

СЕРГЕЕВ ВЛАДИМИР ТЕРЕНТЬЕВИЧ

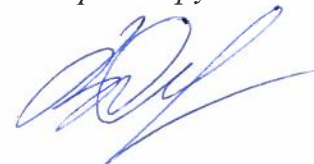
**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
МНОГОСЛОЙНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ТКАНИ
ИЗ УГЛЕРОДНЫХ И КВАРЦЕВЫХ НИТЕЙ**

Специальность 05.19.02 – Технология и первичная обработка
текстильных материалов и сырья

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва 2014 г.

На правах рукописи



СЕРГЕЕВ ВЛАДИМИР ТЕРЕНТЬЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
МНОГОСЛОЙНОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ТКАНИ
ИЗ УГЛЕРОДНЫХ И КВАРЦЕВЫХ НИТЕЙ**

Специальность 05.19.02 – Технология и первичная обработка
текстильных материалов и сырья

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва 2014 г.

Работа выполнена на кафедре проектирования текстильных изделий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «**Московский государственный университет дизайна и технологии**»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Николаев Сергей Дмитриевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор кафедры технологии и конструирования Димитроградского инженерно-технологического института (филиала) ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Малецкая Светлана Владимировна

доктор технических наук, заместитель директора по научной работе, заведующая кафедрой технологии текстильных изделий Камышинского технологического института (филиала) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет»

Назарова Маргарита Владимировна
ООО «ТЕКС-ЦЕНТР»

Ведущая организация:

Защита диссертации состоится «12» сентября 2015 года в «12» часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.06 при Федеральном Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии» по адресу: 115035, Москва, ул. Садовническая, 33, стр.1, ауд.157

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

Автореферат разослан «12» декабря 2014 года

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.144.06,
доктор технических наук,
профессор



Е.А. Кирсанова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В связи с интенсивным развитием авиа- и ракетостроения, атомной энергетики, освоением космоса и повышением обороноспособности страны возникла потребность в новых конструкционных материалах, превосходящих по своим свойствам традиционные металлические и неметаллические материалы.

Сегодня широкое применение находят композиционные материалы, полученные на основе полимерной матрицы и волокнистого армирующего элемента. Для армирования стеклопластиков, работающих в наиболее неблагоприятных условиях при высоких температурах и механических нагрузках, применяются ткани, выработанные из кварцевых и углеродных нитей. Стеклопластики на их основе используются для защиты летательных аппаратов от различных разрушающих воздействий.

Ткани вообще, и многослойные ткани в особенности, превосходят другие виды текстильных армирующих материалов по постоянству структуры, однородности свойств, устойчивости форм, технологичности в производстве стеклопластиков, удельной прочности. При применении многослойных тканей резко повышается несущая способность композиционного материала.

Применение многослойных комбинированных тканей в качестве армирующего элемента многофункционального композитного материала выдвигает повышенные требования к их качеству, техническим характеристикам и технологическому процессу их изготовления на ткацком станке.

Отрасль производства композитных материалов распоряжением Правительства РФ от 24 июня 2013 г. №1307-р выделяется как инновационная отрасль страны. Вышесказанное свидетельствует о том, что разработка многослойных комбинированных тканей специального назначения из углеродных и кварцевых нитей является актуальной.

Целью диссертации является разработка структуры многослойных комбинированных тканей из углеродных и кварцевых нитей для армирования многофункциональных композитов; определение рациональных параметров строения и технологии изготовления многослойных тканей специального назначения на отечественном оборудовании.

Для достижения поставленной цели в работе были поставлены и решены следующие задачи:

- определены методы и средства исследования параметров изготовления, строения и свойств многослойных комбинированных тканей;
- выполнен расчет напряженно-деформированного состояния углеродных и кварцевых нитей в процессе многослойного ткачества;
- выполнен расчет по прогнозированию повреждаемости нитей основы и утка при выработке многослойных комбинированных тканей;
- разработана структура многослойных комбинированных углеродно-кварцевых полых тканей;
- определены натяжения основных и уточных нитей в динамических условиях многослойного ткачества;

- разработаны рациональные технологические параметры изготовления многослойных комбинированных тканей на отечественном оборудовании;
- выявлена возможность перехода на бесчелночное ткачество и даны рекомендации по созданию ткацких станков нового поколения.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являются многослойная комбинированная ткань сложной структуры, процесс ее изготовления на отечественном технологическом оборудовании. Для исследования объектов и решения поставленных в работе задач применялись теоретические и экспериментальные исследования. Теоретические исследования основаны на использовании современных научных теорий накопления повреждений, наследственной теории вязкоупругости, геометрическом методе строения и проектирования тканей. Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры ткачества МГУДТ и производственных участках ЗАО «ТРИ-Д». Использованы стандартные приборы для определения физико-механических свойств нитей и тканей, а также высокоточная автоматизированная информационно-измерительная система (АИИС). Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием методов математической статистики и современной вычислительной техники.

Научная новизна работы заключается в разработке:

- геометрической модели многослойной комбинированной ткани, определении параметров ее структуры для обеспечения заданного строения и свойств;
- значений вязкоупругих параметров для углеродных и кварцевых нитей на основе наследственной теории вязкоупругости Людвиг Больцмана и Вито Вольтерры;
- математической модели напряженно-деформированного состояния нитей основы и утка при изготовлении многослойной комбинированной ткани;
- параметров долговечности углеродных и кварцевых нитей и доказательстве на аналитическом уровне возможности изготовления многослойных комбинированных тканей на отечественном оборудовании;
- доказательств возможности изготовления исследуемых тканей на основе использования критерия длительной прочности В.В. Москвитина.

