

УДК 677.023.292.92

МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ ОСНОВНЫХ НИТЕЙ ИЗ НАТУРАЛЬНЫХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Степанова Татьяна Юрьевна

канд. тех. наук

Ивановский государственный химико-технологический университет
Иваново

author@apriori-journal.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы модификации поверхностных свойств текстильных волокон посредством составов текстильно-вспомогательных веществ. Обработка растворами на основе полиэтиленгликоля марки ПЭГ-400 основных нитей позволяет изменить их фрикционные и электрофизические свойства за счет образования граничных молекулярных слоев. Модификация волокнистого материала благотворно влияет на технологический процесс ткачества – снижает обрывность основ в 2-3 раза.

Ключевые слова: фрикционные и электрофизические свойства; основные нити; граничное трение; текстильно-вспомогательные вещества; полиэтиленгликоль.

MODIFICATION OF SURFACE PROPERTIES OF WARP YARNS FROM NATURAL AND SYNTHETIC FIBERS

Stepanova Tatyana Jurjevna

candidate of technical sciences
Ivanovo state chemical and technological university
Ivanovo

Abstract. The questions of modification of the surface properties of textile fibers by compositions of textile auxiliaries. Processing solutions based on polyethylene glycol PEG-400 brand warp yarns allows you to change their friction and electrical properties due to the formation of molecular boundary layers. Modification of the fibrous material has beneficial effects on the weaving process – reduces breakage bases 2-3.

Key words: friction and electrical properties; the main thread; boundary friction; textile auxiliaries; polyethylene glycol.

Текстильная переработка основных нитей на ткацком станке связана со значительными трудностями, и эффективность ее проведения целиком и полностью определяется комплексом поверхностных свойств перерабатываемых нитей. Синтетические и природные волокна изначально характеризуются фрикционными и электрофизическими свойствами, которые делают текстильную переработку малоэффективной. Все это приводит к нерациональному использованию сырья и снижению качества готовой продукции. Поэтому возникает необходимость в модификации поверхностных свойств волокон.

Модификация позволяет придать волокнистому материалу новые свойства, улучшающие способность к переработке при минимальных затратах и не требует создания нового оборудования.

Изучение и анализ литературы показывает, что решение указанной проблемы осуществляется за счет разработки составов текстильно-вспомогательных веществ, регулирующих электрофизические и фрикционные свойства волокон, которые оказывают непосредственное влияние на переработку основных нитей на ткацком станке.

В настоящее время отсутствует всесторонняя теоретическая база для решения этой проблемы, и становятся оправданными работы, решающие локальные задачи по изменению электрофизических и фрикционных свойств текстильных материалов и функционированию конкретной пары трения нить-деталь оснастки ткацкого станка. Такие работы имеют не только практическую значимость, но и служат основой для дальнейших теоретических обобщений, что, несомненно, актуально.

Целью работы является повышение качественных показателей камвольной, хлопчатобумажной пряжи и полиэфирной комплексной нити на базе целенаправленной модификации поверхностных свойств текстильных материалов составами текстильно-вспомогательных веществ (ТВВ).

В качестве объектов исследования в работе были использованы камвольная и хлопчатобумажная пряжа различной линейной плотности и полиэфирная комплексная нить с пневмосоединениями.

В качестве вспомогательных веществ использовали полиэтиленгликоли, препарат ОС-20, триэтаноламин, глицерин и ТВВ анионного, катионного и неионогенного характера.

Обработка растворами ТВВ основных нитей в ткачестве позволяет изменить их физико-механические свойства за счет образования на поверхности волокон граничных молекулярных слоев, которые оказывают благотворное влияние на многие стороны технологического процесса. Без этой операции невозможно получение тканей на ткацких станках, и

здесь наиболее важным являются два показателя: обрывность нитей и выход суровой ткани. Исследования показывают, что водные растворы ТВВ позволяют повысить выход суровой ткани на несколько процентов и снизить обрывность пряжи в 1,5-2 раза.

