

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи  
УДК 677.024

АБДУРАХМОНОВ АЗИЗ ФУРКАТ УГЛИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НОВОГО  
АССОРТИМЕНТА ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ НЕТКАННЫХ  
ПОЛОТЕН

Специальность: 5А320905 – Материаловедение, экспертиза и контроль  
качества продукции текстильной и легкой промышленности (хлопковая,  
текстильная и легкая промышленность)

ДИССЕРТАЦИЯ  
для получения академической степени магистра

Научный руководитель:  
доц.Р.Д.Акбаров

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

Ташкент-2015

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Факультет ТТП  
Кафедра  
«Текстильное  
материаловедение»  
2013-2015  
учебный год

Магистрант Абурахмонов А.  
Научный руководитель: доц. Акбаров Р.Д.  
Специальность: 5А320905 – Материаловедение,  
экспертиза и контроль качества продукции  
текстильной и легкой промышленности (хлопковая,  
текстильная и легкая промышленность)

**АННОТАЦИЯ МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

**Актуальность темы:** перспективы развития в Узбекистане высокотехнологичного, инновационного производства, вопросы дальнейшего развития в промышленности процессов кооперации и локализации предусматривают организацию и налаживание получения и изготовления материалов на основе местного сырья.

**Цель диссертационной работы:** разработка и исследования комплекса свойств электропроводящего нетканого полотна с заданными электрофизическими характеристиками.

**Задачи диссертационной работы:** анализ существующих технологий получения нетканых полотен для спецодежды; изучение классификации одежды; изучение требований к спецодежде с электропроводящими свойствами; анализ существующих способов испытаний спецодежды; исследование физико-механических и электрических свойств нового нетканого полотна с антистатическими свойствами; разработка рекомендаций по производству и использованию новых нетканых материалов при производстве спецодежды.

**Научная новизна:** проведены комплексные исследования свойств нового нетканого полотна с заданными электрофизическими характеристиками.

**Практическая ценность:** в результате проведенных исследований разработан способ получения опытного образца нового электропроводного нетканого полотна, обладающего комплексом антистатических и теплоизоляционных свойств.

**Объем и структура работы:** диссертация состоит из 3 глав, выводов, списка литературы. Общий объем работы 79 стр, 11 таблиц, 7 рисунков и 68 наименований использованной литературы.

Научный руководитель

\_\_\_\_\_  
(подпись)

Магистр

\_\_\_\_\_  
(подпись)



## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение.....	6
Глава I.	Литературный обзор.....	12
1.1.	Свойства и применение материалов, полученных на основе электропроводящих волокон.....	12
1.2.	Особенности материалов для специальной одежды.....	21
1.3.	Основные технические параметры утеплителей для спецодежды.....	30
1.4.	Анализ технологии получения утеплителей.....	39
Глава II.	Методическая часть.....	48
2.1.	Характеристики использованных материалов и полуфабрикатов.....	48
2.2.	Выбор приборов и методов исследования.....	54
2.2.1.	Методика определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве электропроводящего нетканого полотна.....	54
2.2.2.	Методика определения воздухопроницаемости ткани.....	55
2.2.3.	Методика определения поверхностной плотности ЭП нетканого полотна с помощью специальных весов и резаком.....	55
2.2.4.	Методика определения теплопроводности.....	56
2.2.5.	Методика определения электризуемости электропроводящего нетканого полотна.....	57
2.2.6.	Потенциометрический метод измерения электрического сопротивления материалов.....	57
2.3.	Статистическая обработка результатов исследований.....	58
Глава III.	Экспериментальная часть.....	60
3.1.	Выбор и обоснование сырья для изготовления экспериментального образца электропроводящего	60

	нетканого утеплителя.....	
3.2	Исследования физико-механических свойств экспериментальных образцов электропроводящего нетканого полотна.....	61
3.3.	Механические свойства материалов.....	61
3.3.1.	Определение разрывной нагрузки и удлинения при разрыве.....	61
3.3.	Исследование электрических свойств электропроводящего нетканого полотна.....	63
3.4.	Экономическая часть.....	70
	Вывод.....	73
	Литература.....	75
	Приложение.....	80

## ВВЕДЕНИЕ

Постановлением президента республики Узбекистан И.А.Каримова «О приоритетах развития промышленности Республики Узбекистан в 2011-2015 годах» подчеркнута необходимость увеличения производства экспортно-ориентированной конкурентоспособной промышленной продукции, расширения её рынков сбыта на базе диверсификации производства, улучшения и качественной переработки отечественного сырья [1].

Один из самых привлекательных самых важных и динамично развивающихся отраслей экономики Узбекистана – текстильной сектор является отраслью, требующих небольших затрат на инфраструктуру. Текстильный сектор обеспечивает экономическую и стратегическую безопасность, повышая благосостояние населения, способствуя развитию малых и средних предприятий, вносит вклад в согласованное развитие областей страны. Благоприятные условия созданные в республике для инвестиции, наряду с наличием сырья и рабочей силы, инжиниринга, банков и других объектов инфраструктуры, способствует динамичному развитию текстильного сектора страны.

Доля текстильной промышленности в ВВП Узбекистана имеет тенденцию постоянного роста, также как и в объеме промышленной продукции и непродовольственных товаров, ежегодный прирост производства составляет 25%

Как показывает мировая практика, текстильная отрасль, особенно основанная на местном, а не привозном сырье – одно из самых выгодных направлений бизнеса. Узбекистан богат сырьевыми ресурсами, занимая шестое место по производству и пятое по экспорту хлопкового волокна, является одним из ведущих участников мировой хлопковой индустрии. Сбор хлопка сырца в узбекистане ежегодно составляет свыше 3 млн.тонн. селекционеры республики ведут большую научную работу, направленную на селекцию новых сортов хлопчатника. Узбекский хлопок обладает

хорошими качественными характеристиками и является востребованным на международном рынке. Сегодня порядка 90% производимого в Узбекистане хлопкового волокна приходится на высокие сорта. Узбекистан обеспечивает высокие своевременные поставки продукции своим зарубежным партнерам, применяя абсолютно прозрачную систему ценообразования. Качество волокна во многом зависит от применения новых технологий [1].

