

Коэффициент изотропности по прочности	1,03	1,06
Коэффициент изотропности по деформации	0,98	0,97

## ЛИТЕРАТУРА

1. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике. Кн. 1. Пер. с англ.- М.: Мир, 1986.- 349 с.
2. Рувинский В.И. Оптимальные конструкции земляного полотна / на основе регулирования водно-теплового режима/.- М.: Транспорт, 1982.- 166 с.
3. Дульнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. Л.:Энергия, 1974, 264 с.
4. Колесников П.А. Теплозащитные свойства одежды.- М.: Легкая индустрия, 1965.- 346 с.

УДК 677.024

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ СТРУКТУР ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИЙ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

**THE DEVELOPMENT OF NEW STRUCTURES OF FABRICS SPECIAL  
THE PURPOSE AND TECHNOLOGIES OF THEIR PRODUCTION**

С.Д. Николаев  
S. D. Nikolaev

Российский государственный университет имени А.Н.Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), (Москва)  
The Kosygin State University of Russia, (Moscow)  
e-mail: nsd0701@mail.ru

В работе кратко описаны работы по разработке новых материалов специального назначения и технологии их изготовления на современном технологическом оборудовании; ткани из арамидной пряжи, однослойные ткани из углеродных нитей, многослойные ткани из стеклянных и углеродных нитей, трехосные ткани, ткани для защиты от электромагнитного излучения, мотальные паковки для изготовления фильтров и композитов

**Ключевые слова:** ткани; углерод; кварц; стекло; многослойные ткани; мотальные паковки

In the work briefly described work on the development of new materials for special purposes and their manufacturing techniques with modern technological equipment; fabrics made of aramid yarn, a single ply of fabric of carbon fibers, multi-layer fabric of glass and carbon fibers, triaxial fabric, fabric for protection from electromagnetic radiation, winding bobbin for the manufacture of filters, and composites

**Keywords:** fabric; carbon; quartz; glass; multilayer cloth winding pas-forging

В последние годы на кафедре проектирования и художественного оформления текстильных изделий под руководством автора данной публикации проведены важные научные исследования, связанные с разработкой новых тканей специального назначения и технологий их изготовления на современном технологическом оборудовании.

Отметим результаты некоторых из них.

***Разработка тканей из арамидных пряжи и нити***

В диссертационных исследованиях Алексея И. Слугина [1] и Андрея И. Слугина [2] проведены исследования, связанные с разработкой новых тканей из арамидной пряжи, полученной из регенерированных волокон.

Проведенные исследования показали, что баллистическая стойкость тканей выработанных из регенерированных арамидных волокон лишь на 16,5% ниже

баллистической стойкости тканей, изготовленных из арамидных комплексных нитей. Эти результаты были получены на тяжелых тканях с поверхностной плотностью 340-420 г/м<sup>2</sup>. Было признано, что основная часть кинетической энергии пули или осколка рассеивается за счет взаимного перемещения нитей и волокна под воздействием баллистического снаряда. Исходя из этого, а также принимая во внимание, что с увеличением количества слоев ткани в пакете баллистическая стойкость последнего растет, было принято решение повторить серию испытаний на облегченных тканях.

По мнению специалистов, занимающихся разработкой баллистических материалов проектируемая ткань должна отвечать следующим требованиям: иметь поверхностную плотность не более 130 г/м<sup>2</sup>; иметь одинаковые физико-механические характеристики по основе и по утку; иметь одинаковое усилие выдергивания основных и уточных нитей; иметь саржевое или полотняное переплетение. Были наработаны и испытаны ткани, определены физико-механические показатели баллистических тканей, выработанных из регенерированного арамидного волокна и тканей, изготовленных из комбинированных нитей (пряжа 30 текс + нить 29,4 текс).

Разработанные ткани из регенерированного арамидного волокна прошли натурные испытания при создании внутренней противоосколочной защиты экипажей бронированной техники. Эта проблема условно делится на 2 части: бронирование тяжелых машин (танк, БМП); бронирование автомобилей.

Для повышения конкурентоспособности текстильных бронепакетов и баллистических композитов на основе арамидных комплексных нитей было предложено часть слоев ткани из комплексной нити Русар заменить на ткань из арамидной пряжи, изготовленной из регенерированного волокна Русар.

Баллистические испытания текстильных бронепакетов проводили путем обстрела защитного пакета шариком 1,03 г. Замена части комплексной нити на пряжу из регенерированного арамидного волокна ведет к снижению защитных характеристик текстильного бронепакета, однако с увеличением поверхностной плотности пакета это снижение уменьшается.

Использование регенерированного арамидного волокна в качестве исходного материала для изготовления текстильных бронепакетов и композитных бронепанелей приводит к существенному снижению стоимости бронирования.