ТВВ сорбируются из раствора поверхностью волокна в виде полимолекулярного слоя, который связывается с молекулами волокон межмолекулярными связями. Ориентированная молекулярная пленка ТВВ придает волокнам эластичность, увеличивает удлинение, снижает трение и электризацию [1].

При переработке текстильных материалов трение волокон имеет большое значение. Между телами может возникать сухое и граничное трение. Граничное трение возникает, когда на поверхности контактирующего тела находится тончайшая пленка в виде моно- или полимолекулярного слоя. Сухое трение происходит при отсутствии пленки ТВВ. Для текстильных материалов, которые сорбируют водяные пары и подвергаются операции эмульсирования растворами ТВВ, характерно граничное трение.

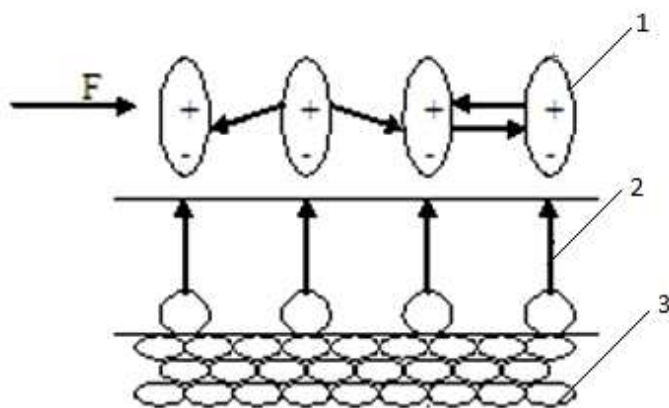


Рис. 1. Граничное трение: 1 – волокно, 2 – ТВВ, 3 – металлическая поверхность детали

Для снижения внешнего трения трущиеся поверхности пряжи при эмульсировании разделяют слоем смазочного вещества – ТВВ, при этом сухое трение заменяется внутренним трением смазывающего вещества. Из-за давления слой смазки выдавливается из пропитанного волокна на трущиеся поверхности, то между ними образуется тонкий слой смазывающего вещества. Области контакта можно представить как совокупность элементов структуры. При трении в режиме граничной смазки жидкостная пленка ТВВ не разделяет трущиеся поверхности нити и металла оснастки ткацкого станка, а способствует образованию на рабочих поверхностях прочных граничных слоев. Эти слои обладают пониженным сопротивлением сдвигу по сравнению с материалом оснастки ткацкого станка и нити.

Граничный слой образуется в результате взаимодействия активных групп ТВВ с поверхностями трения.

Структурная схема процесса трения при граничной смазке, отображающая причинно-следственные связи между стадиями процесса, имеющего место при фрикционном контакте нити с оснасткой ткацкого станка, приведена на рисунке 2.

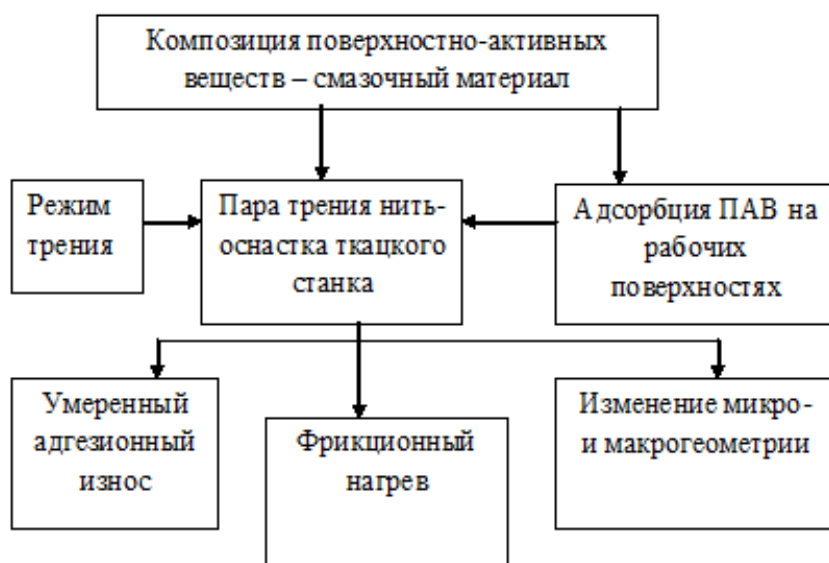


Рис. 2. Структурная схема взаимодействия определяющих параметров процесса трения при граничной смазке

