

На правах рукописи

**Ланшаков Денис Евгеньевич**

**Разработка технологий и конструкций  
сложных цельновязанных изделий на базе комплексной  
автоматизированной системы**

**Специальность 05.19.02 – Технология и первичная обработка текстильных  
материалов и сырья**

**АВТОРЕФЕРАТ**

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

**Москва – 2014 г.**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии» на кафедре технологии трикотажного производства.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
**Колесникова Елена Николаевна**

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор кафедры  
«Технологии ткани и трикотажа» ФГБОУ ВПО  
«Московский государственный университет  
технологий и управления имени  
К.Г. Разумовского»  
**Строганов Борис Борисович**

кандидат технических наук, исполняющий  
обязанности заведующего лабораторией  
центрального научно-исследовательского  
института машиностроения  
**Николаев Владимир Дмитриевич**

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный  
политехнический университет  
(текстильный институт)»

Защита состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г. в \_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.06 при Московском государственном университете дизайна и технологии, по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, 33, стр. 1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии».

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор технических наук,  
профессор

Кирсанова Елена Александровна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность работы.**

В настоящее время ограничения и затруднения в проектировании цельновязаных изделий при разработке нового ассортимента, особенно технического или сувенирного назначения, заключаются в необходимости использования, совместно с методами разработки технологии вязания, различных методик конструирования, которые зачастую применяются при проектировании швейных изделий.

Современные системы проектирования, используемые для разработки программ вязания, не позволяют выполнять конструкторскую подготовку цельновязаных изделий по различным методикам конструирования, что связано с отсутствием необходимого набора инструментов конструирования и сопряженных с ними технологических модулей. Поэтому в настоящее время проектирование цельновязаных изделий выполняется только на основе заранее заданных шаблонов, имеющихся в базе системы проектирования, тем самым создавая ограничения и затруднения при разработке нового ассортимента.

Исходя из выше сказанного, актуальность данной диссертационной работы заключается в разработке технологии получения сложных цельновязаных изделий за счет совершенствования методов проектирования, позволяющих использовать любую методику конструирования, что позволит получить качественные цельновязаные изделия, сократить издержки на их проектирование и расширить ассортимент, выпускаемых цельновязаных изделий.

### **Автор защищает:**

- метод конструкторской подготовки сложного цельновязаного изделия, учитывающий использование любой методики конструирования;
- технологию получения качественного узла соединения в сложном цельновязаном изделии с учетом использования кривых Безье на этапе конструкторской подготовки;
- технологию и метод моделирования выпуклого участка трикотажа, формируемого за счет провязывания дополнительных петельных рядов;
- новый способ проектирования выпуклого участка трикотажа, формируемого за счет замены выпуклости, образованной швейной вытачкой, на геометрически аналогичную выпуклость, получаемую за счет провязывания дополнительных петельных рядов.

**Цель работы** заключается в разработке технологий и конструкций сложных цельновязаных изделий, а также повышении их качества за счет совершенствования процесса проектирования, выполняемого на базе комплексной автоматизированной системы.

**Задачами исследований является:**

- проведение анализа современных методик конструирования и систем автоматизированного проектирования, используемых на швейном и трикотажном производствах;
- разработка технологического модуля перехода от конструирования к разработке технологии вязания, с учетом возможности использования при конструировании любых методик конструирования;
- разработка технологии получения сложных узлов соединения в цельновязанных изделиях с учетом технологических возможностей вязальных машин и параметров полотна;
- разработка технологии получения качественной посадки цельновязаного изделия на теле человека за счет формирования необходимого рельефа при помощи частичного вязания;
- определение факторов, влияющих на отклонение полученной выпуклости от спроектированной.

**Методики проведения исследований.**

В процессе выполнения данной диссертационной работы использовались теоретические и экспериментальные методы исследования:

- методы системного анализа и синтеза;
- теория вязания и строения трикотажа;
- методы конструкторской подготовки трикотажных и швейных изделий;
- математическое моделирование;
- объектно-ориентированное программирование;
- аппроксимация и интерполирование объектов.

