

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 677.075 : 61

**НАДЁЖНАЯ
НАТАЛЬЯ ЛЕОНИДОВНА**

**ТЕХНОЛОГИЯ ТРИКОТАЖНОГО КОМПРЕССИОННОГО РУКАВА
МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.19.02 – Технология и первичная обработка текстильных
материалов и сырья (технические науки)

Витебск, 2013

Работа выполнена в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет»

Научный руководитель: **Чарковский Александр Владимирович**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология трикотажного производства» учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты: **Садовский Виктор Васильевич**, доктор технических наук, профессор, Первый проректор учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет»

Бондарева Татьяна Петровна, кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой «Ткачество» учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»

Оппонирующая организация: Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие «Центр научных исследований легкой промышленности» г. Минск, Республика Беларусь

Защита состоится «20» ноября 2013 г. в 10:00 часов на заседании совета по защите диссертаций К 02.11.01 в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» по адресу:

210035, г. Витебск, Московский проспект, 72.

E-mail: vstu@vitebsk.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»

Автореферат разослан «18» октября 2013 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент

Г.В. Казарновская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В современных условиях Республики Беларусь актуальной научно-практической задачей является создание отечественных компрессионных медицинских изделий для послеоперационной реабилитации женщин, больных раком молочной железы (РМЖ). В Республике Беларусь и странах СНГ РМЖ в структуре женских онкологических заболеваний занимает первое место. В последние годы в Республике Беларусь наблюдается тенденция роста данного заболевания и ежегодно выявляется более 3,5 тысяч случаев заболеваемости, в Российской Федерации – более 50 тысяч случаев.

Одним из серьезных осложнений радикального противоопухолевого лечения РМЖ является развитие лимфатического отека (вторичной лимфедемы) верхней конечности на стороне операции. Профилактика и лечение лимфатического отека верхних конечностей являются неотъемлемым компонентом послеоперационной реабилитации. В зарубежной медицинской практике для предупреждения и лечения отека рекомендуется комплекс реабилитационных средств, в структуру которого входит обязательное ношение компрессионного рукава. Известные компрессионные изделия данного назначения имеют высокую стоимость за рубежом и отсутствуют в свободной продаже в Республике Беларусь. В связи с этим указанные изделия в отечественной медицинской практике почти не применяются, что существенно затрудняет лечение и реабилитацию пациентов, перенесших специальное лечение по поводу РМЖ. Одним из путей решения данной проблемы является разработка отечественного медицинского трикотажного компрессионного рукава.

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами. Тема диссертации соответствует одному из приоритетных направлений фундаментальных и прикладных исследований РБ на 2011-2015 гг. (п. 4.2 «Новые технологии профилактики, диагностики, лечения и реабилитации сердечно-сосудистых, онкологических и других социально значимых заболеваний» из Перечня, утвержденного Постановлением Совета Министров РБ 19.04.2010 №585).

Диссертационная работа выполнялась в соответствии:

- с заданием концерна «Беллегпром» «Разработать трикотажное изделие компрессионный рукав для реабилитации больных раком молочной железы и освоить его производство» в рамках отраслевой научно-технической программы «Инновационные технологии в легкой промышленности» (№ ГР 20121730, срок выполнения 15.03.2012- 31.12.2013);

- с грантом Министерства образования Республики Беларусь по теме «Исследование и оптимизация компрессионных свойств эластомерных трикотажных медицинских изделий» (№ ГР 20100566, срок выполнения 04.01.2010-31.12.2010);

- с грантом Министерства образования Республики Беларусь по теме «Применение теории расчета упругих текстильных оболочек в проектировании компрессионных медицинских изделий для послеоперационного лечения онкобольных» (№ ГР 20113126, срок выполнения 03.01.2011- 31.12.2011).

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка технологии трикотажного компрессионного рукава медицинского назначения.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- установить способ производства трикотажного компрессионного рукава и разработать последовательность технологического проектирования;
- разработать структуру трикотажа для компрессионного рукава и теоретические зависимости для проектирования параметров петельной структуры;
- исследовать свойства трикотажного полотна для компрессионного рукава и разработать математическую модель прогнозирования деформационных свойств трикотажа с эластомерными нитями;
- разработать математическую модель прогнозирования воздухопроницаемости трикотажных полотен с эластомерными нитями при растяжении;
- разработать конструкцию трикотажного компрессионного рукава;
- разработать метод расчета давления компрессионного изделия на тело.

Объектом исследования являются трикотажный компрессионный рукав медицинского назначения и полотно для его изготовления, **предметом** исследования является технология трикотажного компрессионного рукава раскройного способа производства.

Положения, выносимые на защиту:

- структура кулирного одинарного высокоэластичного трикотажа, в котором по типу платированной петли совместно провязываются грунтовая и эластомерная нити, отличающаяся тем, что отношение длины петли грунтовой нити к длине петли эластомерной нити составляет от 2,5 до 3,5, а толщина эластомерной нити меньше толщины грунтовой нити, что позволяет улучшить гигиенические и эксплуатационные свойства трикотажа вследствие расположения эластомерной нити во внутреннем слое;
- теоретические зависимости для проектирования параметров петельной структуры кулирного одинарного трикотажа, в котором по типу платированной петли совместно провязываются грунтовая и эластомерная нити, в которых впервые в качестве исходных данных при проектировании, кроме диаметров нитей, используются максимальная кратность удлинения проектируемого трикотажа в ширину и кратность удлинения эластомерной нити в структуре трикотажа при его условно равновесном состоянии, что позволяет проектировать трикотаж с заданной максимальной растяжимостью в ширину и расположением эластомерной нити во внутреннем слое трикотажа;

– математическая модель прогнозирования деформационных свойств трикотажа с эластомерными нитями, отличающаяся от существующих тем, что параметры модели изменяются в процессе растяжения и зависят от величины удлинения, позволяющая прогнозировать процессы релаксации напряжений в трикотажном полотне при постоянном удлинении;

– конструкция трикотажного компрессионного рукава, отличающаяся от существующих тем, что полуперчатка выполнена со всеми разделенными пальцами, при этом она оставляет открытыми ногтевые и средние фаланги пальцев, а наплечник имеет крючок, к которому крепится одним концом дополнительный фиксатор в виде эластичной ленты, закрепленной другим концом к бретели бюстгалтера, что позволяет улучшить лечебные свойства изделия и комфортность его ношения;

– метод расчета давления компрессионного изделия на тело, отличающийся от существующих тем, что при расчете используется аппроксимация тела усеченным эллиптическим параболоидом, что позволяет более точно оценить величину давления компрессионного рукава;

– технологический процесс производства трикотажного компрессионного рукава, получаемого раскройным способом, позволяющий производить новое отечественное трикотажное изделие для реабилитации больных раком молочной железы.

Личный вклад соискателя.