Работоспособность ткацкого станка определяется граничной смазкой трибоповерхностей и соотношением двух идущих одновременно процессов – образования и разрушения граничного слоя. Соотношения между скоростями этих процессов характеризуют наступление того или иного этапа процесса трения при граничной смазке [2-4].

На основании выше изложенного можно сделать вывод, что для удовлетворительной механической переработки текстильных нитей необходимо подобрать композицию ТВВ, которая будет регулировать трибологический процесс при контакте нити с металлом посредством граничного слоя смазочного материала, который нейтрализует действие молекулярных сил притяжения между телами.

Легко действующими источниками у поверхности металла деталей ткацкого станка являются царапины, микротрещины и другие дефекты.

Адсорбционные молекулы поверхностно-активных веществ стремятся собраться на активных центрах металла. В результате чего на металлической поверхности так же образуется адсорбционный граничный слой поверхностно-активных веществ, который препятствует контактному взаимодействию поверхностей нитей и деталей ткацкого станка (рисунок 3).

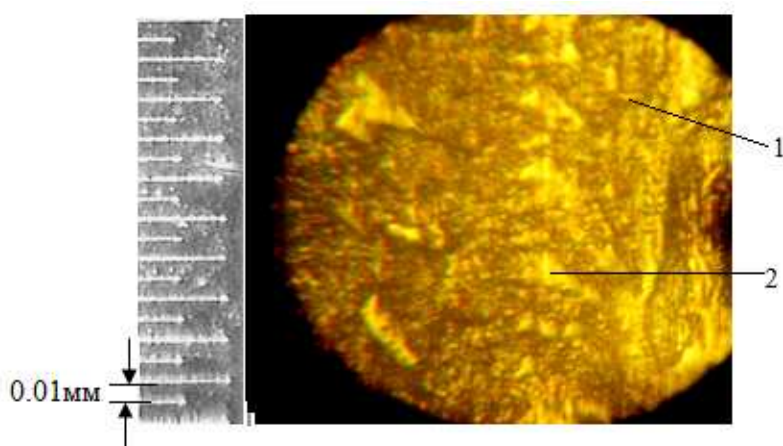


Рис. 3. Образование пленки эмульсии на металлической поверхности деталей ткацкого станка: 1 – пленка эмульсии; 2 – поверхность детали станка

С целью улучшения поверхностных свойств основных нитей разработаны составы на основе ПЭГ–400 для камвольной и хлопчатобумажной пряжи и полиэфирной комплексной нити [5-7].

Текстильные нити и пряжа при переработке подвергаются различным деформациям и истирающему воздействию, что в значительной степени снижает их прочность. В процессе переработки пряжа часто подвергается деформирующим усилиям, значительно меньше разрушающих, но многократно повторяющихся. Поэтому прочность следует рассматривать только как одно из свойств, которое должно быть учтено при оценке свойств текстильных нитей и пряжи.

Экспериментально установлено, что ТВВ улучшают технологические свойства камвольной пряжи, так относительная разрывная нагрузка пряжи 18, 19, 22 и 31 текса, обработанной эмульсией по рецепту Патента 2222653 Российская Федерация, увеличивает прочность пряжи в среднем на 24.8 %, разрывное удлинение камвольной пряжи – в среднем на 10.5 % [1-2].