Обработка данных, получаемых в результате экспериментальных исследований, а также математическое моделирование выполнялось при помощи языка программирования C++ в среде разработки MS Visual Studio 2010. Разработка программ вязания выполнялось в САПР M1 3.15 фирмы STOLL.

Экспериментальные исследования осуществлялись на производственной базе ООО «Пафос» в городе Москве с использованием плосковязальных машин CMS 340 TC-L класса 6.2, а также CMS 340 TC-KW класса 7.2 фирмы STOLL.

**Научная новизна** диссертационных исследований заключается в том, что автором впервые получены следующие результаты:

- предложен метод проектирования узла соединения цельновязаного изделия за счет балансирования-выравнивания элементов на соединяемых кромках;

- разработан алгоритм определения положения линии в узле соединения цельновязаного изделия, после которой соединяемые кромки будут иметь разное количество петельных рядов;
- на основе кривых Безье разработан метод моделирования выпуклого участка трикотажа, получаемого за счет провязывания дополнительных петельных рядов;
- предложен алгоритм расчета выпуклого участка трикотажа с учетом провязывания дополнительных петельных рядов переменной ширины;
- разработан способ проектирования выпуклого участка трикотажа за счет замены выпуклости, образованной швейной вытачкой, на геометрически аналогичную выпуклость, формируемую за счет провязывания дополнительных петельных рядов;
- предложена технология вязания выпуклого участка трикотажа, использующая в вязании один или два нитеводителя;
- создан алгоритм расчета сбавок (прибавок) по контуру развертки детали с учетом задаваемых технологических ограничений;
- разработано специальное программное обеспечение “DESIGNER K-WEAR”, позволяющее выполнять конструкторскую подготовку сложных цельновязаных изделий по любой методике конструирования с учетом задаваемых технологических ограничений (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013618038).

### **Практическая ценность:**

- расширение ассортиментного ряда, выпускаемых цельновязаных изделий;
- повышение уровня качества и технологичности узла соединения;
- сокращение времени (в среднем на 48,8%), затрачиваемого на проектирование;
- увеличение эффективности работы специалистов отдела проектирования (в среднем на 36,8%);
- сокращение расхода сырья, затрачиваемого на отработку образцов при проектировании новой модели;

### **Апробация работы.**

Основные положения докладывались и обсуждались на внутривузовской научной студенческой конференции «Текстиль XXI века», Всероссийской научной студенческой конференции «Текстиль XXI века», были опубликованы тезисы на иностранном языке во внутривузовском издании. Кроме того успешно выполнено внедрение, разработанного специального программного обеспечения “DESIGNER K-WEAR” в трикотажное производство ООО «Пафос», что подтверждено актом о внедрении.

### **Публикации.**

По результатам диссертации опубликовано две статьи в изданиях, рекомендованных ВАК.

На разработанное программное обеспечение “DESIGNER K-WEAR” получено свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2013618038.

### **Объем и структура работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка литературы, состоящего из 34 источников, и приложения А. Диссертационная работа содержит 187 страниц машинного текста, 76 рисунков, 13 таблиц и 91 формулу.

Приложение А содержит 69 страниц машинного текста, 36 рисунков и 14 таблиц. Приложение А включает описания команд конструирования и расчета технологии трикотажных изделий разработанного программного обеспечения “DESIGNER K-WEAR”.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы научная новизна и практическая значимость. Определены цель и задачи исследований.

**В первой главе** выполнен анализ известных методов конструирования швейных и трикотажных изделий, а также известных систем автоматизированного проектирования, использующихся в легкой промышленности России. В результате проведенного анализа было установлено, что на рынке отсутствует программное решение, позволяющее выполнить переход от конструирования цельновязаного изделия к разработке программы вязания, при условии, что конструкторская подготовка цельновязаного изделия может выполняться с использованием любой методики конструирования.

Исследования этапа проектирования сложных цельновязанных изделий показали, что основные проблемы и затруднения, возникают при проектировании узлов соединения и формировании рельефа, необходимого для получения качественной посадки готового изделия на теле человека.

Определен наиболее рациональный способ формирования рельефа на цельновязаном изделии, основанный на провязывании неполных дополнительных петельных рядов между основными петельными рядами.