Соискателем лично:

– разработаны теоретические зависимости для проектирования характеристик структуры кулирного одинарного трикотажа с эластомерными нитями;

– выполнена оптимизация заправочных параметров петельной структуры кулирного двойного трикотажа с эластомерными нитями;

– выполнены экспериментальные исследования деформационных свойств трикотажных полотен с эластомерными нитями;

– получены математические зависимости параметров механической модели прогнозирования деформационных свойств трикотажных полотен с эластомерными нитями от величины удлинения;

– разработана методика и программа для расчета параметров лекал трикотажного компрессионного рукава;

– разработан метод и программа моделирования давления, оказываемого трикотажным компрессионным рукавом;

– разработаны математические зависимости для прогнозирования коэффициента воздухопроницаемости кулирного одинарного трикотажа с эластомерными нитями при растяжении вдоль петельных рядов;

– выполнены экспериментальные исследования воздухопроницаемости кулирного одинарного трикотажа с эластомерными нитями при растяжении вдоль

петельных рядов;

– разработан технологический процесс производства трикотажного компрессионного рукава медицинского назначения.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты исследований, включенные в диссертацию, доложены на Межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов «Молодые ученые - развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК) (Иваново, 2009, 2012); Международной НТК «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности» (Витебск, 2009); Всероссийской НТК «Актуальные проблемы проектирования и технологии изготовления текстильных материалов специального назначения (ТЕХТЕКСТИЛЬ)» (Дмитровград, 2010); Республиканской научной конференции студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь «НИРС-2011» (Витебск, 2011); Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс-2012) (Иваново, 2012); Международной научно-практической конференции «Качество товаров: теория и практика» (Витебск, 2012); 42-45 НТК преподавателей и студентов УО «ВГТУ» (Витебск, 2009-2012); Республиканской научно-практической конференции «Актуальные вопросы онкологии» (Витебск, 2012); XIII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления» (Гомель, 2013).

Результаты работы использованы при представлении инновационного проекта «Трикотажное изделие компрессионный рукав для реабилитации больных раком молочной железы» на конкурсе «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года» на XIX Международной выставке-конгрессе «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (HI-TECH'2013), проходившей в рамках Петербургской технической ярмарки (Санкт-Петербург, 2013). По итогам конкурса проект был удостоен диплома II степени с вручением серебряной медали.

Технология трикотажного компрессионного рукава внедрена на ОАО «Світанак» г. Жодино, выпущена опытная партия изделий. Результаты работы внедрены в учебный процесс кафедр «Технология трикотажного производства» и «Автоматизация технологических процессов и производств» УО «ВГТУ».

Опубликованность результатов диссертации. По материалам диссертации опубликовано 20 печатных работ общим объемом 3,4 авторских листа, в том числе 5 статей объемом 2,2 авторских листа – в научных изданиях, включенных в перечень изданий, утвержденных ВАК РБ, получен 1 патент на полезную модель, получено 1 решение о выдаче патента на изобретение.

Структура и объем диссертации. Работа содержит введение, общую характеристику работы, пять глав, заключение, библиографический список и при-

ложения. Общий объем диссертации составляет 221 страницу, включающие 50 рисунков, 14 таблиц, 16 приложений, представленных на 109 страницах. В работе использовались 136 библиографических источников, представленных на 13 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении и общей характеристике работы обоснована актуальность темы, определены цель и задачи исследования, отражены научная новизна и практическая значимость результатов работы.

В первой главе на основании анализа литературы определены задачи, решаемые в диссертационной работе. Выполнен обзор источников, посвященных классификации, способам производства компрессионных трикотажных изделий, а также анализ структур трикотажа с эластомерными нитями и подходов к проектированию параметров петельной структуры трикотажа. Установлено, что разработка новых структур трикотажа с эластомерными нитями и теоретических зависимостей для проектирования их параметров являются актуальными научно-практическими задачами трикотажного производства.

Выполнен анализ существующих трикотажных компрессионных рукавов зарубежного производства. Установлено, что, несмотря на большое разнообразие моделей изделий, усовершенствование их конструкции с целью повышения комфортности ношения и улучшения лечебного эффекта является актуальным.

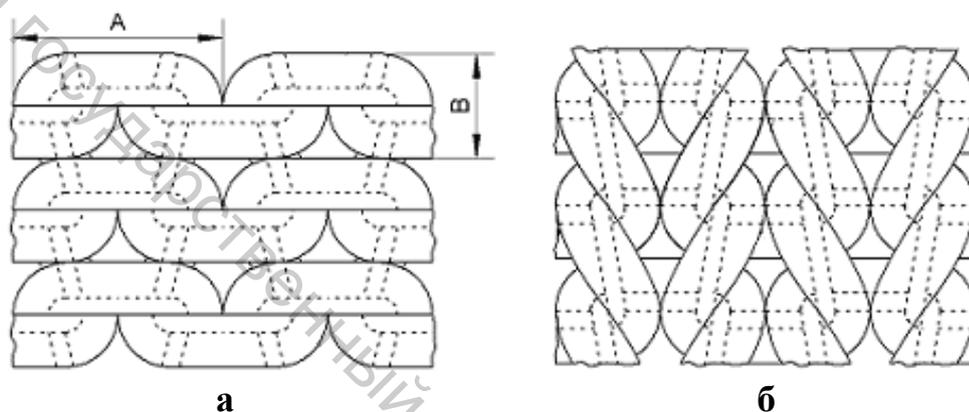
Проведен анализ методов оценки и прогнозирования свойств компрессионных трикотажных изделий. Установлено, что развитие расчетных методов оценки давления компрессионных изделий, разработка теоретических моделей деформационных свойств трикотажа, а также математических моделей оценки и прогнозирования воздухопроницаемости трикотажа с эластомерными нитями в условиях, приближенных к реальным условиям эксплуатации компрессионных изделий, являются актуальными научно-практическими задачами.

Вторая глава посвящена вопросам проектирования трикотажного полотна для изделия [1, 2, 4, 8-10, 13, 14, 17, 20]. Установлен раскройный способ производства трикотажного компрессионного рукава с использованием имеющегося на отечественных предприятиях оборудования для изготовления трикотажных полотен, содержащих эластомерные нити. С учетом способа производства предложена последовательность технологического проектирования изделия [9].

Обоснован выбор сырьевого состава трикотажного полотна: в качестве нити грунта выбрана хлопчатобумажная пряжа, в качестве эластомерного компонента – неоплетенная полиуретановая нить. Выбраны переплетения трикотажного полотна двух вариантов: 1) одинарный трикотаж на базе кулирной глади, в котором по типу платированной петли совместно провязаны грунтовая и эластомер-

ная нити; 2) кулирный двойной трикотаж платированного переплетения на базе ластика 1+1 с эластомерной нитью, провязанной в петли только одной стороны [1, 8, 10].

Под руководством Чарковского А.В. [4] разработаны геометрические модели структуры одинарного трикотажа на базе кулирной глади, в котором по типу платированной петли совместно провязаны грунтовая и эластомерная нити (рисунок 1). В случае условно-равновесного состояния данного трикотажа эластомерная нить находится во внутреннем слое и не участвует в образовании опорных поверхностей полотна. Благодаря такому расположению эластомерной нити исключается ее контакт с кожей человека при эксплуатации трикотажных изделий [20].



— границы грунтовой нити; - - - - - границы эластомерной нити

Рисунок 1 – Структура одинарного трикотажа на базе кулирной глади в условно равновесном состоянии (а – изнаночная сторона, б – лицевая сторона)

Получены теоретические зависимости для проектирования параметров петельной структуры трикотажа, в которых в качестве исходных данных выступают диаметры грунтовой d_{Γ} , мм и эластомерной $d_{\text{Э0}}$, мм нитей, а также максимальная кратность удлинения трикотажа в ширину λ_{Tmax} и кратность удлинения эластомерной нити в структуре трикотажа при его условно равновесном состоянии $\lambda_{\text{ЭТ}}$ [4]:

– для петельного шага A , мм и высоты петельного ряда B , мм:

$$A = 4d_{\Gamma}; \quad (1)$$

$$B = 2d_{\Gamma}; \quad (2)$$

– для длины эластомерной нити в петле, находящейся в свободном состоянии $l_{\text{Э0}}$, мм:

$$l_{\text{Э0}} = \frac{8d_{\Gamma}}{\lambda_{\text{ЭТ}}} + \pi \frac{d_{\text{Э0}}}{\lambda_{\text{ЭТ}}^{3/2}}; \quad (3)$$

– для длины нити в петле грунта l_{Γ} , мм:

$$l_{\Gamma} = \pi d_{\Gamma} + \lambda_{T_{\max}} A - 2d_{\Gamma} + 2\sqrt{(B + d_{\Gamma})^2 + d_{\Gamma}^2}; \quad (4)$$

– для поверхностной плотности трикотажа ρ , г/м²:

$$\rho = (l_{\Gamma} T_{\Gamma} + l_{\text{Э0}} T_{\text{Э}}) / AB, \quad (5)$$

где T_{Γ} , $T_{\text{Э}}$ – линейная плотность грунтовой и эластомерной нити, соответственно, текс.