В основе всех способов образования граничного слоя ТВВ на поверхности волокон лежат физико-химические процессы смачивания эмульсией. Для этой функции целесообразно использовать вещества с определенным гидрофильно-липофильным балансом (ГЛБ): для пропитки – $13 \div 15$, смачивания – $7 \div 9$. Запатентованный рецепт эмульсии включает вещества с ГЛБ от 8,6 до 17,5, что обеспечивает хорошее смачивание и пропитку камвольной пряжи

Прочность пряжи характеризуется коэффициентом тангенциального сопротивления, который можно увеличить посредством обработки растворами ТВВ. Определение коэффициента тангенциального сопротивления проводилось на разрывной машине РМ-3.

Установлено, что разработанные рецепты эмульсии увеличивают сцепляемость волокон в большей степени, чем состав, содержащий минеральное масло. Запатентованный состав, содержащий ПЭГ-400, ОС-

В результате реакции образуются низкомолекулярные сложные эфиры, которые являются растворителями высокомолекулярных полигликолевых эфиров, т.е. препарата ОС–20.

3) Показатели качества эмульсии, приготовленной из концентрата, не отличаются от показателей эмульсии, приготовленной из отдельно взятых препаратов.

Внутри волоконное контактное взаимодействие определяется двумя факторами: геометрической структурой волокон и свойствами их поверхностного слоя. Более мобильным является второй фактор, который может изменяться в широких пределах благодаря обработке волокон растворами ТВВ. Особенно это важно для полиэфирных волокон, которые в отличие от натуральных волокон не имеют высокоразвитой геометрической структуры.

Таблица 1

Динамический коэффициент трения полиэфирной комплексной нити по металлу

Номер рецепта эмульсии	Динамический коэффициент трения $f = \bar{X} \pm \Delta X$	Среднее квадратичное отклонение σ	Коэффициент вариации C , %
1	0,320 ± 0,012	0,032	10,0
2	0,268 ± 0,008	0,022	8,2
3	0,246 ± 0,008	0,021	8,5
4	0,233 ± 0,007	0,018	7,7
5	0,240 ± 0,005	0,014	5,8
6	0,300 ± 0,006	0,015	5,0
7	0,240 ± 0,008	0,020	12,5
8	0,239 ± 0,004	0,011	4,6
9	0,232 ± 0,003	0,080	3,4
10	0,370 ± 0,007	0,200	8,4
11	0,380 ± 0,008	0,210	8,8

Исследования опытных растворов ТВВ проводились на полиэфирной комплексной нити 16.5 текс, состоящей из 50 мононитей, которые соединены пневмосоединениями на равных расстояниях. За контрольные варианты приняты 1 % растворы препаратов ОС-20 (4) и Авиважа НТП (5) (таблица 1).

Исследованиями установлено, что из 10 составов эмульсий № 2-11 наилучшим антифрикционным эффектом обладает 1 % раствор ТВВ № 9, содержащий: ПЭГ-400 – 0,52; глицерин – 0,43; этиловый спирт – 0,05 [8]. Композиция спиртов равномерно распределяется по поверхности полиэфирных волокон, что подтверждается незначительными изменениями величины динамического коэффициента трения по длине нити (рисунок 4).