**Во второй главе** разработана концепция проектирования сложных цельновязанных изделий, основанная на использовании конструктором и дессинатором общего типа данных, который является основным типом данных комплексной системы проектирования.

Введено понятие «*комплексная система проектирования*», которое обозначает совокупность взаимодополняющих программных и технических решений, используемых для частичной или полной автоматизации этапа проектирования цельновязанных изделий (рисунок 1).

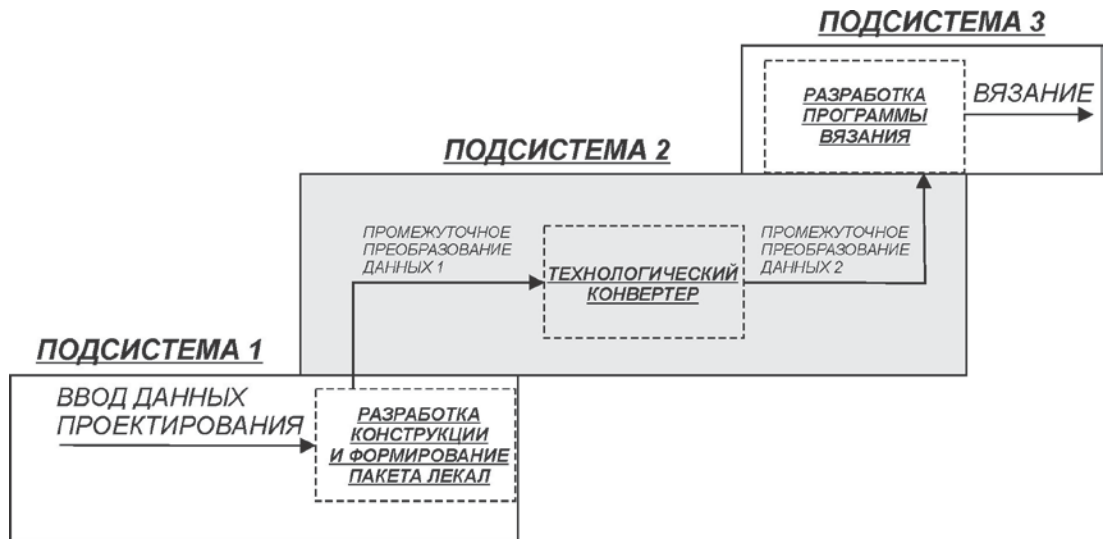


Рисунок 1 – Схема комплексной системы проектирования

Согласно рисунку 1:

- подсистемой 1 может являться полноценная система конструирования, используемая на швейном производстве, векторный графический редактор или любое другое программное решение, где графический объект имеет аналитическую форму записи;
- суть работы подсистемы 2 заключается в преобразовании, сформированного в подсистеме 1 пакета лекал, в массив данных, необходимых для разработки программы вязания;
- на месте подсистемы 3 выступает система автоматизированного проектирования, используемая для разработки технологии вязания на трикотажном производстве. Результатом работы подсистемы 3 будет являться программа вязания.

В качестве графических объектов, используемых для конструкторской подготовки, проектируемых изделий выбраны кривые Безье первой, второй и третьей степени, что обусловлено результатами проведенного анализа часто используемых графических объектов в конструировании. Кроме того использование кривых Безье позволит осуществить переход от конструирования к разработке программы вязания.

Разработана методика расчета сбавок (прибавок) с учетом задаваемых технологических ограничений, например, с ограничением по максимальной сбавке в петельном ряду, по профилю кривой Безье.

Методика основана на аппроксимации кривой Безье ячейками петли, где ячейка петли представляет собой упрощенную модель одной трикотажной петли (рисунок 2). Причем для левой или правой кромок используется свой тип ячейки петли.

Суть аппроксимации кривой Безье ячейками петли заключается в нахождении на каждом шаге аппроксимации значений координат крайней

верхней внешней точки ячейки, являющейся наиболее близкой к точке, принадлежащей кривой.

