

677.075  
к89

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УДК (677.025.54:61):677.075.54.017

**КУКУШКИН МАКСИМ ЛЕОНИДОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ  
ЭЛАСТИЧНЫХ ЧУЛОЧНО-НОСОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Специальность 05.19.02-

«Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья»

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Витебск, 2002

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Эластичные чулочно-носочные изделия используются для профилактики и лечения заболеваний кровеносных сосудов нижних конечностей. Это распространенное заболевание, которому подвержены люди, проводящие много времени на ногах в малоподвижном состоянии. По данным медицинских учреждений, таким заболеванием страдает каждый десятый житель республики. Заболевание характеризуется отечностью ног, болями и потерей трудоспособности. При тяжелых формах заболевания необходимо хирургическое вмешательство с последующим реабилитационным периодом. На ранних стадиях болезни применение компрессионных изделий способствует регрессии процесса. Для лечения используются эластичные бинты и эластичные чулки, носки, колготки. Использование эластичных чулочных изделий более практично по сравнению с эластичными бинтами, и более эффективно благодаря необходимому распределению давления по длине изделия. Спрос на эластичные медицинские изделия является постоянным.

В настоящее время несмотря на развитость трикотажной промышленности в Республике Беларусь медицинские чулочно-носочные изделия для лечения больных с заболеваниями вен нижних конечностей не производятся, а закупаются за рубежом в количествах, недостаточных для удовлетворения спроса населения. Основной причиной этому является высокая стоимость готовых изделий и специализированного оборудования фирм-производителей для вязания медицинских чулочно-носочных изделий.

Высокоэластичные медицинские чулочно-носочные изделия необходимы для медицинских учреждений как лечебно-терапевтическое средство и для населения как средство профилактики болезней сосудов конечностей. Создание технологии производства медицинских эластичных чулочно-носочных изделий на оборудовании, имеющемся в достаточном количестве на предприятиях легкой промышленности РБ позволит удовлетворить спрос на эти изделия и отказаться от их импорта.

**Связь работы с крупными научными программами, темами.** Работа проводилась в рамках государственной научно-технической программы "Сердечно-сосудистые заболевания" совместно с Белорусским НИИ кардиологии, республиканской научно-технической программы "Здоровье" по заданию "Разработать трикотаж для медицинских целей", в соответствии с хоздоговором № 423 "Провести токсикологические и клинические испытания опытных образцов трикотажа медицинского назначения" в 1996-1997 гг., по государственному договору № 377 "Разработать трикотаж для медицинских целей" (№ госрегистрации 1996133) в 1996 г., №

255 "Разработка и исследование эластичных чулочно-носочных изделий медицинского назначения"

(№ госрегистрации 19981049) в 1998-1999 гг., в соответствии с государственной научно-технической программой «Легкая промышленность» по заданию № 107 "Разработать лечебно-профилактические колготки малой компрессии и внедрить технологию их производства" (№ госрегистрации 2000167) в 1999-2000гг.

**Цель и задачи исследования.** Целью диссертационной работы является разработка и исследование чулочно-носочных изделий медицинского назначения. В соответствии с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

- ♦ разработать конструкцию механизма принудительной подачи эластичной нити и провести модернизацию промышленного чулочно-носочного автомата для изготовления компрессионных чулочно-носочных изделий медицинского назначения;

- ♦ разработать ассортимент эластичных чулочно-носочных изделий для профилактики и лечения заболеваний вен нижних конечностей;

- ♦ провести технологический расчет ассортимента медицинских изделий для изготовления его на модернизированном серийном оборудовании;

- ♦ исследовать процессы изготовления разработанных компрессионных изделий;

- ♦ изучить взаимосвязи параметров компрессионных медицинских изделий и оказываемого ими давления;

- ♦ разработать методику подбора эластичных чулочно-носочных изделий в соответствии с медицинскими требованиями;

- ♦ разработать и исследовать процессы пошива компрессионных медицинских изделий;

- ♦ провести экспериментальные исследования потребительских свойств компрессионных медицинских изделий;

- ♦ разработать нормативно-техническую документацию на производство медицинских чулок, полу чулок, колготок;

- ♦ провести токсиколого-гигиенические и клинические исследования разработанных медицинских компрессионных изделий;

- ♦ получить разрешение Минздрава РБ на использование разработанных изделий в медицинской практике.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования являются изделия медицинского назначения, изготовленные трикотажным способом производства. Предметом исследования являются эластичные чулочно-



носочные изделия медицинского назначения и процессы их производства и эксплуатации.

**Методология и методы проведенного исследования.** Проведенные исследования базируются на теоретических и экспериментальных работах отечественных ученых. При выполнении теоретических исследований использовались положения теоретической механики, теории механизмов и машин, сопротивления материалов, методы геометрического моделирования переплетений, теории планирования эксперимента.

Экспериментальные исследования проводились в условиях лаборатории кафедры "Технология трикотажного производства" на специально разработанных стендах и на предприятии (Витебское ОАО "КИМ"). Обработка числовых данных экспериментов осуществлялась с помощью ЭВМ. Медицинские исследования изделий проводились в Белорусском НИИ кардиологии (г. Минск), 4-ой городской клинической больнице г. Минска, на кафедре хирургии Белорусского государственного института усовершенствования врачей (г. Минск).