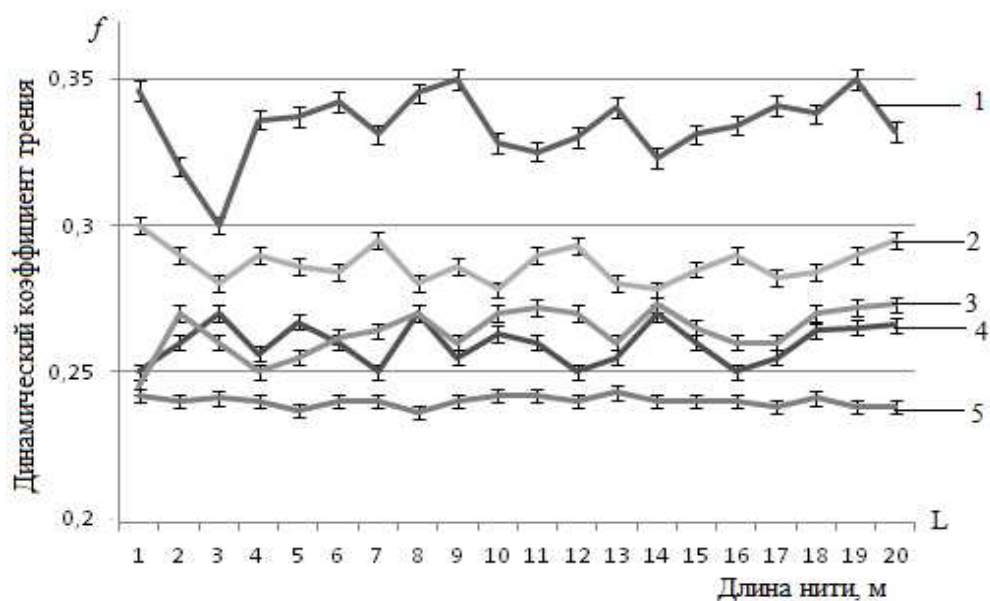


Рис. 4. Колебания динамического коэффициента трения по длине полиэфирной комплексной нити, обработанной растворами ПАВ:

- 1 – необработанная нить; 2 – Авиваж НТП – 1 %; 3 – ПЭГ-1500–1 %;
- 4 – ПЭГ-400 – 0.77 %, глицерин – 0.02 %, этиловый спирт – 0.03 %;
- 5 – ПЭГ400 – 0.52, глицерин – 0.43 %, этиловый спирт – 0.05 %

На основании литературного обзора и поведенных экспериментов были определены два пути регулирования свойств поверхности хлопчатобумажных волокон в целях придания им улучшенной способности к текстильной переработке:

- 1) целенаправленное формирование слоя ТВВ, обеспечивающего изменение фрикционных свойств волокон;
- 2) введение в поверхностный слой ПЭГ–400 и специальных добавок, увеличивающих прочность пряжи и снижающих динамический коэффициент трения волокон [9].

Направленное регулирование поверхностных свойств волокнистого материала из хлопка осуществляли запатентованным составом ТВВ при следующем соотношении компонентов, масс. %: ПЭГ–400 – 7÷9; ПВА – 18÷23; Синтанол АЛМ – 10 ÷5; вода – 74,89÷67,85.

Разработанный состав позволил получить технологический результат, а именно снизить обрывность пряжи в 2–3 раза, что можно объяснить свойствами целлюлозы и ее строением. При погружении волокон хлопка в водный раствор ТВВ молекулы воды, ПЭГ-400 проникают между молекулярными цепями целлюлозы и вызывают набухание, которое сопровождается увеличением разрывной нагрузки на 15-17 % с ростом степени ориентации макромолекул целлюлозы по направлению растягивающей нагрузки. Прочность возрастает вследствие равномерного распределения напряжений на волокне.

Выявлено положительное влияние опытной шлихты (Пат. 228577 Российская Федерация) на фрикционные свойства х/б пряжи 16 и 25 текса Экспериментальные данные представлены на рисунках 5 и 6 [6; 9].