Для выработки одинарного трикотажа использована кругловязальная машина 28 класса «Relanit 3.2» фирмы «Mayer & Cie» (Германия). С учетом класса машины выбраны линейная плотность нити грунта $T_{\Gamma} = 16,5$ текс и линейная плотность эластомерной полиуретановой нити спандекс $T_{\text{Э}} = 8$ текс. Исходя из требований зарубежных стандартов к растяжимости компрессионных изделий, а также необходимого условия расположения эластомерной нити во внутреннем слое трикотажа, определены диапазоны для кратностей удлинения: $3 \leq \lambda_{T_{\max}} \leq 3,5$ и $1,2 \leq \lambda_{\text{ЭТ}} \leq 1,8$. Разработанные теоретические зависимости позволили установить отношение длины петли грунтовой нити к длине петли эластомерной нити, которое составляет от 2,5 до 3,5, при этом толщина эластомерной нити меньше толщины грунтовой нити. На структуру такого трикотажа получено положительное решение о выдаче патента на изобретение [20]. Выработаны образцы трикотажа с расчетными значениями длин нитей в петле, определены фактические и расчетные значения петельного шага, высоты петельного ряда и поверхностной плотности. Установлено, что отклонение расчетных значений данных показателей от фактических не превышает 10%. Визуальный анализ увеличенных изображений лицевой и изнаночной сторон выработанного трикотажного полотна показал, что эластомерная нить находится во внутреннем слое трикотажа и не участвует в образовании опорных поверхностей, как в случае условно равновесного состояния полотна, так и состояния растяжения в ширину [4].

Для кулирного двойного трикотажа платированного переплетения на базе ластика 1+1 с эластомерной нитью, провязанной в петли только одной стороны, методом многофакторного планирования эксперимента получены зависимости показателей деформационных свойств и характеристик структуры от длин нитей в петле, а также определены оптимальные значения этих параметров [2]. С учетом проведенных исследований произведен выбор заправочных характеристик полотна двух вариантов, значения которых представлены в таблице 1. По данным заправочным характеристикам в производственных условиях ОАО «Світанак» г. Жодино наработаны трикотажные полотна двух вариантов, о чем имеются соответствующие акты.

Таблица 1 – Заправочные характеристики полотен

№ варианта	Базовое переплетение	Вид и линейная плотность сырья, текс	Длина нити в петле, мм
1	кулирная гладь	х/б 16,5	3,2
		спандекс 8,0	1,2
2	ластик 1+1	х/б 16,5	3,0
		спандекс 8,0	1,0

Третья глава посвящена исследованиям свойств разработанных трикотажных полотен [5, 12]. В связи с тем, что трикотажное изделие компрессионный рукав наиболее близко к бельевым изделиям первого слоя, выполнены исследования свойств трикотажных полотен по показателям, определяемым для полотен бельевого назначения, характеризующим их структуру, физико-механические, физико-гигиенические свойства и безопасность. Испытания трикотажных полотен по данным показателям проводили по стандартным методикам в условиях аккредитованного испытательного центра УО «ВГТУ».

Выполнены полуцикловые испытания образцов полотен на растяжение вдоль петельных рядов и петельных столбиков, построены соответствующие диаграммы растяжения. Установлено различие в жесткости на растяжение разработанных трикотажных полотен, которое объясняется особенностями структуры и различиями заправочных параметров трикотажа. Проведены испытания трикотажных полотен в режиме многократного растяжения вдоль петельных рядов, где испытательный цикл включает нагрузку до заданного конечного удлинения ε_k и последующую разгрузку образца. По полученным экспериментально гистерезисным графическим зависимостям нагрузки от удлинения для четырех циклов испытаний определены численные значения коэффициента уменьшения нагрузки при испытаниях на многократное растяжение и доли быстрообратимой деформации, построены зависимости данных характеристик от количества циклов нагружения при различных конечных удлинениях образца. Установлен закономерный характер уменьшения нагрузки и доли быстрообратимой деформации с ростом количества циклов нагружения до некоторых установившихся значений. Следует отметить, что увеличение конечного удлинения ε_k приводит к увеличению интенсивности снижения нагрузки и доли быстрообратимой деформации.

Представлены результаты комплексного анализа деформационных свойств разработанных трикотажных полотен. Совместно с Кузнецовым А.А., Чарковским А.В. [5] на основе механической модели Максвелла, характеризуемой двумя средними временами релаксации, разработана математическая модель прогнозирования деформационных свойств трикотажа с эластомерными нитями, которая состоит из трех параллельно соединенных модельных элементов: двух вязкоупругих элементов Максвелла (E_{11} , МПа – η_1 , МПа·с и E_{12} , МПа – η_2 , МПа·с) и одного упругого элемента E_2 , МПа. Модель позволяет учитывать составляю-

щие напряжения, обусловленные быстропротекающими и замедленными процессами релаксации, время протекания которых меньше времени одного цикла ношения изделия.

Дифференциальное уравнение механической модели имеет вид:

$$\begin{aligned} \eta_1 \eta_2 \left(\frac{1}{E_{11}} + \frac{1}{E_{12}} + \frac{E_2}{E_{11} E_{12}} \right) \frac{d^2 \varepsilon(t)}{dt^2} + (\eta_1 + \eta_2 + E_2 \left(\frac{\eta_1}{E_{11}} + \frac{\eta_2}{E_{12}} \right)) \frac{d\varepsilon(t)}{dt} + E_2 \varepsilon(t) = \\ = \frac{\eta_1 \eta_2}{E_{11} E_{12}} \frac{d^2 \sigma(t)}{dt^2} + \left(\frac{\eta_1}{E_{11}} + \frac{\eta_2}{E_{12}} \right) \frac{d\sigma(t)}{dt} + \sigma(t), \end{aligned} \quad (6)$$

где $\varepsilon(t)$ – относительное удлинение; $\sigma(t)$ – напряжение, МПа.