Наряду с переработкой хлопка, развиваются такие отрасли как кокономотание и шелкоткачество, ковровое производство, увеличивается выпуск пряжи, тканей, трикотажных полотен и изделий, нетканой продукции швейных изделий, чулочно-носочных изделий и др.

В республике зарегистрировано более 2200 предприятий легкой промышленности, из которых около 33 входят в состав Государственной акционерной компании «Узбекенгилсаноат» которая производит 385 тыс. тонн пряжи, около 300 млн. м тканей 93 тыс тонн трикотажных полотен.

Ежегодно ассортимент выпускаемых текстильных изделий пополняется новыми наименованиями, которые пользуются большим спросом, как на внутреннем рынке, так и внешних рынках сбыта. Благодаря внедрению в отрасль высокопроизводительных современных технологий, экспорт продукции предприятий отрасли вырос в 110 раз против показателей первых лет независимости. Сегодня продукция легкой промышленности экспортируется в более 40 стран мира и география сбыта постоянно растет. Представители зарубежных кругов заинтересованы в инвестировании текстильной индустрии Узбекистана. Сегодня в нашей стране действует более 200 совместных предприятий. В отрасль привлечено более 1,8млрд долларов. Для поддержки реального сектора экономики, обеспечения стабильной работы и увеличения экспортного потенциала, в Узбекистане при крупных коммерческих банках сформированы инвестиционные компании. Основной целью этих

компаний является эффективная реструктуризация, управление активами, повторный запуск производства и обеспечение передачи предприятий местным или иностранным предпринимателям. Созданию совместных текстильных производств в Узбекистане способствуют такие фундаментальные основы, как доступная сырьевая база, уникальные инвестиционные льготы и преференции, высококвалифицированные специалисты, а также возможность доступа на рынок стран СНГ в режиме свободной торговли.

Техническое оснащение отрасли составляет самое современное высокопроизводительное оборудование из Италии, Германии, США, Швейцарии, Великобритании и других стран, в результате чего производительность возросло в 4 раза.

Большое значение в Узбекистане уделяется расширению ассортимента выпускаемой конкурентоспособной продукции. Только за последний год освоен выпуск свыше 50 новых видов продукции. В их числе фильтровальные ткани, авизент, габардин, джинсовые ткани, палаточное полотно, парусиновое полотно, готовые швейные трикотажные изделия и др.

В современных рыночных экономических условиях удовлетворение спроса в товарах народного потребления и технических материалах и изделиях за счет расширения ассортимента, повышения качества продукции, внедрения научно-технических достижений является одним из основных направлений в работе текстильной и легкой промышленности.

В настоящее время наряду с разработкой и совершенствованием технологии получения полимерных материалов, в частности химических волокон, интенсивно проводятся исследования по приданию этим материалам специальных свойств: термостойкости, высокой прочности, электропроводности и др. Одним из представителей таких материалов являются электропроводящие волокна. Они обладают уникальными свойствами: высокой электропроводностью характерной для металла,

лёгкостью, эластичностью и другими ценными характеристиками, свойственными текстильным материалам.

Электропроводящие волокна и материалы, полученные на их основе, используются в различных отраслях народного хозяйства. Одна из самых широких областей применения электропроводящих волокон - это изготовление антистатических не электризующихся материалов. Ткани с низким электрическим сопротивлением используют также для создания специальной одежды, защищающей от воздействия электрического поля и экранирующей электромагнитные волны. На основе электропроводящих волокон получают легкие и гибкие тканые электронагреватели различного назначения.

**Актуальность темы.** Перспективы развития в Узбекистане высокотехнологичного, инновационного производства, вопросы дальнейшего развития в промышленности процессов кооперации и локализации предусматривают организацию и налаживание получения и изготовления материалов на основе местного сырья.

Одной из важнейших стратегических задач, нашей Республики, является построение многоотраслевой экономики с разнообразием ассортимента продукции. В связи с этим работа по расширению ассортимента и повышение качества вырабатываемой продукции подчеркивает свою актуальность.

Исследования по созданию новых материалов для специальной одежды на основе электропроводящих металлизированных волокон, проводятся на протяжении ряда лет в ТИТЛП, в лаборатории специальных волокнистых материалов под руководством профессора Д. Н. Акбарова.

Разработана и внедрена в промышленность технология получения электропроводящего волокна нитрон (ЭПВН) и электропроводящей пряжи (ЭПП). Полученная ЭПП имеет многофункциональное назначение. Она может быть использована для получения электропроводящих тканей, предназначенных для изготовления антистатической ткани, гибких

обогревателей, экранирующей электрические поля защитной одежды. Дальнейшее развитие этой работы видится в разработке новых видов материалов широкого назначения, в том числе из их отходов ЭПП.

В связи с этим исследования, проводимые в данном направлении являются несомненно актуальными и в результате могут привести к созданию новых видов нетканых материалов обладающих стабильными электропроводящими свойствами.

**Объект исследования.** В качестве объекта исследования использовано новое нетканое полотно из отходов электропроводящих тканей и волокон.

**Цель диссертационной работы.** Разработка и исследования комплекса свойств электропроводящего нетканого полотна с заданными электрофизическими характеристиками.

Для достижения данной цели решаются следующие задачи:

- анализ существующих технологий получения нетканых полотен для спецодежды;
- изучение классификации одежды;
- изучение требований к спецодежде с электропроводящими свойствами;
- анализ существующих способов испытаний спецодежды;
- исследование физико-механических и электрических свойств нового нетканого полотна с антистатическими свойствами;
- разработка рекомендаций по производству и использованию новых нетканых материалов при производстве спецодежды.

**Методы исследований.** В работе использовались методы математической статистики, планирования и анализа эксперимента. Экспериментальные исследования выполнялись на современном оборудовании лабораторий ТИТЛП

**Научная новизна**

- проведены комплексные исследования свойств нового нетканого полотна с заданными электрофизическими характеристиками

### **Практическая ценность**

В результате проведенных исследований разработан способ получения опытного образца нового электропроводного нетканого полотна, обладающего комплексом антистатических и теплоизоляционных свойств.