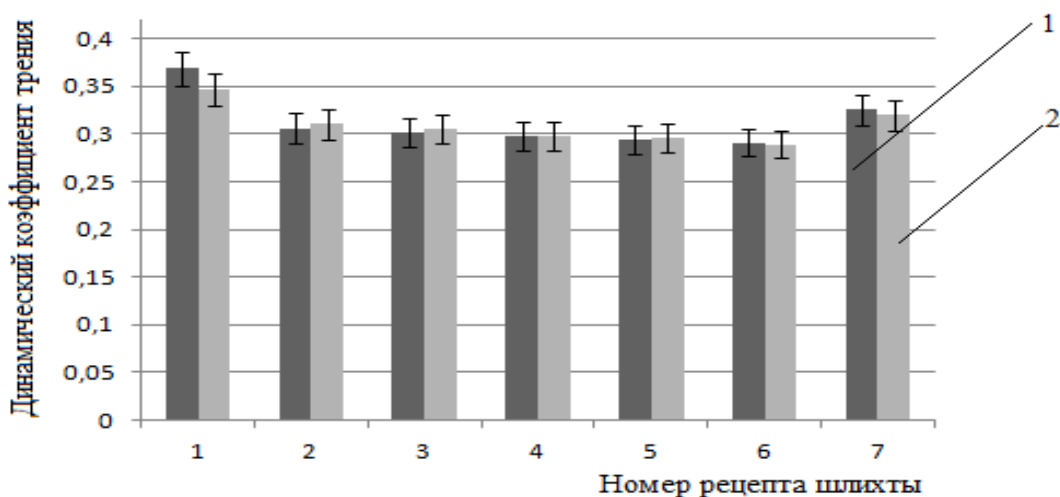


Рис. 5. Влияние рецепта шлихты на динамический коэффициент трения хлопчатобумажной пряжи: 1 – 16 текс, 2 – 25 текс

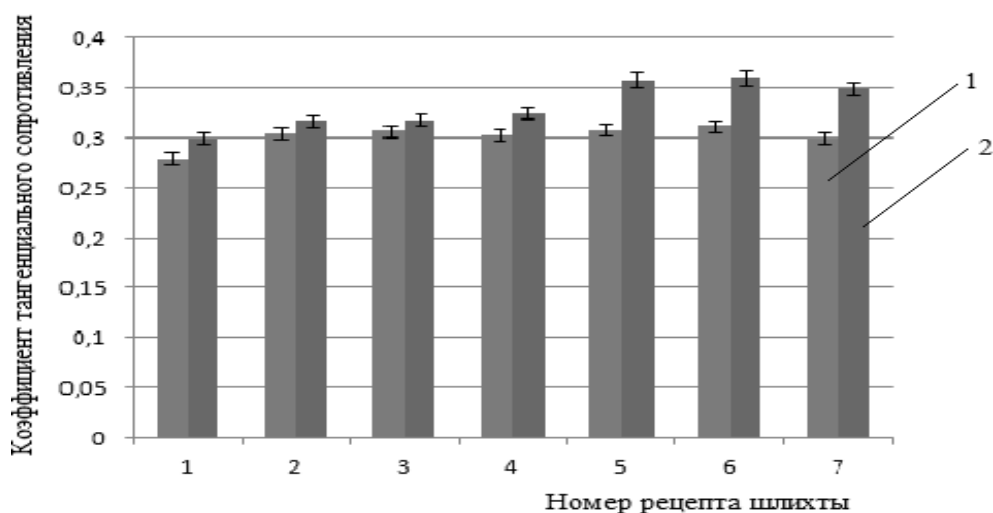


Рис. 6. Влияние рецепта шлихты на коэффициент тангенциального сопротивления хлопчатобумажной пряжи: 1 – 16 текс; 2 – 25 текс

В ткацком производстве НПО «Конверсипол» проведены производственные испытания опытной шлихты на пряже из хлопка 16 и 25 текс. Определено, что шлихта на основе ТВВ увеличивает разрывную нагрузку в среднем на 3,4 %, а динамический коэффициент трения снижает на 9,7 % по сравнению с крахмальной шлихтой. Механические свойства ошлихтованной пряжи оказывают положительное влияние на обрывность основных нитей на ткацком станке, так обрывность пряжи 16 и 25 текс снижается в 2 раза по сравнению с крахмальной шлихтой. Посколь-

ку нанесение ТВВ из водной ванны приводит к значительному повышению разрывного удлинения пряжи, можно считать, что этот эффект достигается за счет наличия на пряже ТВВ. Препараты способствуют повышению эластичности элементарных волокон пряжи, улучшая функцию воскообразных веществ волокон из хлопка.

Экспериментально установлено, что разработанный состав шлихты позволяет повысить скорость шлихтовальных машин при обработке основ из хлопка и соответственно производительность оборудования на 10-15 %.

