

На правах рукописи



ПИВКИНА СВЕТЛАНА ИВАНОВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН И
ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ НИТЕЙ ДЛЯ ЭНДОПРОТЕЗОВ**

Специальность 05.19.02 – «Технология и первичная обработка текстильных
материалов и сырья»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва – 2017 г.

Работа выполнена на кафедре проектирования и художественного оформления текстильных изделий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»

Научный руководитель:

Заваруев Владимир Андреевич

доктор технических наук, профессор кафедры проектирования и художественного оформления текстильных изделий ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина»

Официальные оппоненты:

Сокова Галина Георгиевна

доктор технических наук, доцент, директор Центра управления проектами, профессор кафедры технологии и проектирования тканей и трикотажа ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет» (г.Кострома)

Николаев Владимир Дмитриевич

кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ЦНИИмаш (г.Королев)

Ведущая организация:

ОАО «Инновационный научно-производственный центр текстильной и легкой промышленности» (г. Москва)

Защита состоится 16 марта 2017 года в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.06 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина» по адресу: 117997, ул Садовническая, д. 33, стр.1, ауд.156.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н.Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство.)» <http://mgudt.ru/>

Автореферат разослан «___» _____ 2017 года

Учёный секретарь диссертационного совета
доктор технических наук,
профессор

Е.А.Кирсанова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы работы.

Интенсивное развитие технологий переработки различных видов металлических нитей на вязальном оборудовании позволяет расширить область применения металлических трикотажных изделий в сфере реконструктивно-восстановительной хирургии. Использование в качестве сырья для сетчатых эндопротезов титановых сплавов высокой степени очистки ВТ-6 позволит значительно повысить биосовместимость материала с живыми тканями и снизить рост послеоперационных осложнений.

Сегодня впервые поставлена задача машинной переработки титановых нитей с целью создания вязаных полотен и изделий для применения в хирургии в виде сетчатых эндопротезов с различными свойствами поверхностей.

Создание технологии: сверхлегких сетчатых материалов (ССМ); гладких ячеистых контурных изделий; плюшевых полотен, используемых в качестве армирующей составляющей композиционных медицинских материалов из титановых нитей, является актуальной задачей.

Цель исследования разработка технологии трикотажных полотен и изделий, имеющих сетчатую гладкую или плюшевую поверхность, для использования в герниологии в качестве эндопротезов, выполненных из титановых нитей.

В соответствии с указанной целью были поставлены и решены следующие задачи:

- выполнен ассортиментный анализ используемых материалов для эндопротезирования;
- разработана технология переработки титановых нитей на вязальном оборудовании;
- обоснован выбор структур и разработаны технологические процессы их выработки для получения новых перспективных сверхлегких сетчатых титановых трикотажных материалов с заданными свойствами;
- разработаны структуры и технологические процессы их выработки на плосковязальном оборудовании для получения цельновязаных изделий заданных форм и размеров, применяемых в качестве эндопротезов;
- разработана технология выработки петельной титановой нити, применяемой для создания трикотажных полотен с двухсторонним хаотически расположенным ворсом;
- проведен жесткостной и прочностной анализ разработанных трикотажных материалов и определены эластические свойства;
- на основе численных методов решены прямая и обратная задачи прогнозирования выходных структурных параметров (поверхностная плотность, петельный шаг, высота петельного ряда) по входным

технологическим параметрам оборудования для получения гладких ячеистых основязанных и кулирных трикотажных полотен с заданными размерами ячей при использовании титановых нитей и установлены причинно-следственные связи;

-выработаны образцы сетчатых полотен и изделий для эндопротезирования.

Методы исследования.

Поставленные задачи решены экспериментальными и теоретическими методами. Нарботка образцов основязанных ССМ выполнялась на основязальном оборудовании «Кокетт» 18 класса, наработка образцов цельновязанных изделий, а также петельной нити и плюшевых полотен выполнялась на плосковязальном оборудовании «Vesta» 130-Е 7 класса.

Выработка экспериментальных образцов разработанных структур полотен выполнялась на оборудовании кафедры проектирования и художественного оформления текстильных изделий и предприятия ООО «ТРИИНВЕСТ» инжинирингового центра РГУ им. А.Н.Косыгина. Выработанные экспериментальные образцы цельновязанных эндопротезов сложных форм и плюшевых полотен переданы на предприятие ООО НПФ «ТЕМП» г. Екатеринбург, где ведутся экспериментальные исследования их применения. Образцы ССМ, выработанные по основязальной технологии, переданы в ЦКБ РАН и ФГБУ институт хирургии им. А.В. Вишневского для использования.

Механические свойства используемых нитей, разработанных полотен и изделий с ячеистой структурой определены на электронном диагностическом комплексе «Диаморф», модернизированной разрывной машине «INSTRON».