**Публикации.** По результатам выполненных разработок и исследований опубликованы две статьи.

**Объем и структура работы:** диссертация состоит из 3 глав, выводов, списка литературы. Общий объем работы 79 стр, 11 таблиц, 7 рисунков и 68 наименований использованной литературы.

## ГЛАВА I. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

### 1.1. Свойства и применение материалов, полученных на основе электропроводящих волокон

Диапазон областей применения материалов и изделий, полученных с использованием электропроводящих волокон, расширяется из года в год благодаря их уникальным свойствам и проведению интенсивных исследований в этом направлении.

Наибольшее число исследований посвящено применению электропроводящих волокон для создания антистатических материалов и снижения электризуемости изделий. Способность полимеров накапливать заряды статического электричества объясняется их высоким электрическим сопротивлением, которое обычно составляет  $\rho_v=10^{15}-10^{18}$  Ом·м [2]. Вопросам изучения электризации полимеров и химических волокон посвящено большое количество исследований [3-5].

В настоящее время установлена чёткая корреляция между способностью материала к электризации и его электрическим сопротивлением. Известно, что при снижении удельного электрического сопротивления материала до  $10^8$  Ом·м и ниже, он обладает хорошими антистатическими свойствами. Существуют различные способы снижения электрического сопротивления полимерных материалов. Например, поверхностная обработка антистатическими препаратами. Придаваемый эффект обычно носит временный характер и исчезает при многократных водных обработках. Долговременный антистатический эффект достигается введением различных токопроводящих компонентов в полимеры или в состав пряжи, ткани или нетканого материала, при получении изделий. При этом часто используют электропроводящие волокна, которые смешивают в определённых пропорциях с обычными синтетическими волокнами.

Классическим примером является использование в этих целях металлических волокон [6-8]. Металлические волокна можно применять

для производства как тканей, так и трикотажа и нетканых изделий. Металлические волокна вводятся в ткань с помощью известных текстильных способов переработки. Например, одежда состоящая из 25 процентов металлического волокна Бекинокс и 75 процентов обычного текстильного волокна обеспечивает надёжную защиту от биологического воздействия и неприятных последствий от работы в сильных электрических полях. Кроме того, такие волокна используются для создания антистатических ковровых изделий, фильтров, воздухопроводов, специальных напольных покрытий, т.е. везде, где статическое электричество представляет угрозу взрыво и пожаробезопасности.

Однако в настоящее время металлические волокна получаются по довольно сложной технологии и их стоимость достаточно высока. В связи с этим наблюдается тенденция их замены металлизированными текстильными волокнами, которые обладают рядом преимуществ: низкая удельная масса, относительно низкая стоимость. С точки зрения текстильной переработки смеси с металлизированными волокнами наиболее благоприятна, так как их физико-механические свойства (прочность, модуль упругости, удлинение) очень близки к свойствам обычных текстильных волокон.

Для придания текстильным материалам необходимых антистатических свойств в ряде случаев достаточно ввести в них лишь 0,5-1,0 % (масс.) электропроводящих волокон [9, 10, 11]. Высокая эффективность применения электропроводящих нитей объясняется, помимо электрической проводимости, существенным повышением напряженности электрического поля у поверхности при приближении их к наэлектризованному предмету, ввиду малого диаметра одиночных волокон (5-20 мкм). В результате облегчается образование коронного разряда, который возникает при значительно меньшей разности потенциалов, чем при применении обычных индукционных нейтрализаторов. На этом основано применение защитной спецодежды из антистатических тканей,

предохраняющей человека от воздействия статического электричества [12, 13].

Благодаря явлению отделения заряда на внешней одежде тело может заряжаться до очень высокого напряжения. Когда заряженное тело дотрагивается до заземленного объекта, сразу может произойти разрядка с возникновением искры. Это вызывает неприятные, иногда болезненные ощущения. Кроме того, искровой разряд может привести к пожару или взрыву в помещениях, где ведется работа с легко воспламеняющимися веществами. При малой влажности воздуха и отсутствии специального электропроводящего костюма это напряжение может достигать 15-20 кВ [12].

При отведении зарядов с человека в землю, через него проходит ток, величина которого зависит от потенциала статического электричества. Установлено, что разрядный ток силой до 20 мкА не вызывает заметных физиологических изменений в организме человека даже при длительном протекании [12], однако с определенным запасом допустимый ток утечки через человека не должен превышать 5-10 мкА [14].

При применении одежды, обивки и чехлов для мебели из антистатических тканей предельное значение потенциала, накапливающегося на них статического электричества, ограничивается величиной 1,5-1,6 кВ. и, следовательно, ограничивается величина разрядного тока. Величина заряда статического электричества на антистатической одежде в 4-11 раз ниже, чем на обычной, а напряжение снижается в 3-12 раз.

По данным фирмы “Тейджин”, отрицательное влияние статического электричества на человека практически полностью исключается при введении в ткани электропроводящих нитей даже при интервале 5-10 см [13]. Ткани или трикотаж, содержащие 0,005-10% электропроводящих нитей рекомендуются для изготовления нижнего белья [10] и верхней одежды [10, 11].

В настоящее время широкое применение находят ковры и ковровые изделия из синтетических волокон, отличающиеся относительной дешевизной, высокими физико-механическими свойствами. Однако при эксплуатации на поверхности ковра и на теле человека генерируются электростатические поля с очень высокой напряжённостью, достигающей 20000-30000 В/см. Это вызывает ряд биологических изменений в организме человека и приводит к отрицательным результатам.

Снизить электризуемость ковров можно, применяя смеси обычных волокон с металлизированными волокнами. Металлические [15], металлизированные полиэфирные и полиамидные [11] и углеродные [16, 17] волокна вводят в качестве антистатика в ковровые изделия. Такие добавки позволяют снизить потенциал статического электричества, возникающего при ходьбе более чем в два раза. При содержании в ковре 0,1-2% никелированного ПАН волокна напряжение снижается с 6 до 2 кВ. по сравнению с напряжением, возникающим в ковре, не содержащем антистатика [18].