Практическая значимость работы:

- разработана новая многослойная комбинированная ткань из углеродных и кварцевых нитей с заданными свойствами;
- разработана технология изготовления многослойной комбинированной ткани сложной структуры;
- разработана система экспериментального исследования напряженно-деформированного состояния нитей основы и утка в процессе многослойного ткачества;
- разработаны технические требования к многослойным комбинированным тканям, которые учитывают экстремальные условия эксплуатации;
- предложена геометрическая модель многослойной ткани с использованием комбинации углеродных и кварцевых нитей и различных базовых перепле-

тений, позволяющая решить проблему по обеспечению комплекса заданных свойств;

- получена статистика экспериментальных значений натяжения основы и утка при изготовлении многослойной комбинированной ткани;
- получены закономерности изменения натяжения основных и уточных нитей, характеризующие их напряженно-деформированное состояние в процессе тканеобразования;
- установлены рациональные технологические параметры, которые приводят к стабилизации процесса выработки многослойной ткани сложной структуры;
- результаты работы внедрены на ЗАО «ТРИ-Д».

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, базируются на большом экспериментальном материале, использовании современных научных теорий, корректном применении методов статистического анализа, использовании современных средств исследования и информационных технологий, апробации основных положений диссертации в периодической научной печати, а также подтверждается актами внедрения в производстве многослойных тканей технического назначения и в учебном процессе.

Апробация работы.

Основные положения диссертации обсуждались на заседании кафедры ткачества МГТУ им. Косыгина (2011, 2012 гг.). Результаты диссертационной работы доложены на международных научно-технических конференциях: «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» «ТЕКСТИЛЬ - 2009, ТЕКСТИЛЬ - 2010, ТЕКСТИЛЬ - 2012» (г. Москва), «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности», (2011 г., Витебск), «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» «ПРОГРЕСС - 2010, ПРОГРЕСС - 2012, ПРОГРЕСС - 2013», (г. Иваново), «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (МГУДТ, 2013г.).

Публикации.

По материалам диссертационного исследования опубликовано 25 работ, из которых 2 статьи в журнале, входящем в перечень ВАК: «Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности», 4 статьи в сборниках научных трудов, 1 монография, 6 патентов, 12 работ в виде тезисов докладов на всероссийских и международных научно-технических конференциях.

Структура и объем диссертации. Работа изложена на 180 страницах машинописного текста, состоит из введения, 5 глав, общих выводов по работе, списка использованных источников из 208 наименований, 6 приложений на 34 страницах, содержит 32 таблицы, 60 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и задачи исследования, определены средства и методы, отражена научная новизна, практическая значимость и апробация результатов

работы, приведены сведения о публикациях по теме диссертации, о ее структуре и объеме.

В первой главе проведен обзор и анализ научных работ по следующим направлениям:

- напряженно-деформированное состояние нитей на ткацком станке;
- взаимодействие технологических параметров ткачества и параметров строения тканей различного назначения;
- технология изготовления многослойных тканей для композитов.
- Анализ литературных источников показал, что
- теоретические методы, применяемые в современных исследованиях, позволяют получить достоверные результаты, их целесообразно использовать при разработке технологии изготовления многослойной комбинированной ткани;
- натяжение и деформацию основы и утка в значительной степени определяют условия технологического процесса ткачества;
- при расчете натяжения нитей основы и утка следует учитывать релаксационные процессы, происходящие в нитях и ткани;
- отсутствуют теоретические разработки по выявлению влияния распределения натяжения и деформации нитей по глубине заправки ткацкого станка в динамических условиях.

Из обзора литературных источников следует, что имеется значительное количество сведений по изготовлению тканей технического назначения, исследованию их технологии, свойств и строения, однако практически отсутствуют публикации по разработке и исследованию многослойных комбинированных тканей сложных структур из углеродных и кварцевых нитей.

Вместе с тем, возрастающая потребность в композитах, полученных на основе многослойных стеклянных тканей, диктует необходимость проведения работ по созданию и исследованию новых армирующих материалов с заданными свойствами, в том числе в виде многослойных комбинированных углеродно-кварцевых тканей.

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям.

В работе исследованы вязкоупругие параметры исследуемых нитей. На основе испытаний на разрывной машине FP-100 и используя основные положения наследственной теории вязкоупругости Больцмана – Вольтерры получены значения вязкоупругих параметров для углеродной нити линейной плотности 612 текс и кварцевой нити линейной плотности 410 текс при различных нагрузках, которые используются для создания многослойно комбинированной ткани специального назначения. В результате аналитических расчетов установлено, что модуль упругости кварцевых и углеродных нитей при изменении приложенных нагрузок значительно изменяется. Так при увеличении деформации углеродных нитей линейной плотности 205×2 текс (420 текс) с 0,1 до 0,5% модуль упругости уменьшается в 2,41 раза, а кварцевых нити линейной плотности 68×3×3 текс (612 текс) в 1,74 раза; для одиночных нитей это изменение меньше (для стеклянных нитей линейной плотности 205 текс – в 2,40 раза, для кварцевых нитей линейной плотности 68 текс – в 1,71 раза). Модуль упругости

основных нитей (на катушках) как кварцевых, так и углеродных, несколько больше модуля упругости уточных нитей (на шпуле) соответственно на 3,77% (кварцевых нитей) и 0,63% (углеродных нитей). Характер изменения модуля упругости кварцевых и стеклянных нитей свидетельствует о том, что при описании напряженно-деформированного состояния нитей основы и утка следует использовать нелинейную наследственную теорию вязкоупругости. Изменение нагрузки на нити при изучении релаксационных процессов (для кварцевых нитей на 2,59-2,99%, для углеродных нитей на 2,54-3,38%) позволяет при описании напряженно-деформированного состояния нитей основы и утка на ткацком станке использовать формулы теории упругости, подставляя в них текущий модуль упругости.

В работе на аналитическом уровне установлена взаимосвязь между параметрами напряженно-деформированного состояния нитей. Предложена новая методика установления взаимосвязи между натяжением основных и уточных нитей на ткацком станке при изготовлении многослойной комбинированной ткани, которая учитывает изменение модуля упругости при приложении реальной нагрузки на нити. Получена статистика данных натяжения и деформации нитей при формировании многослойной полый комбинированной ткани из углеродных нитей линейной плотности 410 текс и кварцевых нитей линейной плотности 612 текс. Установлено, что натяжение кварцевых нитей значительно меньше натяжения углеродных нитей, однако деформации углеродных и кварцевых нитей примерно одинаковые. Натяжение и деформации нитей основы при зевобразовании в зависимости от положения нитей на 10-90% превышает натяжение основных нитей при прибое уточных нитей. Натяжение и деформации уточных нитей превышают натяжение основных нитей в зонах экспериментирования, наибольшее натяжение нити утка имеют в процессе прокладывания при сматывании нити.