При постоянной скорости нарастания удлинения $c = \varepsilon / t$, c^{-1} решение уравнения (6), имеет вид:

$$\sigma(\varepsilon) = c \eta_1 \left(1 - e^{-\frac{\varepsilon}{c T_1}} \right) + c \eta_2 \left(1 - e^{-\frac{\varepsilon}{c T_2}} \right) + E_2 \varepsilon. \quad (7)$$

Решение дифференциального уравнения (6) при растяжении образца с постоянной скоростью нарастания удлинения $c = \varepsilon / t$ до заданного конечного значения $\varepsilon = \varepsilon_k$ и последующей релаксации напряжений имеет вид:

$$\sigma(t) = \sigma_{01} e^{-\frac{t}{T_1}} + \sigma_{02} e^{-\frac{t}{T_2}} + E_2 \varepsilon_k = c \eta_1 \left(1 - e^{-\frac{\varepsilon_k}{c T_1}} \right) e^{-\frac{t}{T_1}} + c \eta_2 \left(1 - e^{-\frac{\varepsilon_k}{c T_2}} \right) e^{-\frac{t}{T_2}} + E_2 \varepsilon_k, \quad (8)$$

где $T_1 = \eta_1 / E_{11}$ и $T_2 = \eta_2 / E_{12}$ – постоянные времени, характеризующие темп быстропротекающих и замедленных процессов релаксации напряжений, соответственно, с; $\sigma_{01} = c \eta_1 \left(1 - e^{-\frac{\varepsilon_k}{c T_1}} \right)$, $\sigma_{02} = c \eta_2 \left(1 - e^{-\frac{\varepsilon_k}{c T_2}} \right)$ – составляющие напряжения, релаксирующие вследствие быстропротекающих и замедленных процессов, соответственно, МПа.

Для идентификации параметров модели проводились испытания трикотажных полотен в режимах растяжения с постоянной скоростью нарастания удлинения и релаксации напряжений при постоянном удлинении материала на автоматизированной разрывной машине «Frank» при следующих условиях: ширина образцов – 50 мм; направление растяжения – вдоль петельных рядов; зажимная длина образцов – 100 мм; скорость деформирования – 100 мм/мин. Результаты испытаний представлены на рисунках 2 и 3.

По результатам математического моделирования процесса деформирования трикотажных полотен при постоянной скорости нарастания удлинения с использованием параметров, определенных по одной кривой релаксации напряжений, установлено, что диаграммы растяжения, полученные путем моделирования, существенно отличаются от экспериментальных. В связи с этим была выдвинута гипотеза о том, что параметры механической модели не являются постоянными, а изменяются в процессе растяжения и зависят от величины удлинения.

С учетом проведенных исследований разработана методика идентификации параметров механической модели, получены следующие зависимости параметров от удлинения для i -го варианта трикотажа:

$$\eta_{1(1)}(\varepsilon) = K_{\eta_1(1)} \cdot \varepsilon^3; \eta_{2(1)}(\varepsilon) = K_{\eta_2(1)} \cdot \varepsilon^3; (9)$$

$$\eta_{1(2)}(\varepsilon) = K_{\eta_1(2)} \cdot \varepsilon^2; \eta_{2(2)}(\varepsilon) = K_{\eta_2(2)} \cdot \varepsilon^2; (10)$$

$$E_{11(1)}(\varepsilon) = K_{E_{11}(1)} \cdot \varepsilon^3; E_{12(1)}(\varepsilon) = K_{E_{12}(1)} \cdot \varepsilon^3; (11)$$

$$E_{11(2)}(\varepsilon) = K_{E_{11}(2)} \cdot \varepsilon^2; E_{12(2)}(\varepsilon) = K_{E_{12}(2)} \cdot \varepsilon^2; (12)$$

$$E_{2(1)}(\varepsilon) = E_{20(1)} + K_{E_2(1)} \cdot \varepsilon^3; (13)$$

$$E_{2(2)}(\varepsilon) = E_{20(2)}, (14)$$

где $K_{\eta_1(i)}$ – темпы нарастания динамической вязкости $\eta_{1(i)}$, МПа·с; $K_{\eta_2(i)}$ – темпы нарастания динамической вязкости $\eta_{2(i)}$, МПа·с; $K_{E_{11}(1)}$; $K_{E_{11}(2)}$; $K_{E_{12}(1)}$; $K_{E_{12}(2)}$ – темпы нарастания соответствующих модулей упругости, МПа; $E_{20(i)}$ – начальное значение модуля упругости E_2 , МПа; $K_{E_2(1)}$ – темп нарастания модуля упругости E_2 трикотажа варианта 1, МПа. Численные значения данных параметров модели представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения темпов нарастания динамических вязкостей, начальных значений и темпов нарастания модулей упругости

Образец	K_{η_1} , МПа·с	K_{η_2} , МПа·с	$K_{E_{11}}$, МПа	$K_{E_{12}}$, МПа	E_{20} , МПа	K_{E_2} , МПа
Вариант 1	5,337	22,097	0,243	0,022	0,161	0,100
Вариант 2	1,550	10,474	0,078	0,009	0,210	-

Получено выражение для коэффициента относительного уменьшения напряжения от деформации K_p , который показывает, во сколько раз уменьшается напряжение в трикотаже вследствие релаксации по сравнению с текущим значением напряжения, определяемым по диаграмме растяжения:

$$K_p(\varepsilon) = 1 + \frac{c \cdot \eta_1(\varepsilon)(1 - e^{-\varepsilon/cT_1}) + c \cdot \eta_2(\varepsilon)(1 - e^{-\varepsilon/cT_2})}{E_2(\varepsilon) \cdot \varepsilon}. (15)$$

С целью определения лучшего варианта трикотажного полотна и использования его для пошива изделия выполнена комплексная оценка полотен по показателям толщины, поверхностной плотности, воздухопроницаемости, гигроскопичности, максимального значения коэффициента относительного уменьшения напряжения, в результате которой выбран кулирный одинарный трикотаж варианта 1.