В последние годы для придания антистатических свойств коврам и другим изделиям широко применяются электропроводящие бикомпонентные и многокомпонентные волокна, содержащие технический углерод. Фирма “Дюпон” использует для производства ковров волокно Антрон-III, имеющее оболочку из нейлона 6,6 и сердечник из полиэтилена, наполненного техническим углеродом [19]. В Японии выпускается целый ряд многокомпонентных электропроводящих волокон: фирмы “Торэй” и “Канэбо” производят волокна SA-7 и Белтрон,” Тиника”-Мега-III, “Курар”-Курарбо,”Тоебо”-КЕ-9 [20].

Применение антистатических нитей в качестве ворса ковров позволяет снизить их поверхностное электрическое сопротивление на 2-3 порядка, что существенно улучшает потребительские свойства ковров [21, 22].

Очень эффективным способом предотвращения образования зарядов на внешней одежде является введение в ткань электропроводящих волокон в количестве от 1 до 25 процентов.

Известно применение электропроводящих волокон для получения специальных фильтров и фильтровальных материалов, обладающих термо- и хемостойкостью и антистатическим эффектом [23, 24].

Западногерманская фирма “Филтра” разработала электропроводящий фильтрующий материал типа войлока из полиэфирных волокон, наполненных техническим углеродом, имеющий удельное поверхностное электрическое сопротивление  $R_s=3 \cdot 10^4$  Ом. Степень улавливания тончайших частичек пыли таким фильтром превышает 99,7 процентов [25].

Английская фирма “Ай Си Ай” выпускает для очистки вентиляционного воздуха в угольных шахтах антистатические взрывобезопасные ткани, содержащие 1-5 процентов электропроводящих эпитропных нитей на основе нейлона или полиэфира и технического углерода. Свойства таких фильтров не зависят от влажности окружающей среды.

Помимо фильтр-полотен предложено изготавливать с применением электропроводящих волокон рукавные фильтры и фильтрующие мешки [26]. При использовании рукавных воздушных фильтров, содержащих металлизированные нити “Селмек” максимальный потенциал статического электричества на материале снижается с 42 до 1-3 кВ, при одновременном увеличении производительности с 6,0 до 14,6 см<sup>3</sup>/см<sup>2</sup>.

На Российских шахтах широко используются гибкие воздуховоды из искусственной кожи, содержащей 1,5-3,0 % штапельного углеродного волокна Углен с длиной резки 5мм [27]. Добавка углеродных волокон рекомендуется для придания антистатических и проводящих свойств и другим полимерным системам.

В антистатическом материале электропроводящие волокна обладают двумя действиями:

-электропроводящие волокна в ткани или нетканом материале образуют электропроводную сеть. Электростатический заряд, образовавшийся в одной точке, легко распределяется по всей токопроводящей сети, при этом пиковое напряжение выравнивается до более низкого и безопасного уровня;

-тонкие металлизированные волокна под действием электростатического поля ионизируют воздух, который способствует нейтрализации образованного заряда.

С использованием электропроводящих волокон получают тканые и нетканые материалы, обладающие свойством поглощать электромагнитные волны [28-31]. Ткани с низким сопротивлением часто получают путём добавления к ним в определённых пропорциях электропроводящих волокон. Однако существуют и другие способы получения токопроводящих тканей. Например, в работе [32], приводятся данные по изготовлению токопроводящей ткани на основе композиционных материалов путём пропитки стеклоткани токопроводящим связующим.

В другом случае [33] используют ткань из полиэфирного волокна, которую пропитывают токопроводящим связующим на основе поливинилхлорида. Такая ткань используется в качестве узкополосного радиопоглощающего материала интерференционного типа для защиты специальной техники от средств радиолокационного обнаружения. Ткань приклеивается к поверхности брони и поглощает излучение сантиметрового диапазона, а также рентгеновское и ИК-излучение. Электропроводящие ткани также получают путем нанесения на материал электропроводящих полимеров [34, 35].

Электропроводящие ткани с достаточно низким электрическим сопротивлением могут использоваться для изготовления жилетов для

радиолокационного обнаружения [36]. Спасательный жилет из такого материала может быть обнаружен радаром на расстоянии 400м. Ослабление электромагнитной энергии в 50 раз получают при использовании двух- и многослойных материалов, содержащих электропроводящие волокна [37].

Американская фирма "Mobaу Chemical" изготавливает ткань марки "Vumetex Style-100" из арамида, покрытую тонким слоем никеля. Такая ткань обеспечивает защиту от разрядов молнии, экранирование электромагнитных полей, рассеяние статического электричества и отражение сигналов радиорелейных станций [38, 39]. Металлизированное покрытие получается нанесением около 115 г никеля на 1 м<sup>2</sup> ткани. Оно выдерживает нагрев до 300 °С. Общая масса одного квадратного метра ткани составляет 300 г. Эта же фирма производит текстильное изделие марки "Vumetex T", которое используется для изготовления защитных накидок для телевизионных камер. Экранирующие свойства тканей "Vumetex T", эффективны на всех частотах при затухании не менее 40 дБ в микроволновом диапазоне. Кроме того, они не заряжаются электростатически.

В другом случае [40] токопроводящая ткань получается путём химического нанесения на нее слоя металла толщиной 0,02-2 мкм. Такая ткань применяется для эффективного экранирования электромагнитных волн в диапазоне частот 0,01-1000 ГГц. Металлизированные полотна используются при изготовлении радарных мишеней, спасательной и сигнальной одежды при радарном поиске [41], а также для изготовления сетчатых развертывающихся антенн для космических кораблей [42, 43].

Описан способ получения текстильного материала путём пропитки проводящими составами, содержащими никель, кобальт, железо или легированную сталь [44]. Полученный материал под названием "Польварен" применяется для маскировки любых металлических объектов

от средств радиолокационного обнаружения. Достоинствами материала являются такие качества как эластичность, небольшая масса, высокая поглощающая способность при широком частотном диапазоне. С помощью “Польварена” можно маскировать объекты любой конфигурации.

Электропроводящие текстильные волокна с успехом заменяют металлические волокна при изготовлении специальной одежды, защищающей от электростатического поля при работе под высоким напряжением. Работа на находящихся под напряжением наземных линиях электропередачи и других высоковольтных объектах вызывает определённые трудности при их ремонте и обслуживании. Работа в электрических полях без защитной одежды представляет опасность для здоровья.

