

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 07.08.2023 20:01:39  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра дизайна и индустрии моды



## СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Методические рекомендации  
по выполнению практических занятий  
для студентов направления подготовки 29.04.05

Курск 2022

УДК 687.03

Составитель: Т.А. Добровольская

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Т.М. Ноздрачева*

**Способы получения текстильных материалов нового поколения:** методические указания по выполнению практических занятий / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Т.А. Добровольская. - Курск, 2022. - 56 с. - Библиогр.: с. 55.

Содержат рекомендации по выполнению практических занятий по дисциплинам «Инновации в материалах и изделиях легкой промышленности», «Мировые тенденции развития ассортимента материалов и изделий легкой промышленности» изложены основные теоретические сведения, рассмотрен конкретный практический пример.

Предназначены для студентов направления подготовки 29.04.05 «Конструирование изделий легкой промышленности» дневной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.  
Усл.печ.л. . Уч.-изд.л. . Тираж 25 экз. Заказ. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## 1 ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ В РАЗВИТИИ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

В развитии производства химических волокон можно выделить несколько этапов.

**1-й этап.** С конца 19-го – начала 20-го веков и до 40-х – 50-х – создание процессов получения искусственных волокон на основе природных полимеров из их растворов мокрым методом формования. Некоторое развитие получили процессы сухого формования ацетатных волокон. Доминирующую роль в изготовлении текстильных изделий играют натуральные волокна. Изделия из химических волокон и нитей изготавливаются в небольших количествах.

**2-й этап.** В 40-70-е годы – созданы процессы синтеза волокнообразующих полимеров и технологии получения волокон из расплавов синтетических полимеров. Одновременно сохраняется и совершенствуется производство волокон мокрым методом формования. Производство химических волокон развивается в промышленно развитых странах. В этот период создаются основные виды химических волокон, которые можно назвать «традиционными» или «классическими». Химические волокна рассматриваются как дополняющие и только частично заменяющие натуральные волокна. Начинают развиваться процессы модифицирования волокон.

**3-й этап.** С 70-80-х и в период 90-х годов выпуск химических волокон существенно возрастает. Широко развиваются методы их модифицирования для улучшения потребительских свойств. Химические волокна приобретают самостоятельное значение для самых различных видов изделий и областей применения. Кроме того, они продолжают широко использоваться в смесях с натуральными волокнами (появляются 3-х, 4-х и более компонентные пряжи). Производство традиционных видов химических волокон постепенно перераспределяется в страны Азии и Южной Америки. В этот же период в промышленно развитых странах создаются «волокна третьего поколения» с принципиально новыми специфическими свойствами: сверхпрочные, высокомодульные, термостойкие, хемостойкие, эластомерные, и др.

**4-й этап.** С конца 20-го и в начале 21-го веков начался современный этап развития химических волокон. Происходит коренное изменение географического размещения производств химических волокон – они создаются в странах Азии, Южной Америки, Дальнего Востока, где это экономически и экологически более выгодно. Развиваются процессы глобализации, интеграции и перераспределения производств химических волокон между крупными фирмами.

Более полные сведения о развитии химических волокон и основных методов их получения суммированы в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные этапы развития методов получения химических волокон

Этап развития	Мотивация	Основные созданные или развиваемые виды волокон	Основные технологические приемы при получении волокон
1	2	3	4
<b>1-й этап. Создание и развитие производств искусственных волокон</b>			
Конец XIX в.	Первые попытки получения волокон	Нитроцеллюлозные и медноаммиачные волокна	Формование из растворов мокрым методом
Начало XX в.	Создание волокон для замены натуральных	Вискозные (гидратцеллюлозные) нити	Формование из растворов мокрым методом
20-е годы XX в.	Создание волокон близких к натуральному шелку	Ацетатные нити	Формование из растворов сухим методом
30-е годы XX в.	Частичная замена натуральных волокон и замена натурального шелка и тонкой шерсти	Развитие выпуска вискозных волокон; вискозных и ацетатных нитей	Развитие методов формования из растворов
<b>2-й этап. Создание и развитие синтетических волокон</b>			
40-е – 50-е годы XX в.	Расширение сырьевой базы и повышение качества смесовых тканей. Создание тонких тканей и	Получены синтетические волокнообразующие полимеры, волокна и нити на их основе	Формование из расплава с последующим их вытягиванием

	трикотажа		
50-е – 70-е годы XX в.	Расширение сырьевой базы для выпуска текстильных изделий	Развитие производства синтетических волокон и нитей текстильного назначения	Сверхвысокоскоростное формование из расплава и непрерывные совмещенные процессы формование - вытягивание
60-е – 70-е годы XX в.	Обеспечение высокопрочными текстильными конструкциями и изделиями резинотехники	Развитие производства синтетических волокон и нитей технического назначения	Формование из расплава с ориентационной кристаллизацией
70-е годы XX в.	Повышение качества текстильных материалов и изделий, придание им функциональных свойств	Создание волокон с улучшенным комплексом свойств	Применение методов физической, композитной и химической модификации
<b>3-й этап. Создание «волокон третьего поколения»</b>			
80-е – 90-е годы XX в.	Повышение комфортности материалов и изделий. Создание изделий «дружественных человеку» - «Shingosen»	Получение текстильных волокон и нитей с новыми свойствами – с особой геометрией (объемных, профилированных, микроволокон), антимикробных, высокогигроскопичных, огнезащитных	Широкое применение методов физической, композитной и химической модификации
80-е – 90-е годы XX в.	Получение новых видов волокнистых материалов медицинского, санитарно-гигиенического, экологического и других	Создание волокон и нитей с особыми физическими, физикохимическими и биологическими свойствами	Широкое применение методов физической, композитной и химической модификации

	специальных назначений		
70-е – 80-е годы XX в.	Необходимость в новых видах материалов технического назначения для высоконагруженных и защитных текстильных изделий и композитов	Создание сверхпрочных, термостойких, трудногорючих, хемостойких волокон и нитей	Формование через воздушную прослойку (сухомокрое формование). Формование с фазовым распадом при охлаждении – «гельформование». Полимераналогичные превращения волокон - прекурсоров
<b>4-й этап. Создание «волокон четвертого поколения» на основе воспроизводимых растительных ресурсов, применение методов биотехнологии и биомиметики</b>			
Конец XX – начало XXI в.	Необходимость использования воспроизводимых растительных ресурсов взамен нефти, газа, каменного угля	Исследование и разработка волокон на основе прямого растворения целлюлозы (лиоцелл). Создание полилактидных волокон	Применение методов биотехнологии
Начало XXI века	Поиск новых технологий на основе принципов биомиметики	Начало исследований по созданию синтетических регулярных полипептидов и волокон – аналогов натурального шелка и паутины	Применение принципов биомиметики – регулирование свойств волокон путем синтеза химически и пространственно регулярных блоксополимеров. Одностадийное формование с фазовым распадом в аксиальном механическом поле и ориентационной кристаллизацией.

## **2 ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН, ПРОЦЕССЫ ГЛОБАЛИЗАЦИИ И ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВ**

Рост производства химических волокон определяется:

- научно-техническими достижениями;
- требованиями рынка;
- государственными интересами.

Развитие производства каждого вида химического волокна определяется комплексом факторов:

- возможностью выпуска волокон необходимого ассортимента и заданных свойств;
- потребностью в различных видах волокон, их взаимозаменяемостью и взаимодополняемостью;
- степенью совершенства технологии;
- доступностью сырьевой базы;
- минимумом материалоемкости и энергопотребления;
- возможностью максимального рециклинга полупродуктов;
- безопасностью и экологической чистотой технологии;
- экономичностью производства и другими факторами.

В зависимости от функционального назначения создаваемых изделий (одежды, интерьера, технических изделий и др.) комплекс требований к свойствам, строению и дизайну текстильного материала, а соответственно, и к исходным волокнам существенно различается. В современной экономике эти требования к производным волокнам и изделиям идут от требований рынка.

Экология в XXI веке будет играть огромную роль, поэтому предпочтение будет отдаваться безотходным, нетрудоемким, экологичным производствам.

Процессы глобализации приводят к тому, что многие транснациональные компании сосредотачивают в своих руках крупные производственные мощности, находящиеся в различных регионах мира. В настоящее время в странах Азии и Южной Америки сосредоточено более 60% производственных мощностей. Там более дешевая рабочая сила и менее жесткое законодательство в области экологии. Основные инвестиции, техника и технология

производства химических волокон и текстиля поступают в эти страны от крупных международных компаний, в значительной мере из стран Западной Европы, США и Японии. Например, австрийская фирма Lenzing AG производит в год 180 тыс.т. вискозных штапельных волокон и одновременно имеет аналогичные крупные производства в Индонезии и Бразилии и суммарно дает примерно 22-23% от мирового производства вискозных штапельных волокон.

В странах СНГ выпускается большинство традиционных видов химических волокон и нитей текстильного и технического назначения.

Текстильная промышленность СНГ столкнулась с нехваткой сырья как натуральных, так и химических волокон. Это привело к импорту большого количества тканей, трикотажа и швейных изделий, что дополнительно сказалось на сокращении выпуска химических волокон. Причина больших трудностей в сохранении производств химических волокон связана также с тем, что все они могут быть технически и экономически оправданы только при больших объемах выпуска продукции, что требует соответственно больших инвестиций. Кроме того, сроки окупаемости предприятий химических волокон достаточно большие.

Анализ тенденций развития производства химических волокон позволяет выделить следующие важные направления:

- интенсивный рост выпуска полиэфирных волокон по сравнению со всеми другими (60% от всех синтетических волокон и 30% от общего количества натуральных и химических волокон). Доля полиамидных волокон составляет 13% от синтетических волокон, полиакрилонитрильных – 8%;

- в последние годы наблюдается оживление в производстве полиамидных (на 4,4%) и полиакрилонитрильных (на 6,4%) волокон;

- быстрое развитие производства полипропиленовых волокон (19% от синтетических волокон);

- совершенствование процессов получения вискозных и организация производства гидратцеллюлозных волокон типа «лиоцелл». Отмечен также рост производства искусственных волокон: вискозных комплексных нитей на 6% , вискозных штапельных волокон на 4%, ацетатных волокон на 1,2%;



- развитие новых нетрадиционных высокопроизводительных процессов получения волокнистых материалов, в том числе нетканых материалов прямого формования.

### **3 МОДИФИКАЦИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН**

На фоне общего стабильного прироста производства большинства химических волокон больше всего производят волокон: из расплава – 78%, из раствора мокрым способом - 20% и из раствора сухим способом – 2%. Это объясняется как высокой производительностью формования из расплава, так и возможностями современных методов модифицирования, позволяющими варьировать свойства волокон и нитей.

Основные виды химических волокон по сырьевой базе, технологии производства и свойствам отвечают большинству современных потребительских требований. Для каждого волокна сложились определенные направления применения. Однако, традиционные виды волокон имеют ряд специфических особенностей, которые зачастую необоснованно называют недостатками. Поэтому естественно желание дальнейшей оптимизации и улучшения свойств волокон и текстиля на их основе.

Модифицирование волокон является одним из наиболее простых и перспективных путей регулирования их свойств, позволяющее на базе уже существующих их видов создать волокна с улучшенными их характеристиками. Все методы модифицирования волокон (нитей) можно подразделить на 3 основные группы: физические, композитные и химические.

#### **3.1 Методы физической модификации**

Физические методы не предусматривают изменения химического состава полимера, но изменяется его надмолекулярное строение, форма или внешняя поверхность волокон. Этот метод, как правило, используется на стадии формования или последующей обработки волокон.

Таблица 3.1 – Основные виды физически модифицированных волокон

<b>Методы модификации</b>	<b>Достигаемые эффекты</b>
Изменение условий формования, вытягивания, термообработки	Регулирование заданных физико-механических свойств волокон и нитей: повышается прочность, структура становится более упорядоченной.
Текстурирование нитей	Придание устойчивой извитости нитям, объемности и комфорта изделия.
Высокоскоростное формование	Изменение тонины и физико-механических свойств волокон. Новый процесс сверхвысокоскоростного формования (6000-7000 м/мин.) позволил в несколько раз повысить производительность оборудования. При этом настолько изменились условия структурообразования, что этот процесс позволил получать принципиально новые виды полиэфирных, полиамидных и полипропиленовых волокон с высокой деформируемостью, используемых в основном для текстурирования и производства высококачественных трикотажных изделий
Получение профилированных волокон (нитей)	Изменение тонины, физико-механических свойств, а также улучшение сцепляемости нитей в текстильных изделиях. Профилированные нити получают с помощью фильер, имеющих отверстия различной формы: треугольники, многолучевые звездочки, трилистники и др. Профилированные нити позволяют получать малораспускающиеся трикотажные изделия, т. к. изрезанный профиль волокон увеличивает силы трения между отдельными составляющими нитей. Профилированные нити имеют повышенную кроющую способность, что позволяет уменьшать материалоемкость изделий. Форма профиля дает возможность получать различные внешние эффекты. Например, трехлучевой профиль «трилобал» создает в изделиях креповый эффект, а нити с плоским сечением позволяют получать изделия с повышенным блеском. За счет фильер специального профиля получают полые синтетические волокна, что увеличивает гигроскопичность и теплозащитные свойства изделий.

	Создание пористости в волокнах позволяет существенно повысить их сорбционные характеристики. Например, полиэфирные волокна становятся в несколько раз более гигроскопичными за счет эффекта капиллярной конденсации водяных паров в порах.
Получение бикомпонентных волокон (нитей)	Придание извитости нитям, объемности и комфортности изделиям. Получение микронитей. Получают бикомпонентные волокна с помощью специальных фильер, позволяющих формовать нити с заданным расположением полимерных компонентов. Полимеры соединяются между собой на поверхности раздела. В зависимости от расположения полимеров различают два типа структуры волокон: сегментная («бок о бок») и матрично-фибрилярная (ядро-оболочка). Такие волокна обладают свойствами, присущими составляющим компонентам. Нити типа «бок о бок» вследствие появления внутренних усадочных напряжений приобретают устойчивую извитость, характерную для текстурированных нитей. Технология получения бикомпонентных волокон используется при получении микроволокон. Так, нити с сегментным расположением компонентов в процессе вытягивания и последующей переработки разделяются на отдельные сегменты, которые и являются микронитями. Созданы технологии получения нитей (а также пленок) матрично-фибрилярной структуры с включением дисперсно расположенных микроволокон. Матричный компонент затем растворяется в доступных растворителях. После растворения полимерной матрицы остаются микроволокна с чрезвычайно малыми поперечными размерами в виде нетканого материала, используемого для микрофльтрации.
Получение микроволокон и микронитей	Повышение кроющей способности нитей, изменение грифа и комфортности изделий. Получают как методами сверхвысокоскоростного формования, так и через стадию образования бикомпонентных нитей. Микроволокна и микронити имеют высокоразвитую поверхность, поэтому изделия из них в меньшей степени загрязняются, а также в меньшей степени смачиваются водой. Все виды микроволокон и микронитей условно можно разделить на три группы по их поперечным размерам и областям применения: 1. Микронити, получаемые сверхвысокоскоростным

	<p>формованием. <math>T = 0,1 - 0,03</math> текс. (непромокаемые ткани для верхней и спортивной одежды, модные куртки).</p> <p><u>2.Микроволокна и микронити</u>, получаемые через бикомпонентные нити сегментной структуры, <math>T = 0,03 - 0,02</math> текс (специальные полирующие материалы для оптики, синтетическая кожа).</p> <p><u>3.Микроволокна</u>, получаемые из матричнофибрилярных структур, <math>T = 0,02 - 0,0001</math> текс (фильтры для ультрафильтрации, синтетическая кожа).</p>
Получение высокоусадочных волокон (нитей) с неравновесной структурой	Получение уплотненных нетканых материалов, основы для искусственной кожи. Волокна получают, изменяя условия вытягивания (ориентирования) волокон и нитей, при этом им придается неравновесная структура с внутренними напряжениями, в результате чего они приобретают повышенную усадочность.

### 3.2 Методы композитной модификации

Метод композитной модификации, или метод смешения, предусматривает добавление к основному волокнообразующему полимеру тех или иных мелкодисперсных или растворимых компонентов – носителей новых свойств. Добавки вводятся на стадии подготовки исходного расплава или раствора к формованию или непосредственно перед формованием. В качестве добавок широко используются дисперсные пигменты, антипирены, биологически активные вещества (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Основные виды волокон, получаемые путем композитной модификации.

Методы модификации	Методы формования	Достижимые эффекты
Введение двуокиси титана в прядильный раствор или расплав	Все методы	Получение матированных волокон
Введение красителей или пигментов	Все методы	Крашение в массе с полу
Введение антипиренов в прядильный раствор или расплав	Все методы	Огнезащитные свойства

Введение сажи, дисперсных частиц металлов или других электропроводных материалов	Из расплава или раствора	Волокна с устойчивой электропроводностью
Введение дисперсных биологически активных препаратов	Из раствора или расплава	Биологически активные волокна, в том числе медицинского назначения
Введение дисперсий соединений тяжелых металлов	Из расплава	Волокна, защищающие от проникающей радиации
Введение дисперсного карбида циркония	Из расплава	Теплообразующие волокна, преобразующие солнечную радиацию в инфракрасное излучение
Введение спирооксазиновых соединений	Из расплава	Фотохромные волокна – «хамелеоны», меняющие цвет в зависимости от интенсивности солнечной радиации
Введение микрокапсулированных термотропных холестерических жидких кристаллов или термотропных красителей	Из расплава	Термохромные волокна – «хамелеоны», меняющие цвет в зависимости от температуры окружающей среды
Введение микрокапсулированных эфирных масел	Из расплава	«Парфюмерные» волокна со стабильным запахом духов, цветов и т. п.

Композитные методы широко применяются при получении синтетических и вискозных волокон. Однако при большом количестве добавок с появлением новых свойств существенно ухудшаются механические характеристики волокон.

Среди волокон, модифицированных композитными методами, необходимо отметить так называемые интерактивные волокна – как бы откликающиеся на внешние воздействия. Такими являются

волокна, преобразующие свет в тепловую энергию («греющие» волокна), люминисцирующие, фотохромные и термохромные волокна, изменяющие яркость окраски или свой цвет при инсоляции или в зависимости от температуры окружающей среды. Такие волокна позволяют получать изделия с новыми функциональными свойствами.

Одним из композитных методов модификации является получение волокон из смесей полимеров. 30 – 40 лет назад этот метод казался одним из самых перспективных. Однако оказалось, что смешивание разных полимеров в расплаве или растворе дает плохо совместимые системы, которые являются термодинамически нестабильными, а поэтому быстро расслаиваются. Получение бикомпонентных волокон и микроволокон через микрофибрилярные пленки, по сути, также может быть отнесено к композитным методам.

### **3.3 Методы химической модификации**

Введение в полимер новых активных групп путем сополимеризации, а также последующая химическая обработка волокон или текстиля позволяет повысить окрашиваемость, сорбционные свойства, гидрофильность, снизить сминаемость и загрязняемость, а также придать антистатичность, огнезащитность, бактерицидность и придать новые функциональные характеристики. Следует отметить, что большинство выпускаемых в настоящее время химических волокон и нитей (ПА, ПЭ, ПАН) являются сополимерными.

Можно выделить следующие два направления модифицирования волокон:

- ограниченная модификация с целью улучшения отдельных свойств при незначительном снижении физико-механических свойств или даже их сохранения практически неизменными;
- «глубокая модификация» с целью изменения всего комплекса функциональных свойств волокон или придания им принципиально новых специфических свойств, при этом многие физико-механические характеристики волокон изменяются существенно, по сути образуются новые волокна.

Путем сополимеризации различных мономеров можно существенно понизить температуру плавления волокон. Например, из низкоплавких полимеров производятся полиамидные и полиэфирные волокна, которые используются:

- в качестве термопластичных компонентов для скрепления базовых волокон в клеевых нетканых утепляющих материалах;
- при изготовлении методами нетканой технологии термосклеивающих прокладок, широко применяемых в производстве одежды для скрепления ее деталей.

### **3.3.1 Химическая модификация свежесформованных и готовых волокон**

Для многотоннажных видов волокон текстильного и технического назначения этот вид модификации применяется редко, т.к. существенно усложняется технология их производства:

- требуется дополнительное оборудование;
- возникает необходимость промывки и рециклинга рабочих растворов;
- образуются нежелательные выбросы в сточные воды – экологические проблемы;
- увеличивается время протекания реакций и, как следствие, снижается производительность оборудования.

Для малотоннажных видов волокон такая модификация используется для придания им специальных функциональных свойств. Например:

- обработка свежесформованных волокон до их сушки солями тяжелых металлов (инклюдирование) с последующим их восстановлением до волокна с наполнением мелкодисперсными частицами металлов или их нерастворимых устойчивых соединений. Такие волокна обладают электропроводностью и бактерицидными свойствами;
- на базе полиакрилонитрильных волокон (обычно в виде нетканых вязально-прошивных или иглопробивных материалов) производятся ионообменные волокна путем омыления нитрильных групп до карбоксильных. К ионообменным волокнам присоединяют вещества, обладающие биологической активностью

(ионы металлов или ионогенные лекарственные препараты). В результате получают некоторые виды волокон медицинского назначения.

Иногда для получения ионообменных и медицинских волокон с определенной биологической активностью применяют методы привитой сополимеризации.

### **3.3.2. Химическая модификация на стадии отделки текстильных полотен**

Применяется как для полотен из химических волокон, так и из натуральных волокон и их смесок. При этом происходит модификация именно волокон. Такая модификация производится с помощью разных реагентов и методов:

- поверхностное омыление полиэфирных и триацетатных волокон щелочью «освобождает» полярные группы (карбокисильные у полиэфирных и гидрокисильные у триацетатных волокон), в результате увеличивается гидрофильность, облегчается окрашиваемость, снижается электризуемость. Этот процесс носит название «O - отделка» или «S – отделка» (от слов «омыление» или «saporification»). Процесс прост, эффективен, применяется довольно широко на практике.

- широко применяется метод поверхностной модификации текстильных полотен травлением в газовом разряде (например, в высокочастотной плазме или тлеющем разряде. Вследствие образования озона происходит поверхностное окисление волокон с появлением полярных функциональных групп – гидрокисильных, карбокисильных и др. В результате такой обработки повышается гидрофильность, улучшается окрашиваемость, снижается электризуемость. Такая обработка особенно эффективна для синтетических волокон и не дает вредных выбросов;

- процессы привитой полимеризации для модификации свойств полотен различного волокнистого состава применяют редко, так как они сложны и отходы трудно поддаются рециклингу, что приводит к серьезным экологическим проблемам;

- иногда производится химическое присоединение функциональных групп (например, реакцией этерификации) для



повышения биостойкости или придания бактерицидности полотнам на основе целлюлозных волокон. Эти методы применяются редко из-за длительности протекания химических реакций;

- для отделки текстильных полотен применяется также их обработка реакционноспособными олигомерами или полимерами с содержанием формальдегида, способными взаимодействовать с функциональными группами волокон: снижается сминаемость;

- обработка фторсодержащими полимерами и кремнеорганическими соединениями увеличивает гидрофобность полотен. Отделка применяется для плащевых и технических тканей;

- огнезащитные волокна и текстильные полотна получают путем введения в их состав антипиренов (замедлителей горения). Эти соединения имеют в своем составе фосфор, фосфор + азот, галогены (хлор, бром, фтор). Антипирены вводят при синтезе волокон в расплав или раствор. Однако технологически более рациональной считается обработка полотен при отделке.

### **3.3.3 «Глубокая» химическая модификация волокон и полотен**

Методы «глубокой» модификации применяются для получения волокон с новыми специфическими свойствами. По сравнению с получением волокон на основе принципиально новых полимеров этот путь требует намного меньших затрат и позволяет базироваться на существующих видах многотоннажных волокон.

Одним из вариантов «глубокой» модификации волокон является применение методов полимераналогичных превращений. Полимераналогичными превращениями называют преобразование одного вида полимера в другой путем изменения строения основного «молекулярного каркаса» или полной заменой одних функциональных групп в полимере на другие. Примером таких превращений является получение катионнообменных волокон путем омыления нитрильных групп до карбоксильных в полиакрилонитрильных волокнах. Эти волокна используются для поглощения вредных и ценных компонентов из различных растворов или газовых сред.

В настоящее время широко применяемым процессом является получение углеродных и графитовых волокон. При высокотемпературных обработках вискозных и полиакрилонитрильных волокон происходит полное изменение структуры полимера и из линейных макромолекул образуется сложная углеродная система. В результате получают широкую гамму волокнистых материалов: высокопрочных, высокомодульных, электропроводных, термо- и жаростойких, хемостойких и других.

### **3.4 Применение модифицированных волокон**

Модифицированные волокна применяются для получения как однокомпонентных текстильных полотен, так могут входить в состав смесовых текстильных материалов. При этом можно получать необходимые положительные эффекты, что особенно важно для улучшения характеристик изделий из синтетических и гидратцеллюлозных волокон. Для вискозных волокон широко используются методы снижения их горючести и придания бактерицидных свойств. Для синтетических (полиэфирных, полиамидных и других) волокон особенно важны их гидрофильность, антистатичность и снижение горючести. В смесовых материалах важно использовать в них «взаимодополняющие» волокна.

Введение в смеси электропроводных волокон уже в небольшом количестве позволяет снизить электризуемость синтетических полотен. Введение биологически активных волокон позволяет защищать все компоненты текстиля от биоразрушения.

Интересным случаем является сочетание волокон с различной смачиваемостью водой в производстве трикотажных изделий, контактирующих с кожей человека. Так сочетание полипропиленовых гидрофобных нитей во внутреннем слое и гидрофильных нитей во внешнем слое двухслойного трикотажа позволяет получать гигиеничные изделия, где полипропиленовый внутренний слой способствует отводу пота, а внешний гидрофильный слой его поглощает. Это делает изделия «сухими» даже при интенсивной физической нагрузке.