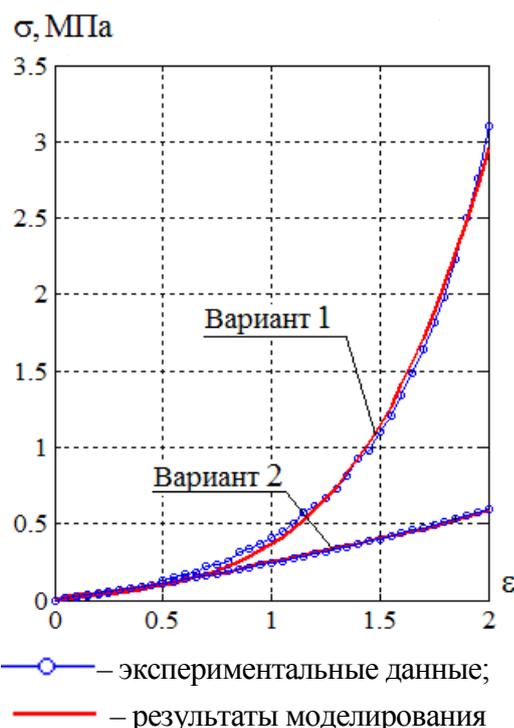


Рисунок 2 – Диаграммы растяжения трикотажных полотен вдоль петельных рядов

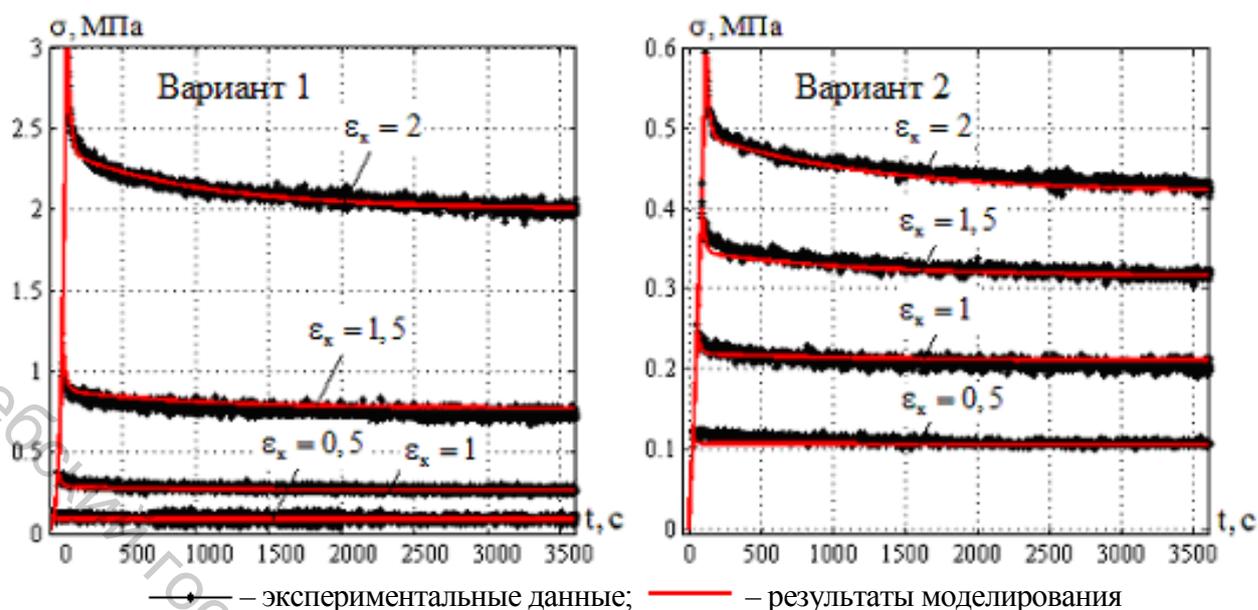


Рисунок 3 – Кривые релаксации напряжений трикотажных полотен

Четвертая глава посвящена разработке конструкции и технологии трикотажного компрессионного рукава [1, 2, 15, 19]. На основании медицинских требований определена конструкция изделия, состоящая из следующих структурных частей: основной части, которая представляет собой трубчатую оболочку переменного периметра с продольным швом, покрывающую руку от запястья до подмышечной впадины; верхней части, содержащей узел крепления, препятствующий смещению рукава вниз вдоль конечности, а также, при необходимости, элементы, предназначенные для дополнительной поддержки плечевого сустава; нижней части, содержащей, при необходимости, элементы, оказывающие давление на область ладони и пальцев и препятствующие смещению изделия вверх вдоль конечности. Совместно с Чарковским А.В., Лудом Н.Г., Шляхтуновым Е.А. разработан ассортимент трикотажных компрессионных рукавов, включающий различные модели, имеющие одинаковую по исполнению основную часть и отличающиеся друг от друга исполнением нижней части и наличием, либо отсутствием дополнительных фиксаторов в верхней части [15].

Совместно с Чарковским А.В., Лудом Н.Г., Жуковцом А.Г., Шаповал Е.В., Шляхтуновым Е.А., Шелеповой В.П. разработан и запатентован [19] компрессионный рукав новой конструкции, отличающийся тем, что полуперчатка выполнена со всеми разделенными пальцами, при этом она оставляет открытыми ногтевые и средние фаланги пальцев, а наплечник имеет крючок, к которому крепится одним концом дополнительный фиксатор в виде эластичной ленты, закрепленной другим концом к бретели бюстгальтера. Такая конструкция обеспечивает дополнительное компрессионное воздействие рукава на основные фаланги пальцев и предотвращает сползание бретели бюстгальтера и верхней части рукава вниз в сторону руки, в результате чего повышаются лечебные свойства изделия и комфортность ношения.

В данной главе также обоснован выбор размерных признаков для проектирования компрессионного рукава, разработан размерный ряд изделий, состоящий из восьми размеров: четырех групп по обхватам и двух групп по длине. Разработана методика и программа расчета ширины детали изделия по участкам и построения лекал, позволяющая проектировать компрессионный рукав по заданным величинам и распределению давления. Выбраны методы швейной обработки компрессионного рукава, разработана последовательность технологических операций изготовления изделия.

Пятая глава посвящена комплексной оценке эффективности результатов разработки трикотажного компрессионного рукава [3, 6, 7, 11, 18]. Разработан метод расчета давления компрессионного изделия на тело с применением теории упругих оболочек. Основой для расчета давления является использование уравнения Лапласа:

$$P_o = f_m / \rho_m + f_t / \rho_t, \quad (16)$$

где P_o – давление оболочки на тело, Па; f_m – распределенное усилие в направлении растяжения оболочки вдоль меридиана, Н/м; f_t – распределенное усилие растяжения оболочки в направлении, перпендикулярном меридиану, Н/м; ρ_m – радиус кривизны меридионального сечения, м; ρ_t – радиус кривизны нормального сечения, перпендикулярного к меридиану, м.

Принимая во внимание то, что поперечные сечения руки в области запястья и предплечья имеют форму, более близкую к эллипсу, чем к окружности, совместно с Чарковским А.В. разработан метод расчета давления, основанный на аппроксимации участка тела усеченным эллиптическим параболоидом [3, 18].

Для расчета давления поверхность тела разбивается на k участков вдоль параллелей и на l участков вдоль меридианов. Таким образом, любая точка, принадлежащая поверхности тела, определяется координатами u_i , м, и φ_j , °, где $i = \overline{1..k}$, $j = \overline{1..l}$. В работе получены соотношения для вычисления радиусов кривизны ρ_{mij} и ρ_{tij} , а также соотношения для вычисления удлинения оболочки вдоль параллелей ε_{ii} и меридианов ε_{mj} , которые позволяют по известным зависимостям между нагрузкой и удлинением трикотажа при растяжении вдоль петельных столбиков и вдоль петельных рядов, определить распределенные усилия f_m и f_t . Разработанный метод реализован в виде программы для моделирования распределения давления изделия.

С использованием экспериментальной установки на основе тензометрического датчика давления [6, 7] выполнена экспериментальная оценка давления компрессионного рукава в области запястья, предплечья и плеча в четырех точках по периметру. Сравнение результатов моделирования по разработанному методу расчета давления и методу, основанному на цилиндрической аппроксимации тела, позволило установить, что разработанный метод расчета позволяет бо-

лее точно оценить давление изделия на участок руки от запястья до предплечья. Результаты экспериментальной оценки давления также подтверждают, что обеспечивается правильное распределение давления компрессионного рукава – минимальное в области плеча и максимальное в области запястья. Некоторые результаты моделирования и экспериментальной оценки давления представлены на рисунках 4, 5.

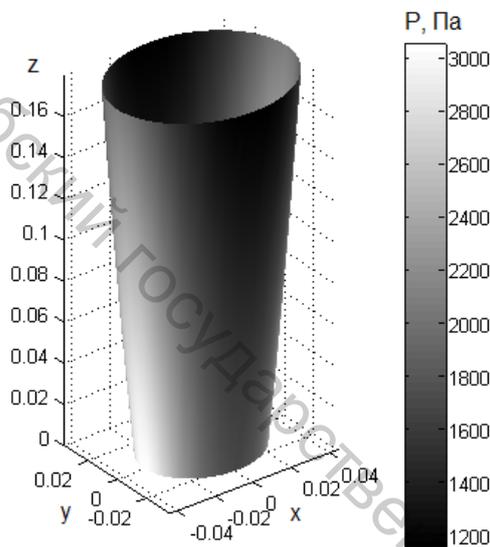
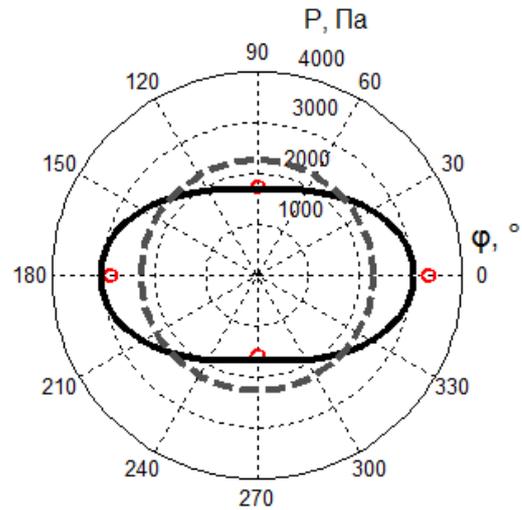