В переменном поле полярность постоянно изменяется, и заряды перемещаются через тело человека, и появляется ток, который может достигать сотен микроампер. Установлено, что для обеспечения безопасной работы персонала, обслуживающего высоковольтные линии электропередачи (ЛЭП) трансформаторы и другие подобные установки, необходима специальная защитная одежда.

Для изготовления спецодежды, защищающей от действия электростатического поля при работе под высоким напряжением и для защиты от действия сильных электромагнитных полей нужны ткани с более низким электрическим сопротивлением, чем рассмотренные выше. Защитная спецодежда из ткани с низким электрическим сопротивлением позволяет предупредить несчастные случаи вследствие экранирующего эффекта [12, 45].

Согласно существующим нормативам продолжительное пребывание человека в рабочих зонах ЛЭП 400-750 кВ. допускается при напряженности электрического поля не более 5 кВ/м.

Поскольку фактически на многих рабочих местах напряженность выше, для снижения напряженности и создания нормальных условий работы помимо различных стационарных экранов требуется защитная спецодежда, изготовленная из электропроводящей ткани с эффективностью экранирования не менее 50 и сопротивлением  $R_s \leq 5 \cdot 10^4$  Ом [16]. Такие ткани можно изготовить из электропроводящих нитей с линейным электрическим сопротивлением не более  $10^6$  Ом/м. При этом, по данным работы [16], наибольшее влияние на эффективность экранирования оказывает плотность электропроводящих нитей в структуре тканей.

Японская фирма “Кураp” изготавливает с применением металлизированных нитей “Селмек”, расположенных в ткани с шагом 2 мм защитные костюмы, позволяющие во много раз снизить силу тока, проходящего через тело человека в экстремальных ситуациях [20]. При напряжении 100 кВ ток, протекающий по телу человека, работающего в обычной спецодежде равен 140, а в электропроводящей одежде-20 мкА. Соответственно в последнем случае ток, протекающий по самой одежде, возрастает с 5 до 120 мкА [20].

Ткань, из которой изготавливается такая одежда должна обладать поверхностным электрическим сопротивлением не более  $5 \cdot 10^4$  Ом·м [44, 45], при этом обеспечивается коэффициент экранирования не менее 50. Для получения таких тканей применяют электропроводящие нити с линейным электрическим сопротивлением не более 2 кОм/м.

Одним из основных требований, предъявляемых для специальной одежды, применяемой в особо чистых помещениях, медицине и радиоэлектронике, является отсутствие электризуемости [46].

В литературе рассмотрены свойства барьерных материалов для защитной одежды, применяемой в “чистых средах” [47]. Отмечается, что такой материал должен задерживать различные загрязнения, бактерии и обладать хорошими антиэлектростатическими свойствами.

В России был разработан комплект экранирующей одежды из электропроводящих нитей “Электрон-3”. Электрическое сопротивление ткани из этих нитей составляет не более 2 кОм, что почти в пять раз меньше сопротивления японской ткани из нити “Селмек”. Костюм из пряжи “Наслон” имеет ещё более низкое сопротивление (менее 500 Ом) [47, 48, 49].

Электропроводящие нити “Электрон” были получены на основе вискозных нитей путём осаждения на них сульфида меди (CuS). Их основной недостаток заключался в том, что при эксплуатации с течением времени происходил гидролиз сульфида меди, что приводило к ухудшению электропроводности и физико-механических характеристик материала, вследствие деструкции полимера. По этой причине защитные костюмы “Электрон-3” широкого применения не получили.

Поверхностное сопротивление экранирующих тканей должно быть относительно низким для выравнивания потенциалов по всей поверхности экранирующего костюма. Обычно экранирующий костюм изготавливают многослойным для изоляции тела человека от токопроводящего слоя. Экранирующий костюм заменяет собой так называемую “клетку Фарадея”. Добавление электропроводящих волокон в ткань позволяет объединить эффект “клетки Фарадея” и удобство нормальной одежды.

## 1.2 Особенности материалов для специальной одежды

Спецодежда должна отвечать сложному комплексу требований защитного, гигиенического, эксплуатационного, эргономического и эстетического характера. Соответствие этому комплексу требований обеспечивается, прежде всего, свойствами материалов, из которых спецодежда изготавливается [51].

Ассортимент материалов, используемых для изготовления специальной одежды, достаточно разнообразен. Он включает в себя

основные материалы для верха изделий (хлопчатобумажные, льняные, шерстяные, шелковые ткани, нетканые и пленочные материалы, натуральную и искусственную кожу, натуральный и искусственный мех, трикотажные полотна и т.д.), подкладочные хлопчатобумажные, смешанные и синтетические ткани, прокладочные материалы (ткани, нетканые материалы и т.д.), утепляющие материалы (вату, ватин, шерсть, искусственный мех, синтетический объемный утеплитель и т.д.), одежду фурнитуру (пуговицы, кнопки, пряжки, рамки, кольца, застежки - молнии, текстильные застежки, блочки, люверсы и т.д.), вспомогательные материалы (тесьма, тесьма эластичная, шнуры, ленты, ленты эластичные, напульсники трикотажные и т.д.).

Рационально использовать материалы при изготовлении одежды специального назначения можно, только имея полную информацию о составе сырья и физико-механических свойствах применяемых материалов: поверхностной плотности, разрывной и раздирающей нагрузки, стойкости к истиранию, гигроскопичности, воздухо- и паропроницаемости, жесткости, усадке и т.д., а также о защитных свойствах, которые включают: стойкость к прожиганию, огнестойкость, кислото- и щелочепроницаемость, водоупорность, масло и нефтестойкость, пылепроницаемость, электропроводность и т.д. Следует отметить, что при использовании материалов для спецодежды, их гигиенические свойства могут противоречить защитным. В этом случае в обязательном порядке обеспечиваются защитные свойства, а гигиенические регулируются временем эксплуатации спецодежды и режимом отдыха. Исходя из классификации спецодежды по защитным свойствам, определяют материалы, нормируемые показатели качества которых являются критериями защитных свойств одежды.

За последнее время создан новый подход требований формирования к материалам и их пакетам, которые определяются нормативами показателей качества. Это дает возможность изготовителю пользоваться

достаточно широким ассортиментом материалов при выпуске изделий, а потребителю - иметь качественную продукцию при наличии гигиенического заключения и сертификата соответствия.