Широкое применение модифицированных композитными и химическими методами волокон и текстиля может создавать и некоторые определенные затруднения. В отдельных случаях введение в волокна новых веществ может изменить их токсикологические характеристики, а при нагревании до высоких температур и горении в условиях недостатка воздуха привести к выделению токсичных продуктов. Однако правильное использование возможностей модификации позволяет без труда избегать указанных неприятных явлений.

Имеется и другая неожиданность при использовании методов композитного и химического модифицирования. Так, например, предложенные несколько десятилетий назад методы распознавания волокон по поперечным срезам, по растворимости, по окрашиваемости определенными видами красителей, по качественным пробам на горение, которые даже входят в стандарты распознавания волокон, теперь не отвечают своему назначению.

#### **4 СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА И НИТИ**

Для производства синтетических волокон используются низкомолекулярные вещества (фенол, бензол, этилен, пропилен и др.), получаемые путем переработки природного сырья – нефти, газа, каменного угля и т.д. Для превращения мономеров в полимеры прибегают к синтезу. Основные реакции синтеза полимеров – полимеризация и поликонденсация.

В зависимости от особенностей химического строения полимеров синтетические волокна подразделяются на гетероцепные и карбоцепные. К гетероцепным относятся волокна, макромолекулы которых, кроме атомов углерода, содержат в основной цепи кислород, азот и другие элементы (полиамидные, полиэфирные, полиуретановые волокна). Формуют гетероцепные волокна из расплавов. К классу карбоцепных относятся синтетические волокна, макромолекулы которых содержат в основной цепи только атомы углерода: полиакрилонитрильные, поливинилхлоридные, поливинилспиртовые, полиолефиновые, фторсодержащие. Карбоцепные волокна формуют в основном из растворов.

Производство синтетических волокон имеет ряд особенностей:

- формование волокон происходит без химического изменения полимера;
- для улучшения механических свойств синтетических волокон их вытягивают в 4-20 раз от начальной длины;
- все синтетические волокна для снижения усадки, увеличения удлинения, улучшения равномерности структуры подвергаются термофиксации;
- формование и последующая обработка синтетических волокон позволяют в широких пределах изменять их механические свойства.

#### 4.1 Полиамидные волокна и нити

Полиамидные – это синтетические волокна, получаемые из линейных полимеров, макромолекулы которых содержат амидные (-CONH-) и метиленовые (-CH<sub>2</sub>-) группы. Известно несколько видов полиамидных волокон, получаемых из различных полиамидов.

Поликапроамидные волокна вырабатываются из полимера поликапролактама, синтезированного из мономера - капролактама. Они выпускаются под различными названиями: капрон (СНГ), дедерон, перлон (Германия), силон (Чехия), найлон (США).

Полигексаметиленадипамидные волокна вырабатывают из полимера, синтезированного из гексаметилендиамина и адипиновой кислоты. Их торговые названия: анид (СНГ), найлон 6,6 (США, Великобритания, Италия).

Полиэнантоамидные волокна –энант (СНГ), найлон 7 (США) – получают из полиэнантоамида – полимера, синтезированного из аминоксннтоантовоу кислоты.

Технологический процесс производства полиамидных волокон разнообразных видов существенных различий не имеет. Он включает три основных этапа: синтез полимера, формование волокна (периодическим или непрерывным способом); вытягивание и последующая обработка волокна.

Свойства полиамидных волокон зависят от состава полиамида и особенностей выработки, что дает возможность существенно их изменять. Прочность полиамидных волокон колеблется в значительных пределах в зависимости от чистоты полимера и степени вытяжки. Обычные волокна имеют относительную разрывную нагрузку 40-50 сН/текс, подвергнутые вытяжке на 400-420 % - 70-75 сН/текс; в мокром состоянии снижение прочности не превышает 10 %. Относительное разрывное удлинение составляет 20-25 %, в мокром состоянии оно повышается на 3-5 %; при небольших растягивающих усилиях обратимая деформация у капрона составляет 90-95 % от общего удлинения.

Полиамидные волокна характеризуются очень высокой устойчивостью к истиранию и действию многократных деформаций. Так, если устойчивость к истиранию полиамидных волокон принять за 100 %, то у хлопка она составит 10, у шерсти – 5, у вискозы – 2 %. По показателю изгибоустойчивости (числу двойных изгибов до разрушения) они превосходят вискозные волокна в 100 раз, хлопковые – в среднем в 10 раз.

Полиамидные волокна недостаточно устойчивы к действию тепла. При температуре 140°C почти наполовину снижается разрывная нагрузка, резко повышается удлинение, уменьшается упругость. Светостойкость полиамидных волокон также недостаточная. Чтобы повысить термо- и светостойкость, в состав полиамидов вводят стабилизаторы (соли меди, марганца и хрома или органические вещества, например, гидрохинон, резорцин). Тем самым удается повысить светостойкость волокон в 3-4 раза.

Полиамидные волокна устойчивы к действию микроорганизмов, но недостаточно стойки к щелочам, концентрированным минеральным кислотам и окислителям. Кроме того, им присущи и другие недостатки: пониженная сцепляемость, плохой гриф, недостаточная гигроскопичность (всего 3,5-4 %), повышенная жесткость и электризуемость, плохая окрашиваемость.

В виде нитей различных структур (комплексных, текстурированных и др.) полиамидные волокна используются для выработки плащевых, платьевых, сорочечных, блузочных, подкладочных, декоративных и других тканей. В виде штапельных волокон их добавляют в смеси к шерсти и хлопку для выработки

платьевых и костюмных тканей. Применяют их также для изготовления искусственного меха, обивочных тканей, тюлегардинных и галантерейных изделий, ковров, парусов, фильтрованных тканей, мешков. Полиамидные волокна являются незаменимым сырьем для производства корда – составной части авто- и авиапокрышек. Применяются полиамидные волокна и нити для выработки чулочно-носочных изделий, верхнего и бельевого трикотажа.

Одним из путей улучшения свойств полиамидных волокон является выпуск волокон из модифицированных полимеров.

Широко применяют профилированные полиамидные волокна, формуемые через фильеры с фигурными отверстиями. Такие волокна обладают рядом преимуществ: своеобразным блеском, придающим изделиям внешний эффект; лучшей кроющей способностью, в результате которой сокращается расход волокна на изготовление изделий; более высокой извитостью; способностью не образовывать пиллинг. Профилированные волокна с полым сечением характеризуются легкостью, хорошими теплозащитными свойствами.

Для производства модифицированной капроновой нити ШЕЛОН (СНГ) применяется одновременно несколько методов физической модификации, в результате чего изменяется форма, размеры, количество, расположение и связи элементарных нитей в комплексной капроновой нити. ШЕЛОН представляет собой профилированную нить, имеющую сложную форму поперечного сечения, позволяющую создать в нити открытые каналы (капилляры) и пористость. Такая структура нити значительно улучшает ее гигроскопические свойства. Ткани из нитей ШЕЛОН по свойствам близки к тканям из натурального шелка. Изделия из них приятны в носке, не вызывают раздражения кожи и других неприятных ощущений, так как пористое волокно обеспечивает хорошую вентиляцию.

Модифицированную нить MERYL (фирма «Дюпон», США) получают из тонких нитей ПА 66. Изделия обладают высокими гигиеническими свойствами и хорошей драпируемостью. Известны несколько видов нитей.

**МЕРИЛ-МИКРОФИБРА:** волокна тоньше натурального шелка; изделия легкие, быстро высыхают; гигроскопичность 4,5 %.

**МЕРИЛ-ТАНГО:** комбинация филаментов с разным поперечным сечением, что создает муаровый эффект; изделия легкие, в 3 раза быстрее хлопка высыхают; гигроскопичность 4,5 %.

**МЕРИЛ-САТИНЕ:** обладает высокой износоустойчивостью.

**МЕРИЛ-НЕКСТЕН:** волокно легкое, максимальную теплоизоляцию сохраняет даже при намокании; применяется для лыжных курток.

**МЕРИЛ-СПРИНГ:** обладает повышенной адсорбирующей способностью.

**МЕРИЛ-СКИНЛАЙФ:** волокно устойчиво к бактериям; изделия комфортны, приятны в носке, износоустойчивы.

Теплостойкость полиамида повышают, добавляя в полимер небольшое количество производных фенилдиамида. Эти соединения повышают также устойчивость полиамидных волокон к действию ультрафиолетового облучения. Стабилизация позволила получить новый тип полиамидного волокна – НОМЕКС (фирма «Дюпон», США). Оно устойчиво к действию высоких температур, сохраняет прочность, устойчивость к многократным деформациям и растяжению до температуры 260°C, при действии огня не плавится, не поддерживает горение, при температуре 400°C обугливается.

Модифицированная полиамидная нить MIRACLE (США) по внешнему виду и эксплуатационным свойствам напоминает ангорскую шерсть. Она хорошо выдерживает стирку и химическую чистку, не пиллингуется, усадка 3 – 5 %, гигроскопичность 4-5 %. Изделия из таких нитей в 10 раз дешевле аналогичных из ангорской шерсти.

Фирма ICI (Великобритания) выпускает чесальную ленту, имитирующую свойства шерсти ангорского кролика, которая включает несколько видов полиамидных волокон, отличающихся линейной плотностью, профилем поперечного сечения и длиной.

Во Франции выпускается огнестойкое полиамидное волокно КЕРМЕЛИЗ, устойчивое к действию большинства кислот и органических растворителей.

В ковровом производстве Германии используются комплексные нити ДЕДЕРОН большой линейной плотности, а также профилированные нити с трехзубчатым или полым поперечным сечением, что позволяет снизить загрязняемость готовой продукции.

США выпускают для ковровых изделий комплексные нити ZAFTRON 500 на основы найлона. Они имеют пятиугольное сечение с шестью отверстиями или пустотами, идущими вдоль оси нити (одно в центре, пять по углам). Благодаря такой структуре нити, свет при прохождении через нее преломляется и ослабляется, тем самым значительно снижается видимое загрязнение. Пятиугольная форма поперечного сечения облегчает удаление с нитей загрязнений в процессе химической чистки. Такая структура также способствует углублению цвета и повышению блеска. Нити выпускаются меланжевыми, окрашенными в 25 тонов.

В производстве модифицированных полиамидных волокон в зарубежной практике используются различные добавки, изменяющие их структуру и поверхностные свойства. Другим эффективным направлением является получение сверхтонких нитей типа матрица-фибриллы.

В странах СНГ освоено производство высокорастяжимых нитей ЭРЛОН. Изготовленные из них чулочно-носочные изделия обладают высокой растяжимостью и прозрачностью.

Вырабатываются также различные виды текстурированных нитей, которые обладают пушистостью, хорошей растяжимостью, способностью быстро восстанавливать деформацию после снятия нагрузок. Их получают термомеханической обработкой обычных нитей, а также формованием профилированных и бикомпонентных нитей.

Широкое применение нашли высокообъемные нити, обладающие спиралевидной извитостью – ЭЛАСТИК и ХЕЛАНКА. Их изготавливают методом раскручивания термофиксированной крученой нити на специальных однопроцессных машинах, которые работают по принципу ложной крутки. Высокообъемные нити типа БАНЛОН с неравномерной зигзагообразной извитостью вырабатывают путем пропуска нитей через прижимные рифленые валики с последующей набивкой их в камеру, где



происходит термическая фиксация. Нить ТРИЛОБАН представляет собой тонковолокнистую комплексную текстурированную нить с профилированным поперечным сечением и устойчивой извитостью.

Поликапроамидная текстурированная нить левой и правой крутки ТВИН прошла апробацию на Брестском чулочно-носочном комбинате при изготовлении женских колготок.

Волокно МЕГАЛОН получено введением в состав макромолекул полокапроамида гидроксильных групп методом реакции привитой сополимеризации. Если сравнить мегалон с хлопком, то новое волокно по сорбционным свойствам не уступает ему, а по прочности и стойкости к истиранию превосходит.

Разработаны модифицированные биоактивные нити, способные тормозить или прерывать развитие микроорганизмов. По способу производства различают нити, полученные с помощью поверхностной обработки полиамидных нитей противомикробными препаратами, и нити, полученные из полимера, обработанного в массе.

Антимикробную активность проявляют полиамидные нити, модифицированные органическими и неорганическими соединениями металлов, солями аммиака, органическими соединениями, содержащими атомы серы.

В СПНИИ «Химволокно» на основе гетероароматического полиамида разработана нить ТОГИЛЕН. Она не горит при непосредственном контакте с пламенем, не плавится, образует при воздействии пламени меньше дыма и токсичных веществ, чем большинство известных термостойких и огнезащитных волокон. В отличие от них ТОГИЛЕН гидрофилен и по гигроскопичности приближается к шерсти, что обуславливает комфортность изделий в процессе эксплуатации.

Направления модификации полиамидных волокон:

- придание волокнам стабильных антистатических свойств введением добавок в расплав полимера;
- повышение сорбционной способности, гигроскопичности и окрашиваемости;
- развитие производства огнестойких волокон;

- развитие производство высокопрочных и высокомолекулярных волокон.

## 4.2 Полиэфирные волокна и нити

Благодаря комплексу положительных свойств, полиэфирные волокна получили широкое распространение и занимают лидирующее положение среди синтетических волокон. Мировой объем полиэфирных волокон возрастает за счет микроволокон, высокопрочных нитей технического назначения, штапельных волокон для нетканых полотен и смешанной пряжи (с хлопком, шерстью, вискозой и другими волокнами). В США в структуре производства химических волокон удельный вес полиэфирных волокон и нитей составляет 38 %, в Японии – 40, в Южной Корее – 80 %.

Крупнейшим в мире производителем полиэфирных волокон является немецкая фирма «Хехст» (производственные мощности превышают 1 млн т в год).

Промышленный выпуск полиэфирных волокон базируется на переработке полиэтилентерефталата – продукта поликонденсации диметилового эфира терефталевой кислоты с этиленгликолем. Волокна из полиэтилентерефталата вырабатываются под следующими торговыми названиями: лавсан (СНГ), терилен (Великобритания, Канада), дакрон (США), тесил (Чехия), элана (Польша), тетерон (Япония), ланон, диолон, тревира, грузитен (Германия), терленка (Голландия), териталь (Италия), тергаль (Франция) и др. В зарубежной практике часто эти волокна называют «полиэстер».

Формование полиэфирных волокон осуществляется из расплава полимера, аналогично способу производства полиамидных волокон. Скорость формования волокон, как правило, составляет 400-1500 м/мин. Фильерная вытяжка равна 8000-10000 %. Охлажденная нить обрабатывается замасливающими препаратами. Свежесформованные полиэфирные волокна имеют аморфное строение и при нормальной температуре обладают повышенной хрупкостью. Они характеризуются низкой прочностью, большим необратимым удлинением и большой

усадкой в горячей воде. Поэтому проводят ориентационное вытягивание при температуре 100-150°C. Обычно степень вытягивания составляет 350-500 %. Вытянутая и скрученная нить подвергается термофиксации в автоклаве при 105-125°C в среде насыщенного пара.

В общем выпуске полиэфирных волокон более 75 % составляют штапельные волокна. Процесс их получения состоит из нескольких операций: комплектования невытянутого жгута, ориентационного вытягивания, гофрирования, термофиксации, резки жгута и упаковки готового волокна в кипы.

По прочности полиэфирные волокна не уступают полиамидным. Относительная разрывная нагрузка обычных волокон достигает 40 – 50 сН/текс; в мокром состоянии прочность практически не изменяется; удлинение составляет 20 – 25%. Волокна высокоэластичны, благодаря этому, изделия из полиэфирных волокон характеризуются высокой устойчивостью к смятию даже во влажном состоянии.

Полиэфирные волокна обладают высокой устойчивостью к истиранию (превосходят искусственные и синтетические карбоцепные, уступая лишь полиамидным).

Стойкость к действию кислот и окислителей у полиэфирных волокон выше, чем у полиамидных. Однако к действию щелочей волокна недостаточно устойчивы, особенно при нагревании. Светостойкость полиэфирных волокон очень высокая (уступают только полиакрилонитрильным). Полиэфирные волокна устойчивы к действию микроорганизмов и бактерий, они не горят (только плавятся), обладают приятным грифом, высокими теплозащитными свойствами.

Для полиэфирных волокон характерны высокая плотность упаковки макромолекул и малые размеры микропор, а отсюда низкая восприимчивость к действию воды и красителей. Волокна негигроскопичны. Влажность волокна при нормальных условиях составляет всего 0,4 – 0,5 %. Для одежды низкая гигроскопичность является большим недостатком, что значительно ограничивает ассортимент изделий из полиэфирных волокон в чистом виде.

Плохая окрашиваемость объясняется высокой кристалличностью полимера и отсутствием в макромолекулах

полиэфира реакционноспособных функциональных (активных к воде) групп. У изделий также наблюдается явление пиллинга. Причина его образования — высокая прочность отдельных волокон, выступающих на поверхности изделия, которые не обрываются, а скатываются в шарики от трения о различные предметы при носке. Большая электризуемость полиэфирных волокон также обусловлена низкой гигроскопичностью. Наэлектризованные волокна способны притягивать частицы пыли, отчего изделия быстро загрязняются.

В нашей стране полиэфирные волокна в смеси с шерстными используются для выработки камвольных тканей, в смеси со льном и вискозным штапельным волокном — плательных и костюмных тканей. При вложении полиэфирных волокон в смесь с хлопком снижается усадка, повышается сопротивление ткани истиранию и смятию; срок службы изделий из смешанной пряжи (67 : 33) возрастает в три раза по сравнению с изделиями из чистого хлопка. Текстурированные полиэфирные нити нашли применение при изготовлении трикотажных изделий. Вложение штапельного волокна в чулочно-носочные и трикотажные изделия (33 % полиэфира и 67 % хлопка) в 1,5-2 раза повышает устойчивость их к истиранию. Ткани и трикотажные полотна, содержащие значительное количество полиэфирных волокон, должны подвергаться стабилизации с целью уплотнения структуры, обеспечения малоусадочности и снижения пиллингуемости.

Модификация полиэфирных волокон направлена на решение следующих задач: улучшение гигроскопичности и крашиваемости; получение объемных и шерстоподобных волокон; уменьшение пиллингуемости.

Нить ШЕЛОН, полученная при использовании принципа физической модификации, аналогичного получению модифицированной полиамидной нити шелон, характеризуется более высокими гигроскопическими свойствами.

Известно волокно с повышенной устойчивостью к пиллингу (тесил-3, Чехия).

В СНГ выпускается текстурированная полиэфирная нить белан (Могилевское ПО "Химволокно"). Расширяется производство моноплетей 0,1- 0,3 мкм для швейных ниток. Проводятся работы по

созданию полиэфирных волокон с высокой усадкой для переработки в объемную пряжу в смеси с шерстью, волокон с повышенной крашиваемостью и малой пиллингуемостью.

Фирмой "Хехст" разработано полиэфирное волокно с пятилепестковой формой сечения, окрашивающееся без интенсификатора. Оно устойчиво к загрязнениям и обладает хорошими антистатическими свойствами. За рубежом (США) освоен также выпуск волокон на основе полициклогексилтерефталата: КОДЕЛ, ВЕСТОН и волокон на основе полиэтилентерефталата, модифицированного небольшими добавками различных мономеров, например, изофталиевой кислоты, с целью разуплотнения структуры, снижения пиллингуемости, повышения крашиваемости (ВЕЛАНА, ИЗОТЕСИЛ, Чехия).

Значительные успехи в модификации полиэфирных волокон достигнуты в Японии, где выпускается достаточно большой ассортимент волокон и нитей с повышенной гигроскопичностью, пониженной электризуемостью и загрязняемостью, а также повышенной устойчивостью к плавлению.

Фирма "Хехст" выпускает огнестойкую нить Trevira CS. Она характеризуется дезинфицирующей способностью и огнестойкостью, которые не теряются в процессе многократных стирок. В странах Западной Европы и США эта нить применяется для производства тканей домашнего обихода. Также производится нетканый материал, который используется в качестве основы для иглопробивных ковровых изделий. Он обеспечивает сохранение размеров изделия при колебаниях температуры и влажности.

В смеси с шерстяным волокном фирма "Хехст" рекомендует использовать полиэфирное малопиллингуемое волокно тревира 350 и профилированное волокно тревира 353, имитирующие свойства шерсти альпака.

Основные направления модификации полиэфирных волокон:

- ◆ улучшение туше, внешнего вида, гигиенических свойств;
- ◆ выпуск волокон со специальной извитостью для получения мягкой, пушистой пряжи;
- ◆ изготовление смешанных пряжеподобных нитей из волокон с разной усадкой, крашиваемостью выпуск микропористых

волокон с улучшенными сорбционными и антистатическими свойствами, профилированных и ультратонких волокон и нитей, прозрачных волокон;

- ◆ придание волокнам стабильных антистатических свойств и огнестойкости;

- ◆ полная замена в производстве материалов для одежды обычных полиэфирных волокон устойчивыми к пиллингообразованию;

- ◆ улучшение крашиваемости волокон;

- ◆ развитие производства высокопрочных волокон.

### **4.3 Полиакрилонитрильные волокна и нити**

Темпы роста производства полиакрилонитрильных (ПАН) волокон в мире ниже по сравнению с полиэфирными, но несколько выше полиамидных. Мировой выпуск ПАН волокон увеличивается ежегодно на 6-8 %. Наибольший прирост производства ПАН волокон наблюдается в Китае, Мексике, странах Ближнего и Среднего Востока, в то время как в США, Японии, Западной Европе производство этих волокон сокращается. Доля ПАН волокон в общем объеме производства химических волокон в мире за последние 10-15 лет составляла 10-12 % и, возможно, сохранится на этом уровне и далее.

Получение полимера из акрилонитрила было известно давно. Однако лишь после изыскания подходящего растворителя (диметилформамида), обеспечившего возможность получения концентрированных растворов полимера, началось промышленное производство полиакрилонитрильных волокон. Большинство из них представляют собой сополимеры и модифицированные волокна, так как волокна из чистого полиакрилонитрила обладают высокой хрупкостью и плохой окрашиваемостью. В качестве второго мономера чаще всего используют метилакрилат, метилметакрилат, винилацетат и другие вещества, улучшающие окрашиваемость волокон, повышающие их гидрофильность, эластичность и реакционную способность полимера.

Волокна, содержащие по массе 85 % и более акрилонитрила, классифицируются как акриловые, 35-85 % — как модакриловые.

Получаемый в результате синтеза вышеуказанных компонентов полиакрилонитрил представляет собой белое порошкообразное вещество, которое размягчается и одновременно разлагается при температуре 220-230 °С, поэтому волокна формируют только из растворов. Полиакрилонитрил — один из немногих волокнообразующих полимеров, из которого можно формировать волокна различными способами: сухим, мокрым, мокрым через газовую прослойку, формированием из суспензии полимера. Однако в промышленности наиболее широкое применение получил мокрый способ формирования. Другие способы формирования, кроме сухого, находятся в стадии доработки. Сухой способ формирования используют преимущественно для получения комплексных нитей. В качестве осадительной ванны применяются различные органические жидкости, в которых полиакрилонитрил не растворяется и не набухает (глицерин, спирты), смешивающиеся с демитилформамидом, или водные растворы демитилформамида.

Формование полиакрилонитрильных волокон мокрым способом осуществляется при отрицательной вытяжке. Это присуще только данному виду волокон и объясняется тем, что выходящие из фильеры струйки раствора при коагуляции уменьшаются и по длине, и по толщине. Скорость формирования при получении штапельного волокна мокрым способом невелика и составляет 5-8 м/мин. Благодаря тому, что свежесформованные волокна вытягиваются в 5-7 раз, скорость выпуска их составляет 35-40 м/мин. При формировании штапельных волокон используются фильеры с числом отверстий 30000-50000 и более. Применение таких фильер обеспечивает высокую производительность прядильных мест по сравнению с формированием любого другого вида штапельного волокна.

Свежесформованные волокна подвергаются вытягиванию, промывке, замасливанью, сушке, термообработке и гофрированию. Эти операции аналогичны соответствующим процессам при производстве других видов синтетических штапельных волокон, но имеют отдельные специфические особенности.

Вытягивание полиакрилонитрильных штапельных волокон производится в жгуте чаще всего в два приема с общей вытяжкой в 6-7 раз.

Вытянутые волокна подвергаются термофиксации при 150-200 °С в среде пара или над нагретой поверхностью. Для обеспечения свободной усадки термообработка проводится без натяжения. Изменяя условия вытягивания и последующей термообработки, можно получить малоусадочные волокна, а также обладающие повышенной усадкой, получаемые при дополнительном их вытягивании на 15-20 % при 200 °С. После обработки горячей водой пряжа из смеси малоусадочных и сильноусадочных волокон приобретает объемность — пушистость, благодаря различной усадке волокон. Она по своим теплоизоляционным свойствам и внешнему виду подобна шерстяной.

Для гофрирования волокно переводят в пластическое состояние, пропуская жгут между горячими плитами. Нагретый жгут поступает без натяжения в камеру, где укладывается в виде петель при быстром одновременном охлаждении. В результате жгут сминается, образуя устойчивую извитость волокон. Гофрированный жгут в случае необходимости подвергается резке.

Свойства полиакрилонитрильных волокон зависят от метода формования, состава осадительных ванн, способов получения исходных полимеров, режимов формования, метода модификации и т.д.

Полиакрилонитрильные волокна выпускаются преимущественно (около 99,5 %) в виде штапельных с различной длиной резки. По составу они бывают однокомпонентными (чистый полиакрилонитрил — очень редко), двухкомпонентными (например, сополимер акрилонитрила и акриловой кислоты) и трехкомпонентными (например, акрилонитрил + метилакрилат + итаконовая кислота).

