (пера), необходимы дополнительные операции подкраивания.

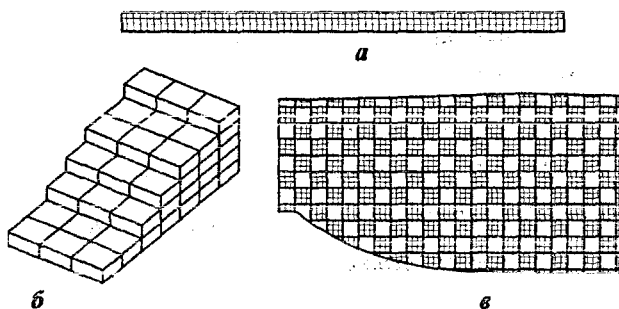


Рис. 3 Цельнотканые трехмерные объемные каркасы из лент одинаковой ширины: *a* – вид единичной ленты; *б* – разнотолщинный многослойный каркас; *в* – вид сверху

Использование лент разной ширины (рис. 4). Способ предполагает использование широких лент при плетении центральной части и более узких по краям лопатки. Этот способ эффективен для варьирования физико-механических свойств участков цельнотканых оболочек, например для упрочнения кромки пера и комлевой части лопатки вентилятора.

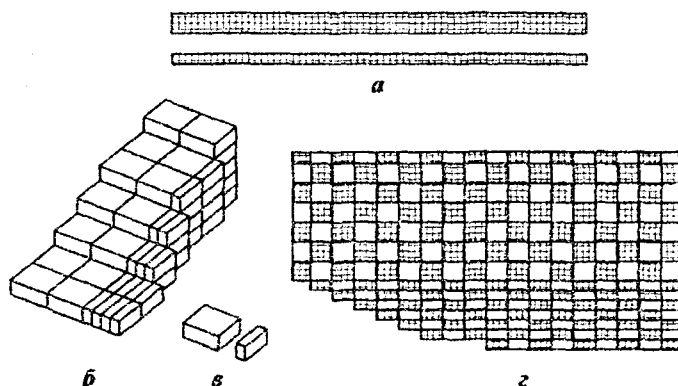


Рис. 4 Цельнотканые трехмерные объемные каркасы из лент разной ширины: *a* – используемые ленты; *б* – разнотолщинный многослойный каркас; *в* – элементарные трехмерные ячейки структуры каркаса; *г* – вид сверху

Использование лент переменной конфигурации и растяжимости (рис. 5). Ленты для армирующих каркасов при этом способе изготавливают переплетением нитей под углом 45° . Это позволяет растягивать ленты и придавать им необходимую конфигурацию в процессе плетения трехмерного разнотолщинного каркаса. При использовании данных лент предварительно следует определить параметры их изготовления на основе заданной формы и размеров проектируемого изделия.

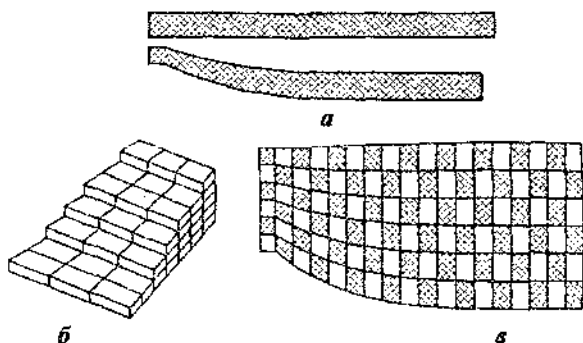


Рис. 5 Цельнотканые трехмерные объемные каркасы из лент переменной конфигурации: *а* – виды используемых лент; *б* – разнотолщинный многослойный каркас; *в* – вид сверху

Третья глава посвящена разработке метода проектирования трехмерных разнотолщинных многослойных и цельнотканых оболочек.

Многослойные каркасы из ткани проектировались методом топографии. Сущность метода заключалась в представлении рельефных поверхностей трехмерной криволинейной оболочки в виде абрисов горизонтальных сечений следующих с определенным интервалом. Контуры разверток слоев трехмерного разнотолщинного каркаса на плоскости представлялись поуровневыми сечениями, параллельными плоскости, на которой находился исследуемый трехмерный объект.