Утеплитель для пошива спецодежды подбирается в зависимости от ткани и климатического пояса региона, где он будет использоваться.

В качестве утепляющих прокладочных материалов в одежде применяют трикотажные холстопршивные и иглопробивные ватины, клеевые объёмные и иглопробивные полотна, а также шерстяные ткани утеплители.

*Трикотажный ватин* изготавливают на основовязальных машинах. Он имеет грунтовую и начесную (уточную) нить. Для образования грунта используют хлопчатобумажную пряжу. Уточная начесная нить бывает чистошерстяная или смешанная, содержащая не менее 28% шерсти. Поверхностная плотность чистошерстяного ватина 290 г/м<sup>2</sup>, полушерстяного – 260 г/м<sup>2</sup>.

*Холстопршивные ватины* бывают хлопчатобумажные, полушерстяные и чистошерстяные (пршивная нить – хлопчатобумажная пряжа). Поверхностная плотность 200-325 г/м<sup>2</sup>. Холстопршивные нетканые ватины изготавливают с использованием каркаса из марли или лёгкого нетканого полотна поверхностной плотности 30 г/м<sup>2</sup> (с целью закрепления структуры). В теплозащитной одежде ставятся в один слой, при этом обеспечивается требуемая теплоизоляция, снижается материалоемкость изделий, улучшается качество, повышается производительность труда.

Холстопршивные хлопчатобумажные ватины более тяжёлые, чем шерстяные, легко деформируются при сжатии, утоняются в процессе эксплуатации – это вызывает ухудшение теплозащитных свойств.

Иглопробивные ватины бывают чистошерстяные, полушерстяные и из химических волокон. Поверхностная плотность 190-200 г/м<sup>2</sup>. Для повышения устойчивости используется каркас из марли, и иглопробивание

волокнутого холста осуществляется вместе с ней. Имеют меньшую стабильность размеров, чем холстопрошивные.

Синтепоны (иглопробивные объёмные полотна) вырабатываются из волокон нитрона, лавсана, смеси нитроновых и вискозных волокон, лавсановых и вискозных волокон. Поверхностная плотность 140-150 г/м<sup>2</sup>. Утеплитель для стеганных курток, пальто, халатов.

Полушерстяные тканые утеплители саржевого переплетения (поверхностной плотности 257 г/м<sup>2</sup>) имеют более высокую устойчивость к растяжению. Используют в виде одно-, двух-, трёхслойных прокладок. Применяют при изготовлении женских меховых пальто из натурального меха, высококачественной утеплённой одежды.

Пухо-перовые прокладки применяют при изготовлении зимней одежды. Обладают высокими теплозащитными свойствами, упруги, но в процессе эксплуатации изделий наблюдается миграция частиц наполнителя через покровный материал [52].

Индустрия технического текстиля развивается быстро потому что она позволяет разрабатывать специфичные продукты с свойствами и характеристиками недоступными до этого. Смешивание несопоставимых волокон, к примеру, позволяет разрабатывать материалы похожие сплавам в металлоиндустрии. Негорящие волокна (как Nomex) могут быть смешаны с обычными волокнами (как полиэфир) для повышения пламя устойчивые свойства смеси. Волокна стали могут быть смешаны с волокнами полиэфира для создания материалов с свойством рассеивания статического заряда.

Технический текстиль предлагает множество возможностей производителям для производства подходящего материала.

Перспективным направлением является использование металлизированных материалов в качестве теплозащитных. В Англии создан материал, представляющий собой полосы волокон толщиной 15мк с покрытием из алюминиевого сплава, продублированные с нетканым

материалом. Тепло сохраняется в мокром состоянии. Многослойный материал, созданный в Японии, состоит из ткани, теплоизоляционного слоя и двух слоев алюминиевой фольги. Фольга отражает тепло, излучаемое телом человека, а теплоизоляционный слой снижает потери тепла. Материал ветростоек, морозоустойчивый, обладает водоотталкивающими и антиэлектростатическими свойствами [53].

В настоящее время существует широкий ассортимент утеплителей отличающихся составом сырья и защитными свойствами синтепон, шелтер, шерстон холкон, термофинн, холлофайбер, тинсулейт, исософт и другие виды.

Качество утеплителя характеризуется набором следующих критериев:

- теплоизоляция;
- воздухопроницаемость;
- гигроскопичность;
- толщина утеплителя;
- вес утеплителя;
- миграция волокон;
- экологичность и безопасность;
- антистатические свойства;
- устойчивость к горению;
- срок эксплуатации: устойчивость к деформациям, способность удерживать форму, условия чистки;
- экономичность.

Рассмотрим некоторые виды утеплителей для спецодежды:

СИНТЕПОН (100% полиэфир) - это нетканое синтетическое полотно традиционного способа производства, где скрепление волокон происходит термическим способом (методом термоскрепления.) Данный утеплитель легкий, имеет способность удерживать тепло, пышный и мягкий, обладает эластичностью и упругостью, нетоксичен, гигиенически и экологически

безопасен. Но после воздействия пота и стирки синтепон теряет до половины толщины и для холодной зимы он не пригоден (максимум для температуры до  $-10^{\circ}$ ). Преимущество-недорогая цена.

ШЕЛТЕР - материал каландрированный из полиэфирных волокон (каландрирование-«запекание коркой» с одной или обеих сторон, что обеспечивает отсутствие миграции волокна через ткань верха и подкладки, придает устойчивость при многократном сминании и сжатии). Шелтер обладает хорошей упругостью, высокой драпируемостью, при невысоком объеме обладает высоким тепловым суммарным сопротивлением.

Шелтер АС™ разработан для утепления специальной одежды сотрудников, работающих в среде, где недопустимо наличие статистического электричества. В состав материала, наряду с синтетическими волокнами, добавляются специальные металлизированные волокна с антистатическим эффектом, по которым статическое электричество «стекает». В настоящее время производится материал Шелтер АС 1.150.150.00.00.В. В полочке, спинке, рукаве используется материал Шелтер АС плотностью  $150 \text{ г/м}^2$  в несколько слоев. Шелтер АС™ рекомендован для изготовления огнестойкой спецодежды для рабочих нефтяной и газовой отраслей, связанных с взрывопожароопасностью.