В работе рассмотрены вопросы влияния ТВВ на электрофизические свойства волокнистых материалов. Волокнистые материалы, перерабатываемые в текстильной промышленности, обладают высоким омическим сопротивлением, сравнительно большим значением относительной диэлектрической проницаемости и значительной величиной удельной поверхности. Значение этих величин главным образом и определяет повышенную склонность волокон к электризации.

Электризация пряжи зависит от многих факторов, в частности от сырья и текстильно-вспомогательных веществ. Поэтому разница в значениях поверхностного электрического сопротивления камвольной пряжи одного сырьевого состава объясняется видом препарата и процентным содержанием полиэфирного волокна.

А.Б. Пакшвер определил, что при равномерном распределении ТВВ на поверхности элементарной нити концентрация его, соответствующая мономолекулярному слою, равняется 0,05 %. При обработке синтетических нитей водными растворами ТВВ необходимое количество веществ для образования молекулярного слоя сорбируется волокном из раствора [10-11].

ТВВ, обладающие гидроксильными группами, участвуют в образовании граничного адсорбционного слоя эмульсии на поверхности комплексной нити. Наиболее значительная часть эмульсии механически от-

кладывается на поверхности нити, и при трении происходит перенос эмульсии с нити на металлическую поверхность, которая покрывается защитной пленкой смазочного вещества. Взаимодействие полиэфирной комплексной нити и металла оснастки ткацкого станка происходит через микросреду ТВВ, которая влияет на динамический коэффициент трения нити по металлу.

Запатентованный состав эмульсии (Пат. 2341602 Российская Федерация), образуя равномерный защитный слой ТВВ на поверхности волокна, уменьшает электростатическое сопротивление полиэфирной комплексной нити на 4 порядка по сравнению с необработанной.

Увеличение удельной электропроводности текстильных материалов вызвано повышением подвижности носителей заряда (ионов, электронов) на волокне и приводит к нейтрализации заряженных частиц. Высокая электропроводность может также способствовать стеканию зарядов путем разряда волокна в воздух и уменьшению остаточных зарядов, взаимодействующих на контактирующих поверхностях. Поэтому для обработки камвольной пряжи и полиэфирных комплексных нитей подбирали ТВВ, которые придавали бы оптимальную электропроводимость волокнам.

С целью выбора оптимальной электропроводности волокон были проведены исследования зависимости коэффициента трения от проводимости волокна, изменение которой осуществлялось посредством специальной обработки пряжи 1 %-ными растворами ТВВ на лабораторной установке. Электрическое сопротивление определяли с помощью прибора ИЭСТВ-1М (ГОСТ 22221-88), а динамический коэффициент трения на приборе ТКИ-4-26-1.

В сухом виде хлопковое волокно имеет низкую электропроводность. С целью повышения электропроводности волокна разработан состав (Пат. 2285077 Российская Федерация), который обладает гигроскопичностью и придает волокну антистатический эффект. Шлихта проникает в

поры волокна и связывает их в пряже сеткой полимера ПВА. Происходит физическая модификация поверхности пряжи из хлопка, т.е. изменяются ее электрофизические и фрикционные свойства. Пленка делает поверхность пряжи более гладкой и способствует удерживанию влаги внутри текстильного материала. Испытания проводили на хлопчатобумажной пряже 16 и 25 текс. Исследования показали, что разработанный состав шликты (Пат. 2285077 Российская Федерация) увеличивает электропроводность на 5 порядков с повышением влажности хлопчатобумажной пряжи с 2 до 10 %.

Положительные результаты, полученные при производственных испытаниях полиэтиленгликоля ПЭГ-400 в качестве антистатика, позволили заменить дорогостоящий импортный препарат Леомин АФК («Кларинант», Германия).

На основе концентрата К-01 было разработано текстильно-вспомогательное вещество «Универсал» ТУ 2483001-71847504-2004.