Текстильный бронепакет и композитная бронепанель, изготовленные из регенерированного арамидного волокна, имеют меньшую стоимость даже по сравнению с композитом из полипропиленовых волокон, обладая при этом несравнимо более высокими огне- и термостойкостью.

#### ***Разработка многослойных тканых структур и 3D препрегов.***

Работы проводятся совместно с учеными АО «ТРИ-Д» И.Ю. Павлихиной [3]..и В.Т.Сергеева [4].

В работе И.Ю.Павлихиной разработаны многослойные кремнезёмные ткани облегчённого типа (МКТО), которые используются в качестве теплозащитного материала в условиях статического воздействия высоких температур взамен асбестовых покрытий. Последние выделяют канцерогенные вещества и запрещены к использованию в производствах стран ЕС. Развитие инвестиционных отношений Российской Федерации с другими промышленно-развитыми странами требует исключения применения асбестовых материалов.

Решение поставленной задачи (существующей проблемы) возможно при выполнении следующих технических требований: использование термостойких нитей значительной линейной плотности до 500-750 текс; введение процесса текстурирования нитей и увеличения их поперечных размеров в 1,5-2 раза; разработка структуры многослойных тканей толщиной до 10-30 мм; обеспечение объёмного заполнения многослойной ткани стекловолокном в пределах 0,3-0,35 г/см<sup>3</sup>; технологичность в приготовительных отделах и ткачестве.

Химические нити, полученные на основе кремнезёмного волокна, обладают температурой размягчения 1350 °С, что обеспечивает заданную тепловую защиту. Использование кремнезёмных нитей линейной плотности до 500-750 текс с диаметром до 0,9-1,1 мм необходимо для увеличения толщины ткани и снижение её объёмного заполнения.

В данной работе проведено исследования свойств МКТО при изменении числа слоёв. При этом толщина многослойной ткани возрастала от 12 мм до 50 мм. Однако при увеличении количества уточных слоёв более 12-ти в процессе изготовления слоисто-каркасной МКТО отмечено возрастание технологических затруднений. Испытания ткани МКТО в качестве теплозащитного материала показали, что при условии кратковременного воздействия температур оптимальным является вариант 8-ми слойной слоисто-каркасной ткани, объёмная геометрическая модель которой представлена на рисунке.

В работе В.Т.Сергеева разработаны новые полые комбинированные многослойные ткани из углеродных и кварцевых нитей. Для получения многофункциональных композитов необходимо применение нескольких исходных материалов в определенном сочетании и пропорциях. В данной работе использованы два вида нетрадиционных 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 полый ткани (МКПТ) получено такое расположение нитей, при котором внешняя поверхность полый 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. Получение многослойной комбинированной полый 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 полый ткани, используемой в качестве армирующего материала многофункциональных композитов.

#### ***Разработка новых углеродных тканей.***

В работе Кашеевой М.М. [5] разработаны облегченные структуры технических тканей из углеродных нитей и выявлены особенности их изготовления на ткацком станке: спроектированы структуры облегченных углеродных тканей из нитей типа «Урал»; установлены причинно-следственные связи между технологическими параметрами изготовления углеродных тканей и параметров их строения; доказана целесообразность использования бобин сомкнутой намотки уточных нитей для улучшения их сматывания;

При исследовании выработаны образцы тканей из углеродных нитей «Урал», использовались нити линейной плотности 100, 70, 50 и 35 текс. Изготовление ткани осуществлялось на бесчелночном ткацком станке СТБ – 180.

Исследуемые ткани обладают следующими свойствами: термостойкость в инертной среде до 3000°С; термостойкость в окисляющих средах до 400-450°С; стойкость к электромагнитному, ядерному излучению и радиации; прочность нити 1,2 – 1,5 ГПа; модуль упругости волокна 60 ГПа; химическая стойкость к кислотам, щелочам, растворителям при любых температурах; высокая электропроводность.

Уникальные свойства материала постоянно расширяют применение данной ткани. В настоящее время известно, что она применяется: при изготовлении композитов; для высокотемпературной изоляции и при термозащите, в вакуумных печах, печах накала для карбид-кремниевых изделий; при изготовлении антикоррозионных покрытий и футеровке;

для носителей катализаторов; в медицине при изготовлении физиотерапевтических электродов; в электрохимии для трехмерных электродов (для осаждения золота, платины, палладия); в гидротурбинных и судовых подшипниках скольжения (узлы трения): при изготовлении углепластиков; в гибких и жестких электронагревателях; при изготовлении электротермических матов; для фильтров, используемых в агрессивных средах; для радиопоглощающих материалов.

В работе Е.В.Евсюковой [6] разработаны новые однослойные углеродные ткани из нитей типа «олилон» различных переплетений из нитей линейной плотности 165 текс, имеющих небольшое разрывное удлинение. Предложен новый способ формирования данных тканей путем увлажнения основных нитей в зоне «скало – ламели». При этом степень увлажнения материалов должна быть небольшой, что обеспечивает незначительное снижение прочностных показателей (пример на 5-10%) и значительное (более чем в 2 раза) увеличение разрывного удлинения.