ШЕРСТОН состав 65% шерсти и 35% хлопка. Это новый экологически чистый натуральный продукт, который защищает от низких температур и обеспечивает огнезащитные и антистатические свойства одежде. Облегченный утеплитель Шерстон промышленно поставляется для зимней спецодежды практически на все предприятия ОАО «Газпром». Шерстон рекомендован для изготовления огнестойкой спецодежды для рабочих нефтяной и газовой отраслей, связанных с взрывопожароопасностью.

ХОЛКОНН: Изготавливается из полых, спирально извитых полиэфирных волокон, как покрытых силиконом, так и не

силиконизированных. Волокна скреплены между собой термическим способом, путем расплава бикомпонентного полиэфирного волокна. Его структура активно сопротивляется сжатию, чем и обеспечивается отличная восстанавливаемость материала. Hollcon - экологически чистый материал. Он не впитывает влаги и запахов, отсутствует миграция волокон, не поддерживает горение, обеспечивает большой теплозащитный эффект по сравнению с материалами аналогичной толщины и плотности.

**ТЕРМОФИНН:** Состоит из обычных и бикомпонентных волокон. Бикомпонентное волокно обладает двойной конструкцией. Оно состоит из двух частей: полиэфирное ядро и легкоплавкая оболочка. Температура плавления наружной части ниже, чем внутренней. Под воздействием тепла, оболочка плавится быстрее, чем полиэфирное ядро, что приводит к скручиванию и, как следствие, надежному связыванию бикомпонентного волокна с соседними, обычными волокнами.

Termofinn изготавливается по финской технологии только из первичного волокна. В нем отсутствуют какие-либо примеси, поэтому он экологичен и безвреден.

**ХОЛЛОФАЙБЕР:** Этот материал представляет собой пустотелое волокно, единичная составляющая которого, в пространстве имеет вид спиральной пружины. Эти единичные составляющие, переплетаясь между собой, образуют сильную пружинистую структуру. Это свойство позволяет волокну, в отличие от других материалов (синтепон, ватин и т.п.), быстро восстанавливать свою форму после смятия, иметь высокую стойкость к сохранению своей формы с течением времени. Упруго-эластичная структура волокна Холлофайбер® является мягкой, дышащей, которая не «упаривает» тело при длительном использовании. Антиаллергенные свойства, не впитывание посторонних запахов, возможность легкой стирки и химчистки, в сочетании с удивительной мягкостью, создают условия комфортной работы и отдыха.

Холлофайбер ТЭК-это пламястойкий утеплитель, инновационная Российская разработка на уровне мировых лидеров в производстве нетканых полотен для спецодежды. Ограниченное распространение пламени в утеплителе Холлофайбер ТЭК подтверждено ГОСТ 12.4.200-99 на весь срок эксплуатации спецодежды. Он не впитывает влагу, не удерживает запахи, не проминается под весом человека (что предохраняет от «пролежневого эффекта» и искривления) и прекрасно выдерживает многочисленные стирки и чистки. В отличие от шерсти и пуха «Холлофайбер®» не привлекателен для «пылевого клеща», 100% полиэстер не впитывает влагу, а элементарно сбрасывает её (гигроскопичность не превышает 1%); пружинистая форма волокна обеспечивает формоустойчивость, а термоскрепление волокон (в отличие от клеевого метода) предопределяет безопасность и высокие разрывные характеристики.

Данный утеплитель рекомендован для изготовления огнестойкой спецодежды для рабочих нефтяной и газовой отраслей, связанных с взрыво-пожароопасностью.

ТИНСУЛЕЙТ: 100% полиэфир. Искусственный пух, изобретен в 1978г в рамках программы НАСА для костюмов космонавтов в Америке. Имеет высший международный сертификат качества ISO 9002, гипоаллергенен, обладает великолепными гигиеническими свойствами. Рекомендуются страдающим аллергией и астмой. Очень дорогостоящий материал. Недостатком Тинсулейт является ограничение в обработке до 60°C.

Принцип действия всех теплоизолирующих материалов сводится к их способности удерживать воздух между волокнами. Чем больше воздуха удерживает утеплитель, тем эффективнее работает материал. Чем больше волокон утеплителя находится в единице объема, тем больше воздуха материал способен удержать. Уникальные микроволокна Тинсулейт в 50-70 раз тоньше человеческого волоса, их диаметр от 2 до 10 микрон.

Именно поэтому волокна Тинсулейт обладают высокими теплоизолирующими свойствами. Он превосходит по теплоизоляционным свойствам другие синтетические утеплители в 2 раза, пух в 1,5. Данный утеплитель можно стирать и сдавать в химчистку, многократная стирка не влияет на его объем и износостойкость (чем выгодно отличает его от подверженного усадке синтепона, теряющего 15% объема). Тинсулейт не впитывает влагу, экологически чистый, воздухопроницаемый.

Тинсулейт тип FR-утеплитель, содержащий в своем составе огнеупорное мета-арамидное волокно. После стирок огнестойкие свойства утеплителя не ухудшаются. Данный утеплитель соответствует требованиям европейского стандарта EN 533, его огнестойкость сочетается с прекрасными теплоизолирующими свойствами. Тинсулейт тип FR рекомендован для изготовления огнестойкой спецодежды для рабочих нефтяной и газовой отраслей, связанных с взрыво-пожароопасностью.

ИСОСОФТ - утеплители состоят из различных комбинаций множества тончайших волокон (fine-denier волокон), благодаря которым обладают уникальными теплозащитными свойствами при небольшой толщине полотна. Данные утеплители имеют двухстороннее полимерное покрытие, исключаящее миграцию волокон, что позволяет использовать их в сочетании с любыми тканями и делает изделие пригодным для большого количества стирок. ИСОСОФТ- утеплители отличаются необычайной пластичностью, мягкостью, высокой воздухопроницаемостью. Они не вызывают аллергии и не содержат вредных для здоровья веществ.

THERMIUM: Иглопробивной материал, состоящий из комбинации полиэстеровых волокон и алюминизированной пленки, специально спроектированный для экстремально холодных условий.