Результаты испытаний обработаны методами математической статистики с использованием программ MathCAD, MS Excel, ДиаМорф, THEORY, EUREKA.

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

- впервые сформирована комбинированная титановая нить (титан + химическая нить), обеспечивающая возможность переработки титановой нити на вязальном оборудовании;
- численными методами определены значения параметров титаново-химических (комбинированных титановых) нитей для расчета сверхлегких сетчатых материалов, изготавливаемых по основязальной технологии;
- на основании анализа и синтеза структур участков зарботки, а также способов контурного вязания разработан новый вид эластичного нераспускающегося края и предложена технология прибавки петель с использованием структурного «сплит-элемента», что обеспечивает возможность выработки эндопротезов заданной формы и размеров на плосковязальном автоматизированном оборудовании;

- разработаны новые вязаные структуры петельных титановых нитей, полученных основовязаным или сочетанием кулирного и основовязаного способов выработки, позволяющие выработать плюшевые полотна с двухсторонним хаотически расположенным ворсом на базе любых трикотажных переплетений;
- установлена аналитическая связь между параметрами технологических процессов оборудования и параметрами структур трикотажных материалов, выполненных по основовязальной и кулирной технологиям с использованием как комбинированной титановой нити, так и чистой титановой нити.

Практическая значимость полученных результатов диссертационного исследования заключается:

в разработке новых трикотажных структур из титановых нитей для использования в эндопротезировании:

- цельновязаных изделий заданной формы и размеров;
- петельной титановой нити, используемой для создания плюшевых полотен с двухсторонним хаотически расположенным ворсом;

в разработке новых технологий выработки:

- сверхлегких сетчатых материалов из титановых нитей на основовязальном оборудовании;
- цельновязаных изделий заданной формы и размеров из титановых нитей с использованием плосковязального оборудования;
- петельной титановой нити, полученной основовязальным или сочетанием кулирного и основовязального способов выработки;

в исследовании и использовании наработанных полотен в ЦКБ РАН, ФГБУ Институте хирургии им. А.В. Вишневского и цельновязаных изделий в ООО НПФ «ТЕМП».

Реализация результатов работы проведена на предприятиях ООО НПФ «ТЕМП», экспериментальные образцы ССМ, выработанные по основовязальной технологии, переданы в ЦКБ РАН и ФГБУ Институт хирургии им. А.В. Вишневского для экспериментальных исследований.

Степень достоверности и апробация результатов работы:

Достоверность полученных результатов обеспечена применением современных методов исследования с использованием сертифицированного оборудования, экспериментальной проверкой основных положений работы, основанной на удовлетворительном совпадении аналитических и численных расчетов с результатами эксперимента. Апробация основных положений работы производилась в научной периодической печати и конференциях.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены, обсуждены и получили положительную оценку на:

1. Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности», Москва, МГУДТ,

2013 г. (2 доклада)

2. Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности», Москва, МГУДТ, 2014 г. (2 доклада)

3. Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности», Витебск, ВГТУ, 2014г.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ; представлено 5 докладов на научных конференциях.

Структура и объём диссертации. Работа состоит из введения, 5 глав с выводами, общих выводов по диссертационной работе и библиографического списка использованной литературы. Работа изложена на 211 страницах машинописного текста, содержит 61 рисунок, 51 таблицу, библиографический список использованных литературных источников включает 88 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность диссертационной работы, поставлены цели и сформулированы задачи исследования, указаны методы исследования, раскрыты научная новизна и практическая значимость работы, приведены публикации по теме диссертации.

В первой главе приведён анализ особенностей используемых в медицине имплантационных материалов. Показано, что до настоящего времени, нити из титана и его сплава (ВТ-6) в машинных трикотажных имплантатах не применялись. Преимуществом титановых нитей является прочность, сопротивление коррозии и отсутствие аллергии на данный металл, что подтверждено медицинскими исследованиями.

Все перечисленное позволило принять решение о разработке машинных технологий выработки трикотажных полотен и цельновязаных изделий из титановых нитей для создания из них имплантатов.

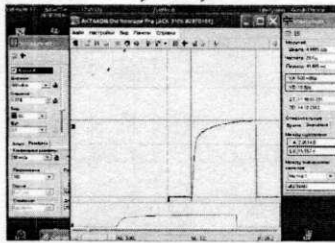
Сформулированы основные эргономические требования к разрабатываемым полотнам и изделиям, поставлены технологические задачи.

Вторая глава посвящена разработке основывязаной технологии выработки легких и сверхлегких сетчатых материалов для эндопротезирования.