**Научная новизна полученных результатов.** Научная новизна заключается в следующем:

- ♦ разработана общая структура управляемого механизма нитеподдачи чулочного автомата;
- ♦ разработаны новые устройства принудительной подачи эластомерной нити на чулочном автомате;
- ♦ впервые разработаны геометрические модели комбинированного трикотажного переплетения с различными деформационными состояниями структуры;
- ♦ разработана методика поэтапного расчета чулочных изделий с содержанием в структуре эластичной нити;
- ♦ развита методика теоретического определения давления оболочки на цилиндрическое тело и методика составления шкал подбора изделий на типовые фигуры человека;
- ♦ впервые разработана методика определения давления упругой оболочки на геометрическую модель тела и пересчета результатов на реальную фигуру;
- ♦ разработана математическая модель зависимости давления эластичной оболочки на поверхность от параметров структуры комбинированного трикотажного переплетения.

**Практическая значимость полученных результатов.** Практическая значимость заключается в следующем:

- ♦ впервые практически доказана возможность выработки медицинских компрессионных чулочных изделий на неспециализированной машине;

♦ впервые проведена модернизация серийного чулочно-носочного автомата с целью изготовления медицинских полчулок, чулок и колготок с использованием разработанных устройств подачи эластомерной нити;

♦ разработан ассортимент чулочных изделий для компрессионной терапии нижних конечностей;

♦ сконструирована установка для определения величины давления, возникающего в компрессионном изделии при надевании;

♦ установлено распределение давления изделий на различные фигуры с целью правильного подбора изделий к месту применения;

♦ разработан пакет документов для промышленного производства медицинских эластичных чулочных изделий;

♦ опытные партии изделий прошли широкие клинические испытания и получили хорошую оценку специалистов;

♦ разработанные изделия рекомендованы комитетом по медицинской технике при Минздраве республики Беларусь к применению в медицинской практике.

♦ на Витебском ОАО «КИМ» начат серийный выпуск новых медицинских компрессионных изделий.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.** Автор защищает:

♦ конструкцию управляемого нитеподающего механизма чулочно-носочного автомата;

♦ методику расчета структуры трикотажа комбинированного переплетения, содержащего эластичную нить;

♦ методику поэтапного расчета эластичных чулочных изделий;

♦ ассортимент медицинских компрессионных изделий;

♦ методику оценки действующего давления на теле человека и его геометрической модели;

♦ математическую модель взаимосвязи давления с параметрами структуры переплетения и величиной деформации оболочки;

♦ технологию изготовления чулочно-носочных изделий медицинского назначения.

**Личный вклад соискателя.** Соискателем лично выполнено следующее:

♦ разработаны устройства принудительной подачи эластичной нити с управлением по программе;

♦ проведена модернизация действующей единицы оборудования с целью выпуска медицинских эластичных чулочных изделий;

♦ разработаны геометрические модели структуры комбинированного трикотажного переплетения в различных состояниях деформации;

- ◆ сконструирована установка для оценки давления эластичной оболочки на поверхность, растягивающую ее;

- ◆ разработана методика определения давления чулочных изделий на тело и на его геометрическую модель с дальнейшим пересчетом на реальную фигуру;

- ◆ разработана математическая модель для определения давления, возникающего в оболочке при ее поперечной деформации, в зависимости от характеристик структуры материала;

- ◆ разработана и внедрена в производство технология изготовления чулочно-носочных изделий медицинского назначения.

**Апробация результатов диссертации:** Основные результаты работы представлены и получили положительную оценку на:

- ◆ научно-технических конференциях преподавателей и сотрудников ВГТУ (г. Витебск, 1997-2000гг.);

- ◆ республиканских научно-технических выставках "Беллегмаш" (г. Минск, 1998, 1999, 2001г.);

- ◆ республиканской научно-технической выставке "Белвузнаука" (г. Минск, 1998г.);

- ◆ на второй республиканской научной конференции студентов высших учебных заведений республики Беларусь (г. Минск, 1996г.);

- ◆ на 30 научно-технической конференции "Совершенствование технологических процессов и организации производства в легкой промышленности и машиностроении" (г. Витебск, 1997г.);

- ◆ на третьей международной конференции "Современные подходы к разработке эффективных перевязочных средств, шовных материалов и полимерных имплантатов" (г. Москва, 1998г.);

- ◆ на международной научно-технической конференции "Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении" (г. Витебск, 1998-1999гг.);

- ◆ на областной выставке инновационных проектов (г. Витебск, 1999 г.);

- ◆ на выставке Белорусского института системного анализа (г. Минск, 1999г.);

- ◆ на третьей международной научно-практической конференции "Вузовская наука: приборы, технологии, материалы, программное обеспечение"(г. Минск, 2000г.);

- ◆ на первой межрегиональной выставке-ярмарке "Витебская весна-2000" (г. Витебск, 2000г.);

- ◆ на выставке "Беларусь ЭКСПО-2001" (г. Киев, 2001г.);

- ◆ на выставке "Беларусь-2001" (г. Москва, 2001г.);

- ♦ на международной выставке "Hannover Messe-2002";
- ♦ на заседаниях кафедры "Технология трикотажного производства"

Витебского государственного технологического университета в 1996-2000гг.).

**Опубликованность результатов:** По материалам диссертации опубликовано 14 печатных работ общим объемом 22 страницы, в том числе 5 статьи, и 9 тезисов докладов. Поданы 3 заявки на изобретения, из них 2 приняты к рассмотрению.

**Структура и объем диссертации:** Работа содержит введение, общую характеристику работы, четыре главы, выводы по работе, библиографию и приложения. Общий объем работы составляет 318 страниц. Объем диссертации составляет 154 страницы, включающих 30 рисунков и 20 таблиц. В работе использовано 119 литературных источников, на которые сделаны ссылки, представленные на 11 страницах. В работе приведены 14 приложений, представленных на 164 страницах.



## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определена основная цель исследований, научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе проведен обзор заболеваний, подвергающихся лечению компрессионной терапией, рассмотрено распределение эластичных изделий по классам компрессии, на основании патентной литературы проведен обзор существующих эластичных чулочных изделий и оборудования для их производства. Отмечено, что варианты производимых изделий отличаются конструкцией верхней и нижней частей, а также используемыми переплетениями. Наиболее перспективным оборудованием для изготовления таких изделий являются специализированные чулочные автоматы с электронным управлением, позволяющие выпускать изделия под заказ мелкими партиями.

Средства компрессионной терапии выпускаются многими фирмами дальнего и ближнего зарубежья в большом ассортименте. Однако разработкой и реализацией узкоспециализированного оборудования для производства чулочных изделий медицинского назначения без продольного шва занимаются отдельные фирмы дальнего зарубежья (например, в Германии). Поэтому рынок специального оборудования для изготовления компрессионных чулочных изделий достаточно узкий. В Республике Беларусь медицинские чулочно-носочные изделия не производятся. Это объясняется необходимостью использования специализированного оборудования, которого на предприятиях легкой промышленности нет. Приобретение такого оборудования за рубежом проблематично из-за его высокой стоимости. Целесообразно для выпускаемых изделий модернизировать чулочно-носочные автоматы, в достаточном количестве имеющиеся в республике.

Во второй главе рассмотрен вопрос модернизации одноцилиндрового чулочного автомата с целью производства медицинских компрессионных изделий. Отмечено, что зарубежные фирмы выпускают нитеподатчики, которые могут устанавливаться на серийные автоматы (нитеподающие механизмы с электронным управлением фирмы IRO). При изготовлении медицинских компрессионных чулочных изделий с использованием хлопчатобумажной пряжи эластичная нить должна иметь большую линейную плотность. В республике нитеподатчиков с электронным управлением для переработки эластичных нитей большой линейной плотности нет. Поэтому для удовлетворения спроса на лечебные чулочно-носочные изделия на внутреннем рынке возникла задача создания модернизированного оборудования на базе серийных моделей для производства медицинских чулочно-носочных изделий.

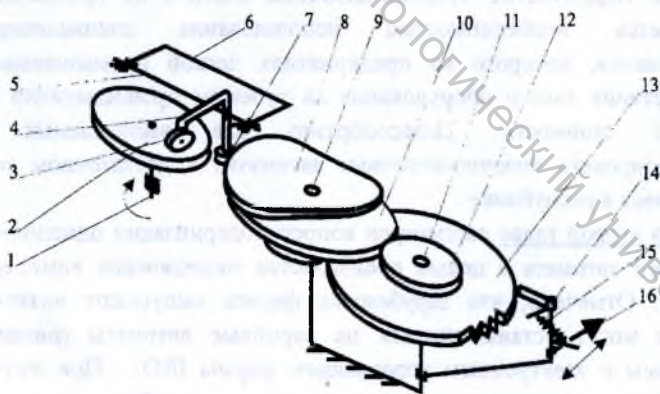


После обзора механизмов нитеподачи, установленных на чулочно-носочных автоматах, распространенных на действующих трикотажных предприятиях, за основу выбран автомат ОЗД.

Для переналадки серийного чулочного автомата среднего класса на выработку эластичных чулочно-носочных изделий проведено оборудование его управляемым механизмом нитеподачи и настройка на выработку изделия пресс-футерованным переплетением. Такое переплетение с прокладыванием эластомерной нити присутствует на одинарных носках на участке борта. Для расширения ассортимента было произведено изменение режима работы автомата с целью выработки эластичных колготок.

Исходя из медицинских требований, при вязании изделия от борта к следу подача эластичной нити должна постепенно уменьшаться. Это является программой, по которой должен работать нитеподатчик. Кроме того, нитеподатчик должен работать только там, где прокладывается эластомерная нить. За один цикл вязания изделия механизм управления должен обеспечивать уменьшение скорости подачи эластомерной нити до минимума с последующим возвращением нитеподатчика в исходное состояние.

К нитеподатчику автомата разработан механизм управления с приводом и управлением от механизмов автомата. Схема устройства нитеподатчика эластомерной нити представлена на рис. 1.



- 1,9,12-оси; 2-нитеподающий диск; 3-нитеприжимной ролик; 4- рычаг;  
5-направляющая; 6-корпус; 7-ролик; 8-кулачок; 10,11- зубчатая пара;  
13-храповое колесо; 14- собачка; 15-рычаг; 16-трос привода.

Рис. 1.

Схема устройства нитеподатчика эластомерной нити

Изделия, получаемые на автомате с помощью управляемого механизма нитеподачи, имеют изменяющуюся по длине уработку эластичной нити, удовлетворяющую медицинским требованиям. Разброс линейных размеров изделий является незначительным. Таким образом, использование в качестве базы механизма нитеподачи автомата ОЗД является удачным решением. На данную конструкцию поданы и приняты к рассмотрению 2 заявки на изобретения.

В третьей главе проведена разработка опытных заправок оборудования, проведены исследования физико-механических свойств образцов по существующим методикам. Предпочтение было отдано образцам с использованием хлопчатобумажной пряжи, как имеющим наилучшие гигиенические свойства, что важно для медицинских изделий.

После консультаций со специалистами-медиками принят для разработки ассортимент изделий, состоящий из чулок, получулок и колготок. С целью расчета геометрических размеров чулок, получулок и колготок на основании шкал процентного распределения типовых фигур мужчин и женщин для массового производства одежды проведен анализ распределения фигур по ростам и обхватам бедер и талии. Для проектирования изделий приняты наиболее часто встречающиеся фигуры мужчин и женщин и фигуры с ростом 182 см и обхватом бедер, часто встречающимся у женщин. Для этих фигур выписаны обмерные данные ног по ГОСТ на основании 3 основных признаков (рост, обхват бедер, длина стопы). Размерные признаки фигур мужчин и женщин оказались близки, поэтому для уменьшения количества типоразмеров изделий определены условные фигуры со средними обмерами.