Относительная разрывная нагрузка коротких волокон, подвергнутых вытягиванию на 400-600 %, составляет 22- 25 сН/текс; в мокром состоянии их прочность снижается всего на 2-5 %.

За рубежом для повышения относительной разрывной нагрузки полиакрилонитрильных нитей их формование проводится из полимера со сверхвысокой молекулярной массой. Удлинение волокон зависит от степени вытягивания и обычно колеблется в пределах от 26 до 35 %. По упругости полиакрилонитрильные



волокна уступают полиэфирным и шерстяным. Положительным свойством является очень высокая светостойкость полиакрилонитрильных волокон. По этому показателю они превосходят все волокна, кроме фторлона. Полиакрилонитрильные волокна обладают высокой термостойкостью. Однако при температуре 130-150 °С и при длительном воздействии влаги они постепенно желтеют.

Полиакрилонитрильные волокна имеют шерстоподобный вид, теплый гриф, низкую теплопроводность, приближающуюся к теплопроводности шерсти.

Полиакрилонитрильные волокна и изделия из них стойки к окислителям, но неустойчивы по отношению к концентрированным растворам щелочей и серной кислоты, особенно при повышенной температуре. Эти реагенты омыляют нитрильные группы полимера, что приводит к разрушению макромолекул. Так, при воздействии 5-20- процентного раствора едкого натра в течение 8-20 часов волокно нитрон полностью разрушается, в то время как другие карбоцепные волокна теряют прочность частично. К недостаткам полиакрилонитрильных волокон следует отнести очень невысокую гигроскопичность, хрупкость, высокую электризуемость, низкую устойчивость к истиранию, плохую окрашиваемость, способность к образованию пиллинга.

В настоящее время все больше полиакрилонитрильных волокон вырабатывают на основе сополимеров акрилонитрила. По сравнению с другими синтетическими волокнами полиакрилонитрильные волокна выгодно отличаются легкостью модификации, что дает возможность в широких пределах придавать им специфические свойства: окрашиваемость красителями различных классов, антистатичность, антисептичность, невоспламеняемость, теплостойкость, пористость, прозрачность, повышенную прочность, усадочность в кипящей воде и безусадочность, устойчивую извитость, сцепляемость (чешуйчатые волокна) и т.д.

Модификацию полиакрилонитрильных волокон осуществляют химическими методами, термообработкой, методом формования и др. Так, модакриловое волокно Teklan, имея нерегулярное круглое поперечное сечение, характеризуется невоспламеняемостью. Если

учесть, что полиакрилонитрильные волокна к тому же поддаются текстурированию различными способами, то становится очевидной перспективность их производства.

Выпуск полиакрилонитрильных волокон развивается по следующим направлениям:

1) создание новых видов волокон: бикомпонентных, с повышенной эластичностью, высокой усадкой, объемностью (например, модификация нитрона с усадкой 30-40 % для переработки в объемную пряжу и выпуска искусственного меха);

2) создание узкоспециализированных полиакрилонитрильных волокон для переработки в смесях с хлопком, шерстью (например, выпускаемые в США модификации орлана, акрилана, креслана).

Введение дополнительных компонентов (виниловых производных, акриловой, метакриловой, итаконовой кислот) позволяет разуплотнить структуру полиакрилонитрильного волокна и придать способность окрашиваться за счет реакционноспособных групп. Наибольшее распространение получили волокна, содержащие кислотные карбоксильные и реже сульфо-группы: куртель (Великобритания), нитрон (СНГ), кашмилон, торейлон, воннел (Япония), акрилан, орлон 42 (США), леакрил (Италия), вольприма (Германия), анилана (Польша), булана (Болгария).

Выпускаются полиакрилонитрильные волокна, содержащие группы основного характера: акрилан, орлон 44 (США), леакрил (Италия). Отдельные виды волокон содержат одновременно кислотные и основные группы, например, воннел Р (Япония). Они окрашиваются большинством существующих красителей.

Отечественное волокно нитрон содержит 92,2 % акрилонитрила, 6,5 % метилметакрилата и примерно 1,3 % итаконовой кислоты. Относительная разрывная прочность элементарного волокна составляет 23-25 сН/текс; удлинение при разрыве — 20-40 %; гигроскопичность 1,0-2,5 %; температура плавления 235-250 °С; теплостойкость 170-180 °С.

Нитрон используется как в чистом виде, так и в смеси с другими волокнами. В чистом виде пряжа из нитрона широко применяется для выработки различных шерстоподобных трикотажных изделий (свитеров, жакетов, шарфов и т.д.). Широко

используется для верхних трикотажных изделий также пряжа, изготовленная из смеси 50 % нитрона и 50 % шерсти. Нитрохлопковую пряжу (50-67 % нитрона) применяют для производства сорочечных тканей, белья, спортивной одежды. Вискозно-нитроновую пряжу (50-70 % нитрона) используют для выработки плательных тканей, тканей для спортивной и детской одежды. Одним из основных потребителей нитрона являются предприятия, вырабатывающие искусственные меха, имитирующие мех ондатры, норки, котика.

Саратовское ПО "Нитрон" выпускает волокно БИО-ПАН, модифицированное биомассой микроорганизмов (в количестве 7-15 %). Оно обладает повышенной гигроскопичностью, влагопоглощением и окрашиваемостью, отсутствием блеска, шерстоподобным грифом. Применяется для выработки трикотажного полотна с улучшенными потребительскими свойствами.

Фирма "Хехст" производит волокно долан, пиларм и нити долан 40 и 44 с повышенной устойчивостью к пиллингообразованию. Они предназначены для изготовления трикотажных полотен и мебельных тканей, переработки в смесях с шерстью и хлопковыми волокнами.

В Новополоцке организовано производство полиакрилонитрильного волокна с повышенной гидрофильностью и пониженной электризуемостью. Из него в смеси с шерстью (50 : 50) вырабатывают трикотажное полотно, ткани, одеяла, искусственный мех, ватин, теплоизоляционные материалы.

Соединение двух видов акриловых волокон, одно из которых имеет гладкую зеркальную поверхность и способность окрашиваться кислотными красителями, другое — окрашиваться катионными красителями, образует пряжу типа мохер.

Куртель — акриловое волокно с повышенной извитостью (термически зафиксированная пилообразная извитость) придает пряже повышенную объемность и упругость. Оно характеризуется латентной извитостью. Это двухкомпонентное волокно, которое при обработке соответствующей температурой и влажностью приобретает естественную спиралеобразную извитость.

Направления модификации полиакрилонитрильных волокон:

- ◆ более широкое применение процессов сополимеризации с целью получения волокон с улучшенной окрашиваемостью, стабильными антистатическими свойствами, повышенной сорбционной способностью и устойчивостью к загрязнению;
- ◆ производство огнестойких и замедляющих горение волокон — модакриловых, галоген- или фосфоросодержащих;
- ◆ выпуск волокон с линейной плотностью 10-100 м/текс;
- ◆ производство объемных и эластичных бикомпонентных нитей для трикотажных изделий, ковров и искусственного меха;
- ◆ выпуск пленочных нитей для изготовления грунтовых материалов напольных покрытий;
- ◆ получение волокон привитой сополимеризацией (прививка целлюлозы, белково-акрилонитрильных соединений);
- ◆ изготовление пористых волокон с повышенной сорбционной способностью

#### **4.4 Поливинилхлоридные волокна и нити**

Поливинилхлоридные волокна (ПВХ) получают из полимеров и сополимеров винилхлорида. Производство является экономичным, а сами волокна обладают рядом специфических свойств, которые обеспечивают возможности их широкого использования.

Исходным сырьем для получения хлористого винила служит дешевое и доступное сырье — ацетилен, этилен и хлористый водород. Хлористый винил подвергается полимеризации. В результате получают полихлорвиниловую смолу. Полимер растворяют в смеси ацетона и сероуглерода. Из вязкого раствора формуют волокна сухим или мокрым способом. Получаемые при этом поливинилхлоридные волокна обладают невысокой прочностью, низкой термостойкостью. Чтобы улучшить эти свойства, осуществляется вытяжка (в 2-8 раз) и термическая обработка. Комплексные и короткие волокна характеризуются некоторыми специфическими свойствами: очень высокой хемостойкостью, негорючестью, электроизоляционной способностью, устойчивостью к истиранию, действию света и светопогоды, а также низкой теплопроводностью.

Поливинилхлоридные волокна в стандартных условиях поглощают 0,1-0,5 % влаги, температура размягчения 60-90 °С

Термостойкость волокон можно повысить не только увеличивая вытяжку при производстве, но и путем синтеза привитых сополимеров. К ним относятся волокна из смесей полимеров, например, винилхлорида с винилацетатом (3-20 %), винилиденхлоридом (5-95 %, волокно совиден), акрилнитрилом (40 %), нитроцеллюлозой (волокно винитрон), ацетилцеллюлозой (ацетохлорин). Ацетохлорин и винитрон более гигроскопичны, обладают лучшими гигиеническими свойствами и окрашиваемостью. Винитрон необычайно устойчив к действию крепких кислот, выдерживает высокие температуры, хорошо окрашивается в разные цвета, хемостоек, негорюч, достаточно гигроскопичен.

Наиболее развито производство поливинилхлоридных волокон Франции: ровиль, клевиль, термовиль, фибравиль. В Японии выпускают тевиرون, энвиرون, в Италии — мовиль.

Поливинилхлоридные волокна дешевы, изделия из смеси их с шерстью отличаются прочностью, несминаемостью, хорошо сохраняют складку. Наиболее типичными смесями являются: 75-80 % ПВХ волокон и 20-25 % вискозного штапельного или полиамидного волокон; для изготовления верхнего и бельевого трикотажа, чулочно-носочных изделий — смесь из 40 % ПВХ волокна, 30 % шерстяного и 30 % вискозного штапельного волокна; набивные ткани вырабатывают из смеси, содержащей 30 % ПВХ волокон и 70 % полиамидных волокон. В смеси с хлопком поливинилхлоридные волокна, благодаря хорошим теплоизоляционным свойствам, применяются для изготовления спортивной и верхней одежды. Добавление в смеси 10 - 30 % поливинилхлоридного волокна, обладающего высокой тепловой усадкой, позволяет получить ткани и трикотаж повышенной объемности, имитирующие лайку или замшу.

В нашей стране поливинилхлоридные волокна в основном используются в качестве связующего материала при производстве нетканых материалов и для изготовления технического войлока.

Дополнительным хлорированием поливинилхлорида получают перхлорвинил — полимер, содержащий 63-65 %

связанного хлора. Перхлорвинил растворяют в сухом ацетоне и получают 25-34-процентные растворы, из которых мокрым способом формуют волокно хлорин. Его вырабатывают в виде комплексных нитей и коротких волокон. Их не подвергают вытяжке. В связи с этим относительная разрывная нагрузка волокон не превышает 13-15 сН/текс; удлинение составляет 30-40 %. В мокром состоянии прочность и удлинение хлорина не изменяются, так как он практически гидрофобен.

Хлорин обладает очень высокой хемостойкостью, его термостойкость несколько выше, чем поливинилхлоридных волокон. К недостаткам хлорина следует отнести пониженную светоустойчивость, гидрофобность, плохую окрашиваемость, деформируемость при температуре 90-100 °С .

Хлорин используют для тех же целей, что и поливинилхлоридные волокна, а также для производства изделий технического назначения. Кроме того, благодаря наличию трибоэлектрического эффекта, хлорин применяется для выработки трикотажного белья для людей, болеющих радикулитом и ревматизмом.

#### **4.5 Поливинилспиртовые волокна и нити**

Волокна из поливинилового спирта вырабатывают в небольших количествах. Однако их производство является перспективным в связи с наличием богатой сырьевой базы и возможностью получения волокон с высокими потребительскими свойствами.

Полимеризация винилацетата приводит к образованию линейного полимера поливинилацетата. Полимеризация проходит в 80-процентном растворе винилацетата в метаноле. Поливинилацетат омыляется щелочью в поливиниловый спирт. После выпадения поливинилового спирта его отжимают из раствора, промывают метиловым спиртом и сушат. Поливиниловый спирт, применяемый для производства волокон, имеет линейное строение и коэффициент полимеризации 1200-1700.

Для формирования волокна мокрым способом готовят 14- 16-процентный водный раствор полимера при температуре 80-90 °С с добавкой стабилизатора. Схема формирования поливинилспиртового волокна соответствует схеме формирования полиакрилонитрильных волокон. Осадительная ванна представляет собой водный раствор сульфата натрия 25- 30-процентной концентрации. Поскольку вода растворяет полимер, промывку волокна производят 2-4-процентным раствором сульфата натрия. Для повышения прочности волокна его подвергают вытягиванию в 2-4 раза в солевой ванне и после сушки повторному вытягиванию в 2-5 раз при повышенной температуре. Термообработка в течение нескольких минут при температуре 210-230 °С делает волокно еще более прочным. С целью придания поливинилспиртовому волокну водостойкости его обрабатывают в ванне раствором, содержащим серную кислоту, сульфат натрия и формальдегид. В результате получают волокно, устойчивое к действию воды при температуре 110-120 °С. Затем волокно промывают водой, подвергают влажной обработке и сушат.

В СНГ поливинилспиртовое волокно выпускается под названием винол, в Японии — винилон, куралон, вулон, куравилон, в США — винол, во Франции — алвил, в Польше — альпрона.

Особенностями поливинилспиртовых волокон являются их высокая гидрофильность (5,0 %), обусловленная большим числом гидроксильных групп, хорошие гигиенические свойства и окрашиваемость. После разработки в Японии способа связывания гидроксильных групп формальдегидом в кислой среде появилась возможность регулировать растворимость поливинилспиртовых волокон в воде и создавать полностью нерастворимые.

Поливинилспиртовые волокна выпускаются в виде штапеля (для бытовых изделий), высокопрочных нитей для технических изделий и волокон специального назначения — водорастворимых, ионообменных.

Относительная прочность поливинилспиртовых волокон зависит от условий получения. Для изготовления изделий широкого потребления получают волокна с прочностью на разрыв 30-40 сН/текс в сухом состоянии, удлинение обычного штапельного волокна — 30-35 %.

Поглощение влаги волокнами в стандартных условиях составляет 4,5- 5,0 %; устойчивость к истиранию высокая (по этому показателю они уступают только полиамидным волокнам). Износоустойчивость поливинилспиртовых волокон превышает соответствующие показатели для шерсти и шелка, они устойчивы к кислотам, щелочам, окислителям, восстановителям, действию микроорганизмов, морской воде. Стойкость поливинилспиртовых волокон к светопогоде выше, чем у натуральных и большинства химических. Их отличает также высокая теплостойкость (температура размягчения и начала разложения — 220 °С).

Поливинилспиртовые волокна применяются в производстве трикотажа, тканей широкого ассортимента, изделий технического назначения. Они используются в чистом виде и в смеси с другими волокнами для выпуска бельевых, сорочечных и одежных тканей. Ткани обладают хорошим влагопоглощением, не электризуются, имеют красивый внешний вид. Износостойкость белья, трикотажа, школьной одежды и чулок из поливинилспиртовых волокон в 2-3 раза выше, чем аналогичных изделий из хлопкового волокна. Поливинилспиртовые волокна заменяют шерсть при выработке фетра и валяльно-войлочных изделий. Изделия с начесом из смеси виниловых и хлопковых волокон обладают хорошими теплозащитными свойствами. Ворс у таких изделий после стирки не скатывается и не вытирается. Значительное количество поливинилспиртовых волокон используется для изготовления спецодежды, брезентов, парусины, туристского снаряжения, а также корда и пластиков. Последние получают путем пропитки уложенных слоев волокон синтетическими смолами.

#### **4.6 Полиуретановые волокна и нити**

Уретановыми называются полимеры, макромолекулы которых содержат уретановую группу —  $\text{OCONH}$ . Полиуретаны получают обычно взаимодействием диизоцианатов с гликолями, формирование волокон можно производить сухим и мокрым способами. При введении в полимер гибких блоков получают высокоэластичные нити с удлинением 600-800 %. Подобным удлинением обладают только каучукоподобные материалы, например резина.



Дополнительный атом кислорода сообщает полиуретану повышенную гибкость цепи и более низкую температуру плавления по сравнению с полиамидами.

Вначале полиуретаны использовались в качестве щетины. Начиная с 60-х годов XX столетия начато производство блочных полимеров, у которых в молекулу наряду с участками полиуретана входят гибкие, сильно растяжимые блоки (простые или сложные эфиры). Полиуретаны формуют как из расплавов, так и из растворов, сухим и мокрым способами. Макромолекулы (рис. 4.1) содержат гибкие 1 и жесткие 2 блоки. При появлении растягивающей нагрузки «гибкие» блоки вытягиваются и распрямляются (рис. 4.1 б), после снятия нагрузки они снова возвращаются в исходное состояние (рис. 4.1 а).

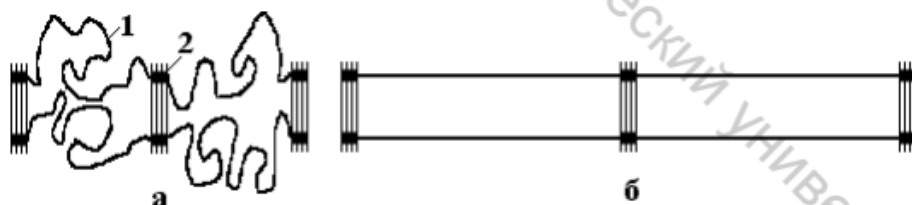


Рисунок 4.1 – Строение макромолекул полиуретана: а – в свободном состоянии; б – под действием растягивающей нагрузки

Полиуретановые нити имеют высокую растяжимость (разрывное удлинение может достигать до 800 %). При удлинении до 300 % обратимая деформация составляет 92–98 %. Широко известность получили такие полиуретановые нити, как спандекс, лайкра, дорластан и др. Они устойчивы к светопогоде и химическим реагентам, но прочность их сравнительно невелика, при нагреве до 150 °С они желтеют и становятся жесткими, т. к. начинается термическая деструкция. Они обладают большой устойчивостью к истиранию (в 20 раз больше, чем резиновая нить).

Обычно полиуретановые нити используются в комбинации с другими нитями в качестве каркасной. Полученные изделия приобретают повышенную мягкость, делаются более изящными, повышается их формоустойчивость, увеличивается срок носки. При носке таких изделий появляется ощущение большей комфортности. Полиуретановые нити используются для изготовления эластичных

тканей и трикотажных бытовых, спортивных и медицинских изделий.

*Синтетические волокна*, содержащие не менее 85 % полиуретана, называются эластичными (благодаря высокой эластичности), или спандекс волокнами. Нити на их основе имеют перед резиновыми ряд преимуществ: при небольшой относительной прочности (6-8 сН/текс) характеризуются удлинением 500—800 %; скорость релаксации напряжений в нитях в 2,5 раза выше.

Наиболее ценным свойством полиуретановых волокон и нитей является сочетание высокого разрывного удлинения с высокой эластичностью и способностью растянутого волокна сохранять в течение длительного времени значительную долю напряжения, а при снятии растягивающего усилия быстрое и почти полное восстановление размеров. Эластичные волокна выпускаются в виде комплексных нитей, состоящих из 15-45 элементарных волокон (ликра, кэмстренд, спанцель, элура), моноволокон и штапельных (вирен, эстан).

Полиуретановые волокна гидрофобны, показатели их физикомеханических свойств в мокром состоянии изменяются незначительно. В горячей воде прочность снижается, а разрывное удлинение практически не изменяется. Длительное нагревание при температуре 130 °С в течение 24 часов вызывает резкое ухудшение показателей всех физико-механических свойств. В отличие от резиновых нитей полиуретановые устойчивы ко многим органическим растворителям, растительным и минеральным жирам, имеют высокую стойкость к истиранию.

Обвитые натуральным шелком, хлопком, вискозой, полиамидной и полиэфирной нитью полиуретановые нити перерабатывают в трикотажные полотна и ткани с высокой растяжимостью по основе и утку. Они применяются для изготовления корсетных изделий, купальных костюмов, медицинских чулок, спортивной одежды.

В странах СНГ спандекс используют для выработки тесьмы, ленты, при производстве чулочно-носочных изделий.

Предприятие Siegfried Rodel (Германия) по лицензии Японии вырабатывает по мокрому способу полиуретановые нити под

торговым название Sualen. Процесс позволяет полностью использовать отходы производства. Линейная плотность нитей варьирует от 4,4 до 94 текс. Их разрывное удлинение составляет 450-750 %. Нити отличаются высокой прочностью, устойчивостью к микроорганизмам, отбеливателям, органическим кислотам (при нормальной температуре) и щелочам (25- процентной NaOH при температуре 20 °С не вызывает повреждения). Готовые нити могут скручиваться с полиамидными и вязкими.

#### **4.7 Полиолефиновые волокна и нити**

Промышленное производство волокон и нитей из полиолефинов было налажено в 1960-х гг. Это стало возможным в результате разработки методов синтеза стереорегулярных полимеров полипропилена и полиэтилена низкого давления. Стереорегулярные полимеры в отличие от полимеров с нерегулярной структурой имеют более вытянутую форму макромолекул, высокую плотность, меньшую растворимость, более высокую температуру плавления и лучшие механические свойства.

В настоящее время из всех синтетических волокон наиболее интенсивно развивается производство полиолефиновых и, в первую очередь, полипропиленовых (ПП), доля которых в общем объеме выпуска полиолефиновых волокон и нитей составляет более 80 %. Мировое производство полиолефиновых волокон текстильного назначения, включая пленочные нити и спанбонд, превысило производство полиамидных и полиакрилонитрильных волокон вместе взятых.

Производство этих волокон следует признать весьма перспективным: наличие доступного и дешевого сырья и возможность получения волокон с хорошими свойствами. В мировой практике они известны под следующими названиями: полиэтиленовое, полипропиленовое (СНГ), астрон (Великобритания), велон, пролен, олан (США), вестолон, трофил (Германия).

Наибольшее распространение находят полипропиленовые волокна. Они вырабатываются из пропилена, который выделяется при крекинге или пиролизе нефти. Волокно получают формованием

из расплава. Расплав полипропилена обладает повышенной вязкостью. Поэтому прядильные машины оснащены плавно-формовочным устройством эструзионного типа. Струйки расплава, попадая из фильеры в шахту, охлаждаются и превращаются в элементарные нити, пучок которых образует комплексную нить. Для увеличения прочности комплексной нити ее подвергают 6-7-кратной вытяжке на крутильно-вытяжных машинах, а для уменьшения усадки и повышения прочности крученой нити проводят термофиксацию прогрет паром в автоклавах. Обычно полипропиленовое волокно получают из общего жгута. Жгут вытягивают при температуре 105—130 °С в среде водного пара, гофрируют, подвергают термообработке и режут на волокна.

По относительной прочности полипропиленовое волокно не уступает полиэфирным и полиамидным волокнам (0,35— 7,45 сН/текс), а по износоустойчивости и эластичности близко к полиамидным (удлинение составляет 30-40 %); полипропиленовое волокно легче других волокон (его плотность 0,90-0,92 г/см<sup>3</sup>); оно гидрофобно, малогигроскопично (кондиционная влажность 0,16-0,20 %), отличается плотной структурой и высокой степенью кристалличности, отсутствием реакционноспособных групп. Поэтому полипропиленовое волокно плохо окрашивается. К его недостаткам следует отнести и невысокую термостойкость (температура плавления составляет 168-172 °С, но уже при 100 °С теряется свыше 40 % исходной прочности), недостаточную устойчивость к свету и светопогоде. Полипропиленовое волокно обладает высокими теплоизоляционными свойствами, приближаясь по этим показателям к шерсти, чрезвычайно устойчиво к действию микроорганизмов и химреагентам: кислотам, щелочам, органическим растворителями при нормальной температуре.

Полипропиленовые волокна перерабатывают в чистом виде и в смеси с шерстью, хлопком, вискозой. Из них вырабатывают обивочные, драпировочные, плащевые, зонтичные ткани, искусственный мех, трикотаж, чулочно-носочные изделия, гардинное полотно, швейные нитки. Полипропиленовые волокна также используются в производстве грунтовых материалов для ковров. Это позволяет уменьшить массу и толщину ковровых изделий без снижения их функциональных свойств. Объемность,

внешний вид и эксплуатационные свойства ковров улучшаются за счет наличия большого количества пряжи на поверхности и меньшего с изнаночной стороны.

Комплексные и текстурированные нити, штапельное полипропиленовое волокно выпускает Курский завод синтетического волокна.

Фирма Chevron разработала полипропиленовое волокно линейной плотности 8,88 текс, состоящее из 34 элементарных нитей, для изготовления трикотажных полотен типа вельвета.

Проводятся работы по модификации полипропиленовых волокон с целью улучшения их окрашиваемости и повышения гидрофильности (введение сополимеров, металлов, привитая полимеризация, химические обработки окисления, сульфохлорирование). Развивается производство бикомпонентных волокон с полистиролом, акрилонитрилом, поливинилпиридином, поликарбонатом, полиэтиленом низкого давления. Подбираются стабилизаторы (неозон Д), позволяющие снизить термическую и окислительную деструкцию полимера.

Полипропиленовое волокно мераклон (Италия) применяется для выработки тканей, предназначенных для изготовления защитной одежды, спортивных рубашек, медицинских халатов, а в смесях с хлопком и вискозой — бельевых, мебельных тканей и трикотажа.

Полиэтиленовые нити получают по аналогичной технологической схеме. Они применяются в основном для изготовления фильтровальных тканей.

Фирма Barmag (Германия) выпускает бикомпонентные пропиленополиэтиленовые нити, свойства которых существенно отличаются от свойств составляющих их компонентов. Температура плавления составляет 200-240 °С, усадка не превышает 5 %, в то время как для пропиленовых волокон — 20-25 %. Для нитей из смеси 50 % полиэтилена и 50 % полипропилена разрывная нагрузка составляет 400 сН/текс; из них изготавливают нетканые материалы, которые характеризуются высокими эксплуатационными свойствами.