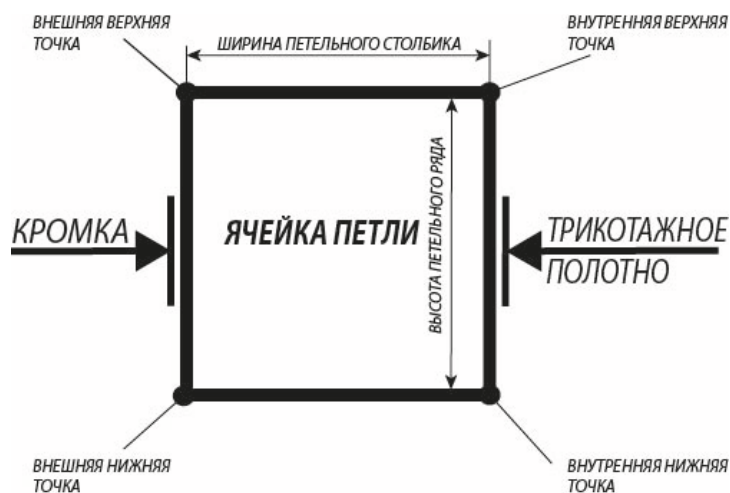


Рисунок 2 – Ячейка петли для аппроксимации левой кромки

Упрощенная форма трикотажной петли в виде ячейки позволяет:

- выполнять точную аппроксимацию графического объекта;
- выполнять расчет сбавок (прибавок) по профилю графического объекта, исключив этап его аппроксимации прямыми отрезками;
- разделять графический объект на любое количество участков, задаваемой высоты, где высота участка может быть задана количеством петельных рядов;
- устанавливать для каждого участка дополнительные ограничения (максимальная сбавка в ряду или сбавка через ряд и т.д.) при аппроксимации в автоматическом режиме.

**В третьей главе** разработаны технологии и технологические модули, позволяющие выполнять автоматический расчет узлов соединения в сложных цельновязаных изделиях, а также проектировать рельеф, формируемый за счет провязывания дополнительных петельных рядов.

Технология проектирования узлов соединения основана на балансировании-выравнивании элементов соединения, где элементом соединения является трикотажная петля, расположенная на кромке соединения и участвующая в соединении деталей цельновязаного изделия. Введено понятие «балансирование-выравнивание элементов соединения», обозначающее процесс введения или уменьшения сбавок (прибавок), а также дополнительных петельных рядов или столбиков, обеспечивающих получение качественного соединения деталей цельновязаного изделия, при этом обеспечивая технологически возможный, при вязании изделия, процесс соединения.

Предложен алгоритм нахождения линии (Линия 1 на рисунке 3) в узлах соединения цельновязаных изделий, до которой число элементов соединения на



кромках соединяемых деталей одинаково и после которой требуется выполнять балансирование-выравнивание элементов соединения.

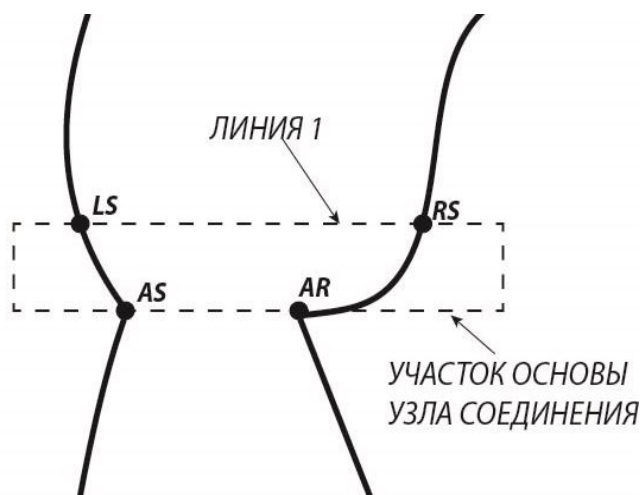


Рисунок 3 – Основа узла соединения

При определении положения Линии 1 в узле соединения цельновязаного изделия на этапе аппроксимации кромок соединения деталей выполняется расчет длин участков кривых от точки начала кривой до точки, лежащей на кривой и имеющей ординату равную ординате внешней верхней точки ячейки аппроксимации. На рисунке 3 точками, лежащими на кривой, являются точки LS и RS. Так как для различных узлов соединения положение Линии 1 будет всегда разным, следовательно, координаты точек LS и RS для каждого узла соединения будут различны. Причем в процессе аппроксимации с каждым шагом координаты данных точек будут меняться.