Для проектирования геометрических размеров компрессионных изделий построено несколько геометрических моделей переплетения: в равновесном состоянии и в состояниях одноосного растяжения вдоль петельного ряда и петельного столбика. Для определения основных характеристик петель во всех моделях принята гипотеза о неэластичности нити грунта и правильности ее геометрической формы (круглое сечение постоянной площади). По результатам анализа моделей определены зависимости длин нитей в петлях от высоты петельного ряда и петельного шага. Для используемого переплетения и выбранной заправки зависимости имеют следующий вид:

Для переплетения в свободном состоянии:

$$A = 0,106(2L_{nn} + L_n - 4,7d_p) \quad (1)$$

$$B = \frac{1}{5}(2L_{nn} + L_n - 1,5\pi A - 4,7d_p) \quad (2)$$

Для переплетения, растянутого по ширине:

$$\begin{aligned} L_n &= A_{\max} + 2,64 \text{ мм;} \\ B_{\min} &= 0,56 \text{ мм} \end{aligned} \quad (3)$$

Для переплетения, растянутого по длине:

$$\begin{aligned} B_{\max} &= L_{\text{пн}} - L_n + 3,52 \text{ мм} \\ A_{\min} &= 0,56 \text{ мм} \end{aligned} \quad (4)$$

где  $A$  — петельный шаг трикотажа в свободном состоянии, мм;

$B$  — высота раппорта рисунчатого переплетения, мм.

$L_{\text{п}}$  — длина нити в петле переплетения, мм;

$L_{\text{пн}}$  — длина нити в петле и наброске переплетения, мм;

$d_{\text{р}}$  — расчетная ширина нити.

Основываясь на обмерных признаках фигур, проведен технологический расчет изделий с целью изготовления их на модернизированном оборудовании. Для этого применена двухстадийная методика. На первом этапе, исходя из условия растяжимости чулочного изделия, с использованием геометрической модели переплетения, деформированного вдоль петельного ряда, найдена необходимая длина нити в петле. При использовании трех геометрических моделей получены геометрические параметры переплетения в деформированном и свободном состояниях. На основании полученных данных построен треугольник состояний трикотажа. Полагая изделие находящимся на фигуре в состоянии двухосевого растяжения, определены петельный шаг переплетения и число рядов по участкам изделия. На втором этапе определена необходимая уработка эластичной нити на участках изделия. Для расчетов использована методика М.С. Гензера. С использованием исходных данных (площадь, количество нитей и необходимое давление на участке изделия) определена сила растяжения одной эластичной нити. Затем через диаграмму растяжения эластомера найдена необходимая уработка латексной нити. Исходя из этого определен режим работы механизма принудительной подачи эластомера. Линейные размеры изделий в свободном состоянии рассчитаны с помощью найденных эмпирических зависимостей высоты петельного ряда и петельного шага от уработки эластомера.

В четвертой главе проведен анализ процесса вязания изделия. При значительном изменении глубины кулирования происходит разрушение нити во второй системе автомата, как правило при кулировании на самой нижней игле.

При значительном растяжении эластомера возможно повреждение эластичного сердечника петлеобразующими деталями с сохранением нитей



оплетки. На трикотаже это выражается в виде заметных бугорков (мушек). При многократной деформации изделия рельефный эффект увеличивается. Дополнительно возможно нарушение процесса вязания из-за отгиба игл эластичной нитью. Кроме этого под действием упругости эластичной нити возможно обратное движение игл в пазах игольного цилиндра, что влечет за собой поломку пяток игл. Для устранения этих недостатков процесса необходимо изменять работу игл и платин таким образом, чтобы они имели минимальное перемещение.

Проведен анализ деформации эластичной нити. Анализ результатов позволил выделить на диаграмме растяжения характерные области, обусловленные вариантами взаимодействия нити сердечника и нитей оплетки.

Проведен анализ процесса нитеподачи. Определено, что при больших скоростях подачи растяжение нити до механизма превышает растяжение нити в самом механизме. С уменьшением скорости подачи нити общее растяжение нити растет. В то же время растяжение до механизма уменьшается. При средних значениях скорости общее растяжение нити обеспечивается растяжением между катушкой и механизмом, тогда как в самом механизме коэффициент растяжения близок к единице.

Проведено исследование процессов пошива эластичных изделий. Для отработки технологии пошива использовалось несколько вариантов швов. Полученные образцы изделий сравнивались по качеству шва, прочности шва и прочности закрепления эластомерной нити в структуре шва.

В результате исследований установлено, что при сшивании изделий с имеющейся в структуре эластичной нитью наиболее прочным является шов встык на плоскошовной машине с настрачиванием тесьмы. Для пошива участков изделий без эластичной нити достаточно комбинации стачного шва с обметыванием срезов и плоского шва.

Проведена оценка теоретического давления, возникающего в изделиях. Для теоретической оценки давления, возникающего при взаимодействии упругой оболочки с телом, проведены расчеты по двум методикам. Первая методика — М.С. Гензера. Каждый участок изделия рассматривается как прямоугольник или трапеция. Находится сила сжатия тела участком изделия, исходя из фактического количества эластичной нити в ряду вязания, количества рядов этой нити в участке и упругости нити при растяжении. Исходя из площади участка определяется давление части изделия на ногу. Для расчета использована несколько измененная методика. В связи со сложностью определения изменения натяжения нити на участках изделия расчет давления проведен на известных обхватах тела, при этом определена сила сдавливания тела одним петельным рядом и определено давление, действующее в этом месте.