Рисунок 4 – Результаты моделирования распределения давления изделия на участок руки от запястья до предплечья



— — моделирование по разработанному методу;
 - - - моделирование на основе цилиндрической аппроксимации тела;
 ○ — экспериментальная оценка давления;

Рисунок 5 – Давление компрессионного рукава в области запястья

Разработана методика прогнозирования воздухопроницаемости высокоэластичных трикотажных полотен при растяжении. На основе формулы Вейсбаха-Дарси получена зависимость коэффициента воздухопроницаемости трикотажа B , $\text{м}^3 / (\text{с} \cdot \text{м}^2)$ от параметров его строения и параметров, зависящих от условий испытаний:

$$B = \frac{\Delta P}{2\mu} \cdot \frac{d_h^2 \cdot R_s}{K \cdot L}, \quad (17)$$

где ΔP , Па – перепад давления; μ , Па·с – динамическая вязкость воздуха; L – длина поры, м; R_s – сквозная пористость трикотажа; d_h – гидравлический диаметр поры, м; K – числовой коэффициент, значение которого зависит от профиля сечения потока.

На основе анализа геометрической модели трикотажа в состоянии растяжения разработана математическая модель, зависимости коэффициента воздухопроницаемости от деформации растяжения по ширине ε :

$$B = \frac{4\Delta P (A_0(1+\varepsilon)d_r - 2d_r^2 \operatorname{tg}\alpha - (\pi - 2\alpha)d_r^2 + (A_0(1+\varepsilon) - 2d_r)(B_0 - 2d_r))^3}{K\mu d_r A_0 B_0 (1+\varepsilon) \left(2A_0(1+\varepsilon) - 8d_r + 4d_r \operatorname{tg}\alpha + (2\pi - 4\alpha)d_r + \frac{4(B_0 - 2d_r)^2}{\cos\alpha} \right)^2}, \quad (18)$$

где A_0 и B_0 – петельный шаг и высота петельного ряда трикотажа в недеформированном состоянии, м; d_r – диаметр грунтовой нити, м; $\alpha = \operatorname{arctg}(d_r / B_0)$ – угол наклона петельных палочек к направлению петельных столбиков трикотажа, рад.

Достоверность математической модели (18) подтверждена результатами экспериментальных исследований коэффициента воздухопроницаемости трикотажных полотен на базе переплетения кулирная гладь, в которых по типу платированной петли совместно провязывается нить грунта и эластомерная нить, с различными заправочными характеристиками. Численные значения коэффициента детерминации модели (18) для всех образцов трикотажных полотен находятся в пределах от 0,95 до 0,99. Результаты математического моделирования и экспериментальных исследований коэффициента воздухопроницаемости трикотажного полотна варианта 1 представлены на рисунке 6.

Выпущена опытная партия трикотажных компрессионных рукавов на ОАО «Світанак» г. Жодино. Совместно с Соболевской С.Д., Чарковским А.В., Лудом Н.Г., Шляхтуновым Е.А. разработан проект технических условий на изделие. Проведены приемочные технические и санитарно-гигиенические испытания изделия, о чем имеются соответствующие акты. В результате медицинской оценки изделия, выполненной под руководством Луда Н.Г. [16], на базе отделения общей онкологии и поликлинического отделения УЗ «Витебский областной клинический онкологический диспансер», установлено, что применение компрессионного рукава позволило повысить эффективность консервативного реабилитационного лечения и увеличить процент редукции отека при I и II степени лимфедемы. Выполнен расчет экономического эффекта от внедрения разработки. Годовой ожидаемый экономический эффект от внедрения составляет 8 911 510 белорусских рублей.

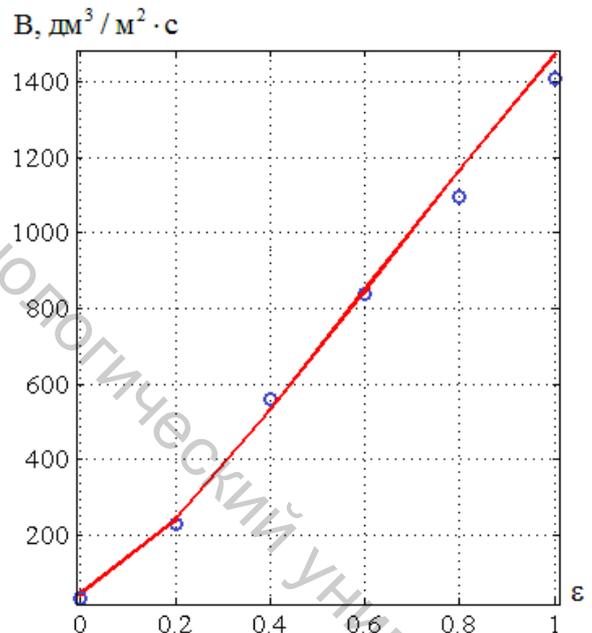


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента воздухопроницаемости B трикотажного полотна варианта 1 от деформации растяжения вдоль петельных рядов ε

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации.

1. Разработана структура кулирного одинарного высокоэластичного трикотажа, в котором по типу платированной петли совместно провязываются грунтовая и эластомерная нити, отличающаяся тем, что отношение длины петли грунтовой нити к длине петли эластомерной нити составляет от 2,5 до 3,5, а толщина эластомерной нити меньше толщины грунтовой нити, что позволяет улучшить гигиенические и эксплуатационные свойства трикотажа вследствие расположения эластомерной нити во внутреннем слое [20].

2. Разработаны теоретические зависимости для проектирования параметров петельной структуры кулирного одинарного трикотажа, в котором по типу платированной петли совместно провязываются грунтовая и эластомерная нити, в которых впервые в качестве исходных данных при проектировании, кроме диаметров нитей, используются максимальная кратность удлинения проектируемого трикотажа в ширину и кратность удлинения эластомерной нити в структуре трикотажа при его условно равновесном состоянии, что позволяет проектировать трикотаж с заданной максимальной растяжимостью в ширину и расположением эластомерной нити во внутреннем слое трикотажа [4].

3. Разработана математическая модель прогнозирования деформационных свойств трикотажа с эластомерными нитями, отличающаяся от существующих тем, что параметры модели изменяются в процессе растяжения и зависят от величины удлинения; получены новые результаты экспериментально-аналитических исследований, позволяющие прогнозировать процессы релаксации напряжений в трикотажном полотне при постоянном удлинении [5, 12].

4. Разработан метод расчета давления компрессионного изделия на тело, отличающийся от существующих тем, что при расчете используется аппроксимация тела усеченным эллиптическим параболоидом, позволяющий более точно оценить величину давления компрессионного рукава в области от запястья до предплечья, что подтверждается результатами экспериментальной оценки давления [3, 18];

5. Разработана новая конструкция трикотажного компрессионного рукава, отличающаяся тем, что полуперчатка выполнена со всеми разделенными пальцами, при этом она оставляет открытыми ногтевые и средние фаланги пальцев, а наплечник имеет крючок, к которому крепится одним концом дополнительный фиксатор в виде эластичной ленты, закрепленной другим концом к бретели бюстгальтера, в результате чего повышаются лечебные свойства изделия и комфортность ношения [15, 19];

6. Разработан технологический процесс производства трикотажного компрессионного рукава, получаемого раскройным способом, позволяющий произ-

водить новое отечественное трикотажное изделие для реабилитации больных раком молочной железы [1, 2, 9].