Введено понятие «участок сравнения», которое обозначает участок кривой, начало которого лежит в нижней точке кромки соединения, а конец – в точке LS, если кромка соединения относительно детали, которой принадлежит LS, является правой, или в точке RS, если кромка соединения – является левой.

С каждым шагом аппроксимации выполняется расчет длины участка сравнения для каждой кромки соединения. Условием останова поиска является следующее выражение:

$$|L_1 - L_2| \geq ks * B, \quad (1)$$

где  $L_1$  – длина участка сравнения левой кромки соединения;

$L_2$  – длина участка сравнения правой кромки соединения;

$ks$  – коэффициент сравнения;

$B$  – высота петельного ряда.

Рекомендуемое значение  $ks = 0,6$ . Данное значение коэффициента сравнения получено экспериментально за счет анализа различных профилей кромок соединения (30 профилей) и подбора к ним значения коэффициента сравнения ( $ks$ ), при котором вероятность возникновения ошибки определения положения Линии 1 минимальна.

Суть данного условия (1) заключается в определении абсолютной величины разности длин участков сравнений и последующем сравнении этого значения с

высотой петельного ряда. Сравнение с высотой петельного ряда позволит установить границу, после которой кромки соединения имеют разное количество петельных рядов.

В целях устранения возможности образования некачественного соединения деталей в узле соединения, а также снижения напряжения на иглах в процессе выполнения узла соединения, количество соединяемых элементов по кромкам соединения должно быть одинаковым. Причем балансирование элементов соединения в узле соединения должно выполняться после Линии 1, иначе возможно появление отклонения профиля полученной линии соединения от профиля спроектированной линии в узле соединения.

Поэтому значение отклонения длин участков сравнения относительно друг друга  $|L_1 - L_2|$  меньше, чем высота петельного ряда, иначе рассчитанное положение Линии 1 будет ошибочно.

Балансирование-выравнивание, в зависимости от типа кромок соединения, может выполняться только по левой кромке соединения, по правой кромке соединения или комбинированно, т.е. по обеим кромкам соединения одновременно.

Установлено, что наиболее рациональным методом балансирования-выравнивания является комбинированный, позволяющий получить эстетически и технологически качественный узел соединения, при этом максимально конструктивно приближенный к узлу, полученному на этапе конструкторской подготовки.

Разработаны технология и модуль проектирования рельефа, основанные на проектировании выпуклого участка трикотажа, получаемого за счет провязывания неполных дополнительных петельных рядов (2,4,6 на рисунке 4), что необходимо для обеспечения качественной посадки готового изделия на теле человека.

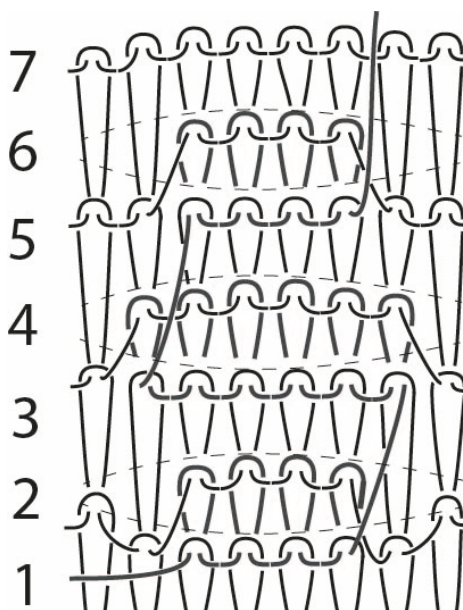


Рисунок 4 – Участок с дополнительными петельными рядами

Экспериментально определен коэффициент ( $k$ ), корректирующий выпуклость участка трикотажа для кулирной глади, ластика и интерлока (таблица 1). Данный коэффициент учитывает свойства переплетений, физико-механические свойства пряжи и изменения, получаемые трикотажем после термической обработки, а также в процессе эксплуатации изделия. В промышленных условиях  $k$  рационально определять экспериментально по следующей формуле:

$$k = \frac{LV_1}{LV_2}, \quad (2)$$

где  $LV_1$  – длина фактической выпуклости;