## 5 ИСКУССТВЕННЫЕ ВОЛОКНА И НИТИ

Сырьем для получения искусственных волокон и нитей служат природные высокомолекулярные соединения. К ним относятся гидратцеллюлозные (вискозные, медно-аммиачные, полинозные, бамбуковые и др.), ацетилцеллюлозные (ацетатные и триацетатные) и белковые.

Искусственные волокна получили широкое распространение в текстильной промышленности в первой половине XX века, но в настоящее время они значительно утратили свои позиции, так как по многим физикомеханическим показателям уступают синтетическим волокнам, а технологии их получения порождают проблему защиты окружающей среды. В то же время искусственные волокна имеют и преимущества перед синтетическими. Например, обладают хорошей гигроскопичностью, что обеспечивает высокие гигиенические показатели изготовленных из них текстильных изделий. Кроме того, сырьевая база для производства искусственных волокон в отличие от базы для производства синтетических является возобновляемой, причем в сравнительно короткие сроки. Поэтому искусственные волокна на основе природных растительных ресурсов (целлюлозы) имеют хорошие перспективы развития, в том числе и для нашей республики.

В настоящее время разрабатываются новые технологии в сфере производства целлюлозных волокон, позволяющие с помощью «прямых» растворителей получать высококонцентрированные прядильные растворы. При этом отпадает необходимость больших расходов на снижение вредности вискозного производства и практически устраняются проблемы загрязнения окружающей среды. Над этими вопросами работают австрийская фирма «Ленцинг» (ведущий в мире производитель вискозного волокна), английская компания «Куртольдз», голландская фирма «Акзо» и др.

## 5.1 Вискозные волокна и нити

Вискозное волокно является самым распространенным среди искусственных. Исходным сырьем для его производства служит целлюлоза, выделяемая из древесины и коротковолокнистого хлопка.

Многочисленные операции по превращению целлюлозы в шелковистые искусственные волокна и нити условно подразделяют на четыре основные этапы: предварительная обработка древесной целлюлозы; перевод полимера из твердого в вязкотекучее состояние; формование волокон; обработка свежесформованных нитей.

Цель предварительной обработки древесной целлюлозы состоит в выделении из древесины, содержащей 40-45% целлюлозы, возможно чистой целлюлозы. Все способы основаны на растворении нецеллюлозных компонентов древесины (лигнина, воска); целлюлоза при этом остается в виде твердого продукта (картона). На втором этапе листы целлюлозы мерсеризуют 18-процентным раствором едкого натра, затем полученную щелочную целлюлозу обрабатывают сероуглеродом. При этом образуется ксантогенат целлюлозы, который хорошо растворяется в разбавленном растворе едкого натра с образованием вязкого раствора, называемого вискозой (от лат. – клейкий).

Вискозные волокна формируют мокрым способом в четырехкомпонентной осадительной ванне (серная кислота, сульфат натрия, сульфат цинка и вода). Прядильный раствор попадает в осадительную ванну в виде тончайших струек. Под действием компонентов ванны происходит коагуляция этих струек и омыление ксантогената с образованием гидратцеллюлозного волокна. Затвердевание вискозы происходит постепенно, от внешних слоев волокна к внутренним. Под действием атмосферного давления верхние слои вдавливаются во внутренние, поперечное сечение волокна становится «сморщенным», а на поверхности частые продольные линии. Макромолекулы в волокне расположены хаотично, вследствие чего волокна имеют низкие показатели физикомеханических свойств. Поэтому вискозные волокна

вытягивают как в процессе формования, так и в процессе дополнительной (ориентационной) вытяжки.

Свойства получаемых волокон зависят также от отделки. Поэтому после формования их подвергают различным обработкам с целью удаления компонентов осадительной ванны, придания мягкости, эластичности и других ценных свойств. Основными отделочными операциями являются: промывка, десульфация, отбеливание, кисловка, вторая промывка, замасливание, сушка.

Относительное разрывное усилие обычного волокна находится в пределах 16–20 сН/текс, высокопрочного – до 45 сН/текс. В мокром состоянии разрывное усилие волокна снижается на 50–60 %.

Разрывное удлинение 18–24 %. В составе полного удлинения большую долю (до 0,7) имеет остаточное удлинение, поэтому изделия из вискозных волокон и нитей имеют большую сминаемость.

Блеск. Волокна и нити выпускаются в виде блестящих (резкий, холодный блеск) и матированных. В последнем случае в раствор добавляется порошок двуокиси титана. Песчинки, находящиеся на поверхности, рассеивают свет и создают впечатление матовой поверхности.

Гигроскопические свойства волокна ( $W_n = 13\%$ ;  $W_r = 18\text{--}24\%$ ). Имеет большую осадку при набухании до 12–16 %. Волокно имеет хорошую светостойкость и среднюю стойкость к истиранию.

Волокно не обладает термопластичностью. Изделия могут в течение небольшого времени эксплуатироваться при температуре 100–120 °С без потери прочности. Характер горения волокна аналогичен хлопку. Волокно обладает невысокой стойкостью к действию кислот и щелочей. Из вискозных нитей вырабатывают платьевые, сорочечные и декоративные ткани, трикотажные полотна для бельевых и верхних изделий, текстильногалантерейные изделия и др. Из вискозных волокон в чистом виде и в смеси с другими волокнами вырабатывают платьевые, костюмные и сорочечные ткани, трикотажные полотна для белья, спортивной и верхней одежды.



### ***Получение модифицированных волокон и нитей***

Полинозное волокно вырабатывают из высококачественного сырья с высоким содержанием  $\alpha$ -целлюлозы. Процесс созревания длится 2–4 часа. Используется двухваннный способ формования. В первой ванне происходит коагуляция и частичное омыление ксантогената целлюлозы, а во второй – окончательное омыление и вытягивание. Волокно имеет однородную структуру, по своим свойствам является аналогом тонковолокнистого хлопка. Полинозное волокно обладает высокой прочностью при растяжении, малой ее потерей во влажном состоянии, эластичностью, упругостью и низкой усадкой. Однако полинозное волокно имеет недостаток – повышенную хрупкость, которая увеличивает обрывность пряжи при переработке и снижает износостойкость изделий.

Вискозные высокомолекулярные волокна (ВВМ) отличаются от обычных вискозных большей прочностью и жесткостью, по сравнению с полинозным они меньше обрываются при прядении и более устойчивы к истиранию. Волокно «Modal» формируется при более низкой скорости, чем обычная вискоза, с последующей вытяжкой и термофиксацией, оно имеет равномерную, ориентированную и плотную структуру. Волокно «сиблон» формируют по двухваннному способу. «Сиблон» меньше, чем вискозное волокно, набухает и усаживается и по своим свойствам приближается к хлопковому волокну; используется как заменитель средневолокнистого хлопка.

На основе метода привитой сополимеризации получают модифицированные вискозные волокна со специфическими свойствами: огнестойкие, бактерицидные, водоупорные и др. В России в промышленном масштабе производится волокно мтилон прививкой к вискозным волокнам полиакрилонитрила. Мтилон устойчив к светопогоде, микроорганизмам, а по внешнему виду и грифу приближается к шерсти. Используется при производстве ковров.

Волокна группы лиоцелл являются альтернативой вискозным волокнам. Для их получения используют органические растворители, которые не вступают в химическую связь с целлюлозой. Они имеют равномерную структуру, по прочности

сопоставимы с полиэфирными волокнами, по гигроскопичности – с хлопком; имеют небольшую усадку, мягкий блеск.

Направления модификации вискозных волокон:

- широкое развитие производства модальных волокон и совершенствование технологии их производства;
- разработка полых, специально извитых волокон с повышенными теплозащитными свойствами, пушистостью и упругим восстановлением;
- производство сверхгигроскопичных, микропористых волокон с привитыми карбоксильными группами;
- привитая полимеризация целлюлозы с синтетическими волокнами;
- производство волокон с повышенной огнестойкостью без значительной потери прочности и устойчивости к истиранию.

## 5.2 Медно-аммиачные волокна и нити

Медно-аммиачное волокно (cupro) вырабатывают из хлопкового пуха, который после очистки растворяют в растворе медно-аммиачного комплекса. Формуется волокно двухваннным способом: в первой ванне происходит частичное восстановление целлюлозы и частичная вытяжка, во второй – завершается восстановление и вытяжка. При выработке медно-аммиачных волокон не проводят пластификационное вытягивание. Вследствие этого разрывная нагрузка волокон небольшая – всего 11 – 16 сН/текс; удлинение составляет 12 – 16 %; в мокром состоянии прочность понижается до 40 – 50 %, а удлинение заметно возрастает. В воде при температуре 95°C медноаммиачные волокна дают усадку до 6,5 %. По остальным показателям медноаммиачное волокно аналогично вискозному.

Медно-аммиачным волокнам свойственна однородная структура. На его поверхности отсутствует ориентированная оболочка. Волокна имеют умеренный блеск, быстро и равномерно окрашиваются.

Объем производства медно-аммиачных волокон составляет около 1% мирового выпуска химических волокон. Они находят разнообразное применение. Чаще всего их используют для

изготовления платьевых тканей, трикотажного нижнего белья. Высокая тонина элементарного волокна придает тканям особую мягкость и хорошую драпируемость. Штапельное волокно используется в смеси с шерстью для изготовления шерстяных тканей и ковров.

### 5.3 Ацетатные волокна и нити

Ацетилцеллюлозные волокна и нити состоят не из гидратцеллюлозы, как вискозные и медно-аммиачные, а из сложных эфиров целлюлозы и поэтому значительно отличаются от них по своим свойствам.

Исходным сырьем для получения ацетилцеллюлозных волокон служит хлопковый пух, который подвергают очистке и химической обработке, при этом содержание  $\alpha$ -целлюлозы достигает не менее 98 %.

Затем целлюлоза подвергается ацетилированию путем обработки ее смесью уксусного ангидрида (реагент), уксусной кислоты (растворитель) и серной кислоты (катализатор).

В результате образуется триацетат целлюлозы (первичный ацетат)  $[-C_6H_7O_2(OCOCH_3)_3-]_n$ , – его используют для получения триацетатных волокон и нитей

Ацетатные волокна изготавливают из вторичного ацетата (диацетата) -  $[-C_6H_7O_2(OCOCH_3)_2OH-]_n$ , который получают частичным омылением триацетата.

Первичный и вторичный ацетат обычно изготавливают на заводах химической промышленности, а на заводы искусственного волокна поступает готовая ацетилцеллюлоза.

Формование волокон и нитей проводится из раствора сухим способом. При производстве триацетатных волокон первичный ацетат растворяют в смеси метилхлорида и этилового спирта в пропорции 95:5, а при производстве ацетатных волокон вторичный ацетат растворяют в смеси ацетона и этилового спирта (85:15) или ацетона и воды (95:5). Температура воздуха в шахте при формовании ацетатных волокон 80–85 °С, триацетатные нити формуют при более низких температурах и подвергают термообработке, т. е. кратковременному нагреву (220–240 °С), что

улучшает несминаемость, термостойкость и уменьшает усадку изделий из них. Последующая обработка сводится к кручению и перемотке.

Плотность ацетатного волокна  $1,32 \text{ мг/мм}^3$ , триацетатного  $1,28 \text{ мг/мм}^3$ . Относительное разрывное усилие ацетатного волокна 11–13,5, триацетатного 10–12 сН/текс. В мокром состоянии волокна теряют прочность до 30 %. Разрывное удлинение 22–30 %. При нормальных условиях ацетатное волокно поглощает 6–8 % влаги, триацетатное – 3–5 %. Ацетатное волокно имеет недостаточную теплостойкость, приводящую к появлению на изделиях дефектов при температуре свыше 100–110 °С. Триацетатное волокно имеет более высокую теплостойкость (150–160 °С). Упругость ацетилцеллюлозных волокон значительно больше, чем вискозного, и поэтому ткани из них меньше сминаются, они равномерно и глубоко окрашиваются. Триацетатные волокна имеют высокую светостойкость, ацетатные пропускают ультрафиолетовые лучи.

Недостатками этих волокон являются малая стойкость к истиранию, меньшая гигроскопичность и электризуемость. Ацетатное волокно, в отличие от триацетатного, мало устойчиво к действию разбавленных кислот и щелочей.

Ацетатное и триацетатное волокна широко применяются при изготовлении платьевых тканей и трикотажных полотен. Из ацетатных нитей создаются интересные колористические эффекты, из триацетатных получают стойкие эффекты плиссировки и тисненые полотна. Ацетатные волокна обладают повышенной сорбцией вредных веществ табачного дыма, а продукты горения волокон безвредны. Поэтому большая часть сигарет в мире изготавливается с фильтром из ацетатных волокон.

Ацетатные полые волокна используются при изготовлении материалов для разделения жидких и газовых смесей, опреснения морской воды, очистки промышленных сточных вод, извлечения редких металлов из растворов.

Из ацетатных нитей в смеси с капроновыми и лавсановыми нитями (комплексными, моноснитями, фасонными, петельными, эластичными) вырабатывают смешанные ткани различного назначения.

За рубежом ацетатные волокна вырабатывают под различными торговыми названиями: ацетат (штапельное волокно фирмы «Байер», Германия), целлит (ацетатная комплексная нить фирмы «Байер», Германия), тройцел ( триацетатные комплексная нить и штапельное волокно фирмы «Бритиш целанез», Великобритания), курппета, трилан (триацетатные комплексная нить и штапельное волокно фирмы «Куртольд», Великобритания), арнель ( триацетатное волокно фирмы «Целанез», США).

Вырабатываются текстурированная трощенная ацетатная нить с капроновой монопитью – комэлан; текстурированная ацетатная нить, обвитая капроновой монопитью - окэлан; текстурированная капроацетатная нить – акон; нить с креповым эффектом за счет пневмосоединенных триацетатных и полиэфирных комплексных нитей - текрен.

Для улучшения качества ацетатных волокон и нитей проводятся работы по снижению их электризуемости и повышению устойчивости к истиранию. Известны методы модификации ацетатных волокон добавкой в ацетилцеллюлозу оптических отбеливателей, веществ, повышающих огнестойкость, термостойкость, светостойкость, окрашиваемость.

## 5.4 Бамбуковые волокна

Бамбуковое волокно – инновация в текстильном производстве, одна из наиболее перспективных разработок.

Бамбук – это тропическая и субтропическая трава, растет в Азии и Америке. Это самое плодовитое и быстрорастущее растение в мире. Культивироваться в качестве сырья для текстильной промышленности стал сравнительно недавно. Получают бамбуковые волокна двумя способами:

1. BAMBOO LINE – получается путем механической обработки бамбука, сохраняет свойства бамбука-сырца, имеет большую прочность, по основным свойствам идентичен льняному волокну. Используется для изготовления тканей и трикотажных полотен.

2. BAMBOO VIKOSE ( бамбуковая вискоза) и BAMBOO RAYON (бамбуковый искусственный шелк) производят по

технологии, заимствованной из отрасли производства вискозного волокна. Измельченную древесину сырого, молодого бамбука в виде мельчайших стружек и опилок обрабатывают раствором щелочей (едкого натра или калия) для преобразования ее в клеобразный раствор. Этот густой и вязкий раствор продавливают через фильтры в кислую среду (раствор серной кислоты). Процесс затвердевания нитей происходит довольно быстро, поэтому нити имеют микропористую структуру и ворсинки. По тонкости, шелковистости, блеску бамбуковые волокна напоминают вискозные. Они обладают гигроскопичностью, антибактериальными свойствами. Ткани из бамбуковых волокон воздухопроницаемы и нестираемы, обладают хорошей износостойкостью и устойчивостью к стирке. Бамбуковое волокно имеет природный антистатический эффект.

Бамбуковые волокна используются для изготовления текстильных изделий различного назначения.

## 5.5 Белковые волокна

Исходным сырьем для получения белковых волокон служат казеин (белок молока) и зеин (белок растительного происхождения). Обычно белки растворяют в слабом растворе щелочи. Формование проводят по однованному мокрому способу, в осадительной ванне находится серная кислота (для нейтрализации щелочи и осаждения белков), сульфаты натрия и цинка (для ускорения дубления – образования межмолекулярных связей). Белковые волокна по свойствам близки к натуральной шерсти и применяются в смеси с ней.

ФАЙБРОЛЕН, МЕРИНОВА (Италия) в виде штапельного волокна и перерабатывают в смеси с шерстью, хлопком и вискозным волокном. Ценными свойствами казеинового волокна является теплота и мягкость на ощупь.

АРДИЛЬ (Англия) – волокно, получаемое из белка земляного ореха (арахиса). Исследования показали, что изделия из смеси ардила с шерстью (50 : 50%) по износоустойчивости не уступают чистошерстяным. В смеси с хлопком ардиль используется для получения пижамных и сорочечных тканей, с вискозным

штапельным волокном – для платьевых и костюмных тканей и трикотажных изделий.

ВИКАРА (США) – волокно, вырабатываемое из белка кукурузы. Теплота викары на ощупь, ее гигроскопичность и устойчивость к стирке позволяют использовать это волокно для производства смешанных тканей широкого ассортимента. Викара успешно используется в смеси с шерстью, хлопком, акрилом, вискозой и другими волокнами.

Вырабатываются также волокна из белка бобов сои (Китай) как в виде штапельного волокна (напоминает шерсть), так и в виде комплексной нити (напоминает натуральный шелк).

### **Заключение**

Развитие производства различных видов химических волокон и нитей в настоящее время имеет следующие особенности:

- наиболее интенсивно растет выпуск полиэфирных волокон, затем полиамидных, полипропиленовых и полиакрилонитрильных волокон;
- совершенствуются процессы получения вискозных и организация производства гидратцеллюлозных волокон типа лиоцелл;
- существенное развитие получил процесс производства эластомерных полиуретановых нитей;
- важным направлением развития новых видов химических волокон и волокнистых материалов на их основе является модифицирование волокон – один из наиболее простых перспективных путей, который позволяет получать их с широкой гаммой заданных функциональных свойств.

### **Библиографический список**

1. Технологии производства конкурентоспособных текстильных материалов для специальной одежды (дизайн костюма) [Электронный ресурс]/ В. В. Хамматова, Р. Ф. Гайнутдинов, Э. А. Хамматова, К. Э. Разумеев ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань :

Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2018. – 200 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>

2. Хамматова, В. В. Разработка промышленной технологии наноструктурирования текстильных материалов для производства многофункциональной одежды специального назначения [Электронный ресурс] / В. В. Хамматова, К. Э. Разумеев ; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2016. – 352 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>

3. Антонова, М. В. Методы модификации текстильных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / М. В. Антонова, И. В. Красина ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2018. – 84 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>

4. Тихонова, В. П. Материаловедение изделий легкой промышленности [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Тихонова, Г. Р. Рахматуллина, Д. К. Низамова ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2018. – 132 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>

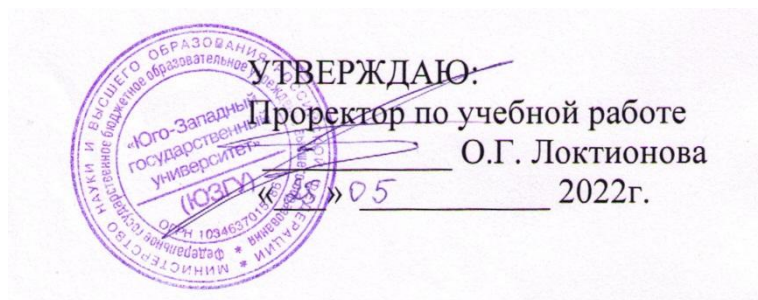


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 21.09.2022 22:01:52  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5b4260b9e3f1c1feabb175e943d14a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра дизайна и индустрии моды



## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Методические рекомендации  
по выполнению практических занятий  
для студентов направления подготовки 29.04.05

Курск 2022

УДК 687.03

Составитель: Т.А. Добровольская

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Т.М. Ноздрачева*

**Инновационные технологии на различных этапах производства изделий легкой промышленности:** методические указания по выполнению практических занятий / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Т.А. Добровольская.- Курск, 2022. - 12 с. - Библиогр.: с. 12.

Содержат рекомендации по выполнению практических занятий по дисциплинам «Инновации в материалах и изделиях легкой промышленности», «Мировые тенденции развития ассортимента материалов и изделий легкой промышленности» изложены основные теоретические сведения, рассмотрен конкретный практический пример.

Предназначены для студентов направления подготовки 29.04.05 «Конструирование изделий легкой промышленности» дневной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.  
Усл.печ.л. . Уч.-изд.л. . Тираж 25 экз. Заказ. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОДЕЖДЫ

### **Задание:**

1. Изучить общую характеристику технологии изготовления одежды
2. Ознакомиться с технологиями основных фирм-производителей
3. Рассмотреть инновационные подходы к отделке изделий

### *Общая характеристика технологии изготовления одежды.*

В общем случае технология – это наука о наиболее целесообразных способах производства изделий или полуфабрикатов из исходных материалов, называемых сырьем. Технология включает в себе методы, приемы, режимы работы, последовательность операций и процедур, она тесно связана с применяемыми средствами, оборудованием, инструментами, используемыми материалами.

Технология является комплексной наукой, включающей:

- изучение теоретических основ различных технологических процессов;
- выбор оборудования;
- установление оптимальных технологических параметров и режимов переработки сырья и полуфабрикатов.

Технологический процесс изготовления швейных изделий следует рассматривать как систему, состоящую из множества взаимосвязанных элементов, согласованное функционирование которых направлено на достижение заданной цели: выпуск конкурентоспособной высококачественной одежды.

Повышение эффективности швейного производства возможно при использовании инновационных технологий, которые позволяют создание высококачественной и конкурентоспособной продукции.

Можно сказать, что инновационная технология швейного производства начинается уже на начальной стадии проектирования новых изделий, моделей и коллекций. Изготовление одежды происходит в несколько этапов:

- проектирование (моделирование, конструирование) – подготовительно-раскройный (подготовительный период и раскрой)
- пошив и отделка (влажно-тепловая обработка и заключительно-отделочные работы)

Особенности технологии пошива современных моделей одежды из различных материалов обусловлены свойствами самого материала.

Производство специальной и спортивной одежды – это один из секторов швейной промышленности, в котором новейшие технологии и материалы находят применение быстрее всего. Так, нанотехнологии, сравнительно недавно переставшие применяться исключительно в технических устройствах, в настоящее время широко используются при изготовлении специальной и спортивной одежды. Одежда, произведенная с применением нанотехнологий, отличается не только своей прочностью, но и повышенной функциональностью. Использование новейших достижений в области нанотехнологий позволяет выпускать материалы для специальной одежды с повышенными огнестойким, грязе, водо-, маслоотталкивающими, антистатическими, антибактериальными, антиаллергенными и другими свойствами.

Высокотехнологичные изделия для профессиональных спортсменов создают лидеры спортивной индустрии – фирмы Adidas, Nike, Reebok. В результате спортивная одежда становится все более специализированной и усложненной, способной влиять на результаты спортсменов.

Для того чтобы новые технологии и опытно-конструкторские разработки внедрились в производство, необходимы их всесторонние испытания. Такие разноплановые испытания новых материалов и технологий возможны при разработке новых образцов специальной и спортивной одежды. Именно в различных условиях эксплуатации специальной одежды и в условиях профессиональных спортивных соревнований выявляются лучшие качества новых разработок, их удобство, экономичность и иные эксплуатационные и функциональные характеристики. В то же время в предельных режимах работы проявляются и слабые стороны тех или иных материалов, компонентов конструкций и технологий, становятся более ясными возможные пути устранения недостатков и направления перспективной модернизации изделий.

Именно специальная и спортивная одежда является источником новых материалов и технологий и в конечном итоге двигателем для обновления современной повседневной одежды.

Таким образом, благодаря техномаркетингу, заключающемуся во вложении инвестиций в области инноваций и современных технологий, сектор специальной и спортивной одежды стал одним из наиболее интересных в последние годы.

### ***Технологии изготовления спортивной одежды от ведущих фирм-производителей***

Производители спортивной одежды уделяют большое внимание разработке и использованию высокотехнологичных материалов и передовых технологий проектирования и изготовления изделий, которые в комплексе обеспечивают функциональный комфорт спортивной одежды.

Мировыми лидерами в новейших разработках технологичной спортивной одежды для профессионалов в разных видах спорта являются такие широко известные производители как Adidas, Nike, Reebok, Speedo и др. Ниже представлен обзор технологий, применяемых ведущими фирмами-производителями спортивной одежды.

*Технологии «Adidas».* Компания Adidas (Германия) является старейшей среди фирм-производителей спортивной экипировки. В настоящее время фирма Adidas предлагает современную и функциональную экипировку для занятий легкой атлетикой, футболом, баскетболом, теннисом и другими видами спорта, а также универсальную экипировку для тренировок. Приоритетной особенностью спортивной экипировки Adidas является то, что для каждого вида спорта создаются индивидуальные и функциональные модели. Концепцией фирмы Adidas является постоянная инновационность товаров и внимание к тому, чтобы предоставить спортсмену экипировку, которая действительно поможет ему улучшить свои результаты. На сегодняшний день компания Adidas использует следующие технологии в производстве спортивной одежды.

*Технология Flow Mapping* заключается во внедрении в конструкцию спортивной одежды вставок из функциональных материалов в зонах повышенного потовыделения, что помогает

коже спортсмена оставаться сухой, сохраняет ощущение комфорта и позволяет справляться с высокими физическими нагрузками при любых погодных условиях. Для этих целей разработана инновационная концепция *Bodymapping* (карта зон тепловыделения на теле человека), позволяющая анализировать, как изменяется температура тела и интенсивность тепло- и потоотделения во время занятий спортом. В зависимости от пола, типа телосложения и температуры окружающей среды выявлены зоны поверхности кожи человека с различной интенсивностью тепловыделения. На основе этого разрабатывается функциональная экипировка, которая отвечает специфическим требованиям конкретных видов спорта.