В ткацком производстве научно-производственного объединения «Конверсипол» (г. Иваново) проведены производственные испытания запатентованного состава ПАВ для обработки полиэфирных комплексных нитей. На основе этого состава ТВВ (Пат. 2341602 Российская Федерация) разработано текстильно-вспомогательное вещество «Оксилан» ТУ 2483-001-732121582-004, которое внедрено в технологический процесс эмульсирования ленты и основной пряжи на ООО «Технотекс».

Вывод. Теоретически и экспериментально определено, что растворы ПАВ с гидрофильно-липофильным балансом ГЛБ ≥ 7 модифицируют поверхность волокон, изменяя их механические и электрофизические свойства. Равномерно распределяясь на поверхности волокон благодаря хорошей смачивающей способности и низкой вязкости, ПАВ в значительной степени уменьшают их динамический коэффициент трения, коэффициент тангенциального сопротивления и удельную электропроводность, и, соответственно, износ при процессе трения.

Список использованных источников

1. Степанова Т.Ю., Мельников В.Г., Комарова Т.Г. Исследование влияния ТВВ на коэффициент трения скольжения нити по металлу // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. 2003. Т. 46. Вып. 7. С. 121-123.
2. Степанова Т.Ю., Мельников В.Г., Комарова Т.Г. Влияние фрикционных свойств пряжи на обрывность основ в ткачестве // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. 2003. Т. 46. Вып. 8. С. 126-127.
3. Степанова Т.Ю. Исследование антифрикционных композиций ПАВ для обработки шерстяной пряжи // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2010. Т. 76. № 8. С. 58-60.
4. Степанова Т.Ю., Сахарова С.Г. Модификация фрикционных свойств комплексных нитей путем их эмульсирования // Изв. ВУЗов. Технология текстильной промышленности. 2010. № 8 (239). С. 12-14.
5. Пат. 2222653 Российская Федерация, МПК7 Д 06 М 13/02, 13/184. Состав для обработки текстильных волокон и пряжи / Т.Ю. Степанова, В.Г. Мельников, Т.Г. Комарова, Е.В. Орлов; заявитель и патентообладатель Иван. гос. хим.-технол. ун-т. № 2002113941; заявл. 28.05.2002; опубл. 27.01.2004. Бюл. № 3. 4 с.
6. Пат. 2285077 Российская Федерация, МКИ7 D 06 M 15/333, D 06 M 13/148, D 06 M 13/144, D 06 M 101/06, C 08 L 31/04. Состав для шлихтования хлопчатобумажной пряжи / Т.Ю. Степанова, В.Г. Мельников; заявитель и патентообладатель Иван. гос. хим.-технол. ун-т. № 2005116063; заявл. 26.05.2005; опубл. 10.10.2006. Бюл. № 28. 4 с.
7. Пат. 2341602 Российская Федерация, МКИ7 D06M 13/02, 13/184. Состав для обработки полиэфирной пряжи / Т.Ю. Степанова, В.Г. Мельников, С.Г. Сахарова; заявитель и патентообладатель

Иван. гос. хим-технол. ун-т. № 2007122034; заявл. 13.06.2007; опубл. 20.12.2008. Бюл. № 35. 4 с.

8. Степанова Т.Ю., Сахарова С.Г., Романычев Н.К. Влияние высокомолекулярных спиртов на механические и трибологические свойства полиэфирной пряжи // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2008. Т. 74. № 4. С. 62-63.
9. Степанова Т.Ю., Мельников В.Г., Сахарова С.Г. Использование оксиэтилированных ПАВ для шлихтования основ из целлюлозных волокон // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. 2006. Т. 49. Вып. 7. С. 125-126.
10. Степанова Т.Ю., Сахарова С.Г. Влияние оксиэтилированных ТВВ на электризуемость волокон // Изв. ВУЗов. Химия и химическая технология. 2007. Т. 50. Вып. 10. С. 80-81.
11. Степанова Т.Ю. Увеличение поверхностной проводимости конструкционных материалов // Вестник ИГЭУ. 2010. Вып. 2. С. 57-59.