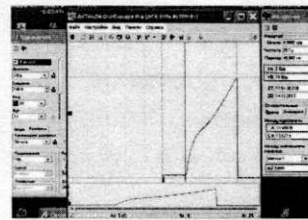
Для обеспечения процесса вязания титановой нити, имеющей шероховатость и высокий коэффициент трения о сталь (0,65), необходимо увеличить ее скольжение по рабочим органам машины: иглам, ушковинам, нитеводителям, путем снижения ее коэффициента трения. Для решения поставленной задачи была подготовлена комбинированная титановая нить,

содержащая в своей структуре титановую основу, покрытую оболочкой из текстильной нити с меньшим коэффициентом трения, с последующим удалением оболочки в готовом полотне, что позволило снизить коэффициент трения титановой нити в 2,8 раза и обеспечить возможность ее переработки на вязальном оборудовании различного типа.

Диаграммы «нагрузка-удлинение» титановой и комбинированной титановой нитей (рисунки 1а,б) выполнялись на модернизированной установке «INSTRON», снабженной электронным осциллографом. Титановая нить рис. 1а, имеет разрывную нагрузку $F_{разр.} = 0,178$ кг, разрывное удлинение $\Delta L = 41,0$ мм, относительное удлинение $\varepsilon = 8,2\%$. Комбинированная титановая нить рис. 1б, имеет разрывную нагрузку $F_{разр.} = 0,88$ кг, разрывное удлинение $\Delta L = 64,6$ мм, относительное удлинение $\varepsilon = 12,9\%$;



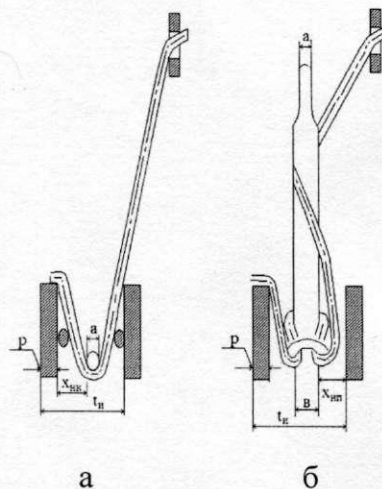
а



б

Рисунок 1 – Диаграммы «нагрузка-удлинение» для титановой и комбинированной титановой нитей

Для определения возможности переработки комбинированной титановой нити линейной плотностью 35 текс на основовязальном оборудовании с разными классами вязальных машин рассмотрена возможность свободного прохода нити в ниточных промежутках X_n при выполнении двух операций петлеобразования основовязаного процесса: кулирования (рис. 2а) и прокладывания (рис. 2.б).



а

б

Рисунок 2 – Операции кулирования и прокладывания нитей в процессе петлеобразования при основовязаном способе выработки, где $t_{иг}$ – игольный шаг; p – толщина платин; a – толщина головки иглы; $в$ – толщина стержня иглы; $X_{нк}$ – ниточный промежуток при кулировании; $X_{нп}$ – ниточный промежуток при прокладывании.

Установлено, что определяющей операцией возможности переработки нити является операция прокладывания, так как при выполнении этой операции в основовязаном процессе нить охватывает стержень иглы, который имеет большую толщину по сравнению с толщиной головки иглы.

Впервые разработана технология выработки легких и ССМ из титановой нити на базе двухгребеночных филейных переплетений основовязанным способом.

Для получения гладкой ячеистой структуры были выбраны филейные переплетения: сукно+сукно, сукно+сукно со сдвигом, атлас-атлас, трико с атласным и суконным переходами. Для всех видов полотен определены установочные параметры процессов вязания.

На основании исследований режимов вязания ССМ установлено, что минимальная обрывность комбинированной титановой нити достигается при скорости вязания 150 ряд./мин., натяжении нити $T=0,22$ Н/нить.

Решена задача прогнозирования параметров процесса для получения заданных параметров полотна: установлено, что наименьшее значение на выходные параметры полотна – петельный шаг A , высоту петельного ряда B , поверхностную плотность ρ , оказывает частота вращения главного вала n , при этом наибольшее влияние на выходные параметры оказывают натяжение нитей основы T и частота вращения оттяжных валов. Решена обратная задача прогнозирования, позволяющая регулировать режимы вязания от заданных структурных параметров полотна.

Выработаны экспериментальные полотна разработанных переплетений из комбинированной титановой нити линейной плотности 35 текс, титановая составляющая имеет диаметр 60 мкм.

Фотографии увеличенных структур образцов представлены на рисунках: 3а – сукно-сукно, 3б – сукно-сукно со сдвигом, 3в – атлас-атлас, 3г – трико с атласным переходом, 3д – трико с суконным переходом.