*Технология Formotion* была создана на основе результатов изучения особенностей анатомического строения тела и особенностей выполнения каждого движения, характерного для того или иного вида спорта. Разработки технологии *Formotion* позволяют создавать максимально удобные изделия для занятий бегом, баскетболом, гимнастикой и др. Технология *Formotion* посредством специального метода кроя и трехмерного моделирования позволяет создавать экипировку в соответствии с анатомическим строением тела человека. В результате одежда плотно облегает тело и обеспечивает свободу движений при занятиях различными видами спорта. Сконструированная из сложных деталей, напоминающих строение мышц, одежда дополняется вставками из компрессионных материалов, обеспечивающих необходимое растяжение тогда, когда это необходимо в процессе занятий спортом. Экипировка не стесняет движений, не стягивает в местах сгибов, контролирует и усиливает мышечную активность и не деформируется.

*Технология JetConcept* направлена на решение проблемы снижения сопротивления воды посредством изменения гидродинамических характеристик тела человека. В плавательных костюмах, изготовленных с использованием технологии *JetConcept*, тело пловца ведет себя как самолет в полете. Ребристые панели, вшитые в костюм и смоделированные подобно углублениям на корпусе реактивного самолета, направляют потоки воды вдоль спины пловца. В результате уменьшается количество воды, которое пловец как бы «несет» на своей спине, снижается сопротивление и увеличивается скорость движения на 3 % по сравнению с обычными купальными костюмами.

Спортивная одежда Adidas по *бесшовной технологии* производится путем цельной непрерывной вязки, которая позволяет избежать лишних швов, натирающих и раздражающих кожу. Швы применяются только при соединении рукавов и ворота с основным изделием. Таким образом достигается повышенный комфорт и более точная посадка по фигуре. Бесшовная технология позволяет комбинировать в одном изделии зоны с различными видами трикотажных переплетений, которые обеспечивают лучшую посадку и вентиляцию зон повышенного потоотделения.

*Технология TechFit* используется при изготовлении компрессионной экипировки. В зонах, подверженных перегреву, на основе бесшовной технологии внедрены влаговыводящие материалы, обеспечивающие необходимую вентиляцию. Бесшовная структура компрессионного силуэта с *технологией ClimaCool* поддерживает мышцы, предотвращает от потерь энергии, обеспечивает комфорт и ощущение прохлады. Бандажи из термополиуретана усиливают движения спортсмена, сохраняя и возвращая энергию при растяжении и сокращении мышц во время физической активности.

*Технология Clima365* – семейство инновационных технологий, способствующих достижению максимальных спортивных результатов за счет эффективного регулирования температуры тела, гарантирующих сухость, комфорт и максимальную работоспособность и поддерживающих температуру тела на оптимальном уровне 365 дней в году, независимо от условий окружающей среды. Оптимальная температура тела человека – 36,6°C; она может меняться в зависимости от температуры окружающей среды. На основе концепции *Bodymap* ства объединенных в ней технологий: *ClimaCool*, *ClimaWarm*, *ClimaProof*, используя их именно там, где это необходимо.

*Технологии «Nike»*. В настоящее время компания Nike уделяет серьезное внимание разработке новых технологий изготовления спортивной обуви и спортивной одежды для легкой атлетики, тенниса и т.п. Новые конструкции и материалы, технологии пошива и вентиляции способствуют достижению повышенного комфорта и максимального движения. Фирма Nike является обладателем патента на *технология Zoned Aerodynamic* (аэродинамическое зонирование), по которой в костюмах для конькобежцев и лыжников применяется до шести различных материалов, сочетание

которых оптимизирует аэродинамические свойства одежды. Каждый вид материала используется для «прикрытия» определенной части тела, а швы обработаны таким образом, чтобы свести к минимуму сопротивление

Целью *технологии Dri-FIT* (влаговыведение) в спортивной одежде фирмы Nike является обеспечение максимального комфорта для спортсмена благодаря тому, что кожа всегда остается прохладной и сухой во время занятий спортом. Специальная структура трикотажного полотна состоит из двух слоев, выполненных Tf.39 из полиэстерового микроволокна и хлопка. Первый слой соприкасается с телом и выводит влагу на второй слой, который рассредоточивает ее по поверхности для более быстрого испарения. Кроме влаговыведения материал Dri-FIT обладает ветронепроницаемостью, эластичностью и хорошо держит форму. Из запатентованного Nike материала Dri-Fit создана спортивная одежда *Nike Pro*. Nike Pro – это серия облегчающих топов, которые носят под спортивной формой или вместо нее. Изделия выполнены из материала, содержащего эластановые волокна и полиэстеровые микроволокна, и имеют бесшовную конструкцию в области туловища.

*Технология Seamless* предусматривает минимальное количество швов в изделии, при этом зональность достигается изменением плотности вязки с учетом расположения участков с различной степенью теплоотдачи и потовыделения. Основные швы (боковые и др.) смещены для придания более облегчающей и «обтекаемой» формы. Вентиляция определенных частей тела, что приводит к эффективному понижению температуры тела во время занятий спортом. Зоны вентиляции максимально увеличивают охлаждение в основных местах теплоотдачи тела. Это помогает снизить подъем температуры тела.

*Технология Cool Motion* впервые была использована фирмой Nike при создании спортивной формы для игры в футбол. В основу технологии положена концепция двухслойности. Футболка и шорты выполнены из двухслойного материала: внутренний слой выполнен из материала Dri-FIT, впитывающего влагу, а наружный, водоотталкивающий слой изготовлен из эластичного материала, который позволяет поддерживать режим терморегуляции при движении игрока. Двухслойная конструкция



увеличивает воздушный поток и испарение влаги. Во время бега воздух проходит через нижние вентиляционные вставки и попадает к телу, а потом выходит через верхние панели. Это помогает регулировать температуру тела игрока и удалять лишнюю влагу, сохраняя необходимую прохладу и комфорт во время игры. Форма остается сухой в течение всей игры; масса формы Cool Motion составляет всего 395 г. Технология Cool Motion подвергалась самому серьезному и интенсивному тестированию как в лаборатории Nike, так и на поле. Ее терморегулирующие свойства проверялись независимой голландской лабораторией TNO, специализирующейся на термальной физиологии.

*Технологии «Speedo».* Фирма Speedo является ведущей торговой маркой в производстве одежды и аксессуаров для плавания. Любые технические инновации, способствующие этому, подвергаются тщательному анализу и проверкам.

В 1992 году сенсацию произвела *технология S-2000*, основанная на использовании сверхэластичного материала, состоящего из смеси очень тонкого полиэстера и эластана, проходящих специальную обработку. Попадая внутрь купальника, вода и воздух создают так называемые карманы и препятствуют движению спортсмена. Наиболее проблемными зонами в этом плане являются верх груди и поясничная часть спины, где традиционные купальники имеют вырезы. На основе технологии S-2000 была разработана *технология Aquablade*. Уникальная продольно-полосатая фактура материала позволила управлять турбулентностью, создавая вокруг тела пловца тонкий слой завихренной воды. Поверхностное сопротивление Aquablade при движении в воде на 8% меньше чем у S-2000 и на 23% меньше чем у традиционных материалов состава нейлон/лайкра. В мужских костюмах Aquablade впервые вместо традиционных мужских плавок были предложены шорты и брюки.

Следующая версия костюма для плавания от Speedo – это *FastSkin Pro*, изготовленный по *технологии LZR Racer*. Костюм FastSkin Pro изготовлен из нового высококомпрессионного, водоотталкивающего, быстросохнущего материала LZR Pulse. Этот легкий материал состоит из стойкого к хлорированной воде эластана и ультратонкого волокна нейлона и имеет очень низкий уровень поглощения влаги среди материалов, используемых для

изготовления костюмов. Новый костюм является более долговечным, хорошо тянется, а также сохраняет в себе все преимущества костюма FastSkin, но при этом он гораздо более легкий. Большая компрессия обеспечивает пловцу большую стабильность во время плавания, а также сокращает вибрацию мышц. Особенностью костюма LZR RACER являются LZR вставки, которые представляют собой ультратонкие полиуретановые мембраны, ровно обрезанные лазером и впаянные в материал LZR Pulse. Вставки размещены в стратегических местах тела пловца, что создает гидродинамическую компрессионную систему, которая улучшает обтекаемость и гидродинамику костюма. Участки тела, где трение с водой является максимальным и где должны располагаться LZR вставки для достижения максимального эффекта, определены с помощью CFD-моделирования (компьютерных исследований динамики жидкости). Костюм LZR RACER спроектирован с внутренним стабилизатором центра тела, обхватывающим и поддерживающим тело спортсменов, помогая им сохранять оптимальное положение в воде. Костюм скроен из трех частей по 3D-технологии, что позволяет повторить форму тела пловца, в то время как костюм Fastskin состоит из 30 деталей. Новейший сверхлегкий костюм не имеет ни единого шва, т.к. все детали соединены друг с другом при помощи лазера. Спаянные по всей длине между собой швы создают низкопрофильный силуэт и сокращают трение с кожей. Для застегивания костюма использована низкопрофильная молния (с очень малой высотой зубьев), которая впаяна в костюм и спрятана внутри, обеспечивая тем самым гладкую поверхность для уменьшения трения. В качестве защиты от воды использован слой неопрена. Данная молния длиннее обычной, что обеспечивает удобство одевания костюма; замок молнии имеет более плоскую форму, что также способствует уменьшению трения. По линии низа костюма, соответствующего в зависимости от его длины линиям колена или лодыжек, проектируются силиконовые накладки, которые исключают смещение и морщинистость костюма.

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛКИ ОДЕЖДЫ**

Одним из способов создания инновация является создание новых конструктивно-декоративных решений швейных изделий. У нас в

стране часто понятие инновация ассоциируется с чем-то технологически сложным и очень научным. На самом деле небольшие доработки и улучшения в проекте уже являются инновацией, которую можно применить. Но не бывает инноваций без их коммерческого применения – тогда это просто идея или новация, т.е. должна действовать формула: инновации = творчество + коммерциализация.

В настоящее время потребитель предъявляет высокие требования к современной одежде. Так, она должна быть не только хорошо сконструирована и изготовлена из текстильных материалов с высокими эксплуатационными свойствами, но и выражать индивидуальность человека. Индивидуализировать образ потребителя позволяет обращение при проектировании и изготовлении одежды к ее отделке. Отделка в значительной степени формирует эстетическое восприятие, позволяет существенно улучшить качество и расширить ассортимент одежды. Классификация видов отделки может быть представлена в виде структурной многоуровневой схемы, где все виды отделки одежды рассматриваются по четырем уровням:

- 1) по способу изготовления: поверхностная отделка, объемная отделка, дополнительные аксессуары;
- 2) по способу воздействия на материал: механическое воздействие, физико-химическое воздействие, комбинированное воздействие;
- 3) по способу соединения (фиксации) отделки: ниточное соединение, клеевое соединение, сварное, заклепочное, фиксация с помощью ВТО, фиксация с помощью ВТО и химических средств;
- 4) по ассортименту (наименованию) видов отделки: аппликация, вышивка, отделочные строчки и швы, отделочная фурнитура, отделка шнуром, бейкой, бахромой, складки, драпировки, защипы, буфы, плиссе, гофре и т.д.

Большое разнообразие отделок характерно для изделий высокой моды и индивидуализированного спроса, для которых традиционно изысканным украшением служат такие виды отделки, как объемная вышивка и аппликация, перфорация, инкрустация, новые методы крашения и печатания и др.

Установлено, что современная мода возвращает внимание к ручной работе, не отрицая, однако, что быстро развивающиеся высокотехнологические инженерные разработки расширяют

инновации в отделке швейных изделий. В настоящее время все большее внимание привлекает отделка, в которой сочетаются элементы ручной работы и новые методы ее изготовления (сварка, склеивание, лазерная обработка и др.). Причем новые технологии отделки одежды – это не всегда ноу-хау. Зачастую они связаны с использованием традиционного опыта декорирования различных материалов или с перенесением традиционных способов отделки на новые материалы.

Рассматривая ретроспективу и перспективу развития технологий выполнения отделки, следует отметить значительное влияние на эти технологии процессов дифференциации и интеграции в мировой промышленности химических волокон и текстиля

## **Библиографический список**

1. Технологии производства конкурентоспособных текстильных материалов для специальной одежды (дизайн костюма) [Электронный ресурс]/ В. В. Хамматова, Р. Ф. Гайнутдинов, Э. А. Хамматова, К. Э. Разумеев ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : КНИТУ, 2018. – 200 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>
2. Хамматова, В. В. Разработка промышленной технологии наноструктурирования текстильных материалов для производства многофункциональной одежды специального назначения [Электронный ресурс]/ В. В. Хамматова, К. Э. Разумеев. – Казань : КНИТУ, 2016. – 352 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>
3. Тихонова, В. П. Материаловедение изделий легкой промышленности [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Тихонова, Г. Р. Рахматуллина, Д. К. Низамова. – Казань : КНИТУ, 2018. – 132 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра дизайна и индустрии моды



## СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОДЕЖДЫ

Методические рекомендации  
по выполнению практических занятий  
для студентов направления подготовки 29.04.05

Курск 2022

УДК 687.03

Составитель: Т.А. Добровольская

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Т.М. Ноздрачева*

**Современные материалы для одежды:** методические указания по выполнению практических занятий / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Т.А. Добровольская. - Курск, 2022. - 10 с. - Библиогр.: с. 10.

Содержат рекомендации по выполнению практических занятий по дисциплинам «Инновации в материалах и изделиях легкой промышленности», «Мировые тенденции развития ассортимента материалов и изделий легкой промышленности» изложены основные теоретические сведения, рассмотрен конкретный практический пример.

Предназначены для студентов направления подготовки 29.04.05 «Конструирование изделий легкой промышленности» дневной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.

Усл.печ.л. . Уч.-изд.л. . Тираж 25 экз. Заказ. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СПОРТИВНОЙ ОДЕЖДЕ

### Задание:

1. Ознакомиться с основными направлениями в развитии материалов для изготовления спортивной одежды
2. Изучить группы материалов, используемых для изготовления спортивной одежды и краткую характеристику инновационных материалов в каждой из групп

### Теоретические аспекты

Современный спорт высоких достижений давно стал спортом высоких технологий. Все инновации в повседневной одежде, касающиеся, прежде всего, материалов, апробируются и получают распространение сначала в спортивной одежде для спортсменов-профессионалов.

Послойная концепция спортивной одежды позволяет разделить все материалы, используемые для изготовления спортивной одежды, в зависимости от выполняемой ими функции на следующие группы: согревающие; охлаждающие; изоляционные (защитные); прочные; эластичные; универсальные (табл. 1).

Таблица 1 - Виды материалов, используемых для изготовления спортивной одежды

Универсальные	Согревающие и утепляющие	Охлаждающие	Изоляционные (защитные)	Прочные	Эластичные
Polyester	PolarTec (серия Temperature Control)	PolarTec (серия Moisture Control)	PolarTec (серия Element Control) Gore-Tex	Cordura	Лycra
Nylon	Thinsulate	Coolmax	Dermizax	Dynafil	Tactel
Dacron	Thermolite	Supplex	Sympatex	Dynatec	и прочие
Pertex	Hollofil	Meryl	eVENT	Kevlar	
и прочие	PrimaLoft	Tactel	Diaplex	Oxford	
	холлофайбер	и прочие	Ceplex	авизент	
	файбертек		неопрен	и прочие	
	синтепон		Pertex		
и прочие	и прочие				

В каждой из указанных групп ежегодно появляются инновационные материалы. Например, самым популярным и *универсальным* волокном, используемым при изготовлении материалов для спортивной одежды, является *полиэстер*. Материалы из полиэстера – это легкие, быстросохнущие, износостойкие ткани, которые прекрасно сохраняют форму, устойчивы к световому и тепловому воздействию и не требуют специального ухода. Некоторые образцы материалов из 100% полиэстера, используемых при изготовлении спортивной одежды:

*Polyester-PU-Zelt (Taffeta)* – ткань с двойным покрытием полиуретановым слоем, обеспечивающая водонепроницаемость и морозоустойчивость. Впитывание материалом воды практически равно нулю. Материал обладает высокой прочностью на разрыв, причем не растягивается даже при сильной влажности.

*Nyton Finetex* – синтетический материал с особой обработкой, придающей ткани эффект «натуральности». Дополнительная обработка обеспечивает водоотталкивающие свойства и препятствует воздействию ультрафиолетовых лучей. Обладает свойствами хорошего воздухообмена.

*Floment Interfleece* – материал с особой обработкой, придающей ткани эффект бархатистости. Благодаря второму защитному слою ткань обладает высокими теплоизоляционными свойствами, водонепроницаемостью, устойчивостью к растяжениям и хорошей способностью к восстановлению после деформации.

*Lasting* – мягкий материал, в основе которого лежат прочные однородные нити, образующиеся путем термоскручивания элементарного полиэстерового волокна, благодаря чему материал имеет плотную микропористую структуру. Обладает свойствами хорошего воздухообмена. Специальная пропитка обеспечивает ткани водо- и грязеотталкивающие свойства.

*Steal* – водонепроницаемый «дышащий» материал, который благодаря специальной обработке обладает теплозащитными свойствами, что уменьшает расход энергии организма человека.

*Marvel* – материал, состоящий из тончайших волокон высокой прочности. Микропористая структура ткани образует «дышащую» и влагоотталкивающую систему, а дополнительные обработки



препятствуют воздействию ультрафиолетовых лучей (цвет изделия сохраняется долгое время).

*Livity* – материал, имеющий внутреннее микропористое покрытие волокна, обеспечивающее ветро- и водонепроницаемость при сохранении способности ткани пропускать излишнее тепло и влагу в окружающую среду.

Основными *согревающими материалами*, используемыми в пакетах спортивной одежды, в настоящее время являются флисы. Флис – это синтетический материал, представляющий собой, как правило, тонкое трикотажное полотно, в структуру которого вплетен ворс из пустотелых волокон различной длины. Существует различные виды флисов и их имитаций, которые отличаются друг от друга своими теплозащитными свойствами, массой, сроком эксплуатации, стоимостью.

В настоящее время лучшими на рынке согревающих материалов для спортивной одежды считаются флисы фирмы Malden Mills Industries (США), выпускаемые под торговым названием Polartec с использованием нескольких современных технологий: полиэстерового микроволокна, специального переплетения материала и оригинальных видов отделки.

Полиэстеровое микроволокно для производства флиса Polartec производит фирма DuPont – мировой лидер в химической индустрии. Микроволокно обладает очень малой толщиной, поэтому на единицу поверхности приходится гораздо больше отдельных волокон, чем в обычной ткани. Благодаря этому внутри материала создается множество воздушных полостей, которые и обеспечивают особый микроклимат. При этом полости не замкнуты, и водяные пары легко выходят наружу. Полиэстер, из которого изготовлено микроволокно, отличается почти нулевой гигроскопичностью и очень низкой смачиваемостью, поэтому Polartec почти не впитывает воду и не промокает под мелким дождем. На внешней поверхности материала волокна образуют очень плотную структуру и капли воды не проникают внутрь ткани. Микроволокно приятно на ощупь, не вызывает аллергических реакций и характеризуется высокой износостойкостью.

При производстве флисового материала Polartec используется специальная технология создания ворса. Ворс составляет единое

целое с основой и не может быть вырван или оторван от материала. Для этого на достаточно прочное трикотажное полотно машинным способом навязываются узелки, которые после крашения разрываются на специальном оборудовании и образуют ворс. Количество узелков и их размер определяют плотность и длину ворса.

Полиэстеровые микроволокна в сочетании со специальным переплетением и определяют такие свойства материала, как пушистость, мягкость, теплопроводность, несминаемость, долговечность. В целом же материал имитирует шерсть арктических животных, поэтому и получил свое название PolarTec. Принцип действия материала PolarTec основан на том, что между ворсом сохраняется прослойка воздуха, который является лучшим термоизолятором. Кроме того, в отличие от натуральных тканей, PolarTec не накапливает влагу, а обеспечивает необходимую вентиляцию при перегреве и выводит наружу конденсат.

В качестве теплоизоляционного слоя в многослойном пакете спортивной одежды используются такие высокотехнологичные материалы, как тинсулейт, холлофайбер, фибертек.

Синтепон по долговечности и способности сохранять тепло уступает высокотехнологичным утепляющим материалам, поэтому в настоящее время при изготовлении высококачественной спортивной одежды не используется.

Спортивная одежда должна обеспечивать удаление влаги и циркуляцию свежего воздуха, чтобы обеспечивать охлаждение и избегать перегревания тела. К *охлаждающим материалам* относится целое семейство материалов, специально разработанных для быстрого выведения влаги с поверхности кожи человека. В частности, к данной группе материалов следует отнести материалы *PolarTec серии Moisture Control*, которые применяются для изготовления одежды первого слоя, непосредственно контактирующей с телом. Основным назначением этого слоя одежды является управление испарениями, т.е. материал должен отвести влагу от тела, чтобы создать ощущение комфорта, и не тратить энергию на нагревание и испарение воды. К материалам данной серии относятся PolarTec100, PolarTec100 Microfibre, Power Dry, Power Stretch.

*Изоляционные (защитные) материалы* предназначены для одежды третьего наружного слоя в комплекте спортивной одежды, защищающего от неблагоприятных погодных условий. Они не продуваются и не промокают, сохраняя при этом легкость и способность дышать. Наиболее популярными являются следующие варианты материалов для внешнего слоя спортивной одежды:

*влагозащитные / дышащие* – в большинстве случаев это мембранные материалы, подходящие практически для любых видов активности и для любой погоды;

*влагозащитные / недышащие* – в большинстве случаев это материалы из прочного нейлона с полиуретановой пропиткой, характеризующиеся ветровлагозащитными свойствами. Данный экономичный вариант хорошо подходит для влажных условий и небольших физических нагрузок;

*влагоотталкивающие / дышащие* – в большинстве случаев это материалы плотного переплетения, которое задерживает ветер, обработанные снаружи специальной влагоотталкивающей пропиткой (DWR). Предназначены для умеренного климата, небольших осадков и высокого уровня физической активности. Основные разработки в области *влагозащитных /дышащих материалов* для спортивной одежды в настоящее время ведутся вокруг мембранных технологий. Мембранные материалы широко используются при изготовлении спортивной одежды, предназначенной для катания на лыжах, для велосипедного спорта, для туризма и альпинизма и т.п., а также для активного отдыха. Лучшим мембранным материалом из представленных сейчас на рынке признано семейство материалов *Gore-Tex*, выпускаемых фирмой Gore (США), одежда из которых произвела в свое время революцию в мире туризма и альпинизма.

К современным *прочным материалам*, позволяющим изготавливать одежду и снаряжение с совершенно новой степенью надежности, прочности и износостойчивости, относятся Cordura, Dynafil, Dynatec, Kevlar, Oxford, авизент и др.

*Cordura* (DuPont, США) – это ряд современных, высокотехнологических тканей, разработанных компанией DuPont по заказу армии США и представляющих собой специальную плотную структуру переплетения нейлоновых нитей разной

толщины. Материалы семейства Cordura обладают высокой устойчивостью к различным видам механических нагрузок, в том числе к проколам, разрывам и грубому трению. Прочность материала изменяется в широких пределах в зависимости от количества элементарных нитей, использованных в переплетении. Сложное переплетение нитей позволяет получать материалы не только с точно заданными свойствами, но и широким диапазоном поверхностных фактур. Добавление в ткань 10% хлопка делает ее слегка ворсистой, что также увеличивает стойкость материала к истиранию и улучшает внешний вид. К высокопрочным материалам, используемым при изготовлении спасательной и спортивной одежды (защитные элементы, вставки, прокладки), относится также материал *Kevlar* (*кевлар*). Использование волокон Kevlar при создании специфического снаряжения определяется такими его свойствами, как высокая прочность на разрыв, износостойкость, малый вес, негорючесть, термостойкость. Kevlar плохо растягивается, плохо режется. По данным, которые предоставляют разработчики, волокна Kevlar при равном весе в пять раз прочнее стали. Kevlar сохраняет прочность и эластичность при низких температурах.

К высокоэластичным текстильным полотнам относятся, прежде всего, эластомерные материалы, содержащие в своей структуре эластомерные нити. Эластомерные материалы обладают комплексом ценных свойств, сочетая повышенную растяжимость при незначительных эксплуатационных нагрузках с высокой степенью эластичности, т.е. значительной долей быстрообратимой деформации. Одежда из таких материалов, в том числе спортивная, плотно облегает фигуру, обеспечивая при этом свободу движения, с одной стороны, и поддержание необходимого мышечного тонуса, с другой. Все эластичные материалы условно можно разделить на две группы: Tactel и Lycra.

В группу *Tactel* (*тактель*) входят материалы, изготовленные из высокотехнологичных тонковолокнистых полиамидных нитей, изобретенных и производимых фирмой «DuPont» (США). Свое название волокно получило от латинского слова *tacto* – «прикасаюсь», так как изделия из него отличаются повышенной комфортностью, создавая эффект «второй кожи». Волокна тактель

отличаются высокой износостойкостью, устойчивостью к пиллингу, хорошими тепловыми характеристиками, мягкостью, легкостью, прочностью, эластичностью, легкостью в уходе. Тактель обладает высокой плотностью окрашивания и широким спектром глянца и визуальных эффектов (исходный полимер для нити тактель может быть матовым или блестящим в зависимости от того, какие добавки были использованы при ее производстве).