$LV_2$  – длина смоделированной выпуклости, определяемой по формуле:

$$LV_2 = \sum_{i=1}^n BO + \sum_{j=1}^m BD, \quad (3)$$

$BO$  – высота основного петельного ряда в равновесном состоянии;

$BD$  – высота дополнительного петельного ряда в равновесном состоянии;

$n$  – количество основных петельных рядов на участке выпуклости;

$m$  – количество дополнительных петельных рядов на участке выпуклости.

Таблица 1 – Значения коэффициента корректирующего выпуклость для различных типов переплетений

Тип переплетения	Тип сырья	Линейная плотность пряжи, Текс	Значение коэффициента
Кулирная гладь	Хлопчатобумажная пряжа	26*2	0,945
	Полушерстяная пряжа (70% акрил, 30% меринос)	32*2	0,912
Ластик 1+1	Хлопчатобумажная пряжа	26*2	0,895
	Полушерстяная пряжа (70% акрил, 30% меринос)	32*2	0,864
Интерлок	Хлопчатобумажная пряжа	26*2	0,840
	Полушерстяная пряжа (70% акрил, 30% меринос)	32*2	0,810

Разработаны технологии получения выпуклостей при использовании одного и двух нитеводителей.

Установлено, что при вязании дополнительных петельных рядов с использованием двух нитеводителей, требуется применение специальных интарзионных нитеводителей, при этом получаемая выпуклость будет максимально приближена к смоделированной выпуклости.

Более рациональным является способ получения выпуклостей при использовании одного нитеводителя, который позволяет исключить в технологическом процессе вязания холостые ходы и сократить расход пряжи на дополнительные петельные ряды, за счет уменьшения длин протяжек при

переходе от вязания одного петельного ряда к другому, а также исключения протяжек, образуемых при включении и выключении нитеводителей.

Разработана технология получения выпуклых участков трикотажа, формируемых за счет замены выпуклости, образованной швейной вытачкой, на геометрически аналогичную выпуклость, формируемую за счет провязывания неполных дополнительных петельных рядов.

**В четвертой главе** выполнено проектирование женского цельновязаного джемпера 46-го размера с использованием, разработанного программного обеспечения “DESIGNER K-WEAR”, которое было разработано согласно концепции комплексной системы проектирования, для разработки которого использовались язык программирования C++ и среда разработки MS Visual Studio 2010.

Данное программное обеспечение позволяет создавать конструкции проектируемых изделий, формировать на их основе лекала, рассчитывать необходимые сбавки (прибавки) и т.п., кроме того, дает возможность для более подробной проработки узлов соединения в цельновязаном изделии (за счет использования комбинированных типов соединения), получения выпуклостей, образуемых за счет провязывания дополнительных петельных рядов двумя способами вязания (одним нитеводителем или двумя), а также позволяет заменить выпуклость, образованную швейной вытачкой, на выпуклость, формируемую при помощи частичного вязания. Кроме этого в “DESIGNER K-WEAR” реализована возможность динамического отслеживания геометрических отклонений аппроксимированного профиля лекала от исходного профиля, полученного при конструировании. С помощью чего можно сделать выбор не только в сторону повышения производительности вязального оборудования за счет частичного ухудшения посадки изделия или наоборот, но и прийти к компромиссу, включающему в себя получение качественной посадки и технологичного вязания, при этом, не снижая производительность оборудования.

Программное обеспечение “DESIGNER K-WEAR” является дополнительным техническим решением, расширяющим возможности систем проектирования, поставляемых производителями вязального оборудования.

В данной диссертационной работе, разработанное программное обеспечение, использовалось совместно с системой автоматизированного проектирования Stoll M1 3.15.

Проведенный расчет экономической эффективности внедрения результатов диссертационного исследования в виде, разработанного программного обеспечения “DESIGNER K-WEAR” и применении его в проектировании показал, что она будет составлять 36,8%, в сравнении с выполнением проектирования без этого программного обеспечения, при этом время, затрачиваемое на проектирование, сократилось на 48,8%.