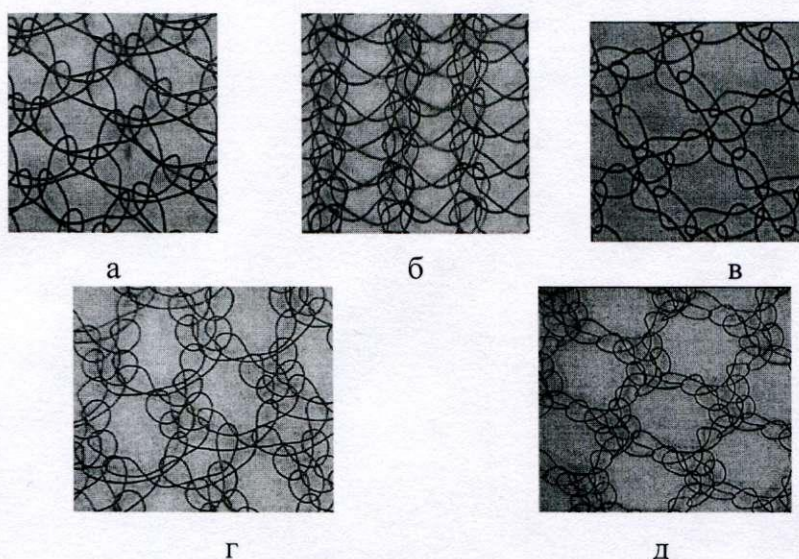


Рисунок 3 – Фотографии увеличенных структур основовязанных разрабатываемых переплетений

После удаления химической составляющей из выработанных полотен проведены испытания механических свойств образцов с использованием модернизированной установки «Instron».

Результаты испытаний образцов по физико-механическим свойствам, показали, что все разработанные полотна основязаного трикотажа, выработанные из титановых нитей диаметром 60 мкм, полностью удовлетворяют требованиям медиков по прочностным характеристикам ($44,46 \div 61,75$ Н/см) и частично удовлетворяют требованиям по пористости ($65,9 \div 76,07$ %) и материалоемкости ($51,43 \div 73,32$ г/м²).

Проведен анализ формы и размеров ячеек структуры с использованием программного обеспечения «ДиаМорф», в автоматизированном режиме установлено число ячеек в образце, рассчитана их площадь, периметр, фактор формы, что позволяет сделать вывод о пористости разрабатываемой структуры.

Установлено, что для снижения материалоемкости полотен можно использовать титановые нити меньшего диаметра или применять дополнительную операцию химического травления титановых нитей путем воздействия на металл кислотными растворами.

Процесс получения титановых нитей диаметром 30÷40 мкм, с использованием технологии волочения (вытягивания) титановой нити является технологически сложным и связан со снижением прочности титановой нити приводящей к обрывам в процессе уменьшения сечения проволоки.

Процесс травления титана может выполняться в готовом полотне трикотажа, при этом, диаметр титановых нитей в полотне уменьшается, а длина нити в петле готового полотна остается неизменной, что приводит к увеличению модуля петли, а, следовательно, позволяет увеличить пористость материала и снизить его материалоемкость.

В таблице 1 представлены усредненные значения результатов испытаний образцов, после процесса травления, выполненных на предприятиях ООО НПО «ТЕМП».

Результаты испытаний показали, что все разработанные полотна основязаного трикотажа, выработанные из титановых нитей, диаметр которых в процессе травления был уменьшен до 30÷40 мкм, удовлетворяют требованиям медиков по характеристикам пористости, при этом прочностные характеристики образцов остаются в пределах требуемых. По показателям поверхностной плотности все разработанные образцы соответствуют сверхлегким сетчатым материалам ($\rho \leq 35$ г/м²).

Таблица 1 – Результаты испытаний основвязанных полотен после процесса травления титана

№ обр	Диаметр титан. нити, мкм	Поверхностная плотность, г/м ²	Прочность Н/см	Пористость %	Соответствие категории сеток
1	30	14,06	13,9	87,02	ССМ
	40	24,96	24,7	82,7	ССМ
2	30	18,46	15,54	82,96	ССМ
	40	32,77	27,59	77,3	ССМ
3	30	15,57	11,2	85,63	ССМ
	40	27,64	19,89	80,84	ССМ
4	30	12,97	11,55	88,03	ССМ
	40	23,02	20,50	84,04	ССМ
5	30	12,97	12,2	88,03	ССМ
	40	23,02	21,6	84,04	ССМ

Третья глава посвящена разработке кулирной технологии для выработки цельновязанных эндопротезов из титановых нитей. Особенностью использования кулирной технологии для эндопротезирования является необходимость применения регулярного способа выработки изделий соответствующей формы и заданных размеров с закрытием петель последнего ряда.