*Lucra (лайкра)* – это наиболее известное полиуретановое волокно, изобретенное и производимое фирмой Du Pont. Полупромышленное производство нитей на основе полиуретана было начато компанией Du Pont в конце 50-х гг. XX века. Начиная с 1962 г. первая в мире эластановая нить, получившая торговую марку *Lucra*, производится в коммерческих масштабах. Лайкра коренным образом изменила, в первую очередь, функциональные свойства одежды, улучшая помимо комфортности такие принципиально важные показатели, как драпируемость, несминаемость и др. До этого при производстве некоторых видов одежды использовались только натуральные резиновые (латексные) нити, которые имели существенные недостатки, ограничивающие их применение в производстве одежды. В частности, они характеризовались низкой эластичностью, очень ограниченным интервалом линейных плотностей, низкой способностью к термостабилизации, быстрым старением. Лишенные этих недостатков, эластановые нити быстро вытеснили резину и существенно расширили возможности для эластификации текстильных материалов. В настоящее время данные нити применяются для увеличения комфортности материалов и улучшения внешнего вида одежды, в том числе и спортивной.

В целом необходимо отметить, что технологии в области производства материалов, тканей и сервисных устройств развиваются с заметным опережением относительно темпов использования данных достижений в массовом производстве одежды.

## Библиографический список

1. Технологии производства конкурентоспособных текстильных материалов для специальной одежды (дизайн костюма) [Электронный ресурс]/ В. В. Хамматова, Р. Ф. Гайнутдинов, Э. А. Хамматова, К. Э. Разумеев ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : КНИТУ, 2018. – 200 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>
2. Хамматова, В. В. Разработка промышленной технологии наноструктурирования текстильных материалов для производства многофункциональной одежды специального назначения [Электронный ресурс]/ В. В. Хамматова, К. Э. Разумеев. – Казань : КНИТУ, 2016. – 352 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>
3. Тихонова, В. П. Материаловедение изделий легкой промышленности [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Тихонова, Г. Р. Рахматуллина, Д. К. Низамова. – Казань : КНИТУ, 2018. – 132 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>

## **МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра дизайна и технологии изделий легкой промышленности



### **ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Методические указания  
по выполнению практических работ  
для студентов направления подготовки 29.04.05

Курск 2018

УДК 687.03

Составители: В.М. Емельянов, Т.А. Добровольская

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Т.М. Ноздрачева*

**Изучение способов исследования характеристик металлизированных наночастицами текстильных материалов: методические указания по выполнению практических работ / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.М. Емельянов, Т.А. Добровольская. Курск, 2018. 23 с. Библиогр.: с. 23.**

Изложены основные сведения о методах исследования текстильных материалов, модифицированных металлическими частицами и современных перспективных технических средствах для исследования и контроля наночастиц в структуре текстильных материалов при металлизации

Предназначены для студентов направления подготовки 29.04.05 «Конструирование изделий легкой промышленности» дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 01.02.2018. Формат 60×84 1/16.  
Усл.печ.л. 1,3. Уч.-изд.л. 1,2. Тираж 25 экз. Заказ 202. Бесплатно  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября,94.



## **Изучение способов исследования характеристик металлизированных наночастицами текстильных материалов**

**Цель работы:** 1. Изучение современных методов исследования модифицированных металлическими частицами текстильных материалов. Изучение современных перспективных сверхмощных технических средств для исследования и контроля наночастиц в структуре текстильных материалов при металлизации

### **Задание:**

1. Освоить принцип, методику работы с наноскопами разных типов.
2. Изучить основные проблемы, препятствующие широкому применению наноскопов разных типов и их преимущества.
3. Освоить принцип, методику работы с наноскопами разных типов.
4. Изучить основные проблемы, препятствующие широкому применению наноскопов разных типов и их преимущества.
5. Освоить методику и работы на приборе SPECORD 75IR.
6. Изучить метод приготовления образцов для анализа.
7. Освоить методику и работы на рамановском спектрометре.
8. Изучить метод приготовления образцов для анализа.

### **Основные теоретические сведения**

Среди разнообразных методов исследования наноматериалов и наносистем особый интерес представляют такие, которые позволяют выявлять индивидуальные нанообъекты, например, наночастицы путем непосредственной регистрации их размерных параметров, а также получать их изображения. К числу последних относятся, прежде всего, методы микроскопии высокого разрешения, которые иногда называют методами наноскопии. Из них в практическом отношении наиболее важными являются два метода: сканирующая туннельная микроскопия и атомно-силовая микроскопия.

Схема СТМ показана на рисунке 1. В качестве зонда используется остро заточенная металлическая игла. Предельное пространственное разрешение СТМ определяется радиусом

закругления острия, которое может достигать нескольких ангстрем, а также его механической жесткостью. С уменьшением механической жесткости зонда, происходящие в нем механические, тепловые и квантовые флуктуации могут привести к существенному ухудшению разрешающей способности СТМ. Обычно зонды изготавливают из металлов с высокой твердостью и химической стойкостью, таких как вольфрам или платина.

Принцип действия СТМ основан на туннельном эффекте – квантовом переходе электронов через область, запрещенную классической механикой. В СТМ такой областью является зазор между острием зонда и ближайшей точкой на поверхности образца. Ширина этого зазора соответствует ширине туннельного перехода.

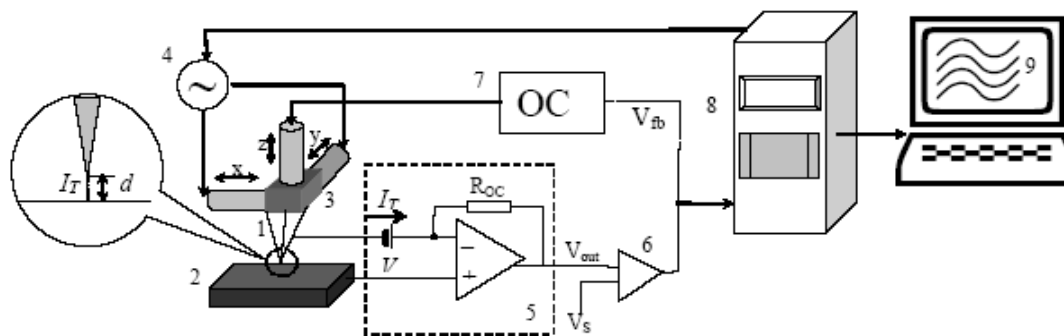


Рис.1. Схема сканирующего туннельного микроскопа: 1 – зонд, 2 – образец, 3 – пьезоэлектрические двигатели  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , 4 – генератор развертки  $x$ ,  $y$ , 5 – туннельный сенсор, 6 – компаратор, 7 – электронная цепь обратной связи, 8 – ком-пьютер, 9 – изображение  $z(x,y)$ .

СТМ может работать в двух следующих режимах, определяемых характером движения зонда над поверхностью: в режиме постоянной высоты или в режиме постоянного туннельного тока (рис.2).

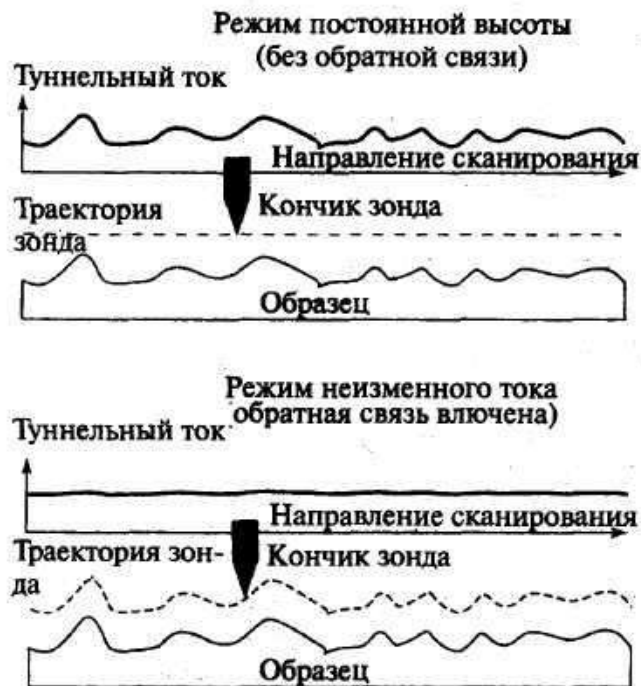


Рис.2. Режимы постоянной высоты (вверху) и постоянного тока (внизу) сканирующего туннельного микроскопа

В режиме постоянной высоты расстояние от зонда до поверхности все время меняется. Цепь обратной связи используется для установки первоначальной высоты над поверхностью, а затем отключается. Изменения зазора зонд-поверхность отражаются в изменениях измеряемого туннельного тока в процессе сканирования. В связи с этим более удобен режим постоянного тока, когда цепь обратной связи поддерживает постоянное расстояние между зондом и поверхностью, а изучаемым сигналом является вертикальное смещение зонда. Такой режим работы поддерживает ширину туннельного барьера при движении вдоль поверхности на одном и том же значении.

Основной недостаток сканирующей туннельной микроскопии – возможность исследования только проводящих образцов. Атомносиловая микроскопия позволяет исследовать как проводящие, так и непроводящие образцы. Основное различие между STM и AFM состоит в том, что первый измеряет туннельный ток между зондом и поверхностью, а второй – силу взаимодействия между ними.

Принцип действия АСМ основан на использовании сил

атомных связей, действующих между атомами вещества. В АСМ такими телами служат исследуемая поверхность и, скользящее над нею, остриё зонда. При приближении зонда к образцу он сначала притягивается к поверхности благодаря наличию наиболее дальнедействующих сил Ван-дер-Ваальса, которые обусловлены способностью нейтральных атомов поляризоваться под влиянием электрического поля. Притягивающие силы могут быть также обусловлены электростатическим взаимодействием. При дальнейшем уменьшении расстояния  $R$  между зондом и образцом возникают силы отталкивания, которые обусловлены взаимодействием электронных оболочек ближайших атомов, когда значение  $R$  станет меньше среднего межатомного расстояния, а затем, при последующем сближении атомов, – кулоновскими силами отталкивания атомных ядер.

Туннельный микроскоп – прибор совершенно замечательный. Действительно, ведь до его появления еще никому не удавалось разглядывать поверхность с такой неслыханной детальностью – атом за атомом. Однако у СТМ есть один недостаток: с его помощью можно изучать только материалы, хорошо проводящие электрический ток. Такое ограничение вытекает из самого принципа работы СТМ – для эффективного туннелирования (просачивания) электронов через зазор между поверхностью исследуемого образца и чувствительным элементом прибора (иглой) на поверхности должно быть много, как говорят физики, электронных состояний. Поэтому когда исследователи принялись изучать с помощью СТМ непроводящие вещества, они были вынуждены покрывать такие вещества металлической пленкой либо «пришивать» их к поверхности проводника, например золота.

В 1986 году была предложена конструкция прибора нового поколения, который тоже позволяет исследовать поверхности с беспрецедентной детальностью, но уже вовсе не обязательно электропроводящие. Новый прибор был назван атомным силовым микроскопом, и сегодня именно он представляет наибольший интерес для исследователей.

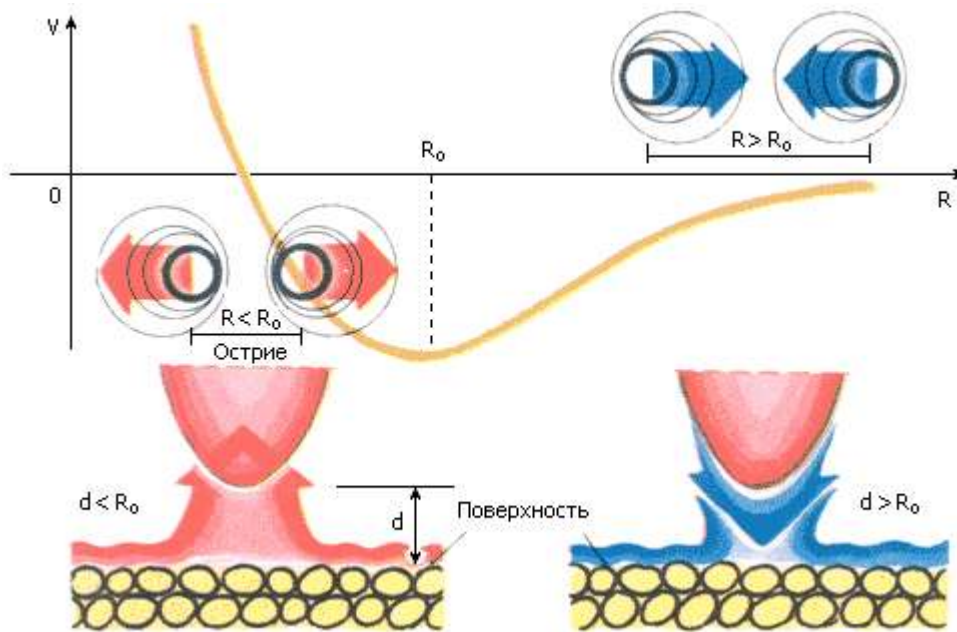


Рис.3. Принцип действия атомного силового микроскопа (АСМ)

Принцип действия атомного силового микроскопа (АСМ) основан на использовании сил атомных связей, действующих между атомами вещества. На малых расстояниях между двумя атомами (около одного ангстрема,  $1\text{Å} = 10^{-8}\text{см}$ ) действуют силы отталкивания, а на больших – силы притяжения. Совершенно аналогичные силы действуют и между любыми сближающимися телами. В сканирующем атомном силовом микроскопе такими телами служат исследуемая поверхность и скользящее над ней острие. Обычно в приборе используется алмазная игла, которая плавно скользит над поверхностью образца (как говорят, сканирует эту поверхность). При изменении силы  $F$ , действующей между поверхностью и острием, пружинка  $\Pi$ , на которой оно закреплено, отклоняется, и такое отклонение регистрируется датчиком  $D$ . В качестве датчика в АСМ могут использоваться любые особо точные и чувствительные – прецизионные – измерители перемещений, например оптические, емкостные или туннельные датчики. На рисунке показан именно последний тип датчика, – фактически это такая же игла, какая применяется в сканирующем туннельном микроскопе. Величина отклонения упругого элемента (пружинки) несет информацию о высоте

рельефа – топографии поверхности и, кроме того, об особенностях межатомных взаимодействий. Можно сказать, что в атомном силовом микроскопе сканирование исследуемого образца происходит по «поверхности постоянной силы», тогда как в СТМ – по поверхности постоянного туннельного тока. Принципы же прецизионного управления, основанного на обратной связи и улавливающего самые ничтожные изменения рельефа поверхности, в СТМ и АСМ практически одинаковы.

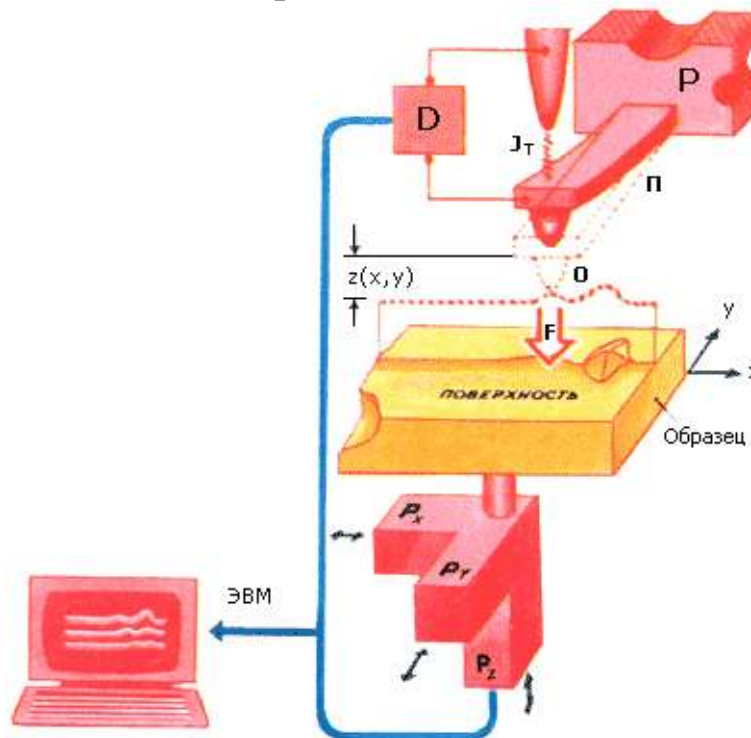


Рис. 4. Схема сканирующего атомного силового микроскопа

На рисунке 4 изображена схема атомного силового микроскопа.  $O$  – острие (игла),  $\Pi$  – пружина, на которой оно закреплено;  $P$ ,  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  – пьезоэлектрические преобразователи. При этом  $P_x$  и  $P_y$  служат для сканирования образца под иглой, а  $P_z$  управляет расстоянием от острия до поверхности,  $D$  – туннельный датчик, который регистрирует отклонения пружинки с острием.

Так же для обнаружения наночастиц на поверхности материалов используют спектрофотометры и фотоколориметры.

Спектрофотометром называют прибор, который служит для исследования излучений электромагнитных волн от различных источников, анализируя при этом длины волн таких излучений, взаимодействующих с какими-либо предметами. Спектрофотометр

определяет спектральные параметры источников излучений, что позволяет его применять в фотометрических анализах.

Различают спектрофотометры, работающие с различными диапазонами длин волн, которые являются определяющим фактором при их использовании. Принцип действия этих приборов основан на сравнении потока излучений, попадающих на какой-либо предмет, с отражаемым от этого предмета потоком излучений. Также излучения могут поглощаться, либо рассеиваться, что тоже учитывается при проведении исследований. Результаты измерений, которые проводят спектрофотометры, будут зависеть от свойств поверхности предмета, его формы, а также от длин волн потока излучения. Кроме этого, при различных условиях, в которых проводятся исследования, их результаты также будут отличаться. Поэтому во время обследования нужно учитывать направление освещения на предмет, его поляризацию и температуру окружающей среды.

Таким образом, спектрофотометр применяется при необходимости измерения концентрации какого-либо раствора, его оптической плотности, а также позволяет проводить кинетические измерения. При этом современные спектрофотометры обладают возможностью выводить результаты исследований в форме отчета на свой дисплей или монитор ПК.

Аналогичные методы исследований использует прибор фотоколориметр. Данное устройство предназначено специально для определения концентраций различных химических растворов. При этом фотоколориметры применяют в своих исследованиях принцип, по которому более окрашенный раствор поглощает большее количество падающего на него света с определенной длиной волн.

При исследовании химических растворов, фотоколориметр необходимо настроить на осуществление им излучения определенной длины волны. Это связано с тем, что различные вещества, содержащиеся в растворе, поглощают световые волны неоднородной длины по-разному. Поэтому в процессе работы, фотоколориметры оснащаются светофильтрами, каждый из которых способен преобразовывать световой поток в излучение с какой-либо определенной длиной волны. Таким образом,

фотоколориметры могут постепенно определять концентрацию различных веществ в растворе, при условии постоянной смены в них светофильтров.

Спектрофотометр и фотоколориметр в настоящее время широко применяются в различных учебных и промышленных химических лабораториях для проведения анализов, в основном гигиенических и природоохранных.

### Изучение устройства и принципа действия спектрофотометра SPECORD 75IR

Спектральные приборы предназначены для проведения исследований излучения, испускаемого различными веществами или трансформированного в результате взаимодействия этого излучения с веществом.

Яркий пучок света от источника со сплошным спектром излучения пропускают через исследуемое вещество. При этом часть световой энергии пучка поглощается электронами, атомами, ионами или молекулами вещества; в результате в сплошном спектре произойдут характерные изменения, появятся линии и полосы поглощения. По положению, строению и интенсивности линий поглощения можно узнать состав и строение вещества.

Принципиальная схема любого спектрального прибора (рис. 5) состоит из трех основных частей: осветительной I, спектральной (оптической) II, и приемно-регистрирующей III.

В осветительную часть входят источник света 1 и конденсорные линзы или зеркала 2, равномерно освещающие входную щель прибора 4. В кювете 3 устанавливается исследуемый и эталонный образец.

Спектральная часть (монохроматор) содержит входной объектив 5 и диспергирующую систему 6. Выходной объектив 7. В фокальной плоскости 8 устанавливается регистрирующее устройство 9.



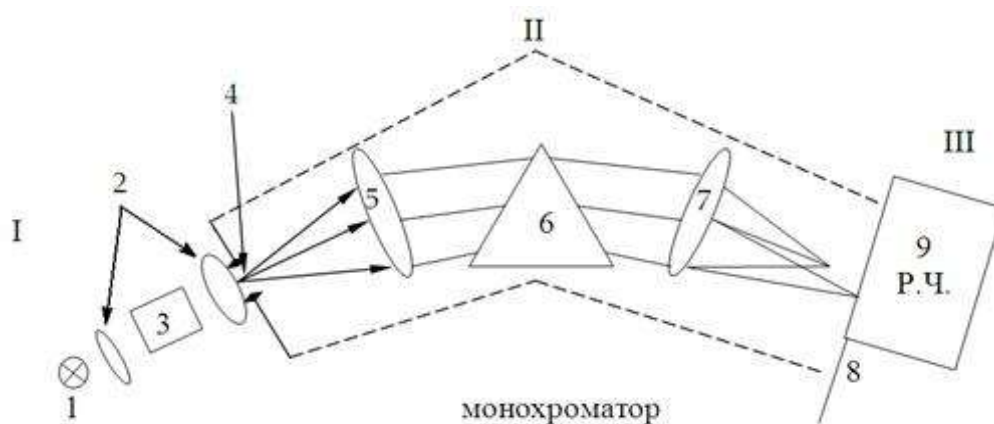


Рис. 5. Принципиальная схема спектрального прибора

Конструкция спектрального прибора определяется его оптической схемой, методом регистрации спектра и видом спектрального анализа.

Спектр может регистрироваться визуально, фотографически и фотоэлектрически.

Источники излучения. В молекулярной спектроскопии используются два типа источников излучения - тепловые и газоразрядные. Тепловые имеют непрерывный спектр, газонаполненные - линейчатый. В видимой и близкой ИК-областях применяются газонаполненные лампы с вольфрамовой нитью, в коротковолновой и средней областях - штифт Нерста, силитовый стержень (глобар). Изготавливается он из карбида кремния, диаметр его равен 4 - 6 мм.; рабочее напряжение 35 - 50 В, сила тока 3 - 5 А, мощность излучения 150 - 250 Вт, температура 1200°C. Форма кривой распределения энергии силитового стержня близка к форме кривой излучения абсолютно черного тела.

Монокроматор - оптический прибор, позволяющий производить измерения в широкой спектральной области и в очень узком интервале длин волн. Основным элементом монокроматора является диспергирующая система в виде призмы или дифракционной решетки. Фокусирующими элементами служат зеркала, т.к. невозможно изготовить линзы, которые были бы прозрачны в обычно используемом инфракрасном диапазоне частот.

Приемники излучения подразделяются на тепловые и фотоэлектрические. В ИК-областях спектра в качестве приемника

применяются фотоэлементы, фотосопротивления, болометры. Принцип действия болометра заключается в изменении электрического сопротивления термочувствительного элемента при нагревании. Инфракрасное излучение, попадающее на болометр, вызывает слабый ток малого напряжения, который усиливается с помощью усилителя переменного тока с последующей записью спектральной кривой.

Регистрация спектров поглощения. Обычно спектр записывается с помощью самописца в координатах  $k=f(\lambda)$  или  $k=f(\nu)$ . Спектрофотометры по способу записи разделяются на однолучевые и двухлучевые. Современные двухлучевые спектрофотометры позволяют автоматически зарегистрировать инфракрасные спектры поглощения твердых, жидких веществ в процентах пропускания в различном диапазоне частот. Так, например, спектрофотометр ИКС - 29 работает в интервале частот  $4200 - 400 \text{ см}^{-1}$ .

Градуировка обычно производится по эталонным спектрам (нормалям), волновые числа, максимумы, полосы поглощения которых точно известны (например, полистирол). Спектрофотометры - оптические приборы, позволяющие измерить отношение интенсивности двух световых потоков в зависимости от длины волны. Для повышения качества регистрации спектра поглощения исследуемым веществом желательно устранить сигнал фона - поглощения атмосферными газами, окнами кюветы, где находится образец, и т.д. С этой целью в спектрофотометре используется двухлучевая схема, позволяющая компенсировать фоновый сигнал.

На рис.6 приведена принципиальная схема двухлучевого спектрофотометра.

ИК-излучение от источника 1 делится на два пучка системой зеркал 2. Рабочий пучок проходит через кювету с образцом 3, а пучок сравнения - через компенсатор фона 4. С помощью дисконмодулятора 5 пучки попеременно направляются на входную щель монохроматора 6 и через нее - на дифракционную решетку 7, которая разлагает излучение в спектр и направляет его на выходную щель 8. Монохроматическое изображение щели попадает на приемник - висмутовый болометр 9. В отсутствие

исследуемого образца интенсивности рабочего пучка и пучка сравнения одинаковы, в приемнике сигналы от этих пучков вычитаются; на выходе сигнал отсутствует. При поглощении рабочего пучка исследуемым веществом на приемник попадают лучи различной интенсивности, в результате чего в приемнике возникает переменный сигнал. После усиления и преобразования сигнала приводится в движение перо самописца 10.