Апробация разработанного метода проектирования в условиях производства ОАО НИАТ позволила получить более точный комплект лекал для изготовления многослойной преформы лопатки вентилятора из углеродных и стекловолоконистых тканей.

Трехмерный цельнотканый каркас лопатки вентилятора проектировался в геометрических сетях. На поверхность модели лопатки вентилятора наносились три вида геометрических сетей (рис. 6). Сети Чебышева и геодезических параллелей наносились на поверхность лопатки, а сеть продольных и поперечных сечений на силиконовую модель лопатки, уложенную на

плоскости. В местах пересечения линий сети сверлились отверстия и проводились измерения толщин. По результатам измерений с точностью до 0,1 мм получены три матрицы точек пересечения линий сети разнотолщинного каркаса. Полученные матрицы имели незначительные расхождения из-за небольшой кривизны поверхности лопатки. Результаты измерения каждой из трех матриц обрабатывались путем математического усреднения. По результатам усреднения определялся общий структурный элемент двенадцатиреберной ячейки цельнотканого разнотолщинного каркаса.

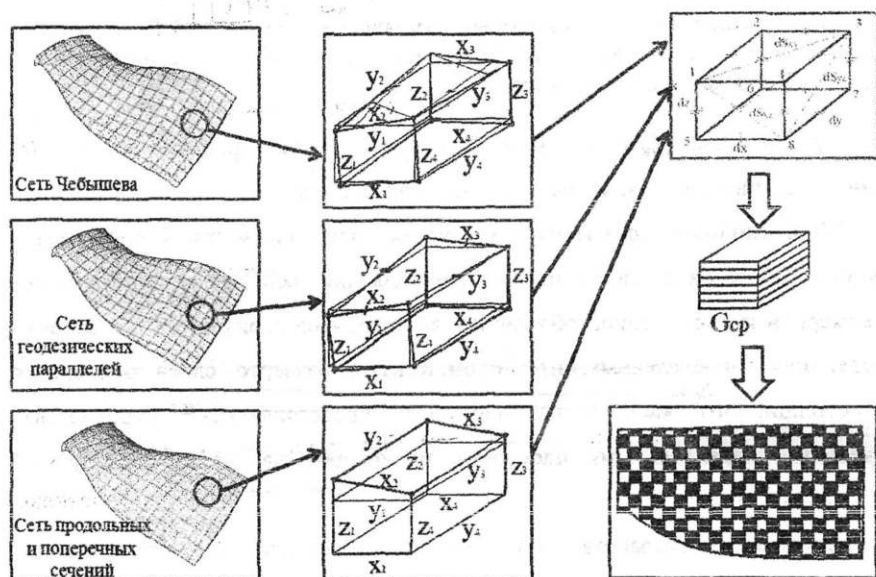


Рис. 6 Схема определения геометрических параметров трехмерной двенадцатиреберной структурной ячейки

Аналитический расчет параметров изготовления цельнотканых разнотолщинных оболочек переменной кривизны включает следующие этапы:

1. Задание трехмерной формы изделия переменной толщины и кривизны путем построения матричного каркаса точек в геометрических сетях;
2. Определение геометрических параметров трехмерной двенадцатиреберной структурной ячейки объемного разнотолщинного каркаса;

3. Построение структурных ячеек трехмерного разнотолщинного цельнотканом каркасе в соответствии с изменением его формы (рис. 7).

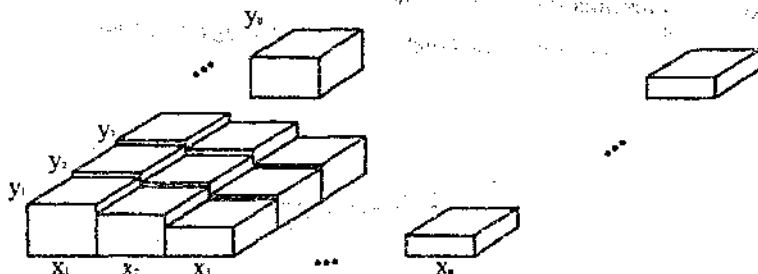


Рис. 7 Построение трехмерного цельнотканого каркаса лопатки вентилятора

С целью автоматизации процесса проектирования разработана программа построения трехмерного разнотолщинного каркаса (на базе языка программирования Java), которая представляет собой алгоритм задания сетки каркаса и модуля ввода геометрических параметров нитей основы и утка. Задавая толщину и ширину нитей или лент по основе и утку, программа выдает патрон переплетения трехмерного тканого каркаса.