По разработанной технологии выработано 200 штук изделий на предприятии по выпуску верхнего трикотажа ООО «Пафос».

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Проведенный анализ известных автоматизированных систем проектирования, применяемых в швейном и трикотажном производствах, показал, что проектирование сложных цельновязанных изделий является актуальным и перспективным направлением, что позволяет сократить время их разработки и повысить качество.
2. Разработан метод перевода лекал цельновязанных изделий, выполненных по швейной технологии, на технологию для трикотажного производства, реализованного на базе использования кривых Безье.
3. Разработана технология балансирования-выравнивания элементов соединения по кромкам соединения, что необходимо для проектирования технологически и конструктивно качественного узла соединения деталей, имеющих разные по форме и не равные по размеру соединяемые кромки.
4. Разработан метод проектирования выпуклых участков трикотажа, получаемых за счет провязывания дополнительных петельных рядов, что позволяет улучшить качество посадки изделия.
5. Установлено, что наиболее рациональным способом получения выпуклого участка трикотажа является способ, при котором вязание основных и дополнительных петельных рядов выполняется одним нитеводителем, однако, для получения более качественной выпуклости следует использовать специальный дополнительный нитеводитель, интарзионного типа, при этом для формирования сложных трехмерных выпуклостей целесообразно провязывать дополнительные петельные ряды переменной ширины.
6. Разработана технология и алгоритм расчета замены вертикальных и горизонтальных выточек на геометрически аналогичную выпуклость, получаемую за счет провязывания дополнительных петельных рядов.
7. Разработан алгоритм расчета сбавок (прибавок) за счет аппроксимации контура лекала ячейками петли с учетом задаваемых технологических ограничений вязального оборудования.
8. Выполнена апробация, разработанных методов проектирования, на производственной базе ООО «Пафос» при использовании программного обеспечения «DESIGNER K-WEAR» и САПР Stoll M1 3.15, в результате чего экономическая эффективность работы конструктора и дессинатора в среднем составила 36,8%.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ОПУБЛИКОВАНЫ В РАБОТАХ:

- Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2013618038 // Российская Федерация // DESIGNER K-WEAR // Ланшаков Д.Е. – 2013.
- Е.Н. Колесникова, Д.Е. Ланшаков. Проектирование технологии вязания плечевых цельновязаных изделий с втачным типом рукава. // Известия вузов. Технологии текстильной промышленности. – 2012. - №1(337). Лично автором 6 стр.
- Е.Н. Колесникова, Е.А. Скопинцева, Т.В. Муракаева, Д.Е. Ланшаков. Методика проектирования технологии соединения оката рукава и проймы стана цельновязаного изделия, вырабатываемого на плосковязальной машине. // Известия вузов. Технологии текстильной промышленности. – 2011. - №3(332). Лично автором 3 стр.
- Е.Н. Колесникова, Д.Е. Ланшаков. Расчет плечевых цельновязаных изделий с втачным типом рукава. // Тезисы докладов. Сборник научных трудов аспирантов. – 2011.
- Е.Н. Колесникова, Д.Е. Ланшаков. Расчет плечевых цельновязаных изделий с втачным типом рукава. // Тезисы докладов. Внутривузовская научная студенческая конференция «Текстиль XXI века» – 2010.
- Е.Н. Колесникова, Д.Е. Ланшаков. Расчет плечевых цельновязаных изделий с втачным типом рукава. // Тезисы докладов. Всероссийская научная студенческая конференция «Текстиль XXI века» – 2010.

**Ланшаков Денис Евгеньевич**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ И КОНСТРУКЦИЙ СЛОЖНЫХ  
ЦЕЛЬНОВЯЗАНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА БАЗЕ КОМПЛЕКСНОЙ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата  
технических наук

Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж 70 экз. Заказ № \_\_\_\_\_  
Информационно-издательский центр МГУДТ  
117997, г. Москва, ул. Садовническая, 33, стр. 1  
Тел./факс: (495) 506-72-71  
e-mail: [rfrost@yandex.ru](mailto:rfrost@yandex.ru)  
Отпечатано в ИИЦ МГУДТ