Вторая методика — В.Н. Филатова. Предполагается, что при рабочих удлинениях эластичных нитей нагрузка пропорциональна удлинению.

Давление рассчитывается, исходя из относительного удлинения нити, ее жесткости при растяжении и количества нитей, приходящихся на единичную площадь.

Расчеты показали, что результаты двух методов отличаются, и чем плотнее переплетение, тем расхождение больше. Это объясняется взаимодействием нерастяжимых нитей переплетения с эластичной нитью при деформации изделий.

Разработаны теоретические размерные сетки для подбора изделий. Давление в изделии, надетом на ногу, должно уменьшаться от верхней части к самой узкой, и быть в этом месте максимальным — около 2,5 кПа. Из медицинских требований следует, что давление должно составлять на уровне верхнего края икроножной мышцы примерно 60% от максимального, на верхней трети бедра — около 40% от максимального. При известном максимальном давлении, принимая закон изменения линейным, найдены нормированные величины давления на уровне измеряемых обхватов. Далее по известному количеству эластичной нити в изделии (из расчета изделий) и необходимому теоретическому давлению в этом месте определен диапазон обхватов места измерения. Затем проанализированы типовые фигуры ног всех ростов и обхватов талии (у мужчин) и бедер (у женщин) с учетом полученных диапазонов. В зависимости от количества обмеров, попавших в рассчитанные диапазоны, фигуре ставится в соответствие тот или иной размер изделия.

Разработана установка для определения давления изделий на тело, состоящая из датчика давления, блока питания и тензоусилителя. Проведена тарировка датчика давления с целью получения зависимостей регистрируемого тока от действующего давления.

В процессе тарировки прибора определено, что показания прибора зависят от материала, используемого для нагружения датчика. Поэтому установка протарирована двумя видами материалов, с которыми работали в дальнейшем — капроновым полотном с эластомерной нитью лайкра и хлопчатобумажным полотном с оплетенной латексной нитью.

Проведена оценка распределения давления в изделиях по длине фигуры. Для измерения давления одеваем изделие на ногу. Датчик вставляем между оболочкой и телом таким образом, чтобы его продольная ось проходила вдоль ноги. Для удобства измерения проводим замеры на фигуре снизу вверх, постепенно надевая изделие. Для замера действующих величин давления выбираем места, обозначенные в ГОСТ на обмерные данные. Для каждого обхвата проводим преимущественно три замера: с боков и со стороны мягких тканей. Для каждого обхвата определяем среднее значение показаний прибора и округляем до целого деления. Полученное число переводим в величину давления по тарировочной шкале в зависимости от обхвата ноги в месте измерения. Для уменьшения погрешности, обусловленной неравномерностью деформации упругой оболочки, проводим

два полных цикла измерений: снизу вверх при постепенном одевании изделия, а затем сверху вниз при последовательном снятии его. Средняя величина из двух зафиксированных дает действующую величину давления. Величина давления на фигуре подсчитывается с помощью тарифовочных таблиц для каждого из двух тарифовочных значений обхватов тела, между которыми находится действительное значение обхвата в месте измерения:

$$P = \frac{D - D_m}{\Delta D} + P_m \quad (4)$$

где  $P$  — искомое давление, мм.рт.ст.;

$D$  — показания прибора, делений;

$D_m$  — тарифовочное показание прибора с меньшей стороны, делений;

$\Delta D$  — разность тарифовочных показаний прибора, между которыми находится действительное показание, делений;

$P_m$  — давление, соответствующее меньшему тарифовочному показанию, мм.рт.ст.

Окончательно давление определяется по формуле:

$$P = P_6 + \Delta P \times \{R\} \quad (5)$$

где  $P$  — искомое давление, мм.рт.ст.;

$P_6$  — давление для большего тарифовочного обхвата, мм.рт.ст.;

$\Delta P$  — разность давлений двух соседних тарифовочных обхватов, мм.рт.ст.;

$R$  — обхват тела в месте измерения, см.

Данная методика определения давления на фигуре человека использована в дальнейших работах по созданию медицинских лечебно-профилактических колготок с использованием нитей эластик и дорластан.

В дальнейшем ввиду однородности фигур, используемых при замерах давления, разработана методика замера давления на геометрических моделях ног с последующим пересчетом на реальную фигуру, что позволило моделировать фигуры любых полнот. Для этого первоначально из ГОСТ выписывались необходимые обмерные данные ноги, и с учетом деформации изделия на фигуре определялось местонахождение мест замера давления в изделии, находящемся в свободном состоянии. Далее изделие растягивалось на двух формах с периметрами, ближайшими к обхвату ноги в месте измерения. По вышеприведенным формулам производился расчет давления, действующего на геометрическую модель тела. Переход от давления на модели к давлению на теле производился с помощью поправочных коэффициентов, полученных эмпирически для каждого обхвата сопоставлением большого количества данных параллельных измерений. Давление, фиксируемое на формах, всегда больше, чем на фигуре, что



объясняется твердостью поверхности, неучитываемой при геометрическом моделировании ноги. В общем величина расхождения не превышает 50%, за исключением участков верха бедра и под коленом. Поэтому с учетом поправочных коэффициентов методику можно использовать для проведения модельных измерений. Расхождение результатов на участке под коленом вызвано явным несоответствием формы тела цилиндру, а на участке верха бедра — малой величиной действующего давления.