Разработанный метод автоматизированного проектирования трехмерных цельнотканых каркасов апробирован при изготовлении экспериментальных макетов цельнотканых преформ лопаток вентилятора из лент на ОАО НИАТ.

В четвертой главе диссертационной работы изложены способы изготовления трехмерных разнотолщинных многослойных и цельнотканых каркасов на примере лопатки вентилятора.

Способ изготовления преформы облегченной лопатки вентилятора из ткани заключается в выкладке слоев ткани и использовании сердечника из легкого и жесткого материала, армированного внешним слоем из стеклоткани (рис. 8). Так как основную нагрузку несут внешние слои лопатки, сам сердечник не участвует в создании прочности пера лопатки. Таким образом, осуществляется сочетание максимальной прочности, несущей силовой

способности, жесткости и минимального веса лопасти. В результате появляется возможность снижения массы композиционной лопасти на 25-30%. На данный способ получен патент РФ на полезную модель № 89189 от 03.09.09

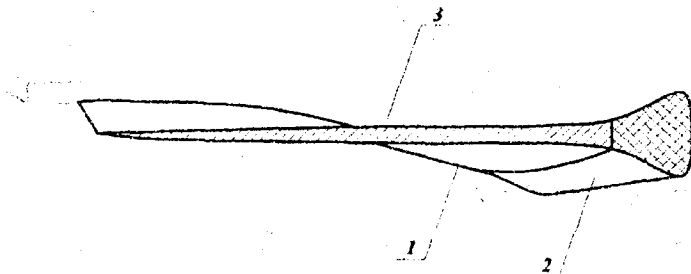


Рис. 8 Сердечник лопасти вентилятора, состоящий из двух частей: 1 – из легкого материала (пенопласт); 2 – из твердого материала (минералокompозит); 3 – внешний армирующий слой стеклоткани

Слой ткани лопасти вентилятора укладываются с перегибом в комлевой части, что снижает трудоемкость изготовления, исключает дефекты смещения слоев от воздействия потока связующего при пропитке и усиливает прочность конструкции комлевой части лопасти вентилятора (рис. 9).

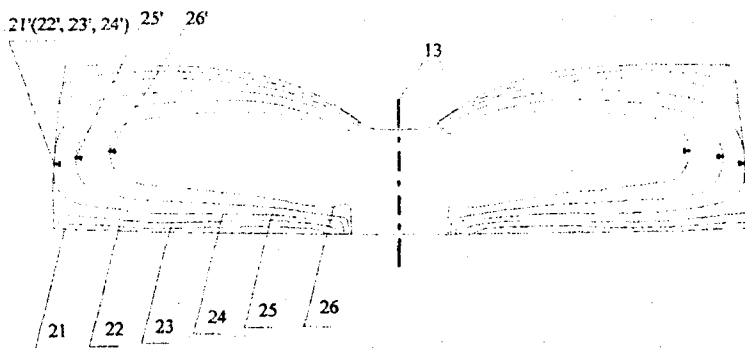


Рис. 9 Развертка лекал «спинки» и «корытца» пера лопасти объединенных в замковой части относительно оси симметрии замка

Ориентация нитей 0° и 90° целесообразна в центральных слоях 24-26 «спинки» и «корытца» пера 2 лопасти и $0^\circ - 45^\circ$ в последующих слоях 21-23 с учетом направления воздействия силовых нагрузок, кривизны поверхности лопасти, толщины силового слоя и деформационных свойств тканей с

максимально-возможным углом перекоса между нитями основы и утка, что позволяет добиться криволинейной формы слоев лопадки без дополнительных элементов формообразования (складок, швов и выточек) и увеличить сдвиговые, прочностные характеристики лопадки.