Незначительные показатели деформаций свидетельствуют о том, что углеродные и кварцевые нити сохраняют свои упругие свойства в полной мере, о чем свидетельствуют физико-механические свойства нитей основы и утка до ткачества и нитей, вынутых из ткани.

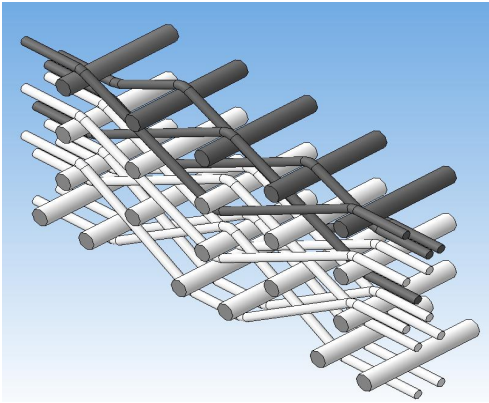
На аналитическом уровне доказана возможность изготовления исследуемых тканей на отечественном технологическом оборудовании. Получены параметры долговечности углеродной нити линейной плотности 420 текс и кварцевой нити 612 текс, позволяющие прогнозировать напряженности заправки ткацкого станка. Расчеты повреждаемости нитей основы по критерию длительной прочности В.В.Москвитина показывают, что углеродные и кварцевые нити в условиях их небольшого деформирования на ткацком станке работоспособны.

Получение многофункциональных композитов возможно при применении нескольких исходных материалов в определенном сочетании и пропорциях. В данной работе использованы два вида волокон: кварцевые и углеродные. Высокие термические и механические показатели, влаго- и хемостойкость делают возможным их применения в экстремальных условиях. Удельное электрическое сопротивление кварцевого волокна обеспечивает радиопрозрачность летательных объектов, а углеродные волокна обладают уникальным свойством –

абляцией, которое широко используется для тепловой защиты космических аппаратов.

Структура многослойной ткани обеспечивает нерасслаиваемость композита при воздействии ударных нагрузок, в том числе в трансверсальном направлении. В разработанной многослойной комбинированной полой ткани (МКПТ) получено такое расположение нитей, при котором внешняя поверхность полой ткани закрыта углеродными нитями (410 текс; Урал Н/205-22×2), а внутренние слои образованы кварцевыми нитями (612 текс; КС11-68текс ×3×3) с малой величиной крутки 50-75кр/м.

Для формирования многослойной комбинированной ткани в качестве базовых переплетений выбрано сочетание сатинового переплетения с производным от полотняного (рис.1). Получение многослойной комбинированной полой



ткани осуществляется за счет последовательного послойного прокладывания уточных нитей из верхнего полотна в нижнее и обратно. Автором определены параметры и вид нитей, структура ткани и форма тканого изделия, обеспечивающие получение многослойной комбинированной полой ткани, используемой в качестве армирующего материала многофункциональных композитов.

Рис. 1- Пространственная модель многослойной комбинированной ткани.

В третьей главе предложена последовательность технологических процессов подготовки углеродных и кварцевых нитей заданной структуры и толщины, в том числе процесса трощения, кручения, формирования уточного початка и основной катушки с учетом специфических свойств стеклянных нитей. Выбран ткацкий станок КПТЗ-160С, оснащенный механизмами, обеспечивающими выработку многослойных комбинированных полых тканей сложных структур.

Определены параметры подготовительных процессов и условия выработки многослойной комбинированной полой ткани на специальном ткацком станке КПТЗ-160С с учетом свойств малокрученных углеродных и кварцевых нитей значительной линейной плотности. Установлены параметры ткачества: скорость ткацкого станка снижена до 56-60 мин⁻¹, величина заступа 310-320°, прибойная полоска не превышает 3 мм. Применение шпулярника и системы скал позволяет увеличить вынос зева и создает условия для поддержания заправочного натяжения основных нитей.

В четверной главе представлены результаты исследований натяжения основных и уточных нитей в процессе выработки многослойной комбинированной ткани.

Исследование осуществлялось с помощью разработанных датчиков натяжения одиночных и группы основных нитей, датчиков уточных нитей, положения главного вала и отсчета начала раппорта переплетения. Измерительные датчики встроены в автоматизированную информационно - измерительную си-

стему (АИИС), которая предназначена для записи, визуализации и обработки быстропротекающих процессов в реальном времени (рис.2).