#### ***Разработка структур и технологий изготовления трехосных тканей.***

В диссертационных исследованиях Т.Ю. Каревой [7], И.В. Сеницыной [8], А.В. Сеницына [9] разработаны технологии изготовления трехосных тканей и тканей не ортогонального строения и их структуры.

Был разработан способ получения тканей не ортогонального строения. Введем понятие – трехосная ткань, т. е. ткань, в любом элементе которой присутствуют три оси – одна уточная и две основные, находящиеся под определенным углом друг к другу. В трехосных тканях нити основы не остаются параллельными друг другу, а взаимодействуют между собой, причем направление осей нитей основы меняется на противоположное в процессе ткачества. На ткацком станке для выработки тканей с переплетением нитей основы между собой и с нитями утка процесс образования трехосной ткани можно осуществить следующим образом. Классическая трехосная ткань, обладающая максимальными прочностными показателями на разрыв и на раздирание достигается тогда, когда угол между двумя системами основных нитей и одной системой уточных нитей составляет  $60^\circ$ .

От количества перемещений в горизонтальной плоскости будет зависеть рисунок получаемой ткани, а также угол наклона нитей основы к нитям утка.

#### ***Текстильные фильтры на базе мотальных паковок***

Данные исследования проводятся совместно с д.т.н. Паниным И.Н. [10]. По мере ускорения темпов научно-технического прогресса воздействие людей на природу становится все более мощным, и в настоящее время оно уже соизмеримо с действием природных факторов, что приводит к качественному изменению соотношения сил между обществом и природой. В природу внедряется все больше и больше новых веществ чуждых ей, порой сильно токсичных для живых организмов.

Актуальность данной работы обусловлена тем, что в настоящее время в связи с бурным развитием техники и внедрением новейших технологий наблюдается сильное загрязнение окружающей среды.

В промышленных условиях используются фильтры непрерывного и периодического действия. Во-первых, фильтровальная перегородка непрерывно перемещается по замкнутому пути, во вторых она неподвижна. При этом в фильтрах периодического действия на всех элементах перегородки одновременно осуществляются одни и те же процессы, например, поступление суспензии, образование осадка или его удаление. В фильтрах непрерывного действия на различных элементах перегородки происходят разные процессы в зависимости от того, на каком пути находится рассматриваемый элемент перегородки.

В работе предложено в качестве фильтровальной перегородки использовать мотальные паковки сомкнутой структуры намотки. Плотность намотки таких паковок составляет более  $0,8 \text{ г/см}^3$ , что делает их очень эффективными в использовании. При этом значительно уменьшается стоимость такой паковки.

#### ***Использование мотальных паковок для создания композитов.***

Результаты исследования изложены в диссертационной работе М.И. Панина [11].

Одним из главных критериев определяющих качество и свойства композитов формируемых с использованием текстильных материалов, является процентное соотношение

(доля вложения) текстильного армирующего материала и связующих (эпоксидных и полиэфирных смол) в общем объеме композита. Это соотношение считается оптимальным, когда доля армирующего материала будет небольшой, (для минимального веса композита), при высоких прочностных характеристиках материала и низкой его себестоимости изготовления.

Несмотря на кажущуюся простоту процесса намотки ровинга (жгута) или нити (пряжи) на оправку, существующее намоточное оборудование обеспечивает контроль только одного параметра намотки – угла подъема витков, в тоже время для формирования армирующих объемных намоток они не приспособлены. Синхронизация скоростей вращения оправки и перемещения ровинга вдоль образующей паковки осуществляется органолептически или с большими погрешностями. Особый интерес представляет метод создания армирующих основ (элементов композиционных материалов) путем развертки намоток заданной структуры. По сути они могут выполнять роль препрегов, но формируемых более дешевым способом – намоткой.

Применение намотки паковок с использованием в послойной раскладке нитей различной структуры и состава позволяет варьировать, в широких пределах, комбинации композитов (по сути создавать послойный пирог).

Об использовании в качестве армирующих компонентов композитных материалов более сложных структур намоток (сотовых, спиралевидных, слоисто – каркасных, замкнутых), а тем более использования их разверток вообще не велось даже в технических изданиях, что подтверждает научную новизну и актуальность данных исследований.

Как показала практика, намотки сомкнутой структуры обладают и высокой устойчивостью к рассыпанию и воздействию внешних нагрузок (натяжению нити при ее сматывании) ввиду максимального сцепления витков между собой.