Таким образом, при необходимости определения давления изделия на конкретную фигуру по таблицам ГОСТа выбираются необходимые величины размерных признаков. Тело заменяется набором цилиндров, на изделии находятся места определения давления и проводится необходимое количество измерений. Затем полученные значения давления на формах умножаются на свои поправочные коэффициенты и определяется давление, которое изделие оказывает на тело.

Проведено исследование взаимосвязи параметров структуры изделия и оказываемого им давления, для чего был проведен полнофакторный регрессионный анализ. После проведения испытаний и обработки результатов получили адекватный полином следующего вида:

$$Y = 18,108 - 1,832 \times x_1 - 7,230 \times x_2 + 1,523 \times x_3 \quad (6)$$

где  $X_1$  — длина петли грунтового переплетения, мм;

$X_2$  — количество подаваемой эластомерной нити, см/об. цил;

$X_3$  — диаметр эластомерной нити, мм.

Выведенная модель подтверждает полученные ранее закономерности. Уработка эластомера в изделии и длина петли переплетения связаны с давлением обратной зависимостью. Причем главным параметром регулировки давления является уработка эластичной нити. При увеличении обхвата тела наиболее значимым параметром окажется длина петли переплетения.

Разработаны и зарегистрированы технические условия ТУ РБ 02071665.006-97 "Чулки, получулки и колготки медицинские" и технологический режим для производства медицинских чулок, получулок и колготок. Разработанные медицинские чулочно-носочные изделия зарегистрированы Министерством здравоохранения Республики Беларусь (регистрационное удостоверение ИМН № ИМ-7.90806) и разрешены для использования в медицинской практике (удостоверение № 08-33-7.90761 о государственной гигиенической регистрации). Результаты работы внедрены на Витебском ОАО «КИМ».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен обзор современных средств компрессионной терапии и возможных способов их производства. Установлено, что несмотря на богатый ассортимент компрессионных изделий наилучшими потребительскими свойствами обладают чулочные изделия без продольного шва. Для изготовления медицинских чулок с правильным распределением давления по телу используется специализированное оборудование зарубежных фирм-производителей. Для производства медицинских чулочных изделий на базе серийного оборудования автором сконструированы нитеподающие механизмы для регулируемой подачи эластичной нити на чулочном автомате. На разработанную конструкцию поданы и приняты к рассмотрению 2 заявки на изобретения. Произведена переналадка серийного чулочно-носочного автомата ОЗД-14-6 для изготовления компрессионных изделий [1,2,13,14].

2. Разработана методика и проведено конструирование ассортимента компрессионных изделий, включающего получулки, чулки и колготки различных конструкций. Свойства, которыми должны обладать компрессионные изделия, выбраны в результате экспертной оценки специалистов медицинских учреждений. Изделия разработаны на наиболее часто встречающиеся фигуры мужчин и женщин с учетом замечаний медицинских организаций и результатов медицинских исследований разработок на базах клинических испытаний. Проведен расчет изделий на основе построенных геометрических моделей трикотажного полотна для различных состояний деформации структуры [5,6,9].

3. Проведено исследование процессов изготовления компрессионных получулок, чулок и колготок. Проанализирована работа вязального оборудования и выявлены причины возможной нестабильности процесса вязания при изготовлении изделий медицинского ассортимента. Исследованы процессы, возникающие при принудительной нитеподаче на имеющемся оборудовании с использованием разработанного механизма нитеподачи. Впервые практически показана возможность выработки медицинских компрессионных чулочных изделий на неспециализированном оборудовании. На основе анализа возможных способов швейной обработки разработана технология пошива чулочных изделий, содержащих в своей структуре эластичную нить, находящуюся под некоторым натяжением. Разработан технологический процесс изготовления медицинских чулочных

изделий на модернизированном одноцилиндровом чулочно-носочном автомате среднего класса [4,7,10].

4. Исследованы специфические эксплуатационные свойства медицинских изделий при моделировании процесса их эксплуатации. Проведено исследование распределения давления, возникающего в компрессионных изделиях при одевании их на тело. С этой целью сконструирована установка для определения давления на основе тензометрического усилителя. Разработана методика ее градуировки и проведения измерений на фигурах. Разработана методика проведения замеров действующего давления на цилиндрических формах, моделирующих геометрические параметры человеческой фигуры, и корректировки его в соответствии с результатами параллельного использования двух методов. Проведено сопоставление величин давления, действующего в изделиях различных конструкций и производителей. Разработана математическая модель для определения ожидаемого давления в оболочке в зависимости от параметров выработки изделия и условий его эксплуатации [3,8,11,12,15,16,17].

5. По направлениям Комитета по медицинской технике при Министерстве здравоохранения РБ разработанные изделия прошли комплекс испытаний, включающий токсикологическую оценку изделий, клинические испытания в медицинских учреждениях системы здравоохранения и испытания физико-механических свойств изделий. По результатам испытаний изделия зарегистрированы и разрешены к применению в республике Беларусь. Разработаны и зарегистрированы в Белорусском государственном институте стандартизации и сертификации технические условия ТУ РБ 02071665.006-97 "Чулки, получулки и колготки медицинские", а также два изменения к ним.

6. Результаты работы использованы при изготовлении опытных партий лечебно-профилактических изделий. Витебским ОАО "КИМ" начат серийный выпуск новых медицинских компрессионных колготок.



Основное содержание работы отражено в публикациях:

1. Кукушкин М.Л., Чарковский А.В. Разработка нитеподающего устройства для выработки чулочно-носочных изделий медицинского назначения// Тезисы докладов 29 научно-технической и научно-методической конференции преподавателей и студентов ВГТУ/ВГТУ. — Витебск, 1996. — с.48.