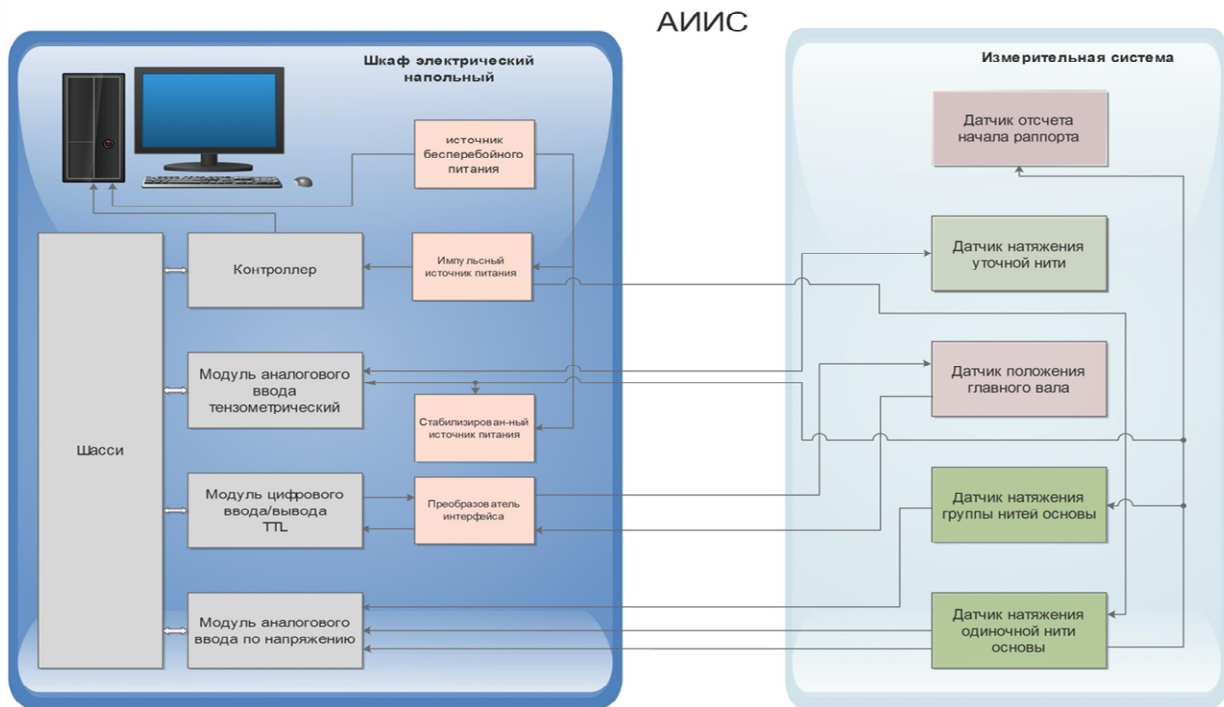


Рис. 2 – Структурная схема АИИС

С помощью АИИС определены фактические значения натяжения основных нитей в полотнах и слоях многослойной комбинированной поллой ткани (МКПТ), выявлено влияние вида нитей и технологических параметров заправки. Всего было поведено более 120 записей, получены диаграммы для всех основных нитей раппорта переплетения ($R_0=16$). Характер диаграмм (рис. 3 а, б) свидетельствует о том, что натяжение основы имеет значительные колебания по величине и зависит от вида нитей и базового переплетения.

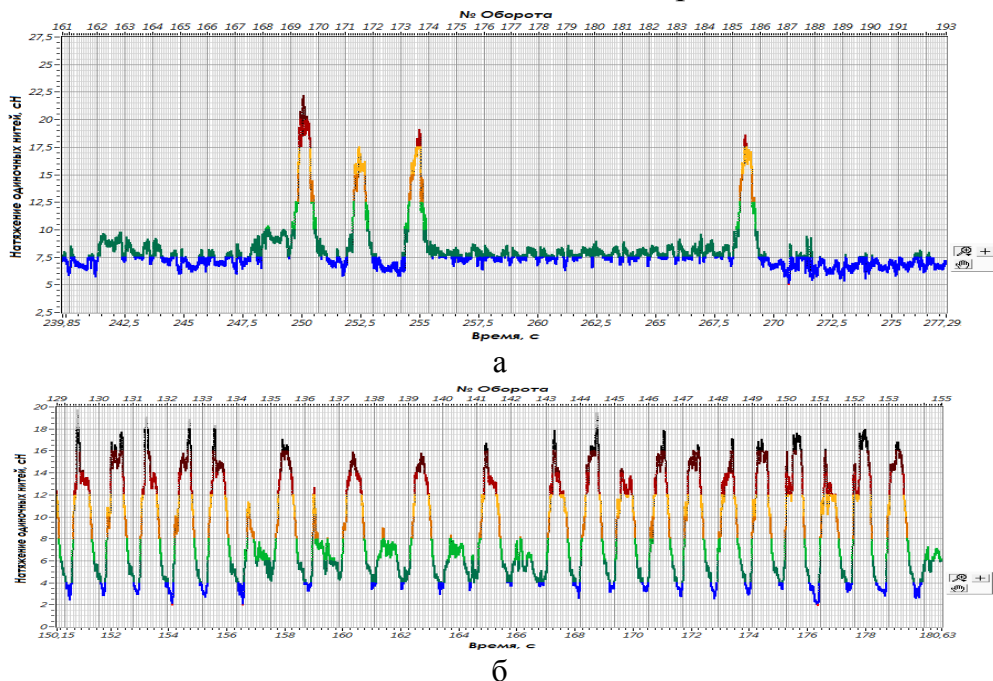


Рис. 3 – Натяжение основных углеродных (а) и кварцевых (б) нитей в пределах раппорта переплетения

Особенностью условий формирования разработанной ткани является тот факт, что натяжение основных нитей при опускании ремиз в 2-3 раза, а в некоторых случаях в 5-6 раз больше, чем при подъеме. Натяжение при зевобразовании больше, чем при прибое, - это объясняется использованием зевобразовательного механизма закрытого типа, в котором прибор осуществляется практически при заступе

Величина F_0 углеродных нитей больше, чем у кварцевых, особенно в верхнем полотне полой ткани (рис.4), и. достигает в среднем 75-80 сН у углеродных нитей и 15-20 сН у кварцевых нитей.