В качестве базовых структур трикотажа были выбраны структуры двухизнаночной глади и прессовое переплетение на базе двухизнаночной глади. Трикотаж этих переплетения, не закручивается и имеет гладкую ячеистую структуру.

С помощью математического моделирования спроектированы процессы петлеобразования для выработки разработанных структур на современных плосковязальных машинах с электронным управлением.

На рисунке 4а,б,в,г представлен коллаж фотографий экспериментальных образцов, выработанных из комбинированной титановой нити линейной плотности 35 текс, переплетением двухизнаночная гладь, при глубинах кулирования 2; 2,5; 3; 4 мм соответственно. Фотографии выполнены после удаления химической составляющей из комбинированной титановой нити.

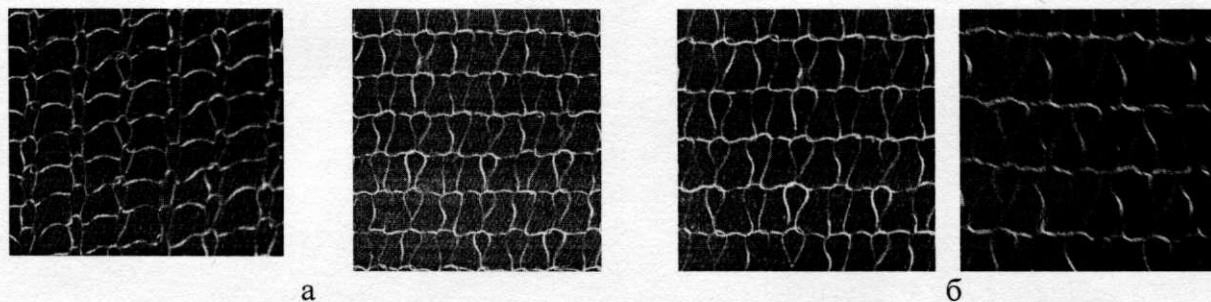


Рисунок 4 – Коллаж фотографий, выработанных структур при различных глубинах кулирования

После удаления химической составляющей были проведены испытания по разрывным характеристикам материала. В ходе испытаний образцов полотен, выработанных из титановой нити диаметром 0,06 мм в два конца переплетением двухизнаночная гладь установлено, что показатели по прочности, пористости и поверхностной плотности удовлетворяют медицинским требованиям, а образцы, выработанные прессовым переплетением, на базе двухизнаночной глади, по показателям прочности, пористости и поверхностной плотности полотен полностью отвечают медицинским требованиям при использовании титановой нити в один и два конца.

Поверхностная плотность ρ для образцов, связанных из титановых нитей кулирных полотен в два сложения на разных глубинах кулирования составили: двухизнаночное переплетение $\rho = 22,2 \div 26,8 \text{ г/м}^2$, для прессового переплетения на базе двухизнаночной глади (при глубине кулирования $h_k = 2,5 \text{ мм}$), $\rho = 31,6 \text{ г/м}^2$. По данным поверхностной плотности разработанные кулирные полотна можно отнести к ССМ.

В работе рассмотрены особенности выработки цельновязаных эндопротезов сложных форм, разработан способ заработки, закрытия края и одновременной прибавки трех петель с использованием «Сплит»-петли. Графическая запись прибавки трех петель и процесс петлеобразования в виде математического описания, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Графическая запись и математическое описание процесса прибавки трех петель с использованием операции «Сплит».

Графическая запись	Математическое описание процесса
	$1. \begin{cases} AC_{1,4} = AC_{1,3} = Z_1 * AP_1 * K_1 \\ AC_1 = \frac{AC_{1,6}}{AC_{1,5}} = \frac{Z_0 * AP_1 * K_1}{Z_2 * AP_1 * K_1} \end{cases}$
	$2. \begin{cases} OC_2 = \frac{OC_{2,8}}{OC_{2,7}} = \frac{Z_2 * AP_1 * K_1}{Z_0 * OP_0 * K_1} \uparrow \\ OC_{2,2} = OC_{2,3} = OC_{2,6} = Z_3 * OP_0 * K_1 \end{cases}$
	$3. \begin{cases} OC_3 = \frac{OC_{3,2}}{OC_{3,1}} = \frac{OC_{3,6}}{OC_{3,5}} = \frac{Z_0 * OP_1 * K_1}{Z_2 * AP_1 * K_1} \downarrow \\ OC_3 = \frac{OC_{3,4}}{OC_{3,3}} = \frac{Z_2 * AP_1 * K_1}{Z_0 * OP_0 * K_1} \uparrow \\ OC_{3,8} = Z_3 * OP_0 * K_1 \end{cases}$
	$4. \begin{cases} BC_{4,1} = BC_{4,4} = BC_{4,5} = BC_{4,8} = Z_1 * BP_1 * K_1 \\ BC_{4,10} = BC_{4,11} = Z_2 * BP_1 * K_1 \end{cases}$
	$5. \begin{cases} OC_5 = \frac{OC_{5,2}}{OC_{5,1}} = \frac{OC_{5,6}}{OC_{5,5}} = \frac{Z_2 * OP_0 * K_1}{Z_0 * OP_0 * K_1} \uparrow \\ OC_5 = \frac{OC_{5,4}}{OC_{5,3}} = \frac{OC_{5,8}}{OC_{5,7}} = \frac{Z_0 * OP_0 * K_1}{Z_2 * OP_0 * K_1} \downarrow \end{cases}$
	$6. DC_{6,2} = DC_{6,11} = Z_1 * DP_1 * K_1$