Эти виды структур намоток мотальных паковок (их развертки и круговые диаграммы) относятся к паковкам цилиндрической формы. Причем в настоящее время они используются только для обработки нитей (крашения; запаривания; отбеливания нитей в паковках) с последующим разматыванием в текстильных производствах. Высокая пористость и проницаемость замкнутых и спиралевидных намоток цилиндрической формы обеспечивает неплохие условия схода (сматывания) нити с паковок. Однако формирование мотальных паковок более сложной формы (используя данные структуры) крайне сложно, из – за неравновесного (неустойчивого) положения нитей наклонных и кривых плоскостях намотки вследствие малого сцепления витков между собой (их трения о намотку), а, следовательно, нарушению условия профессора А.П. Минакова (приводящего к слетам и обрыву нити):

Композитные материалы с армирующим компонентом из текстильных структур (волокон, нетканых материалов, нитей, тканей, трикотажа и т. д.) составляют основную долю изделий применяемых в самых различных областях жизнедеятельности человека.

В меньшей степени нити подвергаются истиранию при перематывании, а многообразие структур намотки мотальных паковок (сомкнутые, замкнутые, застильные, дисковые), отличающиеся друг от друга удельной плотностью намотки, пористостью и проницаемостью, позволяют на их основе создавать композитные материалы с заданным долевым соотношением армирующего и связующего компонентов. Очевидно, что данное соотношение может быть получено расчетным путем, на основе определения коэффициента заполнения намотки волокнистым материалом.

#### ***Разработка тканей для защиты от электромагнитного излучения.***

Данные работы ведутся с АО «Чайковский текстиль» и изложены в работах Е.В.Сильченко [12]. В работе: спроектированы новые ткани для защиты от электромагнитного излучения с учетом выбора рациональных структур тканей на основе геометрических методов проектирования ткани с учетом взаимного расположения основных и уточных нитей; на теоретическом уровне доказана возможность изготовления спроектированных тканей на основе использования критерия длительной прочности Москвитина с учетом физической и геометрической нелинейности текстильных нитей;

исследованы специфические свойства текстильных нитей (вязкоупругие параметры, параметры долговечности) для изготовления тканей, защищающих человека от электромагнитного излучения. разработаны и внедрены в производство новые ткани для защиты от электромагнитного излучения, значительно ослабляющие электромагнитное и электрическое поле. определены основные области применения металлизированных тканей, показано, что для уменьшения электромагнитного излучения защитные устройства должны представлять собой электрически и магнитно замкнутый экран. представлены комплекты защитной одежды, их состав и область применения. применение исследованных образцов металлизированной ткани, предназначенных для применения в производстве экранирующих комплектов для защиты человека от воздействия электромагнитных полей, приводит к значительному снижению уровней ЭМП радиочастотного диапазона (170 – 2800 МГц) в связи с высокими коэффициентами экранирования; наибольшая степень экранирования отмечается на частоте 2800 мГц.; предложен и внедрен новый состав пряжи из смеси 60% металлизированного волокна и 40% метаарамидного волокна, разработана новая технология формирования пряжи и ткани, которые внедрены в промышленности,

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Слугин Алексей И. Разработка оптимальных технологических параметров изготовления тканей на основе вторичной арамидной пряжи. Дис... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2008. – 170 с/
2. Слугин Андрей И. Разработка новых облегченных арамидных тканей на основе вторичных регенерированных волокон и технологических параметров их изготовления. Дис... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2012.- 162 с/
3. Павлихина И.Ю. Разработка многослойных кременнеземных тканей разреженных структур. Дис. ... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2012. – 174 с
4. Сергеев В.Т. Разработка структуры и технологии изготовления многослойной комбинированной ткани из углеродных и кварцевых нитей. . Дис. ... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2015 – 180 с..
5. Кашеева М.М. Разработка облегченных структур технических тканей из углеродных нитей и особенности их изготовления на ткацком станке. Дис... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2009.- 141 с
6. Евсюкова Е.В. Разработка технологических параметров изготовления технической ткани из углеродных нитей. Дис. канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 1990
- 7.Карева Т.Ю. Разработка способа, технологии изготовления тканей новых структур. Дис... докт.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2005. – 412 с
8. Сеницына И.В. Анализ тканей ортогонального и не ортогонального строения для кромок. Дис... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2009.- 247 с
9. Сеницын А.В. Разработка метода проектирования трехосных тканей Дис... канд.техн.наук, МГТУ им.А.Н.Косыгина, 2012.- 224 с
10. Панин И.Н. Разработка и исследование структур текстильных паковок специального назначения. Диссертация д.т.н. М., МТИ им. А.Н. Косыгина. 1996 – 360 с.
11. Панин М.И. Разработка композиционных материалов на базе мотальных паковок специального назначения. Дис... канд.техн.наук, МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2012.- 158 с
12. Сильченко Е.В., Николаев С.Д. Новая ткань для защиты человека от воздействия электромагнитных полей. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6 (360). С. 59-64.