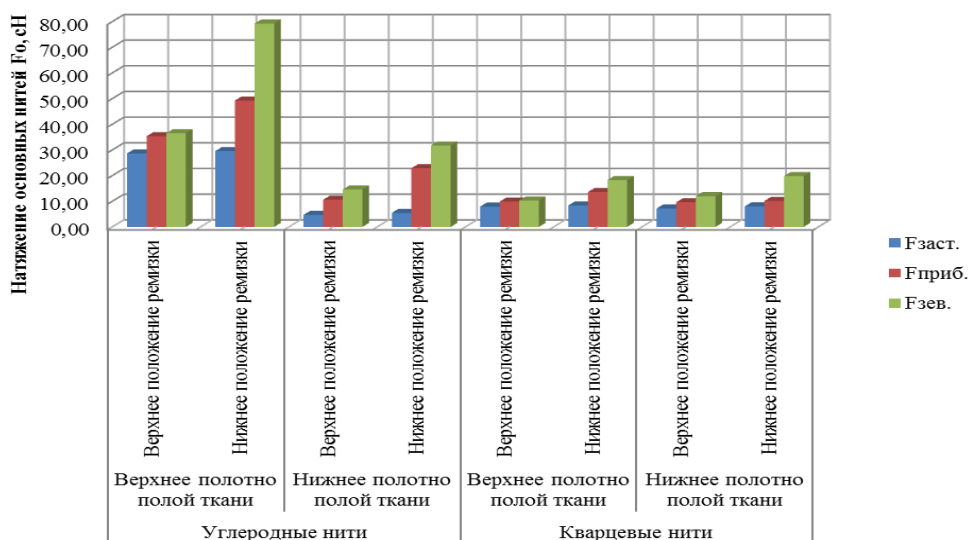


Рис. 4 – Натяжение углеродных и кварцевых основных нитей в различных полотнах многослойной комбинированной углеродно-кварцевой ткани

Представляют интерес сведения об изменении F_0 в зависимости от расположения нитей на шпулярнике ткацкого станка. Большая разница в натяжении (при максимуме в 1-2-ом и 16-17-ом вертикальных рядах и минимуме в средних рядах) появляется из-за различной степени изгиба основных нитей при выходе со шпулярника, в направляющих скального устройства и влияния высоты подъема ремизок (рис. 5).

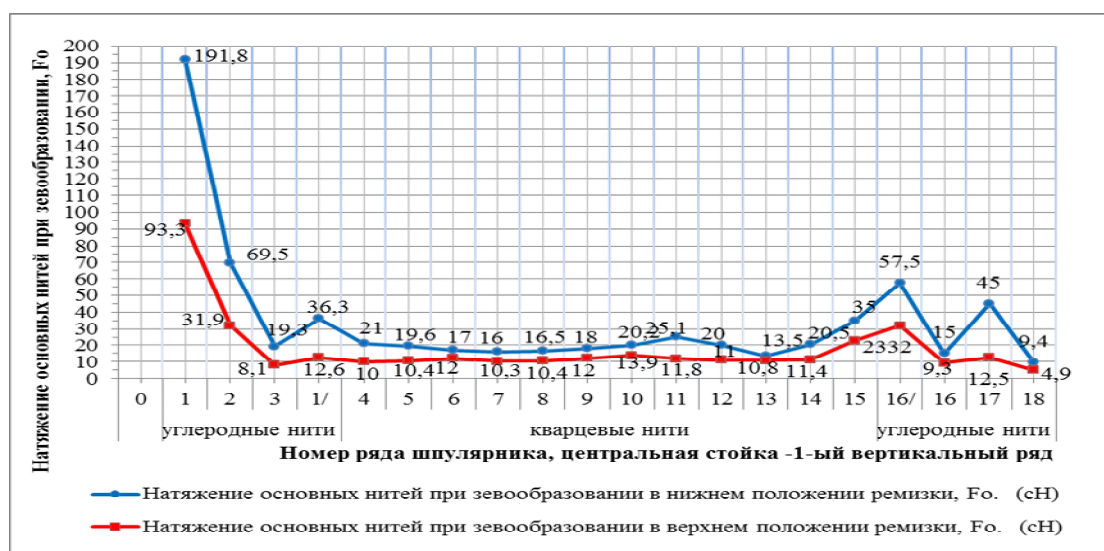


Рис. 5 - Натяжение основных нитей (F_0) на станке КРТЗ-160С при выработке МКПТ в зависимости от их расположения по вертикали шпулярника

Для исследования натяжения уточных нитей (F_y) разработано измерительное устройство, вмонтированное непосредственно в челнок, что обеспечило непрерывную запись диаграмм без нарушения процесса ткачества и изменения структуры ткани. При использовании его совместно с АИИС получены новые сведения о деформации уточных нитей при формировании МКПТ. В процессе исследования установлено, что F_y углеродных и кварцевых нитей по мере сматывания с уточного початка увеличивается в 2 раза при наличии периодических колебаний и существенного отличия по абсолютной величине при изменении направления полета челнока (рис 6 а, б).

На рис. 7 дан фрагмент тензограммы F_y , на котором видны изменения натяжения утка за каждый цикл работы ткацкого станка. Наибольшего значения до 100 сН F_y достигает при 180° (полет «слева-направо») и до 50 сН при 210° (полет «справа-налево»), что соответствует процессу сматывания уточной нити с початка, сопровождаемое усилением воздействия уточной нити на датчик натяжения.

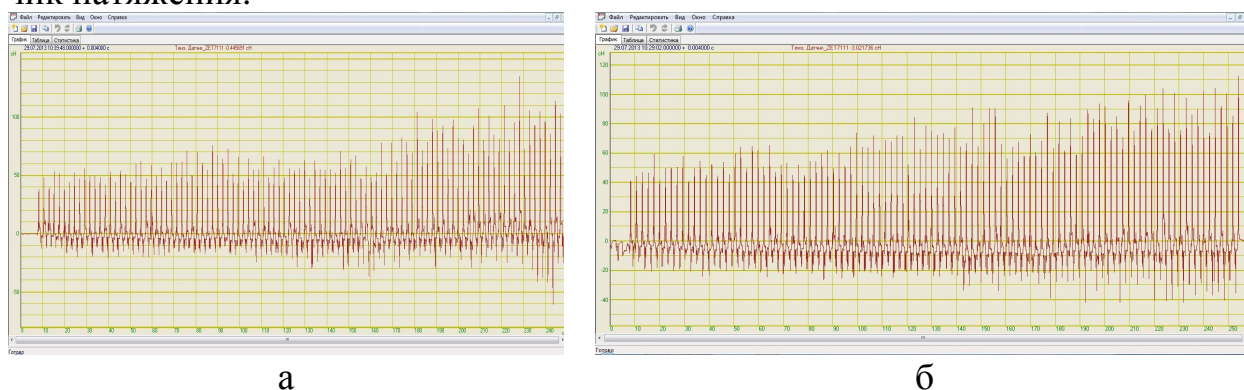


Рис. 6 - Тензограммы F_y углеродных (а) и кварцевых (б) нитей за время сматывания с одной уточной шпули

Полученные результаты исследования F_y в динамических условиях ткачества могут быть использованы при оптимизации процесса выработки многослойных полых тканей различных структур.