2. Кукушкин М.Л., Чарковский А.В. Кукушкин Л.М. Разработка механизмов нитеподачи эластичных нитей// Тэзісы дакладаў другой рэспубліканскай навуковай канферэнцыі студэнтаў вышэйшых навучальных устаноў Рэспублікі Беларусь. — Ч.1. — Мн, 1996. — с.263.

3. Кукушкин М.Л., Чарковский А.В. Особенности процессов проектирования и выработки эластичных чулочно-носочных изделий для медицины//Сборник статей 30 научно-технической конференции “Совершенствование технологических процессов и организации производства в легкой промышленности и машиностроении”/ВГТУ. — Витебск, 1997. — с.69-72.

4. Кукушкин М.Л., Чарковский А.В. Особенности структуры и пошива эластичных медицинских изделий//Сборник статей 31 научно-технической конференции преподавателей и студентов/ВГТУ. — Витебск, 1998. — с. 105-107.

5.Чарковский А.В., Кукушкин М.Л., Кукушкин Л.М., Кабышко В.С. Ресурсосберегающая технология изготовления лечебных компрессионных изделий//Сборник докладов международной научно-технической конференции “Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении”/ВГТУ. — Витебск, 1998. — с.63-65.

6.Чарковский А.В., Крылов В.П., Кукушкин М.Л., Коршунова Н.А. Новые компрессионные чулочно-носочные изделия//Материалы 3 международной конференции “Современные подходы к разработке эффективных перевязочных средств, шовных материалов и полимерных имплантатов”/Институт хирургии им. Вишневского. — М., 1998. — с.146-148.

7.Кукушкин М.Л. Исследование процессов выработки компрессионных медицинских изделий//Тезисы докладов 32 научно-технической конференции преподавателей и студентов ВГТУ/ВГТУ. — Витебск, 1999. — с.94-95.

8.Чарковский А.В., Кукушкин М.Л., Калмыкова Е.А. Получение и свойства эластичных чулочных изделий медицинского назначения//Вестник Витебского государственного технологического университета/ВГТУ. — Витебск, 1999. — с.48-51.

9.Чарковский А.В., Кукушкин М.Л., Кукушкин Л.М., Кабышко В.С. Ресурсосберегающая технология изготовления лечебных компрессионных

изделий//Сборник статей международной научно-технической конференции "Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении"/ВГТУ. — Витебск, 1999. — с.74-79.

10. Чарковский А.В., Кукушкин М.Л. Разработка и исследование эластичных чулочно-носочных изделий медицинского назначения//Отчет о НИР, № госрегистрации 19981049. — Витебск, 1999. — 125с.

11. Кукушкин М.Л. Методика оценки давления компрессионных изделий//Тезисы докладов 33 научно-технической конференции преподавателей и студентов ВГТУ/ВГТУ. — Витебск, 2000. — с. 69-70.

12. Чарковский А.В., Кукушкин М.Л., Калмыкова Е.А. Исследование компрессионных характеристик высокоэластичных медицинских изделий//Сборник докладов международной научной конференции "Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности". — Витебск, 1999. — с.167-170.

13. Заявка а19990247 ВУ, МКИ D04B 15/50. Устройство для принудительной подачи эластомерной нити на чулочном автомате./ М.Л. Кукушкин, А.В. Чарковский; ВГТУ. — Заявл. 17.03.99. Оpubл. 30.09.2000, Афіцыйны Бюлетэнь Дзяржаўнага патэнтнага камітэта Рэспублікі Беларусь. — № 3. — 2000. — с.38-39.

14. Заявка а20000009 ВУ, МКИ D06B. Устройство для регулируемой подачи эластомерной нити на чулочном автомате./ М.Л. Кукушкин, А.В.Чарковский; ВГТУ. — Заявл. 04.01.2000. Оpubл. 30.09.2001, Афіцыйны Бюлетэнь Дзяржаўнага патэнтнага камітэта Рэспублікі Беларусь. — № 3. — 2001. — с.40.

15. Кукушкин М.Л., Чарковский А.В. Измерение давления на тело компрессионных медицинских изделий//Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2001. — №1. — с.63-65.

16. Чарковский А.В., Калмыкова Е.А., Кукушкин М.Л. Разработка трикотажных эластомерных изделий медицинского назначения//Международная научно-техническая конференция "Новые технологии в одежде из тканей и трикотажа". — М., МГУДТ, 2001. — с.72-73.

17. Чарковский А.В., Кукушкин М.Л., Калмыкова Е.А. Разработка и исследование лечебно-профилактических женских колготок//Материалы 4 Международной конференции "Современные подходы к разработке и клиническому применению эффективных перевязочных средств, шовных материалов и полимерных имплантатов"/Институт хирургии им. Вишневского. —М.,2001. — с.146-148.

Кукушкін Максім Леанідавіч

## РАСПРАЦОУКА ТЭХНОЛОГІІ ЭЛАСТЫЧНЫХ ПАНЧОШНА-ШКАРПЭТКАВЫХ ВЫРАБАУ МЕДЫЦЫНСКАГА ПРЫЗНАЧЭННЯ

Тэхналогія, панчошны аўтамат, ніткападатчык, мадэрнізацыя, эластычны выраб, ціск, мадэль, методыка, дэфармацыя.

Аб'ектам даследвання з'яўляюцца вырабы медыцынскага прызначэння, вырабленыя трыкатажным спосабам. Прадмет даследвання — эластычныя панчошна-шкарпэткавыя вырабы медыцынскага прызначэння, працэсы іх вытворчасці і эксплуатацыі.