Рекомендации по практическому использованию результатов.

1. Технология трикотажного компрессионного рукава внедрена в производство ОАО «Світанак» г. Жодино, выпущена опытная партия изделий, о чем имеются соответствующие акты. Разработан проект технических условий и технологическая документация на производство изделия. Годовой ожидаемый экономический эффект от внедрения составляет 8 911 510 белорусских рублей.

2. Изделие прошло приемочные технические и санитарно-гигиенические испытания, о чем имеются соответствующие акты. Проведена медицинская оценка изделия на базе отделения общей онкологии и поликлинического отделения УЗ «Витебский областной клинический онкологический диспансер», установлено, что применение компрессионного рукава позволило повысить эффективность консервативного реабилитационного лечения и увеличить процент редукции отека [16].

3. Результаты работы используются в учебном процессе кафедры технологии трикотажного производства УО «ВГТУ» при чтении курса лекций по дисциплине «Технология и оборудования трикотажного производства» и кафедры автоматизации технологических процессов и производств при чтении лекций, проведении лабораторных работ по курсу «Материаловедение легкой промышленности», при чтении лекций, проведении лабораторных работ и курсовом проектировании по курсу «Моделирование объектов и систем автоматизации», о чем имеются соответствующие акты.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи:

1. Чарковский, А.В. Разработка заправочных характеристик и исследование свойств эластомерного трикотажного полотна / А.В. Чарковский, Н.Л. Надежная, В.П. Шелепова, // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2009. – Вып. 17. – С. 103-107.

2. Надежная, Н.Л. Исследование свойств и оптимизация заправочных характеристик эластомерного трикотажного полотна / Н.Л. Надежная // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2010. – Вып. 19. – С. 68-73.

3. Надежная, Н.Л. Метод расчета давления компрессионного трикотажного изделия / Н.Л. Надежная, А.В. Чарковский // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2012. – Вып. 22. - С. 72-82.

4. Надежная, Н.Л. Проектирование параметров петельной структуры кулирного одинарного трикотажа с эластомерными нитями / Н.Л. Надежная,

А.В. Чарковский // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2012. – Вып. 23. – С. 46-54.

5. Надежная, Н.Л. Прогнозирование деформационных свойств трикотажа для компрессионных изделий / Н.Л. Надежная, А.А. Кузнецов, А.В. Чарковский // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2013. – Вып. 24. – С. 48-55.

Материалы конференций:

6. Надежная, Н.Л. Теоретические и экспериментальные методы оценки давления компрессионных трикотажных изделий / Н. Л. Надежная // Материалы докладов 42 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ» ; редкол.: В.В. Пятов [и др.]. – Витебск, 2009. – С. 134-136.

7. Надежная, Н.Л. Методы измерения давления компрессионных трикотажных изделий / Н.Л. Надежная // Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые - развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК-2009), 28-30 апреля 2009 г. : сборник материалов. В 2 ч. / ИГТА редкол.: Г.И. Чистобродов [и др.]. – Иваново, 2009. – Ч. 2. – С. 253-255.

8. Чарковский, А.В. Исследование растяжимости эластомерных полотен для компрессионных изделий / А.В. Чарковский, В.П. Шелепова, Н.Л. Надежная // Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности : материалы международной научной конференции / Витебск, ноябрь 2009 / УО «ВГТУ» ; редкол.: В.В. Пятов [и др.]. – Витебск, 2009. – Ч. 1. – С. 151-154.

9. Трепутень, Т.П. Компрессионные изделия для послеоперационного лечения РМЖ / Т.П. Трепутень, Н.Л. Надежная, С.А. Кондрикова, А.В. Чарковский, Е.А. Шляхтунов // Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые - развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК-2009), 28-30 апреля 2009 г. : сборник материалов. В 2 ч. / ИГТА редкол.: Г.И. Чистобродов [и др.]. – Иваново, 2009. – Ч. 1. – С. 46-47.

10. Надежная, Н.Л. Исследование растяжимости эластомерных полотен при нагрузках меньше разрывных / Н.Л. Надежная, А.В. Чарковский, В.П. Шелепова, // Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием «Актуальные проблемы проектирования и технологии изготовления текстильных материалов специального назначения» (ТЕХТЕКСТИЛЬ-2010) : сборник материалов, Димитровград, 21-22 января 2010 г. / ДИТУД (филиал) УЛГТУ ; редкол.: В.В. Павутницкий [и др.]. – Димитровград, 2010. – С. 106-107.

11. Надежная, Н.Л. Расчет давления на тело компрессионных трикотажных изделий / Н.Л. Надежная, В.Н. Липская, А.В. Чарковский, // Материалы докла-

дов 44 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ» ; редкол.: В.В. Пятов [и др.]. – Витебск, 2011. – С. 266-268.

12. Зезюлин, Д.С. Разработка математической модели релаксационных процессов в трикотаже для компрессионных медицинских изделий / Д.С. Зезюлин, А.А. Кузнецов, Н.Л. Надежная, А.В. Чарковский // Материалы докладов 45 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ» ; редкол.: Е.В. Ванкевич [и др.]. - Витебск, 2012. - С. 465-468.

13. Надежная, Н.Л. Применение компьютерной техники в анализе трикотажа / Н.Л. Надежная, Е.Л. Ерофеев, М.Ф. Маханько, А.В. Чарковский // Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые - развитию текстильной и легкой промышленности» (Поиск-2012) : сборник материалов, 23-25 апреля 2012 г. : в 2 ч. / ИГТА редкол.: Г.И. Чистобродов [и др.]. – Иваново, 2012. – Ч. 1. – С. 57-58.

14. Надежная, Н. Л. Анализ петельной структуры трикотажа с применением компьютерных технологий / Н. Л. Надежная, А. В. Чарковский, Е. П. Ерофеев, М. Ф. Маханько // Международная научно-техническая конференция «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс-2012) : сборник материалов, 30 мая - 1 июня 2012 г. : в 2 ч. / ФГБОУ ВПО «ИГТА» ; редкол.: Г.И. Чистобродов [и др.]. – Иваново, 2012. – Ч. 1. – С. 64-65.

15. Надежная, Н.Л. Разработка ассортимента трикотажных изделий «компрессионный рукав» для реабилитации больных раком молочной железы / Н.Л. Надежная, А.В. Чарковский, Е.А. Шляхтунов, Н.Г. Луд // Качество товаров: теория и практика : материалы докладов Международной научно-практической конференции, Витебск, Беларусь, 15-16 ноября, 2012 г. / УО «ВГТУ» ; редкол.: А.Н. Буркин [и др.]. – Витебск, 2012. – С. 171-173.

16. Шляхтунов, Е.А. Опыт компрессионной терапии вторичной лимфедемы верхней конечности у онкологических пациентов / Е.А. Шляхтунов, Н.Г. Луд, И.И. Федоренко, А.В. Чарковский, В.П. Шелепова, Н.Л. Надежная // Актуальные вопросы онкологии : материалы республиканской научно-практической конференции, Витебск / УО Витебский государственный медицинский университет ; редкол.: Н.Г. Луд [и др.]. – Витебск, 2012. – С. 119–121.

Тезисы докладов:

17. Надежная, Н.Л. Исследование и оптимизация компрессионных свойств эластомерных медицинских трикотажных полотен / Н. Л. Надежная, А. В. Чарковский // Тезисы докладов XLIII научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ» ; редкол.: В.В. Пятов [и др.]. – Витебск, 2010. – С. 160-161.