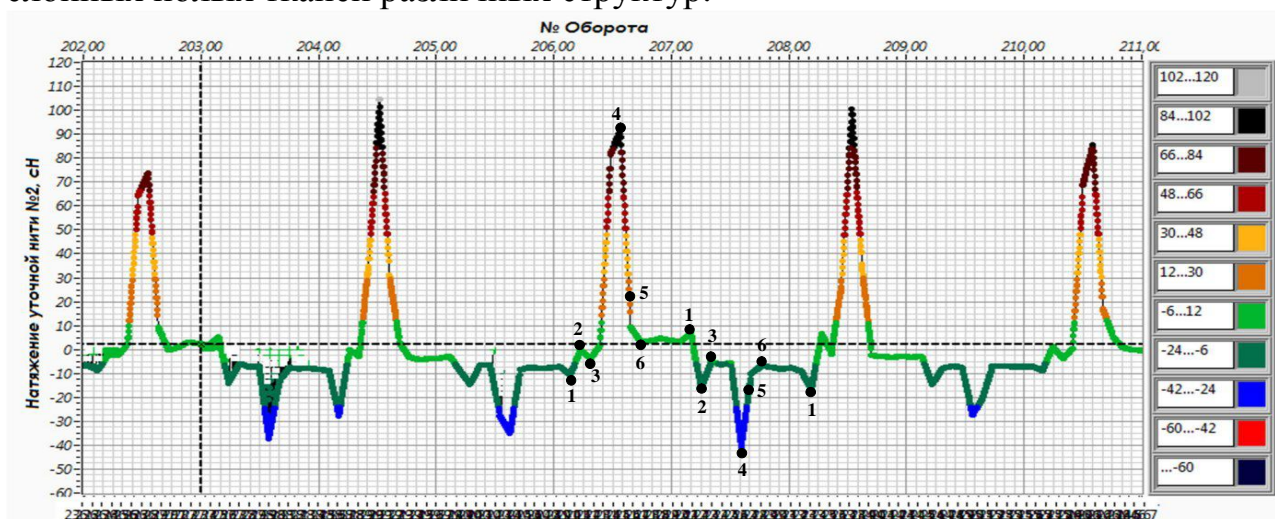


Рис. 7 -Фрагмент тензограммы F_y при сматывании с уточной шпули на станке КПТЗ-160С

Основные периоды движения челнока при выработке МКПТ:

Точки 1 - 2 - 3 - бой ($60^\circ - 120^\circ$);

Точки 3 - 4 - 5 - полет челнока в зеве ($120^\circ - 230^\circ$);

Точки 5 - 6 - торможение ($230^\circ - 270^\circ$);

Точки 6 - 1 - челнок в челночной коробке ($270^\circ - 360^\circ - 60^\circ$).

В работе проведены исследования свойств и строения многослойных комбинированных тканей различных переплетений, построенных на базе полотняного, производного от полотняного и комбинации производного от полотняного и сатинового. Получение однородности структуры спроектированных тканей обеспечено использованием углеродных и кварцевых нитей практически одинакового диаметра: $d_{\text{расч.угл.}} = 0,839$ мм; $d_{\text{расч.кварц.}} = 0,876$ мм; $d_{\text{факт.угл.}} = 0,85$ мм; $d_{\text{факт.кварц.}} = 0,89$ мм.

Установлено, что вид базового переплетения существенно влияет на свойства МКПТ. Так, поверхностная плотность ткани составляет $2,39 \text{ кг/м}^2$; $2,59 \text{ кг/м}^2$ и $2,43 \text{ кг/м}^2$ при заданном значении $2,5 \pm 0,15 \text{ кг/м}^2$. Уработка основных нитей в 5-10 раз превышает уработку уточных нитей, при минимальном отличии в ткани комбинированного переплетения (в 5-6 раз). Наибольшее объемное заполнение $0,66 \text{ г/см}^3$ наблюдалось у МКПТ третьего варианта.

При сравнении разрывных характеристик исходных нитей и вынутых из ткани установлено, что потеря прочности составляет 10 %, в отдельных случаях - 20 % для основных нитей и 3-6 % для уточных нитей. Разница в показателях является результатом волнообразной формы нитей, при которой средняя высота волны углеродных нитей составляет $h_o = 1,72$ мм, $h_y = 0,45$ мм, у кварцевых нитей $h_o = 1,27$ мм, $h_y = 0,38$ мм во внутренних слоях и уменьшается до практически прямолинейного расположения кварцевого утка во внешнем слое ($h_y = 0,05$ мм).

В целом расположение нитей в различных слоях МКПТ характеризуется высоким ПФС, который составляет 7,16-7,35, а во внешнем кварцевом слое ПФС=8,7., что согласуется с результатами уработок нитей обеих систем и величиной угла их наклона к поверхности ткани: среднее значение углеродных нитей $22,8^\circ$, кварцевых $12,0^\circ$. Также найдено соотношение высот волн изгиба (h_o/h_y), составляющих для углеродных нитей 3,82, для кварцевых внешнего слоя 3,54-3,34, а для внешнего слоя 25,4 за счет прямолинейного утка (рис. 8).

По фотографиям срезов установлено, что коэффициенты смятия нитей по горизонтали ($h_{ог}$, $h_{уг}$) в 3-4 раза больше, чем по вертикали ($h_{ов}$, $h_{ув}$). При этом коэффициенты смятия по горизонтали основных углеродных и кварцевых нитей близки по своей величине (1,849-1,731). Однако эти показатели отличаются у уточных нитей: углеродных $h_{уг} = 2,017/2,035-1,905$ и кварцевых $h_{уг} = 1,784/2,060-1,545$. Более плоская форма уточных нитей является результатом воздействия натяжения основных нитей, которое достигает максимума во внешних слоях МКПТ (см. рис.8).