Мэта працы — распрацоўка тэхналогіі эластычных медыцынскіх панчошна-шкарпэткавых вырабаў.

Пры правядзенні даследванняў выкарыстоўваліся тэарэтычныя і эксперыментальныя вынікі, выкладзеныя у працах айчынных вучоных. У тэарэтычных даследваннях выкарыстоўваліся палажэнні тэарэтычнай механікі, тэорыі механізмаў і машын, супраціўлення матэрыялаў, метады геаметрычнага мадэлявання перапляцення, тэорыі планавання эксперымента.

У выніку даследванняў распрацавана канструкцыя механізма актыўнай ніткападачы эластычнай ніткі і праведзена мадэрнізацыя прамысловага панчошна-шкарпэткавага аўтамата з мэтай вырабу кампрэсійных панчошна-шкарпэткавых вырабаў медыцынскага прызначэння.; распрацаваны асартымент медыцынскіх вырабаў для прафілактыкі і лячэння захворванняў вен ног; праведзена тэхналагічная распрацоўка асартымента медыцынскіх вырабаў для выпрацоўкі яго на мадэрнізаваным серыйным абсталяванні; праведзены эксперыментальныя даследванні працэсу вырабу эластычных медыцынскіх панчошна-шкарпэткавых вырабаў; распрацавана методыка падбору эластычных панчошна-шкарпэткавых вырабаў у суадносінах з медыцынскімі патрабаваннямі; праведзены эксперыментальныя даследванні спажывецкіх уласцівасцяў кампрэсійных медыцынскіх вырабаў; распрацавана нарматыўна-тэхнічная дакументацыя для вытворчасці медыцынскіх панчош, паупанчош і калготак. Распрацаваныя медыцынскія панчошна-шкарпэткавыя вырабы зарэгістраваны Міністэрствам Аховы здароўя Беларусі (рэгістрацыйнае пасведчанне ИМН № ИМ-7.90806) і дазволены для выкарыстання у медыцынскай практыцы (пасведчанне № 08-33-7.90761 аб дзяржаўнай гігіенічнай рэгістрацыі). Вынікі працы укаранены на Віцебскім ААТ «KIM».



## РЕЗЮМЕ

Кукушкин Максим Леонидович

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЭЛАСТИЧНЫХ  
ЧУЛОЧНО-НОСОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Технология, чулочный автомат, нитеподатчик, модернизация, эластичное изделие, давление, модель, методика, деформация.

Объектом исследования являются изделия медицинского назначения, изготовленные трикотажным способом. Предмет исследования — эластичные чулочно-носочные изделия медицинского назначения и процессы их производства и эксплуатации.

Цель работы — разработка технологии эластичных медицинских чулочно-носочных изделий.

При проведении исследований использовались теоретические и экспериментальные выводы, изложенные в работах отечественных ученых. В теоретических исследованиях использовались положения теоретической механики, теории механизмов и машин, сопротивления материалов, методы геометрического моделирования переплетений, теории планирования эксперимента.

В результате исследований разработана конструкция механизма принудительной подачи эластичной нити и проведена модернизация промышленного чулочно-носочного автомата для изготовления компрессионных чулочно-носочных изделий медицинского назначения; разработан ассортимент эластичных чулочно-носочных изделий для профилактики и лечения заболеваний вен нижних конечностей; проведен технологический расчет ассортимента медицинских изделий для изготовления его на модернизированном серийном оборудовании; проведены экспериментальные исследования процессов производства эластичных медицинских чулочно-носочных изделий; разработана методика подбора эластичных чулочно-носочных изделий в соответствии с медицинскими требованиями; проведены экспериментальные исследования потребительских свойств компрессионных медицинских изделий; разработана нормативно-техническая документация на производство медицинских чулок, полчулок, колготок. Разработанные медицинские чулочно-носочные изделия зарегистрированы Министерством здравоохранения Республики Беларусь (Регистрационное удостоверение ИМН № ИМ-7.90806) и разрешены для использования в медицинской практике (удостоверение № 08-33-7.90761 о государственной гигиенической регистрации). Результаты работы внедрены на Витебском ОАО «КИМ».

## ABSTRACTS

Maksim Leonidovich Kukushkin

## WORKING OUT OF ELASTIC MEDICAL HOSIERY TECHNOLOGY

Technology, hosiery machine, feeder, modernization, elastic article, pressure, model, method, deformation

The object of study is knitted medical articles. The subject of study is elastic medical hosiery and its production and exploitation processes.

The objective of the work is the development of elastic medical hosiery technology.

In the process of the research, theoretical and experimental conclusions stated in the works of the scientists of our country were used. In the theoretical research, the principles of theoretical mechanics, theory of machines and devices, strength of materials, methods of geometrical modelling of interlacings, the experiment's planning theory were used.

In the result of the investigations, a construction of elastic thread compulsory feeding device was worked out; modernization of industrial hosiery apparatus for making compressing medical hosiery was carried out; assortment of elastic hosiery for treatment and prophylaxis of the diseases of lower limbs veins was worked out; a technological calculation of medical hosiery assortment for producing on modernized serial equipment was carried out; experimental research of elastic medical hosiery production processes was carried out; method of elastic hosiery selection in accordance with medical requirements was worked out; experimental research of compressing medical articles consumer characteristics was carried out; normative-technical documentation for medical stockings, knee-length stockings and tights was worked out. The worked-out medical hosiery is registered in the Ministry of Public Health, Republic of Belarus (registration certificate ИМН № ИМ-7.90806) and is allowed for utilization in medical practice (certificate № 08-33-7.90761 of state hygienic registration). The results of the work are inculcated at Vitebsk Public Company «KIM».

Библиотека ВГТУ