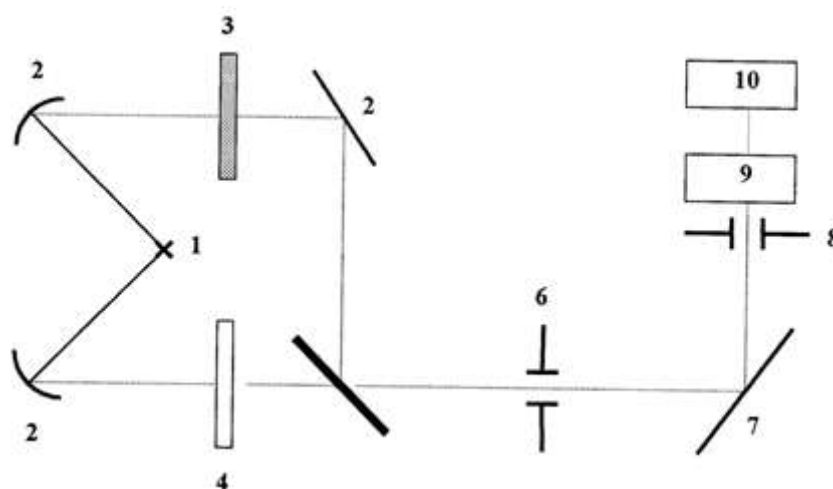


Рис. 6. Принципиальная схема двухлучевого спектрофотометра

При медленном повороте решетки щель 8 последовательно вырезает узкие участки спектра, и на ленте самописца вычерчивается кривая зависимости пропускания от длины волны.

Спектрофотометр SPECORD 75IR автоматически регистрирует инфракрасные спектры пропускания исследуемых проб в диапазоне волновых чисел  $4000 \div 400 \text{ см}^{-1}$ .

В спектрофотометре используется двухлучевая схема по принципу оптического дифференцирования. Принципиальная схема данного спектрофотометра приведена на рис. 1.3.

Исходящие из источника излучения лучи, которые направляются цилиндрическими зеркалами (2,3,4,5) в виде двух взаимно параллельных пучков в отверстия диафрагмы корректировки (6) и измерительной диафрагмы (7) перед самыми входными окошками кюветного отсека, дают у выходных окошек этого отсека два идентичных изображения излучающей площади.

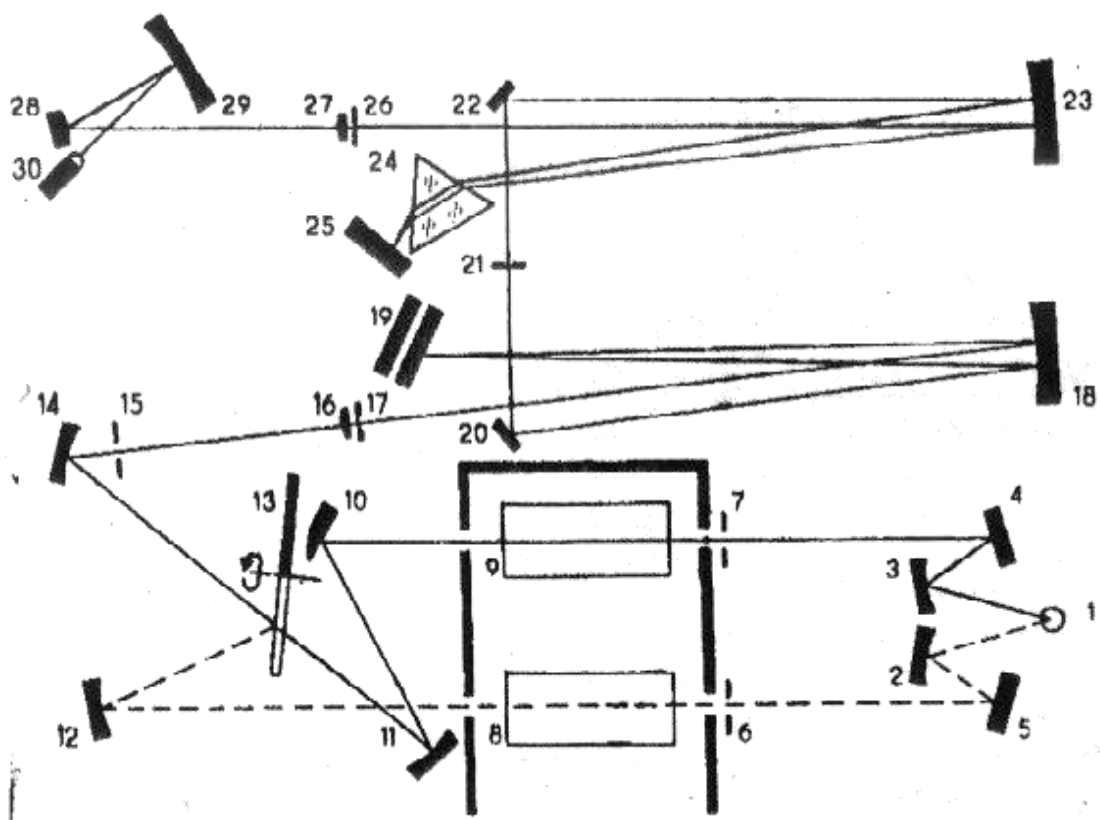


Рис.7. Схема спектрофотометра SPECORD 75IR

Зеркала (10,11,12) направляют эти изображения на зеркальный модулятор (13) представляющий собой плоское полукруглое зеркало, вращающееся вокруг перпендикулярной к отражающей плоскости оси со скоростью 750 об/мин. Сложный монохроматор выделяет из сплошного спектра исходящего из источника излучения интересующий в данный момент монохроматический компонент. Вогнутое зеркало (18) направляет прошедшие через апертурную диафрагму (15), бромисто-калиевую линзу (16) и входную щель (17) лучи в виде параллельного пучка на находящуюся в рабочем положении дифракционную решетку (19). В диапазоне волновых чисел  $4000 - 1200 \text{ см}^{-1}$  работает решётка с 162 штрихами на 1 мм, а в диапазоне  $1200-400 \text{ см}^{-1}$  - 54 штриха на 1 мм.

Прошедшие через промежуточную щель (21) в призменную часть монохроматора лучи направляются отклоняющим зеркалом (22) на вогнутое (23). Затем они в виде параллельного пучка пронизывают дважды бромисто-калиевую призму (24). В плоскости выходной щели образуется изображение входной.

Приёмник в виде вакуумного термоэлемента превращает выделенный монохроматором компонент модулированного излучения в электрический сигнал. После усиления и преобразования сигнал приводит в движение перо самописца и на ленте самописца вычерчивается кривая зависимости пропускания ( $T$ ) от длины волны:

$$T = \frac{I}{I_0} = \beta(\lambda)e^{-k(\lambda)dS}$$

где  $I_0$  и  $I$  - соответственно интенсивности излучения до и после прохождения пучка через слой пробы толщиной  $d$ ;

$k(\lambda)$  - коэффициент поглощения для данной длины волны;

$\beta(\lambda)$  - коэффициент, учитывающий потери на отражение;

$S$  - коэффициент, учитывающий степень поляризации луча.

Величина

$$D = \ln \frac{I_0}{I} = \ln \frac{1}{T} -$$

оптическая плотность, которая линейно зависит от толщины поглощающего слоя, коэффициента поглощения и концентрации вещества в пробе.

#### Подготовка проб к анализу

Современные методы препарирования позволяют приготовить образцы твёрдых, жидких, газообразных веществ, обеспечивающие получение вполне надёжных, с высокой точностью воспроизводимых спектров. При записи спектров твёрдых веществ оптимальной является толщина слоя образца в пределах от десятых долей до нескольких микрон. Так как сплошные слои для минералов такой толщины получить очень сложно (исключение составляет слюда и слюдоподобные минералы), то прибегают к универсальным методам прессования тонкого порошка пробы с каким-либо веществом, прозрачным в нужной области спектра. При приготовлении порошковых проб необходимо, чтобы частицы пробы были соизмеримы с длиной волны падающего излучения, иначе возможно сильное рассеивание инфракрасного излучения частичками порошка. Такой препарат можно получить путём выпаривания препарата на специальной подложке; возможно применение суспензии в вазелиновом масле. Образцы в виде масел

сжимают между стёклами из KBr, жидкости сжимают в специальных стаканчиках. Для легколетучих жидкостей используются герметически закрытые кюветы. Газообразные пробы анализируют, заполняя ими газовую кювету.

Дополнительные приспособления: в ИК-спектроскопии в зависимости от поставленных задач и объектов исследования применяется множество дополнительных, разнообразных устройств и приспособлений. Для изучения температурной зависимости спектров различных агрегатных состояний вещества и полиморфизма используются печи различных конструкций и термостатирующих систем. Высокотемпературные исследования ИК-спектров требуют весьма сложных конструкций печей, изоляций от спектрофотометра во избежание его нагрева.

Для проведения поляризованных измерений в ИК-спектроскопии при исследовании ориентировочных образцов используют поляризаторы ИК-излучения.

Объектом анализа по ИК-спектрам может быть органическое и неорганическое вещество в твёрдом, жидком и газообразном состоянии. Для записи ИК- спектра пробы необходимо 0,5-3 мг исследуемого вещества.

### Изучение устройства и принципа действия рамановского сканирующего микроскопа

RAMAN-11 – современный лазерный микроскоп, разработанный для микроскопии нового поколения. Рамановский метод открывает новые возможности имиджинга без окрашивания, что позволяет проводить исследование живых биологических образцов *in-vivo*. При использовании этого микроскопа нет необходимости ни в токсичных красителях, ни в дополнительном окрашивании препарата. RAMAN-11 дает возможность проведения глубокого анализа при исследовании материалов. С его помощью может быть обнаружено искажение в кристаллах полупроводников, например, в кристаллах кремния, и визуализация распределения этих искажений. Таким образом, становится возможным исследовать чистоту углеродных наноматериалов. Кроме того, RAMAN-11 позволяет обнаружить

структуру неизвестных материалов и проследить структурные изменения. Когда молекула освещается монохроматическим лазерным лучом, часть падающего света рассеивается с различными длинами волн. Этот рассеянный свет называется «рамановским светорассеянием». Рамановское светорассеяние определяется типом молекулы и является специфичным к молекулярной структуре, подобно отпечаткам пальцев. Более того, рамановское светорассеяние в кристаллах позволяет исследовать состояния кристаллической решетки, получать информацию об ее искажениях, дефектах, связанных с примесями и может эффективно использоваться для анализа кристаллов. Вследствие малой интенсивности рамановского рассеянного света, в существующих рамановских системах измерение одной точки образца требует длительного времени, а полный образ строится с помощью поточечного сканирования всего препарата. Скорость сканирования при этом является очень низкой. Скорость сканирования и, соответственно, скорость построения изображения в микроскопе RAMAN-11 удалось существенно увеличить. Применяемая в нем технология сканирования «летающее пятно» (flying spot) обеспечивает в 100 раз более быстрое сканирование по сравнению с обычными рамановскими микроскопами.

#### Возможности RAMAN-11:

1. Быстрый имиджинг рамановского спектра.
2. Трехмерное разрешение.
3. Устранение флуоресценции посредством переключения облучающей длины волны.
4. Все детали рамановского спектра можно увидеть на дисплее простым нажатием кнопки мыши.

#### Основные компоненты рамановского микроскопа:

1. Оптический микроскоп (прямой или инвертированный).
2. Быстрый сканнер.
3. Мощный лазер (532 нм и/или 785 нм) для возбуждения.
4. Спектрограф ( $f= 500$  мм, типа Czerny-Turner).
5. Термоэлектрически охлаждаемый CCD-детектор (400 x 1340 пикселей)

#### Особенности микроскопа:

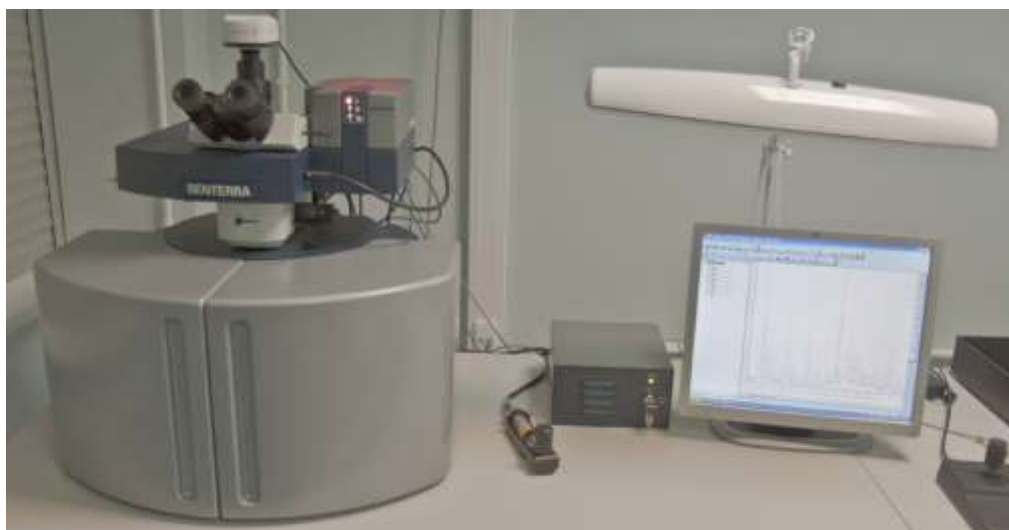
1. Разрешение в латеральном направлении 500 нм.

2. Разрешение в продольном направлении 1000 нм.
3. Поле обзора 100 мкм x 140 мкм (при 100-кратном увеличении объектива).
4. Скорость имиджинга на живых клетках 60 сек (полная регистрация спектра 2000 см<sup>-1</sup> - 1 полное поле сканирования).

Спектральные характеристики:

1. Спектральное разрешение 1.6 см<sup>-1</sup> (на 785 нм возбуждении).
2. Нижний предел длин волн 100 см<sup>-1</sup>.
3. Длина волны рамановского возбуждения 532/785 нм.
4. Решетки: 3 решетки внутри моторизованного барабана.

Экспресс рамановский спектрометр SENTERRA (Bruker)



Представленный спектрометр позволяет проводить экспрессные и рутинные измерения спектров комбинационного рассеяния. Комплекс имеет возможность проводить измерения жидких веществ и твердых образцов: стеклообразных, кристаллических, органических и неорганических веществ в форме порошков, тонких пленок, возможна работа с микроколичествами веществ. Комплекс имеет систему оптической визуализации образцов Olympus. Спектрометр оснащен тремя лазерами с длинами волн 488, 532, 785 нм и оптоволоконным датчиком для регистрации спектров образцов во внешнем кюветном отделении.



### Основные характеристики:

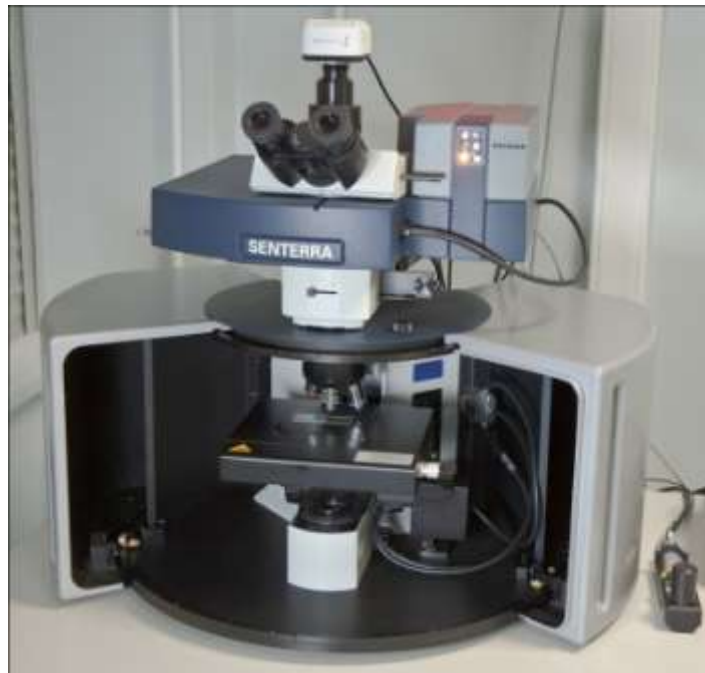
- Спектрометр размещается на платформе конфокального оптического микроскопа, имеет I класс защиты от лазерного излучения.
- Спектральный диапазон регистрации спектров КР: 80-4500 $\text{см}^{-1}$ .
- Спектральное разрешение: лучше 3  $\text{см}^{-1}$ .
- Калибровка по длине волны: непрерывная, в течение всего процесса регистрации спектра.
- Длины волн возбуждающих лазеров (в скобках указана максимальная мощность): 532нм (20мВт), 785нм (100мВт), 488 нм (20 мВт).
- Детектор: высокочувствительный CCD детектор с Пельтье охлаждением до  $-70^{\circ}\text{C}$ .
- 2 дифракционные решетки – 400 штрихов/мм и 1200 штрихов/мм.
- Поляризатор для проведения измерений в поляризованном свете.
- Оптоволоконный датчик для регистрации спектров образцов во внешнем кюветном отделении.



### Характеристики конфокального микроскопа с устройством визуализации исследуемого объекта:

- Пространственное разрешение: от 1 мкм.
- Конфокальная оптика с гибридной диафрагмой, управляемой компьютером.

- Апертура: комбинированная с щелевыми отверстиями апертуры для высокой светосилы и круглыми для конфокальных измерений.
- Конфокальное разрешение 2 мкм.
- Цветная CCD камера для визуализации точки съемки, разрешение 1,3 Мпикселя.
- Тринокулярная насадка под оптические объективы различной кратности:
  - 20x (рабочее расстояние: 1.3mm)
  - 50x (рабочее расстояние: 0.38mm)
  - 4x, 10x, 50x (длиннофокусный)
  - 100x (рабочее расстояние: 0.9 мм)
- Предметный столик: автоматизированный, управление при помощи джойстика и ПО, диапазон перемещения: 75мм x 50мм, точность перемещения: 0.1мкм.



#### Характеристики программного обеспечения:

Комплект программного обеспечения для управления КР спектрометром позволяет производить диагностику работоспособности оптической системы, регистрацию спектров, обработку данных измерений со специальными пакетами программ:

- Идентификация с функцией оптимизации спектра.

- Выполнение одномерного и многомерного анализов.
- Проведение рутинных анализов.
- Трехмерная визуализация данных спектрального анализа.
- Идентификация вещества библиотечным поиском, возможность построения собственных спектральных библиотек.
- Функция коррекции интенсивности спектра.
- Функция автоматического удаления флуоресценции на лазере с длиной волны 785 нм.
- Библиотека КР спектров.

Области применения:

Типовые приложения Рамановской спектроскопии в области материаловедения и нанотехнологий:

- В материаловедении для исследования любых типов неорганических и органических материалов, включая полупроводниковые элементы;
- В геммологии, минералогии для изучения драгоценных камней, минералов;
- В органической химии для изучения механизмов реакций и характеристики продуктов синтеза;
- При разработке и контроле различных производственных процессов;
- В криминалистике Рамановская спектроскопия может применяться для идентификации:
  - красок, чернил (авария автомобилей, идентификация рисунка)
  - полимерных пленок, различных волокон, твердых включений, стекол
  - взрывчатых, наркотических, отравляющих веществ
  - состава взрывчатых смесей, порохов
- В фармацевтике при разработке и контроле производства таблетированных форм лекарств и кремов;
- Определении дефектов решетки;
- Изучение процессов коррозии.

## Контрольные вопросы

1. Как получают инфракрасные спектры поглощения?
2. Что применяют в качестве источника и приёмника ИК-излучения в спектрофотометре?
3. От каких величин зависит оптическая плотность  $D$ ?
4. Принципиальная схема инфракрасного прибора.
5. Методика приготовления образцов для ИК-анализа.
6. Как производится регистрация спектров поглощения?
7. Методика сканирующей туннельной микроскопии. Устройство, принцип работы сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) при исследовании и контроле наличия наночастиц на поверхности и в структуре текстильных материалов.
8. Недостатки и достоинства сканирующей туннельной микроскопии.
9. Методика атомно-силовой микроскопии. Устройство, принцип работы атомно-силового микроскопа (АСМ) при исследовании и контроле наличия наночастиц на поверхности и в структуре текстильных материалов.
10. Недостатки и достоинства атомно-силовой микроскопии.
11. Спектрофотометры и фотоколориметры. Назначение, принцип действия.
12. Рамановский лазерный микроскоп RAMAN-11. Устройство, принцип работы. Назначение и области применения. Возможности.
13. Основные структурные элементы RAMAN-11. Их назначение.
14. Спектральные характеристики рамановского лазерного микроскопа RAMAN-11.
15. Экспресс рамановский спектрометр SENTERRA (Bruker). Устройство, принцип работы. Назначение и области применения. Возможности.
16. Характеристика программного обеспечения рамановских спектрометров.

**Список использованных источников**

1. Катц, Н.В. Металлизация тканей [Текст]/Н.В. Катц. М.: Лёгкая индустрия, 2006. 144 с.
2. Сергеев, Г.Б. Нанотехнология [Текст]/ Г.Б. Сергеев. М.: Изд-во МГУ, 2006. 335 с.
3. Андриевский, Р.А. Наноструктурные материалы. М [Текст] Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля/М.:Академия. 2005. 340 с.
4. Суханов, В.Н. «Отечественные методы и средства сканирующей туннельной микроскопии и электроаналитики в исследованиях антропогенного влияния продукции текстильной и легкой промышленности» [Текст]/ В.Н. Суханов, Т.И. Хаханина, В.К. Неволин, Б.П. Осипов// Тез.1 Международной научно-практической конф. «Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования, образование». С- Петербург. 2005. С. 202.
5. Суханов, В.Н. «Нанотехнологии в контроле экологической безопасности промышленной продукции» [Текст]/ В.Н. Суханов, Т.И. Хаханина, Б.П. Осипов, С.А. Сухарев// Тез. II Международной научно-практической конференции «Нанотехнологии – производству 2005». Фрязино: «Концерн Наноиндустрия». 2005. С. 109.
6. Осипов Б.П., Богатырев О.Д. Применение элементов нанотехнологии в текстильной промышленности [Текст]/ Б.П. Осипов, О.Д. Богатырев //Тезисы Международной научно-практической конференции «Нанотехнологии-производству». Фрязино. 2009.
7. Хаханина, Т.И., Суханов В.Н., Осипов Б.П. и др. Методы и средства атомно-силовой микроскопии и электроаналитики в исследованиях антропогенного влияния продукции текстильной и легкой промышленности [Текст]/Т.И. Хаханина, В.Н. Суханов, Б.П. Осипов// Тез. Докл. II Международной научно-практической конференции «Окружающая среда и здоровье». Пенза: РИО ПГСХА. 2009. С.91-92.
8. Пул, Ч. Нанотехнологии [Текст]/ Ч. Пул, Ф. Оуэне. М.: Техносфера. 2009. - 412 с.

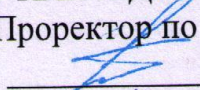
**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра дизайна и индустрии моды

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

  
О.Г. Локтионова

« 3 » 11



**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И ФОРМОЗАКРЕПЛЕНИЯ В  
ОДЕЖДЕ. СОВРЕМЕННЫЕ ОСНОВНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОДЕЖДЫ. ФОРМИРОВАНИЕ  
НОМЕНКЛАТУРЫ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОДЕЖДЫ НОВОГО  
ПОКОЛЕНИЯ**

Методические рекомендации  
по выполнению практических занятий  
для студентов направления подготовки 29.04.05

Курск 2023

УДК 687.03

Составитель: Т.А. Добровольская

Рецензент

Кандидат социологических наук, доцент *Е.В. Колесникова*

**Анализ современных технологий формообразования и формозакрепления в одежде. Современные основные и прикладные материалы для одежды. Формирование номенклатуры материалов для одежды нового поколения: методические указания по выполнению практических занятий / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Т.А. Добровольская.- Курск, 2023. - 20 с. - Библиогр.: с. 20.**

Содержат рекомендации по выполнению практических занятий по дисциплинам «Мировые тенденции развития ассортимента материалов и изделий легкой промышленности» изложены основные теоретические сведения

Предназначены для студентов направления подготовки 29.04.05 «Конструирование изделий легкой промышленности» дневной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.  
Усл.печ.л. . Уч.-изд.л. . Тираж 25 экз. Заказ. Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ И ФОРМОЗАКРЕПЛЕНИЯ В ОДЕЖДЕ. СОВРЕМЕННЫЕ ОСНОВНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОДЕЖДЫ. ФОРМИРОВАНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОДЕЖДЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

### **Задание:**

1. Изучить способы образования объемной формы изделий.
2. Изучить способность текстильных материалов к формообразованию, к формозакреплению. Способы формозакрепления.
3. Изучить основные методы формообразования при разработке моделей швейных изделий.
4. Изучить актуальные вопросы современного формообразования одежды сложных форм

### **Отчет должен содержать ответы на вопросы:**

1. Способностью к каким видам деформации определяется формообразование материалов для одежды?
2. Что такое утонение? При обработке каких элементов швейных изделий оно имеет важное значение?
3. Что такое изгиб?
4. Вследствие чего возникает деформация растяжения и деформация сжатия??
5. Какие существуют методы фиксации деформации волокон?
6. От чего зависит модификация волокон?
7. Какие существуют проблемы в формообразовании одежды сложных форм и какие методы решения предлагаются для их устранения?

**Задание:** разработать номенклатуру современных материалов для заданного изделия



## Теоретические сведения

### *Способы образования объемной формы изделий*

Одна из основных задач, решаемых в процессе проектирования и изготовления швейных изделий,— создание устойчивой объемной формы одежды из плоских материалов, какими являются ткани, трикотажные и нетканые полотна.

Объемная форма одежды может быть получена двумя способами:

- во-первых, путем разработки конструкции изделия с *максимальным членением* его на части, для чего используются вытачки, швы, рельефы, складки и т. п. (при этом, чем больше членение детали, тем точнее ее форма будет воспроизводить форму одеваемой поверхности);
- во-вторых, путем *изменения геометрических размеров материала* на отдельных участках детали, для чего используются деформационные свойства материала.

Применяя второй способ, можно воспроизвести требуемую форму изделия при минимальном членении его на детали, что значительно снижает трудоемкость обработки изделия и уменьшает расход материала. На практике чаще всего используют *комбинированный способ* получения объемной формы, сочетающий в себе в большей или меньшей степени указанные выше способы.