На данный способ получено решение о выдаче патента РФ на изобретение от 29.10.09.

С целью устранения смещения и расслоения слоев каркаса при укладке в пресс-форму и пропитке предложено ввести прошивку зигзагообразными строчками с заходом строчек друг на друга в 2-3 мм, что позволило создать дополнительную трехмерную каркасную армирующую структуру соединения слоев пакета. Ориентация укладываемых слоев ткани производилась относительно линии максимальных толщин L (рис.10, а). Конфигурация этой линии определяется измерением толщин объемно-пространственной модели лопадки в продольных и поперечных сечениях и показывает воздействие максимальных нагрузок на конфигурацию лопадки.

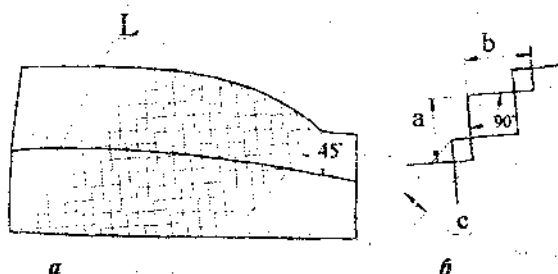


Рис. 10 а – лопадка вентилятора; б – параметры строчки

На данный способ получен патент РФ на полезную модель № 81275 от 10.03.09.

С целью совершенствования конструкции преформ вентиляторной лопадки разработан новый способ их изготовления, сущность которого заключается в том, что цельнотканый каркас состоит из нитей основы и утка, переплетающихся по зигзагообразным траекториям в продольных и

поперечных сечениях получаемого каркаса. При данном способе выведение концов нитей из переплетения каркаса не происходит, что позволяет получить полностью бесшовную разнотолщинную цельнотканую структуру каркаса. При изготовлении в качестве армирующих элементов предложено использовать готовые ленты вместо тонких волокон и нитей, что упрощает производство и повышает эффективность технологии производственного процесса, снижает временные затраты на изготовление продукции, позволяет изготавливать лопатки с повышенными прочностными характеристиками и больших размеров (рис.11).

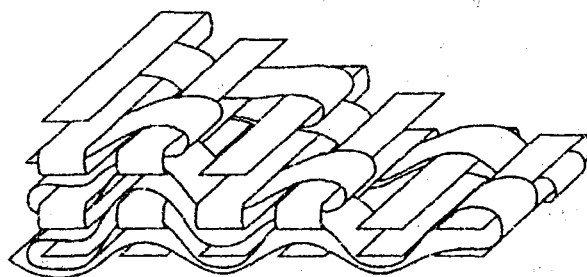


Рис. 11 Фрагмент плетения цельнотканого каркаса

На данный способ получено решение о выдаче патента РФ на изобретение от 29.10.09.

Для достижения заданной геометрической формы и совершенствования конструкции преформы лопатки разработан способ изготовления разнотолщинного цельнотканого каркаса преформы лопатки вентилятора с зональным распределением *А,Б,В,Г,Д,Е* лент различного состава, переплетения и размеров (рис. 12).

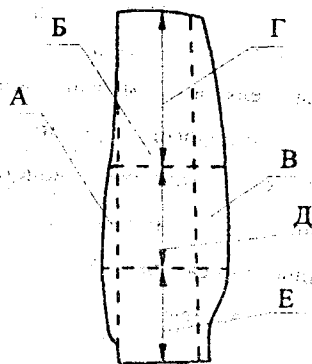


Рис. 12 Вентиляторная лопатка

При использовании данного способа появляется возможность варьирования микро и макроструктуры изделия. Подбором состава волокон и их переплетением в ленте можно влиять на микроструктуру каркаса, а подбором геометрических параметров самих лент можно влиять на макроструктуру распределения лент основы и утка в цельнотканом каркасе, что может улучшить прочностные и технические характеристики изделия, а также повысить производительность труда.