18. Надежная, Н.Л. Особенности расчета давления на тело компрессионных медицинских трикотажных изделий / Н.Л. Надежная, А.В. Чарковский // «НИРС-2011»: сборник тезисов докладов Республиканской научной конференции студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь, Минск, 18 октября 2011 г. / БГУ ; редкол.: С.В. Абламейко [и др.]. – Минск, 2011. – С. 332-333.

Патенты:

19. Компрессионный рукав : пат. 8836 Респ. Беларусь, МПК7 А 61 F 13/00 / А.В. Чарковский, Н.Л. Надёжная, Н.Г. Луд, А.Г. Жуковец, Е.В. Шаповал, Е.А. Шляхтунов, В.П. Шелепова ; заявитель Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет» – № и 20120525 ; заявл. 21.05.2012 ; опубл. 30.12.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 6. – С. 182.

20. Кулирный одинарный высокоэластичный трикотаж: МПК7 D 04 В 1/18 / Н.Л. Надёжная, А.В. Чарковский, Н.Г. Луд, Е.А. Шляхтунов, Д.В. Евдокимов; заявитель Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет» – № а 20111009 ; заявл. 18.07.2011 ; опубл. 28.02.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 1. – С. 26.

РЭЗІЮМЕ

Надзёжная Наталля Леанідаўна

Тэхналогія трыкатажнага кампрэсійнага рукава медыцынскага прызначэння

Ключавыя словы: тэхналогія, выраб трыкатажны, трыкатаж кампрэсійны, трыкатаж медыцынскі, дэфармацыйныя ўласцівасці трыкатажу, пругія абалонкі, паветрапранікальнасць трыкатажу.

Аб'ектам даследвання з'яўляюцца трыкатажны кампрэсійны рукаў медыцынскага прызначэння і палатно для яго вырабу.

Мэта работы – распрацоўка тэхналогіі трыкатажнага кампрэсійнага рукава медыцынскага прызначэння.

Метадалогія даследвання: Распрацоўка тэхналогіі трыкатажнага кампрэсійнага рукава засноўвалася на выніках тэарэтычных і эксперыментальных даследванняў з выкарыстаннем метадаў матэматычнага мадэлявання, матэматычнага планавання эксперыменту, матэматычнай статыстыкі і праграмавання. Апрацоўка вынікаў даследаванняў ажыццяўлялася з выкарыстаннем ЭВМ.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: распрацавана структура і тэарэтычныя залежнасці для праектавання параметраў пецельнай структуры кулірнага адзінарнага трыкатажу, у якім па тыпу плаціраванай пятлі сумесна правязаны грунтовая і эластамерная ніткі; распрацавана матэматычная мадэль прагназавання дэфармацыйных уласцівасцяў трыкатажу з эластамернымі ніткамі; распрацаваны метады разліку ціску кампрэсійнага вырабу на аснове апраксімацыі цела ўсечаным эліптычным парабалоідам; распрацавана і запатэнтавана канструкцыя трыкатажнага кампрэсійнага рукава. Навуковая навізна работы заключаецца ў распрацоўцы тэхналогіі трыкатажнага кампрэсійнага рукава, атрыманага раскройным спосабам, дазваляючай вырабляць новы айчынны трыкатажны выраб для рэабілітацыі хворых на рак малочнай залозы.

Рэкамедацыі па выкарыстанні: Тэхналогія трыкатажнага кампрэсійнага рукава ўкаранёна ў вытворчасць на ААТ «Світанак» г. Жодзіна, выраблена вопытная партыя вырабаў. Распрацаваны праект тэхнічных умоў і тэхналагічная дакументацыя на вытворчасць вырабу.

Галіна выкарыстання: тэхналогія трыкатажу, медыцына.

РЕЗЮМЕ

Надёжная Наталья Леонидовна

Технология трикотажного компрессионного рукава медицинского назначения

Ключевые слова: технология, изделие трикотажное, трикотаж компрессионный, трикотаж медицинский, деформационные свойства трикотажа, упругие оболочки, воздухопроницаемость трикотажа.

Объектом исследования являются трикотажный компрессионный рукав медицинского назначения и полотно для его изготовления.

Цель работы – разработка технологии трикотажного компрессионного рукава медицинского назначения.

Методология исследования: Разработка технологии трикотажного компрессионного рукава основывалась на результатах теоретических и экспериментальных исследований с использованием методов математического моделирования, математического планирования эксперимента, математической статистики и программирования. Обработка результатов исследований осуществлялась с использованием ЭВМ.

Полученные результаты и их новизна: разработана структура и теоретические зависимости для проектирования параметров петельной структуры кулирного одинарного трикотажа, в котором по типу платированной петли совместно провязываются грунтовая и эластомерная нити; разработана математическая модель прогнозирования деформационных свойств трикотажа с эластомерными нитями; разработан метод расчета давления компрессионного изделия на основе аппроксимации тела усеченным эллиптическим параболоидом; разработана и запатентована конструкция трикотажного компрессионного рукава. Научная новизна работы заключается в разработке технологии трикотажного компрессионного рукава, получаемого раскройным способом, позволяющей производить новое отечественное трикотажное изделие для реабилитации больных раком молочной железы.

Рекомендации по использованию: Технология трикотажного компрессионного рукава внедрена в производство ОАО «Світанак» г. Жодино, выпущена опытная партия изделий. Разработан проект технических условий и технологическая документация на производство изделия.

Область применения: технология трикотажа, медицина.

SUMMARY

Nadyozhnaya Natalia Leonidovna

Technology of medical compression arm sleeve

Keywords: technology, knitted wear, compression hosiery, medical hosiery, deformation properties of knitted fabrics, elastic shell, air permeability of knitted fabrics.

Object of research: medical compression arm sleeve and knitted fabric for its manufacturing.

Purpose of research: development of technology of medical compression arm sleeve.

Methods of research: The development of the technology of medical compression arm sleeve was based on the results of the theoretical and experimental research using the methods of mathematical modeling, methods of mathematical experiment planning, mathematical statistics and programming. The processing of the research results was implemented with computer technology.

The results and their novelty: structure and theoretical relations were developed for design of the looped structure parameters of single filling-knit fabric in which the binding and elastic yarn were knitted together as in plated loops; the mathematical model for forecasting of the deformation properties of the knitted fabric with elastic yarn was developed; the calculation method for the measurement of compression knitted fabric pressure on body on the basis of body approximation by a truncated elliptic paraboloid was developed; the compression arm sleeve construction was developed and patented. The scientific novelty of the work is in the development of the technology of the compression hosiery arm sleeve, produced by cutting method. The technology allows the production of new domestic knitted fabric for the rehabilitation of breast cancer patients.

Recommendations for application: The technology of medical compression arm sleeve has been introduced at the Open JRC "Svitanak" in Zhodino and a pilot batch of knitted wear has been produced. The project of technical specifications and technical documentation for the fabric production has been developed.

Fields of Application: knitted technology, medicine.

**НАДЁЖНАЯ
НАТАЛЬЯ ЛЕОНИДОВНА**

**ТЕХНОЛОГИЯ ТРИКОТАЖНОГО КОМПРЕССИОННОГО РУКАВА
МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 14.10.2013 Формат 60×90 1/16. Печать
ризографическая. Уч.-изд. л. 1.57. Усл.печ. л. 0.44. Тираж 80 экз. Заказ 364.

Отпечатано на ризографе ЦИТ УО “ВГТУ”.

Лицензия № 02330/0494384 от 16.03.2009 г.

210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72