Применение того или иного способа получения объемной формы одежды зависит от характера поверхности изделия, степени ее кривизны, используемого метода конструирования, деформационных свойств материала.

Способность материала образовывать пространственную форму и устойчиво сохранять ее в условиях носки одежды *называется формовочной способностью материала*. Таким образом, формовочная способность текстильного материала - это его способность к формообразованию и формозакреплению.

## *Способность материалов к формообразованию*

Способность текстильного материала к формообразованию определяется его механическими свойствами, способностью к различным видам деформации: утонению, изгибу, растяжению и сжатию.

**Утонение** — деформация материала вследствие его сжатия по толщине. При утонении в структуре материала наблюдается изменение высоты волн нитей, увеличение углов обхвата нитей, сплющивание нитей в местах контакта, уплотнение всей структуры материала. Для образования пространственной формы утонение не имеет существенного значения, так как толщина текстильных материалов очень мала по сравнению с его другими геометрическими размерами. Однако при обработке таких элементов швейных изделий, как края бортов и воротников, низ изделия, складки и т. п., утонение имеет важное значение; оно играет также положительную роль при закреплении объемной формы изделия.

**Изгиб** — основной вид деформации при создании в одежде таких элементов формы, как складки, плиссе, гофре, края деталей и т. д. При создании объемной формы чистый изгиб позволяет получить оболочку только развертывающихся поверхностей (цилиндра, конуса). Однако эта оболочка не является устойчивой, так как текстильные материалы обладают малой жесткостью при изгибе (например, по сравнению с металлами). При образовании формы деталей одежды изгиб применяется в сочетании с другими видами деформации материала.

Наряду с изгибом основными видами деформации при получении пространственной формы деталей одежды являются **деформации растяжения и сжатия материала** на отдельных участках деталей. Вследствие анизотропности строения большинства текстильных материалов в их структуре при растяжении и сжатии в различных направлениях возникают деформации, различающиеся по характеру и величине.

Наибольшая анизотропия деформации растяжения и сжатия в различных направлениях наблюдается у тканей, что связано с их сетчатой структурой. При растяжении ткани в различных

направлениях ее общее удлинение происходит вследствие распрямления нитей, их удлинения в результате перемещения и растяжения волокон и, наконец, вследствие изменения угла между нитями основы и утка. Степень участия всех трех видов деформации структуры ткани в общем удлинении неодинакова и зависит в первую очередь от направления растяжения и величины прикладываемой нагрузки. При растяжении вдоль нитей основы и утка ткань удлиняется вследствие распрямления, а затем при более значительных нагрузках и вследствие растяжения нити. При растяжении ткани под углом к нитям основы и утка удлинение ее в основном является результатом изменения угла между нитями: прямоугольная ячейка ткани превращается в параллелограмм. Распрямление и растяжение нитей появляются позже, при достижении значительных усилий. Одинаковые по величине усилия, прикладываемые к ткани в различных направлениях, вызывают разные по величине деформации. Наибольшую деформацию ткань получает в направлении диагоналей ее ячеек, так как общее удлинение ткани в этом случае происходит в основном вследствие *изменения угла между нитями*.



Рис. 1. Векторная диаграмма изменения удлинения ткани при приложении нагрузки 1 даН в различных направлениях: 1 — чистшерстяной костюмной; 2 — полушерстяной костюмной



Рис. 2. Векторная диаграмма сокращения размеров ткани при суживании в различных направлениях: 1, 2, 3 — число циклов суживания

Деформация сжатия ткани в ее плоскости (*суживание*) является следствием так называемой принудительной усадки,

которая осуществляется с помощью воздействия на ткань тепла, влаги и внешней силы, сжимающей ткань в ее плоскости. Деформация сжатия ткани обусловлена тремя видами деформаций ее структуры:

- дополнительным изгибом нитей,
- сокращением длины нитей вследствие усадки и перемещения волокон,
- изменением угла между нитями.

Степень участия этих видов деформаций в общем сокращении размеров ткани зависит от направления сутюживания и числа циклов обработки. Как и при растяжении, наибольшее сокращение размеров ткани при сутюживании достигается по диагоналям ячеек, т.е. в случае, когда в полной мере используется способность ткани изменять угол между нитями (рис. 2).

Таким образом, наибольшее изменение размеров ткани (удлинение и сокращение) наблюдается при изменении угла между нитями. Это явление практически используется при формовании деталей швейных изделий. Способность ткани изменять угол между нитями основы и утка выделяют как *основное формовочное свойство ткани*.

Формовочное свойство ткани, т. е. ее способность легко изменять угол между нитями, положено в основу разработанной во МТИЛПе на кафедре технологии швейного производства методики конструирования, в которой использованы основные положения теории Чебышевской сети.

*Трикотажные полотна* обладают значительно большей деформационной способностью по сравнению с тканями. При приложении растягивающей нагрузки в структуре трикотажа изменяется конфигурация петель, нити перетягиваются из одних участков петель в другие, распрямляются и изгибаются. Анизотропия деформационных способностей трикотажа носит несколько иной характер, чем тканей. Наибольшая разница в удлинении наблюдается вдоль петельных столбиков и рядов, что связано с особенностями петельного строения трикотажа. В других направлениях деформации имеют промежуточное значение. При приложении нагрузки под углом к петельным столбикам одновременно с изменением угла между направлениями рядов и

столбиков (угла) происходит их линейная деформация. Поэтому формовочную способность трикотажа оценивают относительной деформацией в направлении петельных столбиков или рядов в зависимости от изменения угла между ними.

Многочисленные исследования показали, что для большинства трикотажных полотен эта зависимость носит линейный характер. Установленные зависимости для различных полотен используются при расчете разверток деталей трикотажных изделий, что позволяет получать технологичные конструкции при минимальном расходе материала.

На деформационные способности текстильных материалов большое влияние оказывают тепло и влага. Под их воздействием в структуре волокон ослабляются межмолекулярные связи, что увеличивает подвижность макромолекул, их способность к перемещению и деформированию. Кроме того, физико-механически связанная влага играет роль смазки в структуре материала, способствуя более легкому перемещению волокон и нитей при деформировании материала.

*Способность текстильных материалов к формозакреплению.*

*Способы формозакрепления*

При любом виде деформации текстильного материала (утонении, изгибе, растяжении, сжатии, изменении угла между нитями) нарушается равновесное состояние его структуры, в результате чего происходит перестройка элементов структуры: нити перемещаются, изгибаются или выпрямляются, сжимаются в местах контакта, растягиваются и т. п. Это приводит к различным видам деформации волокон, что в свою очередь связано с изменениями в их внутренней структуре и прежде всего с изменением в расположении макромолекул: межмолекулярные связи нарушаются, макромолекулы деформируются и перемещаются относительно друг друга.

Процесс перестройки структуры материала, нитей и волокон протекает до тех пор, пока не установится новое равновесное состояние в соответствии с приложенной внешней нагрузкой. При снятии нагрузки установившееся равновесное состояние вновь

нарушается: макромолекулы волокон стремятся вернуться в первоначальное положение, заставляя волокна и нити занять по возможности прежнее расположение в материале, т. е. протекает обратный релаксационный процесс.

Устойчиво закрепить форму текстильного материала в деталях изделия можно, либо фиксируя перестройку структуры материала, нитей так называемой *грубой структуры*, либо фиксируя изменение структуры волокон так называемой *тонкой структуры*.

**Закрепление «грубой» структуры** материала может быть достигнуто путем склеивания, скрепления нитей и волокон в новом положении, для чего используют синтетические смолы, прокладки с клеевым покрытием и т. п. Указанный способ весьма эффективен, особенно в случае, когда требуется увеличение жесткости материала на отдельных участках изделий, например полочках, рукавах (по низу), бортах, воротниках и т. д. Однако при таком способе фиксации структуры текстильных материалов значительно снижается их подвижность, способность к деформации, что на большинстве деталей одежды недопустимо при носке изделий, например на деталях рукавов, спинки, брюк, юбки и т. д.

Второй способ закрепления деформаций основан на **фиксации тонкой структуры**, т.е. на фиксации макромолекул деформированных волокон в их новом положении путем образования прочных межмолекулярных связей. Процесс фиксирования «тонкой» структуры материала состоит из разрушения старых межмолекулярных связей, деформирования и перемещения макромолекул в соответствии с деформацией материала, нитей, волокон, восстановления или создания новых связей между макромолекулами в их новом положении.

В этом случае прочность закрепления деформации волокон и соответственно самого материала будет зависеть от степени разрушения старых связей, от числа новых связей и их устойчивости к различным видам воздействий в условиях носки изделий (влаги, температуры, деформации), от степени деформирования волокон и количества волокон. Последнее связано со структурой материала. В рыхлой структуре материала волокна соединены между собой слабо, поэтому при деформации материала

они будут в большей степени перемещаться относительно друг друга, чем деформироваться.

В плотной структуре материала волокна в значительной мере связаны друг с другом, имеют меньшую способность к перемещению, поэтому при деформации материала они будут в большей степени деформироваться. Так как деформация плотного материала тесно связана с деформацией волокон, то устойчивое закрепление последней позволяет получить прочную фиксацию соответствующей формы изделия при сохранении подвижности структуры материала, его способности к обратимым деформациям. Наиболее распространенный метод фиксации деформации волокон — *влажно-тепловая обработка*, при которой в волокнах под действием повышенной влажности и тепла ослабляются и разрушаются межмолекулярные связи, происходит перестройка структуры в соответствии с деформацией волокна. При удалении влаги (сушке) и снижении температуры материала связи в новом положении макромолекул восстанавливаются, т.е. деформация волокон, нитей и, следовательно, материала закрепляется. Однако подобное закрепление непрочное; со временем при носке одежды в материале протекает обратный релаксационный процесс и часть зафиксированной деформации исчезает. Степень протекания обратного релаксационного процесса зависит от того, насколько условия эксплуатации изделий близки к условиям влажно-тепловой обработки. Чем больше разница в условиях влажно-тепловой обработки и носки изделия, тем прочнее будет закреплена деформация. Процесс перестройки структуры волокон при влажно-тепловой обработке в большой степени зависит от химического состава, надмолекулярной структуры волокна и вида межмолекулярных связей.

В волокнах *шерсти* под действием влаги и тепла перестраивается сетчатая надмолекулярная структура: происходят гидролиз дисульфидных связей и восстановление их в новом положении макромолекул. Поэтому получаемая при влажно-тепловой обработке форма изделий из шерстяных тканей обладает повышенной устойчивостью к действию влаги, тепла и многократных деформаций.

В *целлюлозных* волокнах (хлопковых, вискозных, льняных) при влажно-тепловой обработке перегруппировываются водородные связи; получаемая перегруппировка, однако, весьма неустойчива к действию воды.

В *гидрофобных* волокнах (капроновых, лавсановых, нитроновых, триацетатных и др.) связи закрепляются в основном путем тепловой стабилизации. Под действием тепла увеличивается кинетическая энергия движения молекул и атомов макромолекул, в результате чего ослабляются и разрушаются межмолекулярные связи. При охлаждении волокон эти связи восстанавливаются и устойчиво закрепляют деформацию волокна. Получаемая фиксация формы изделия весьма устойчива к действию влаги.

Чтобы **повысить степень закрепления формы** швейных изделий, в настоящее время разработан ряд методов, основанных на более глубокой структурной модификации деформируемых волокон.

Сущность модификации зависит от вида волокна.

Для *шерстяных* материалов применяют методы фиксации, основанные на углубленной перестройке существующей сетчатой структуры шерсти. Для этого используют специальные реагенты, действующие на дисульфидные (типа восстановителей) и водородные (мочевина) связи. В результате в большем объеме, чем при влажно-тепловой обработке, разрушаются и восстанавливаются межмолекулярные связи в структуре волокон.

Для материалов из *целлюлозных* волокон используют методы, основанные на создании сетчатой надмолекулярной структуры: между макромолекулами этих волокон в отдельных местах образуют химические связи («сшивание» структур). Сущность обработки заключается в том, что в структуру волокна вводятся бифункциональные соединения, способные, с одной стороны, реагировать с целлюлозой (в частности, с группой —ОН), с другой стороны, образовывать поперечные связи, или мостики, между соседними макромолекулами. К таким соединениям относятся: формальдегид, метилolated соединения (карбамол, карбазон и др.), эпоксидные смолы и т. п.

Подобные обработки можно проводить непосредственно при формовании деталей изделий, однако более широко



применяется *метод предварительной обработки материала*. Ткань на текстильном предприятии в процессе окончательной отделки обрабатывается нужными препаратами и высушивается при невысокой температуре (не более 80 °С). В таком виде ткань поступает на швейное предприятие, где из нее обычными способами изготавливаются изделия. На стадии заключительной отделки при формовании и последующей термофиксации при высокой температуре (180-190 °С) в волокнах протекают процессы стабилизации структуры, в результате которых изделие приобретает устойчивую в условиях эксплуатации фиксацию формы. Подобная обработка хлопчатобумажных и вискозных тканей получила название «форниз»—формование несминаемых изделий.

### *Основные методы формообразования при разработке моделей швейных изделий*

Одно из основных элементов качества одежды является — его форма. По результатам исследований формы одежды выделяют четыре аспекта:

- 1) ткань, фактура, цвет, декор, линии, отделки, видимые швы;
- 2) степень свободы одежды, выражающаяся в степени ее прилегания к фигуре в различных точках;
- 3) структура, как геометрическая внутренняя характеристика формы;
- 4) пластическая форма фигуры человека.

Внешняя форма одежды во многом определяется силуэтными, конструктивными и декоративными линиями.

Формы современной одежды сложны и многообразны, а их создание достигается не только расчленением монолитной формы на части определенного геометрического вида, но и формообразованием отдельных деталей.

Формообразование кроеной одежды — это процесс создания объемных форм, основанный на способности ее материалов под действием деформаций изгиба, растяжения и смятия создавать пространственную форму.

Способ формообразования деталей зависит от конфигурации поверхности участка (вогнутости или выпуклости), свойств материалов, направления моды и т.д. Различают основные три метода формообразования деталей: конструктивный (механический); с использованием формовочных свойств материалов (физико-механический) и комбинированный (Рис.3.).



Рис. 3. Основные формообразующие элементы при проектировании конструкции одежды

Конструктивный метод является более распространенным и универсальным способом. Этот метод обеспечивает получение объемной формы деталей за счет их полного или частичного членения материала на части конструктивными, конструктивно-декоративными линиями и вытачками.

Достоинство метода — возможность получения поверхности формы любой сложности из любых материалов с высокой точностью воспроизведения. Для этого метода характерно устойчивое закрепление практически любой формы и ее формоустойчивость в эксплуатации. Для реализации его не требуется сложного специального оборудования. Вследствие этого конструктивным средствам нередко отдается предпочтение при

создании объемных форм различных изделий.

Формообразование с использованием формовочных свойств материалов (физико-механический) — этот метод обеспечивает получение объемной формы за счет сетчатой структуры текстильных материалов, их драпируемости или изгибания (распрямления) нитей. Чтобы создавать подлинно художественные, гармоничные формы изделий, устойчивые в эксплуатации, при рациональных материальных и трудовых затратах на изготовление этих изделий, надо правильно использовать свойства материалов.

Формообразование за счет подвижности сетчатой структуры материала основано на сгибании поверхности ткаными материалами. В них под воздействием внешних сил прямоугольные ячейки, образованные нитями основы и утка, приобретают форму параллелограмма, что обеспечивает получение объемной формы. Для сохранения полученной формы по краям деталей необходимо проложить кромки, прокладки или швы, при этом одна из деталей, входящих в шов, не должна иметь посадки.

Ограничения использования данного способа формообразования обусловлены способностью материалов, изменять угол между нитями основы и утка до определенного предела (величина максимального угла перекоса равна 10–150°), а также способностью материалов со временем релаксировать за счет перераспределения углов. В связи с последним замечанием целесообразно не проводить формообразование на опорных поверхностях.

Создание объемной формы за счет драпируемости материалов, т.е. за счет способности материалов изгибаться в складках, драпировках, при этом принимая определенную пространственную форму. Ограничения применения данного способа обусловлены свойствами материалов и декоративностью поверхности. Принципы формообразования на геометрических моделях характерны и для реальных деталей одежды.

Характер членения одежды на составные части определяется: сложностью поверхностей одежды и тела чело века (поверхность относится к классу неразвертываемых, поэтому членение ее неизбежно); традициями конструирования; особенностями конкретной модели; требованиями художественной

выразительности. Одежда с помощью удачно выбранных линий членения может подчеркнуть достоинства фигуры человека или скрывать ее недостатки, корректировать пропорции частей формы; трудностями технологической обработки материала. Так, в пальто приталенной формы для обеспечения эффекта вводится членение по линии талии. Учитывается направление нити основы. На полочке и спинке нити основы должны идти в одном направлении — продольном, для этого вводится членение по плечевому участку; шириной и другими свойствами материала. При изготовлении изделий из узких материалов приходится делать дополнительные членения одежды, усложняя общую форму. Ограниченная площадь натуральных кож заставляет проектировать большие детали (спинку, полочку, пальто) из двух-трех частей, вводят членения по линии груди, талии или бедер, которые включают еще и элементы формообразования.

Кроме перечисленных выше факторов должны быть учтены жесткость, драпируемость, осыпаемость и другие свойства конкретного материала, определяющие его способность к формообразованию. Этот метод нецелесообразно использовать в материалах, отличающихся высокой раздвижкой в швах и прорубаемостью. Этот метод увеличивает трудоемкость изготовления изделия.

Формообразование с использованием пластических свойств волокон (физико-механический) основано на термопластических свойствах волокон, т.е. изменении размеров волокон под воздействием тепла, влаги и давления на молекулярную структуру волокон. Технологические средства формообразования:

- Проектирование деформаций по срезам деталей (посадка, растяжение) и закрепление их с помощью ВТО (сутюживание, оттягивание);
- ВТО наиболее часто используют при работе над формой верхней одежды из шерстяных тканей, когда хотят избежать применение видимых членений (вытачки). Например, для создания выпуклости деталей спинки в области лопаток ткань сутюживают по плечевому срезу и со стороны проймы. Возможен другой вариант: оттягивают ткань по сгибу на участке лопаток;

- Изменения угла между нитями основы и утки (раскрой ткани с учетом направления нитей в деталях и действующих сил);
- Использование каркасных элементов (плечевые накладки, формоустойчивые прокладки, кромки и т.д.)

Ограничение в использовании данного метода обусловлено термопластическими свойствами волокна. Достоинством метода является возможность формирования многослойных пакетов. Учитывая, что с течением времени может произойти релаксация материалов, целесообразно применять данный метод для формирования участков изделия, соответствующих опорным поверхностям.

В формообразовании современной одежды доминирует комбинированный способ, который представляет собой сочетание всех трех рассмотренных способов. В этом случае удастся добиться высокой точности воспроизведения формы и устойчивости ее в эксплуатации. Комбинированный метод формообразования основан на одновременном использовании нескольких методов.

### *Актуальные вопросы современного формообразования одежды сложных форм*

Способы формообразования одежды широко представлены в литературе, данные постоянно дополняются и углубляются. Наряду с этим, тем не менее, возникает ряд нерешенных вопросов, тормозящих переход развития формообразования одежды на новый уровень.

Самой важной и нерешенной проблемой представляется большая раздробленность информации о формообразовании одежды, отсутствие единой терминологии и однозначных структурных схем получения модельных образований. Научная литература, связанная с формообразованием одежды, условно может быть разделена по следующим направлениям: связанная с принципами формообразования в дизайне одежды; способами проектирования базовых конструкций (БК) различной одежды для фигур разного рода из разнообразных материалов; освещающая вопросы моделирования и изготовления такой одежды; а также

исследования, связанные с изучением и прогнозированием изменения свойств материалов в одежде при эксплуатации.

Все эти направления развиваются в разной степени успешно.

Вторым научным направлением можно считать способы получения исходных базовых конструкций различной одежды для фигур разного рода. В настоящее время вопросы получения базовых конструкций (БК) одежды успешно решены. Известны различные методики и методы получения одежды, в том числе подробно описанные и формализованные в САПР. Объемное проектирование (системы проектирования в трех измерениях) БК — оболочек одежды представляется наиболее перспективным, и для серийного, и для индивидуального изготовления одежды, поскольку обеспечивает высокие характеристики посадки получаемой оболочки на фигуре сразу, и таким образом ведет к существенному сокращению сроков изготовления одежды и ее высокому качеству.

Следующее научное направление в области формообразования одежды связано с вопросами моделирования и изготовления такой одежды. Наряду с традиционными приемами моделирования, в последнее время появились совершенно новые: получение одежды из модулей (одежда собирается как из кирпичей из отдельных модулей, каждый из которых обрабатывается отдельно и имеет простую геометрическую форму. Способ соединения модулей может быть различным: узлы, ленты, банты, крючки, потайные застёжки, с помощью ленты «велкро» и др.); использование приемов трансформирования в одежде (платье, например, может превращаться в брюки, юбку, блузу, другое платье. Трансформируемые путем драпирования, завязывания, скручивания предметы преимущественно женской одежды получают на основе разных геометрических фигур. Форма особо популярных в настоящее время подобных изделий зависит и определяется используемыми материалами: растяжимыми или нет, гладкими или с рисунком, тонкими, воздушными или, наоборот, тяжелыми, ниспадающими); приёмы использование оригами — элементов в одежде; метод деконструкции, который заключается в новом подходе к моделированию одежды и представляет собой свободное манипулирование формой и посадкой изделия на

фигуре, отказ от норм «хорошего вкуса» (асимметричный крой, неровные края одежды; разрывы, всевозможные прорезы и дырки; деление конструкции на правую и левую половины); метод инверсии (швы наружу, лацканы на спине, застежки в нетрадиционных местах, вытачки «налицо»); элементы незавершенности; нарушение традиционной технологии и др.

Описать подобные предметы одежды традиционными методами моделирования очень трудно, требуется более тщательный, структурированный научный подход. Удачным решением представляется выделение отдельных модельных узлов, уточнение или разработка методики проектирования и их пристраивание к деталям/шаблонам базовых конструкций оболочек одежды. При этом отдельными модельными узлами могут считаться и драпировки, и отдельные модельные элементы, складки, воланы, отдельные модули одежды, оригами-элементы и др. Готовые модельные узлы «накладываются», пристраиваются на подходящую базовую конструкцию одежды с подходящими характеристиками к конкретному случаю. Данный подход предполагает возможность «отдельного» изучения модельных образований в одежде, выявлять достоверное изменение свойств материалов в процессе изготовления и эксплуатации.

Актуальность решения следующего вопроса формообразования одежды следует из вышесказанного и связана с разработкой методов исследования свойств материалов деталей/шаблонов базовых конструкций оболочек одежды и определение связей со стандартными методами исследования материалов.

Например, вопросы оценки и прогнозирования драпировок в одежде остаются актуальными уже продолжительное время. Интерес обусловлен также постоянным развитием ассортимента материалов для одежды, сложностью и разнообразием конструктивных узлов. Однако, в настоящее время вопросы достоверного драпирования материалов в литературе, в том числе профессиональной, освещены недостаточно. Стандартные методы оценки драпируемости материалов устанавливают только способность материалов к драпированию, в общем, и не дают сведений о процессе драпирования самих изделий из этих

материалов. Усовершенствованные методики также имеют ряд недостатков, например, не учитывают многообразия узлов с драпировками и положения их в детали. Как правило, исследователи не связывают влияния массы самой драпировки, как избытка материала, и ее влияния на свойства драпировки.

Следует отметить, что в настоящее время недостаточно выявлена взаимосвязь между свойствами современных материалов и параметрами их структуры. Имеющиеся стандартные методы оценки свойств тканей в данном случае дают лишь ориентировочные характеристики, в целом. Следовательно, для решения проблемы, например, прогнозирования формы одежды с драпировками необходимо при создании модели изучить форму одежды в целом, рассматривая взаимосвязь конструктивных зон и используемых на этих участках систем материалов. Необходимо обобщить и систематизировать виды драпировок в одежде, а также модернизировать имеющиеся классификации драпировок.

Не менее важными и интересными представляются вопросы исследования анизотропии деформирования деталей/шаблонов базовых и модельных конструкций оболочек одежды и теоретическое описание деформирования. Например, при исследовании степени провисания конических юбок разного рода и простых драпировок в направлениях, отличных от нитей основы и утка, определена неравномерность изменения в сторону увеличения длины модельного узла, складки при свободном висе.

Таким образом, в век активного освоения технологий САД процесс проектирования и изготовления одежды все еще остается необоснованно трудоемким. Несмотря на популярность научных исследований текстиля, изделия из него изучены крайне мало. Комплексное изучение свойств одежды, от стадии проектирования текстиля до процесса эксплуатации, является крайне востребованным. Скорее всего, наука в одежде должна на данное время подвести некоторый итог и поставить новые научные направления и задачи.



## Библиографический список

1. Шершнева Л.П., Скрыльникова О.А. Инновации в оценке качества готовой продукции. //Швейная промышленность, №5, 2007, с.51 - 52.
2. Тихонова, В. П. Материаловедение изделий легкой промышленности [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. П. Тихонова, Г. Р. Рахматуллина, Д. К. Низамова. – Казань : КНИТУ, 2018. – 132 с. Режим доступа: <http://biblioclub.ru>
3. Тюменев, Ю. Я. Материалы для процессов сервиса в индустрии моды и красоты [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. Я. Тюменев, В. И. Стельмашенко, С. А. Вилкова. – Москва : Дашков и К°, 2019. – 400 с. Режим доступа - <http://biblioclub.ru/>
4. Сайитова У. С., Нутфуллаева Ш. Н., Нутфуллаева Л. Н. Алимов С. Р. Основные методы формообразования при разработке моделей швейных изделий //Молодой учёный. - № 10(114). - 2016 г. С. 296-298