На данный способ получен патент РФ на полезную модель № 82009 от 10.04.09.

Использование разработанных способов изготовления преформ вентиляторной лопатки снижает вес изделия в результате применения облегченного сердечника, увеличивает прочность изделия из-за отсутствия швов, уменьшает расслаиваемость и сдвиг слоев путем трехмерного армирования, что повышает технические характеристики и эксплуатационную надежность изделия. Кроме этого, данные способы позволяют сократить отходы и автоматизировать процесс производства.

Разработанные методы проектирования и способы изготовления текстильных армирующих каркасов лопаток вентиляторов апробированы в условиях производства ОАО НИАТ. Изготовленные образцы вентиляторных

лопаток авиационного двигателя из композиционных материалов прошли неразрушающий контроль, а технология их изготовления рекомендована для производства. Образцы лопаток вентилятора демонстрировались на выставках Международных салонов инноваций и инвестиций в 2008 и 2009 гг., г. Москва, Международном авиакосмическом салоне МАКС 2009 г. Жуковский, отмечены дипломами выставки и серебряной медалью,

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ современного уровня развития технологии производства композитных изделий показал необходимость и перспективность дальнейшей разработки методов проектирования и способов изготовления трехмерных разнотолщинных тканевых и тканых каркасов.
2. Исследование процесса проектирования и изготовления преформ лопаток вентилятора авиационного двигателя в условиях производства ОАО Национального института авиационных технологий показало необходимость повышения эффективности технологического процесса путем применения швейных и текстильных технологий.
3. Разработан метод проектирования трехмерных многослойных разнотолщинных оболочек переменной кривизны из тканей с учетом ориентации слоев по линии максимальных толщин и топографии рельефа оболочки, позволяющий более точно определить конфигурацию слоев и их количество.
4. Разработан способ изготовления многослойной преформы лопатки вентилятора с внутренним облегченным сердечником, перегибом слоев в комлевой части, позволяющий уменьшить вес, снизить материалоемкость изделия, стабилизировать технологические процессы сборки и пропитки с целью повышения качества изделия. Получено решение о выдаче патента РФ на изобретение от 29.10.09.
5. Разработан способ армирования облегченного сердечника из двух частей пенопласта и минералокомпозита путем внедрения наружного слоя

стеклоткани. Получен патент на полезную модель № 89189 от 03.09.09.бюл.33

6. Разработан способ прошивки многослойных преформ зигзагообразной строчкой, позволяющий предотвратить появление сдвигов и расслаивания слоев ткани при технологической пропитке и эксплуатации изделий. Получен патент на полезную модель № 81275 от 10.03.09.
7. Исследован процесс формообразования бесшовных разнотолщинных цельнотканых каркасов путем моделирования и экспериментального изготовления макетов лопатки вентилятора из лент, выявлены особенности геометрического строения их трехмерной тканой структуры, которая может быть охарактеризована двенадцатиреберными структурными ячейками.
8. Разработаны рациональные структуры тканых каркасов из лент разной ширины, переменной конфигурации и растяжимости, позволяющие за счет оптимального распределения лент основы и утка улучшить прочностные и технические характеристики изделия, а также повысить производительность труда по сравнению с изготовлением каркасов из нитей и волокон.
9. Разработан автоматизированный метод проектирования структуры и формы трехмерного разнотолщинного тканого каркаса, который позволяет при заданных геометрических параметрах нитей или лент (ширины и толщины) рассчитать патрон переплетения.
10. Разработан способ изготовления бесшовного трехмерного разнотолщинного цельнотканого каркаса лопатки вентилятора из лент с прокладыванием основы и утка по непрерывным зигзагообразным траекториям в сечениях каркаса, позволяющий повысить прочность структуры каркаса посредством исключения выводимых концов лент из переплетения. Получено решение о выдаче патента РФ на изобретение от 29.10.09
11. Разработан способ изготовления объемной разнотолщинной цельнотканой лопатки с зональным распределением лент разной ширины, который упрощает и повышает эффективность производственного процесса, снижает

его трудоемкость и позволяет изготавливать изделия больших размеров
Получен патент на полезную модель № 82009 от 10.04.09. бюл. №10.