Разработаны программы вязания цельновязаных эндопротезов сложных форм, приведены таблицы заправочных данных.

Выработанные образцы цельновязаных изделий для эндопротезов сложных форм представлены на рисунке 5.

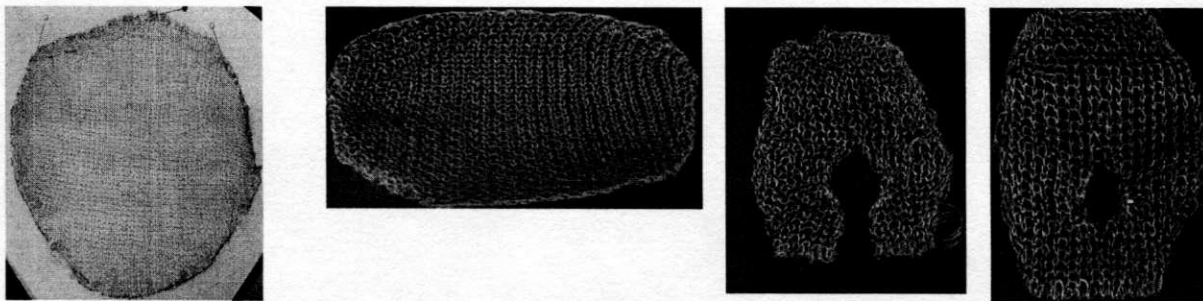


Рисунок 5 – Фотографии выработанных кулирных трикотажных изделий заданных форм применяемых в эндопротезировании.

Четвертая глава посвящена разработке структур и технологии выработки трикотажа с плюшевой поверхностью для использования в герниопластике.

При разработке структур трикотажа для использования в герниопластике одним из приоритетных направлений является разработка эндопротезов с плюшевой поверхностью, используемых как в качестве армирующего элемента для создания композиционных медицинских материалов, так и в качестве самофиксирующихся материалов.

Известные структуры плюшевых переплетений, выработанные по кулирной технологии, имеют недостаточное закрепление плюшевой нити в грунте полотна и наличие мягкого однонаправленного ворса, что затрудняет использование традиционных видов плюшевых переплетений в качестве самофиксирующихся эндопротезов.

Для получения плюшевой поверхности полотна с жестким хаотично расположенным ворсом была разработана принципиально новая технология получения плюшевого трикотажа из специально подготовленной петельной титановой нити, рис. 6а, вырабатываемой основовязаным или сочетанием кулирного и основовязаного способами из комбинированной титановой нити. При этом наиболее производительным способом выработки петельной нити является основовязаный способ. Это связано с возможностью использования всей ширины фонтуры для выработки петельной нити, тогда как на кулирном плосковязальном оборудовании можно вырабатывать одновременно не более двух нитей при наличии 8 нитеводов на машине, так как для образования каждой нити требуется три системы нитей.

Исследованиями установлено, что разработанная структура плюшевого полотна (рис. 6.б, где 1,2,3,4 – плюшевые петли) из специально подготовленной петельной нити обеспечивает необходимую устойчивость материала к роспуску при его подрезании и имеет

разнонаправленное положение ворсин. Это позволяет проводить необходимый подкрой имплантата и использовать разработанный плюшевый трикотаж в качестве армирующей составляющей композиционных материалов и в качестве материалов, обладающих возможностью самофиксации на раневой поверхности.