Рис. 8 – Фотографии срезов МКПТ:
а- вдоль основных; б- вдоль уточных нитей

Анализ физико-механических свойств и параметров строения многослойных комбинированных тканей различных переплетений подтвердил выбор многослойной ткани, построенной на основе сочетания производного от полотняного переплетения и сатинового. Испытание изделий на основе МКПТ рациональной структуры определили возможность использования ее в качестве армирующего материала для многофункциональных композитов.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Исследованы вязкоупругие параметры исследуемых нитей. На основе наследственной теории вязкоупругости Людвиг Больцмана – Вито Вольтерры получены значения вязкоупругих параметров для углеродной нити линейной плотности 612 текс и кварцевой нити линейной плотности 410 текс при различных нагрузках, которые используются для создания многослойной комбинированной ткани специального назначения. Установлено, что модуль упругости кварцевых и углеродных нитей при изменении приложенных нагрузок значительно изменяется.

2. Установлена взаимосвязь между параметрами напряженно-деформированного состояния основных и уточных нитей при изготовлении многослойной комбинированной ткани из углеродных и кварцевых нитей. Предложена новая методика выявления взаимосвязи между натяжением основных и уточных нитей на ткацком станке при изготовлении многослойной комбинированной ткани, которая учитывает изменение модуля упругости при приложении реальной нагрузки на нити. Небольшие значения деформаций свидетельствуют о том, что углеродные и кварцевые нити сохраняют свои упругие свойства в полной мере, о чем свидетельствуют физико-механические свойства нитей основы и утка до ткачества и нитей, вынутых из ткани.

3. На аналитическом уровне доказана возможность изготовления исследуемых тканей на отечественном технологическом оборудовании. Получены параметры долговечности углеродной нити линейной плотности 420 текс и кварцевой нити 612 текс, позволяющие прогнозировать напряженности заправки ткацкого станка. Расчеты повреждаемости нитей основы по критерию длительной прочности В.В. Москвитина показывают, что углеродные и кварцевые нити в условиях их небольшого деформирования на ткацком станке работоспособны.

4. Предложены геометрическая и пространственная модели многослойной комбинированной ткани, определены рациональные параметры ее структуры для обеспечения заданного строения и свойств.

5. Разработана технология изготовления многослойных комбинированных тканей сложных структур с чередованием в слоях углеродных и кварцевых нитей для получения армирующего тканого материала с заданной массой, толщиной и объемной плотностью.

6. Разработаны принципиально новая система измерения натяжения основы и утка на многочелночном ткацком станке; предложены конструкции датчиков для непрерывного измерения натяжения основных и уточных нитей в динамических условиях работы ткацкого станка; разработана и внедрена программа обработки результатов исследования с помощью АИИС.

7. Получена статистика данных натяжения основы и утка на многослойных ткацких станках, позволяющая прогнозировать условия работы нитей на ткацком станке.

8. Установлено, что в каждом периоде образования многослойной ткани натяжение основных нитей при зевобразовании больше, чем при прибое; на натяжение углеродных и кварцевых основных нитей оказывает существенное влияние проборка нитей в ремиз и расположение катушек по высоте и глубине шпуляричника из-за различной степени изгиба нитей в направляющих.

9. Определены фактические значения натяжения уточных нитей в процессе выработки многослойной комбинированной ткани на станке КПТЗ-160С; установлено увеличение натяжения в 2 раза от начала до конца сматывания уточной паковки и разница абсолютного значения в зависимости от направления движения челнока.

10. Исследованы основные физико-механические свойства многослойных комбинированных тканей, параметры их структуры. Получена хорошая сходимость экспериментальных и расчетных данных. Установлено, что во всех слоях многослойной ткани уработка основных нитей в 5-10 раз превышает уработку уточных нитей и зависит от вида переплетения.

11. При сравнении одноцикловых разрывных характеристик исходных нитей и вынутых из ткани, установлено, что потеря прочности составляет 10-20 % для основных и 3-6 % для уточных нитей. Разница в показателях является результатом волнообразной формы нитей, при которой высота волны углеродных нитей составляет $h_o=1,72$ мм, $h_y=0,45$ мм, у кварцевых нитей $h_o = 1,27$ мм, $h_y = 0,38$ мм во внутренних слоях и уменьшается до практически прямолинейного расположения утка во внешнем слое $h_y = 0,05$ мм.

12. Установлено, что ПФС в различных слоях многослойной комбинированной ткани различен: во внешнем верхнем слое (чистый углерод) и внутренних слоях (переходный слой: углерод + кварц; и чистый кварц) ПФС составляет 7,35-7,16, а во внешнем нижнем слое (чистый кварц) приближается к максимуму ПФС= 8,7.

13. Определены перспективы развития многослойных комбинированных тканей для армирования композитов, используемых в различных отраслях военно-промышленного комплекса страны.

14. Разработаны исходные данные и технические задания для создания ткацких станков нового поколения: СТ-160С и СТ4-160Ж. На них предусмотрены системы программного управления основными механизмами ткацкого станка через комплектные электродвигатели с электронным управлением; установка монитора для отображения текущих технологических параметров и пульта с возможностью их задания

15. Результаты аналитических и экспериментальных исследований апробированы и внедрены в ткацком производстве ЗАО «ТРИ-Д».

Публикации, отражающие основное содержание диссертации

Монография

1. Разработка новых текстильных материалов специального назначения. Монография/ И.М. Гаврилова, Е.В. Евсюкова, Т.Ю. Карева, О.В. Кашеев, С.Д. Николаев, И.Н. Панин,

И.Ю. Павлихина, В.Т. Сергеев, Р.И. Сумарукова, Б.М. Фомин. Под редакцией С.Д. Николаева. – М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина», 2012.- 110 с.

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ для опубликования научных результатов кандидатских диссертаций

2. В.Т. Сергеев. Перспективные многослойные ткани // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - Иваново: ИГТА, 2010. - №3.- 3 с.