12. Промышленная апробация результатов работы на ОАО Национальном институте авиационных технологий при изготовлении преформ лопатки вентилятора авиационного двигателя показала эффективность перспективность внедрения текстильных и швейных технологий для формирования инновационных изделий из композиционных материалов.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Ерёмкин Д.И., Базаев Е.М. Разработка макета цельнотканого трехмерного каркаса лопатки вентилятора. – В кн.: Непрерывное профессиональное образование в области технологии, конструирования изделий легкой промышленности: Сб. научных статей аспирантов и молодых ученых VI Международной научно-методической конференции. МГУДТ, 2007. С. 83-85.

2. Ерёмкин Д.И. Базаев Е.М. Исследование формы поверхности лопатки вентилятора методом топографии. – Сборник докладов научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых II Московского фестиваля науки. – МГУДТ, 2007. с.125-129.

3. Базаев Е.М., Ерёмкин Д.И., Литвинов В.Б., Токсанбаев М.С. Разработка преформы цельнотканого трехмерного каркаса вентиляторной лопатки. Журнал «Авиационная промышленность» №1, 2008. с.42-44.

4. Ерёмкин Д.И., Базаев Е.М., Андреева Е.Г., Токсанбаев М.С. Отработка технологического процесса изготовления тканевой оболочки вентиляторной лопатки авиационного двигателя. – Сборник докладов межвузовской научной практической конференции «Инновационные и наукоемкие технологии легкой промышленности» МГУДТ, 2008., с.95-98.

5. Руднева Т.В., Базаев Е.М., Ерёмкин Д.И. Изготовление макетов преформ деталей самолетов способом плетения. Тезисы докладов 60-й научной конференции студентов «Молодые ученые XXI в». МГУДТ, 2008., с.145.

6. Базаев Е.М., Андреева Е.Г., Ерёмкин Д.И. и др. Внедрение текстильных и швейных технологий в авиационную промышленность. – Журнал «Швейная промышленность» № 5.2008, с. 42-43.

7. Ерёмкин Д.И., Базаев Е.М. Анализ способов изготовления лопаток вентилятора турбореактивного двигателя – Сборник докладов научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. III Московский фестиваль науки. М.: ИИЦ МГУДТ, 2008. с.38-40.

8. Чижова А.А., Базаев Е.М., Ерёмкин Д.И. Технологический процесс изготовления тканевых оболочек для технических изделий. Тезисы докладов 61-й научной конференции студентов «Молодые ученые XXI в». М.: ИИЦ МГУДТ, 2009., с.156.

9. Литвинов В. Б., Токсанбаев М.С., Базаев Е. М., Ерёмкин Д.И. Композитная лопатка, преимущественно для вентиляторов авиационных двигателей // Патент на полезную модель № 81275 (РФ) от 10.03.2009.

10. Литвинов В. Б., Токсанбаев М.С., Базаев Е. М., Ерёмкин Д.И. Композитная лопатка вентилятора // Патент на полезную модель № 82009 (РФ) от 10.04.2009. Бюл. № 10

11. Базаев Е.М., Андреева Е.Г., Ерёмкин Д.И. Проектирование трехмерных геометрических структур объемных тканых оболочек криволинейных форм. – Журнал «Швейная промышленность» № 4.2009, с. 25.

12. Литвинов В. Б., Токсанбаев М.С., Базаев Е. М., Ерёмкин Д.И., Артемьев А. В. Композитная лопатка, преимущественно для вентиляторов авиационных двигателей с пенопластовым сердечником// Патент на полезную модель № 89189 (РФ) от 03.11.2009. бюл. № 33

ЕРЁМКИН ДЕНИС ИВАНОВИЧ

**Разработка метода проектирования и способа изготовления
трехмерных разнотолщинных тканых каркасов**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Усл. печ. - 1 п.л. Тираж 80 экз. Заказ № 032/10
Информационно-издательский центр МГУДТ
117 997, Москва, ул. Садовническая 33, стр.1
отпечатано в ИИЦ МГУДТ