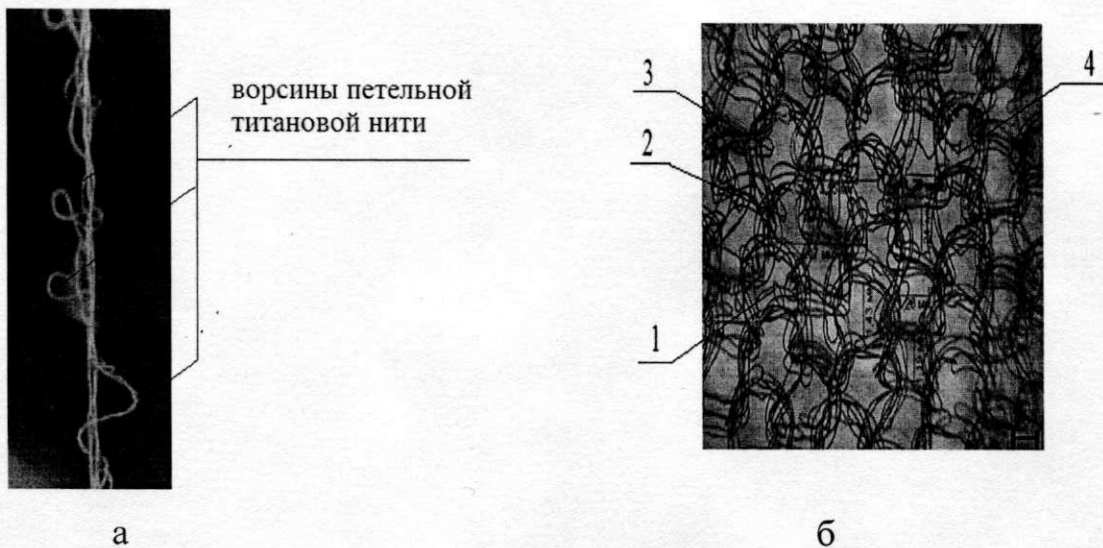


Рисунок 6 – Фотографии петельной титановой нити и структуры плюшевого трикотажа, образованного с использованием петельной титановой нити

При расчете линейной плотности нити учитывалось, что петельная нить при образовании каждой петли имеет две свободные петли, образующие ворс. Поэтому остева титановая нить на каждой петле имеет шесть палочек петель и протяжку, идущую к следующей петле, образованной в петельной нити. В результате длина нити в петле плюшевого полотна имеет семь слагаемых.

Поверхностная плотность плюшевого полотна из петельной титановой нити определялась по формуле:

$$\rho = \frac{l \cdot T \cdot 7}{A \cdot B} \frac{\text{г}}{\text{м}^2}.$$

Поверхностная плотность полотна составила $\rho = 142 \text{ г/м}^2$ при глубине кулирования 3,5 мм и 136 г/м^2 при глубине кулирования 4 мм, что соответствует категории тяжелых и стандартных материалов, применяемых в реконструктивно-восстановительной хирургии.

Пятая глава посвящена исследованию процесса вязания кулирного полотна.

Методом бинарной причинно-следственной теории информации установлено, что на плосковязальных машинах наибольшее влияние на поверхностную плотность кулирного трикотажа оказывает глубина

кулирования ($g_{14}=0,75$), а влияние скорости движения каретки в семь раз меньше по сравнению с глубиной кулирования ($g_{24}=0,101$)

С использованием численного метода решены прямая и обратная задачи прогнозирования основных параметров кулирного полотна: поверхностной плотности ρ , петельного шага A и высоты петельного ряда B , при заданных параметрах процесса: глубине кулирования h_k , скорости вязания V_k и частоты вращения оттяжных валов n .

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Установлено, что использование химической нити в качестве составляющей комбинированной титановой нити позволяет снизить коэффициент трения титановой нити в 2,8 раза и обеспечить возможность ее переработки на вязальном оборудовании различного типа.
2. Разработана технология основовязаных сверхлегких сетчатых материалов, обладающих малой распускаемостью и пониженной материалоемкостью, применяемых для протезирования.
3. Установлено, что при выработке ССМ для достижения сверхлегкости основовязаных полотен, поверхностная плотность которых менее 35 г/м^2 , необходимо использовать титановую нить диаметром от 30 мкм до 40 мкм, при этом прочностные характеристики (прочность – не менее 16 Н/см), и характеристики пористости материала (пористость – не менее 80%) полностью соответствуют требованиям медиков.
4. Разработана технология выработки кулирных гладких ячеистых полотен из комбинированной титановой нити диаметром 60 мкм на базе двухзигзаговых переплетений, на основе которых возможна выработка цельновязаных эндопротезов сложных форм, имеющих нераспускающиеся края и незакручивающуюся структуру.
5. Установлено, что для достижения необходимых физико-механических свойств кулирных цельновязаных эндопротезов сложной формы возможно использование титановой нити диаметром 0,06 мкм в два сложения, при этом поверхностная плотность материала составит менее 35 г/м^2 , прочность материала в продольном направлении составит $29\div 31 \text{ Н/см}$, в поперечном направлении $23\div 29 \text{ Н/см}$, что полностью соответствует заданным характеристикам.
6. Разработана принципиально новая кулирная технология трикотажа с плюшевой поверхностью из специально вывязанной петельной титановой нити, полученной с использованием основовязального или кулирного способов, что обеспечивает наличие на полотне двухстороннего короткого хаотично направленного ворса и позволяет использовать полученные плюшевые полотна в качестве основы для композиционных медицинских материалов и рекомендовать его в качестве самофиксирующегося материала.