3. В.Т. Сергеев, С.Д. Николаев, Р.И. Сумарукова. Технология изготовления многослойной бикомпонентной ткани // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - Иваново: ИГТА, 2012. - №6.- 5 с.

Статьи в сборниках научных трудов

4. В.Т. Сергеев, И.Ю. Павлихина, И.М. Гаврилова, Е.В. Евсюкова, К.Э. Разумеев, Н.В. Куликова. Новое поколение ресурсосберегающих многослойных тканей и контурно-профильных тканых изделий специального назначения из химических нитей. // Разработка научных основ и промышленное освоение эффективных ресурсосберегающих технологий производства и глубокой переработки шерсти и других видов натуральных и химических волокон. Сборник научных трудов. - М.: ОАО «ЦНИИШЕРСТЬ», 2011.- 6 с.

5. В.Т. Сергеев, И.Ю. Павлихина, С.Д. Николаев, Р.И. Сумарукова, И.М. Гаврилова. Новые многослойные ткани из нетрадиционного сырья // Сборник научных трудов. - Димитровград: ДИТИ Национального исследовательского ядерного университета МИФИ, 2013. - 6 с.

6. В.Т. Сергеев. Технологические особенности изготовления многослойной бикомпонентной ткани. Сборник научных трудов аспирантов. Выпуск 18. - М., 2012г. - 5 с.

7. В.Т. Сергеев, С.Д. Николаев. Создание нового поколения многослойных тканей и контурно-профильных тканых изделий из химических нитей. Сборник научных трудов аспирантов МГУДТ. - М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2013. - 6 с.

Патенты

8. Патент РФ на промышленный образец №40438 от 24.02.1994. Ткань. Павлихина И.Ю., Ероенкова В.И., Сергеев В.Т., Квашнева З.И., Аитова М.Ю.

9. Патент РФ на промышленный образец №40439 от 24.02.1994. Ткань. Павлихина И.Ю., Ероенкова В.И., Сергеев В.Т., Квашнева З.И., Аитова М.Ю.

10. Патент РФ на промышленный образец №41327 от 21.10.1994. Тканый материал. Павлихина И.Ю., Ероенкова В.И., Сергеев В.Т., Квашнева З.И., Аитова М.Ю.

11. Патент на промышленный образец № 81353 от 15 декабря 2010 года. Ткань. Аитова М.Ю., Сергеев В.Т.

12. Патент на полезную модель №143392 от 08.04.2014 года. Устройство подачи нитей основы на ткацкой машине для многослойных тканей и ткацкая машина с этим устройством. Сергеев В.Т., Малафеева И.Г., Терентьев О.А., Усолов В.А.

13. Патент на промышленный образец № 2159301 от 28.03.2000 года. Многослойная ткань. В.Т. Сергеев, З.И. Финникова, В.И. Ероенкова.

Материалы научно-технических конференций

14. В.Т. Сергеев. Использование специального ткацкого оборудования для изготовления многослойных комбинированных тканей. // Материалы международной научно-технической конференции. «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности». - Витебск, 2011. - 3 с.

15. В.Т. Сергеев, И.Ю. Павлихина, Р.И. Сумарукова, И.М. Гаврилова, А.Ю. Тимко. Многослойные ткани для композитов // Материалы международной научно-технической конференции. «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности». - Витебск, 2011. - 3с.

16. В.Т. Сергеев. Перспективы создания и производства многослойных тканых армирующих материалов. // Международная научно-техническая конференция «Современные

технологии и оборудование текстильной промышленности » (ТЕКСТИЛЬ-2010): тезисы докладов.- М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина», 2010. - 1 с.

17. В.Т. Сергеев. Измерение и исследование расположения стеклянных нитей в многослойных тканях технического назначения. // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «ПРОГРЕСС-2010». - Иваново: ИГТА, 2010. - 1 с.

18. В.Т. Сергеев, Р.И. Сумарукова. Перспективные текстильные материалы. Многослойные ткани и тканые изделия. // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «ПРОГРЕСС-2010». - Иваново: ИГТА, 2010.- 1 с.

19. Р.И. Сумарукова, В.Т. Сергеев, И.Ю. Павлихина. Разработка геометрических моделей строения многослойных тканей // Международная научно-техническая конференция «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (ТЕКСТИЛЬ-2009): тезисы докладов.- М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина», 2009.- 1 с.

20. С.Д. Николаев, В.Т. Сергеев. Разработка технологии многослойных комбинированных тканей с заданными свойствами для армирования композиционных материалов // Международная научно-техническая конференция «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности » (ТЕКСТИЛЬ-2009): тезисы докладов.- М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина», 2009.- 1с.

21. В.Т. Сергеев, Р.И. Сумарукова. Исследование натяжения основных нитей на шпулярнике ткацкого станка КПТЗ-160С при выработке многослойных тканей. // Международная научно-техническая конференция «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (ТЕКСТИЛЬ-2012): тезисы докладов.- М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина», 2012.- 1 с.

22. В.Т. Сергеев, С.Д. Николаев. Особенности технологии изготовления многослойной бикомпонентной ткани. // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности «ПРОГРЕСС-2013»: сборник материалов международной научно-технической конференции. Иваново: Текстильный институт ФГБОУ ПВО «ИВГПУ», 2013.- 1 с.

23. А.Ю. Тимко, В.Т. Сергеев. Особенности технологии многослойных тканей из кварцевых нитей. // Международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности»: тезисы докладов. - М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2013. - 1 с.

24. В.Т. Сергеев, И.Ю. Павлихина, Р.И. Сумарукова. Новые многослойные ткани. // Международная научно-техническая конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности»: тезисы докладов. - М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2013. - 1 с.

25. В.Т. Сергеев, Р.И. Сумарукова. Перспективы создания и производства многослойных тканых армирующих материалов. // Тезисы докладов международной научно-технической конференции «ПРОГРЕСС-2012». - Иваново: ИГТА, 2012.- 1 с.