7. Установлено, что на основные параметры полотна, вырабатываемого по основовязальной технологии, в большей степени оказывают влияние натяжение нитей основы и частота вращения оттяжных валов, а на параметры полотна, выработанного по кулирной технологии, в большей степени влияют такие параметры процесса, как глубина кулирования и частота вращения оттяжных валов.

8. На основе численных методов решены прямая и обратная задачи прогнозирования основных параметров кулирных и основовязанных полотен: поверхностной плотности ρ , петельного шага A и высоты петельного ряда B , при заданных параметрах процессов: при кулирной технологии – глубине кулирования h_k , скорости вязания V_k и частоте вращения оттяжных валов n ; при основовязальной технологии – натяжения нитей основы T , частоты вращения главного вала n , частоты вращения оттяжных валов, выраженной через передаточные отношения шестерен K_n .

9. На основании разработанной технологии выработана партия гладких основовязанных полотен, переданная для исследования в ЦКБ РАН и ФГБУ хирургии им. Вишневского, партия цельновязанных эндопротезов и плюшевых кулирных полотен, переданная для исследования в ООО НПФ «Темп».

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в рецензируемых журналах из перечня ВАК:

1. Кудрявин Л.А. Разработка подсистем машинной визуализации автоматизированного проектирования трикотажа основовязанных переплетений/ Л.А. Кудрявин, С.И. Пивкина, В.А. Заваруев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2009. - № 6. - 81-82 с.
2. Кудрявин Л.А. Особенности образования структур и узоров на основовязальной машине с селекторно-индивидуальным способом отбора РОУ/ Л.А. Кудрявин, С.И. Пивкина, В.А. Заваруев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности – 2010. - №1. - с.88-90.
3. Пивкина С.И. Математические модели описания вязального способа образования «Сплит-петель»/ С.И. Пивкина, Л.А. Кудрявин, О.П.Фомина // Известия вузов. Технология текстильной промышленности – 2016. - №2. - с.143-146.
4. Николаева Е.В. Анализ структуры интарзийных полотен с ажурным способом соединения и работы нитеводов при их выработке/

Е.В.Николаева, Т.В. Муракаева, С.И. Пивкина // Известия вузов. Технология текстильной промышленности – 2015. - №6. - с.129-132.

5. Кудрявин Л.А. Методы проектирования и оценка основных свойств поверхностей технического назначения с ячейками различных размеров и конфигураций на базе структур трикотажа/ Л.А. Кудрявин, О.Ф. Беляев, С.И. Пивкина, Н.В. Заваруев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности – 2016. - №2. - с.139-143.

Материалы научно-технических конференций:

1. Пивкина С.И. Методы проектирования новых видов трикотажа с применением дополнительных операций с элементами его структуры./ Пивкина С.И., Кудрявин Л.А., Фомина О.П. // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности», Москва – 2013 г. – с.12.

2. Пивкина С.И. Разработка структур и способы получения трикотажных полотен на основе «Сплит» петель./ Пивкина С.И., Заваруев В.А., Фомина О.П. // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности», Москва – 2013 г. – с.37.

3. Пивкина С.И. Способы выработки одинарного кулирного трикотажа футерованных переплетений с повышенной степенью закрепления футерной нити в грунте (тезисы)/ Пивкина С.И., Фомина О.П. // Сборник материалов международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (Инновации – 2014), Москва – 2014 г. – с.96.

4. Пивкина С.И. Одинарный кулирный трикотаж футерованных переплетений с повышенной степенью закрепления футерной нити в грунте./ Пивкина С.И., Фомина О.П., Николаева Е.В. // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности», Витебск – 2014 г. – с.71.

5. Пивкина С.И. Структура одинарного кулирного трикотажа футерованных переплетений со сдвоенными парными набросками футерной нити./ Пивкина С.И., Фомина О.П., Боровков В.В. // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности», Витебск – 2014 г. – с.73.

ПИВКИНА СВЕТЛАНА ИВАНОВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН И
ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ НИТЕЙ ДЛЯ ЭНДОПРОТЕЗОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Усл.-печ. 1 п.л. Тираж 80 экз. Заказ № _____
Информационно-издательский центр «РГУ им. А.Н. Косыгина»
117997, г. Москва, ул. Садовническая, 33, стр. 1
Тел/факс (495)506-72-71

e-mail: rfrost@yandex.ru

Отпечатано в ИИЦ «РГУ им. А.Н. Косыгина»