FIRESTOP: Материал из специальных невозгораемых волокон в сочетании с бикомпонентными волокнами, соответствующие высшему классу негорючести M1 по стандартам NFP 92/503/504/505.

FLAMESTOP: Содержит 50% негорючей вискозы. FLAMESTOP-негорючий иглопробивной утеплитель, отвечающий стандарту EN 533.

JOBFILL: Утеплитель, специально разработанный для рабочей и специальной одежды, выдерживающий большое количество промышленных стирок при температуре 95°C [51].

### 1.3 Основные технические параметры утеплителей для спецодежды

Основным назначением теплой одежды является создание комфортных условий жизнедеятельности человека в условиях низких температур. Комфортность предполагает, что одежда способна хорошо удерживать тепло и в тоже время обладает достаточной паропроницаемостью, не адсорбирует внутри себя воду, является эстетичной, легкой и ноской. Утеплитель при этом применяется в таких видах одежды, где в качестве верха изделия используются материалы, не обладающие достаточной теплосохранивающей способностью, особенно это актуально для спецодежды. Комбинирование различных утеплителей и верхних слоев позволяет также создавать новые виды одежды, когда теплота и легкость изделия сочетаются с возможностью его использования в экстремальных условиях.

Современные нетканые материалы наиболее перспективны для применения в качестве утеплителей благодаря их относительной дешевизне, широкому диапазону технических параметров и высоким эксплуатационным характеристикам. Это обусловлено активным использованием при разработке современных нетканых материалов последних достижений химии полимеров и применением в составе технологических линий по их производству компьютерных методов управления машинами и механизмами.

Ниже приводится описание основных технических параметров утеплителей.

Теплосохраниющая способность показывает, насколько легко тепло проходит через слой утеплителя. Она характеризуется тепловым сопротивлением [ $\text{м}^2\text{К}/\text{Вт}$ ]. Паропроницаемость показывает способность материала пропускать водяные пары. Миграция волокна определяет, насколько легко единичные волокна отделяются от основного объема материала. Адсорбция влаги показывает, какое количество влаги материал впитывает из воздуха. Вес и однородность по массе утеплителя по массе существенно влияют на конечный вес, объем и качество изделия.

Кроме этих ключевых параметров необходимо отметить основные: скорость высыхания материала после намокания; устойчивость к влажно-тепловой обработке и химической чистке; устойчивость к размножению микроорганизмов в объеме материала; стойкость к истиранию; остаточная деформация после многократного сжатия; драпируемость и технологичность.

Технологичность определяется целым классом параметров: высокой прочностью на разрыв; равнопрочностью по долевой и поперечной; удобством настила; легкостью кроя; количеством межлекальных выпадов; легкостью шитья.

В условиях конкурентной борьбы важны также коммерческие показатели, необходимые для выбора утеплителя по критерию цена/количество: цена и условия поставки, особенно если производитель изготавливает одежду небольшими партиями и часто меняет ассортимент.

Сегодня на рынке присутствует широкий ассортимент нетканых материалов для утепления швейных изделий: вата, ватин, иглопробивные и изготовленные валяльно-войлочным методом материалы, синтетический пух, синтепоны клеевые и термоскрепленные, синтепоны, изготовленные комбинированным способом, объемные термоскрепленные наполнители Периотек и материалы с аэродинамической укладкой волокна, композиты, изготовленные по фильерному способу получения холста.

Одежная вата бывает хлопчатобумажной и шерстяной. Хлопчатобумажная вата вырабатывается из коротких волокон хлопка, хлопкового пуха и угаров хлопчатобумажного производства. В состав шерстяной ваты входит 70-75% шерстяного сырья и соответственно 30-25% хлопка или химических волокон, добавляемых для уменьшения свойлачиваемости. Одежная вата должна быть пышной, хорошо расслаиваться, не расползаться в изделии, она не должна содержать минерально-масляных примесей и иметь запаха. В качестве утеплителя вата применяется в производстве телогреек, форменной одежды и одежды специального назначения. Основными недостатками этого утеплителя являются нетехнологичность и большой вес.

Ватины (хлопчатобумажные, чистошерстяные и полшерстяные) вырабатываются с применением механической технологии производства нетканых материалов. В соответствии с этой технологией холст (слой) хлопчатобумажных или шерстяных волокон формируется чесальной машиной и преобразователем прочеса для получения требуемой поверхностной плотности, а затем прошивается на вязально-прошивном агрегате. Полшерстяной ватин получают из смеси шерстяных с различными видами химических и хлопчатобумажных волокон. В качестве сырья также могут использоваться восстановленные хлопчатобумажные и шерстяные отходы текстильного и швейного производства. Ватины изготавливаются с диапазоном плотностей 200-500 г/м<sup>2</sup> и шириной 150-160 см.

Иглопробивные ватины изготавливаются на иглопробивной машине вместо вязально-прошивной. Они тоньше холстопрошивных ватинов. В качестве сырья для их изготовления используют как натуральные, так и химические волокна. Этот класс ватинов применяется в качестве утепленной прокладки в производстве мужских и женских пальто, утепленных курток, брюк, безрукавок и детской одежды. К недостаткам этих ватинов можно отнести неэкологичность производства, отсутствие в

этом классе легких ватинов с плотностью до 200г/м<sup>2</sup>, низкую молеустойчивость.

Синтетический пух (синтепух) представляет собой вспушенное пустотелое силиконизированное волокно. Внутри волокон находится воздух, что улучшает теплоизоляционные свойства синтепуха, а поверхность волокон, обработанная силиконом, способствует уменьшению трения между волокнами и придает пуху приятную мягкость. Используется в производстве одеял, подушек, покрывал, одежды, спальных мешков, где не требуется применения прочного холста.

Синтетические шарики - разновидность синтепуха, в котором группы волокон скручены в шарики на специальном оборудовании. Этот продукт используется для изготовления утепленной одежды, подушек, одеял, мягкой мебели и для других изделий, где необходимо максимально заполнить объем.

Разновидностью механической технологии производства утеплителей является простегивание холста из полых силиконизированных волокон, расположенных между несколькими слоями спанбонда. Такой утеплитель представлен на рынке под торговой маркой Файбертек. Диапазон поверхностных плотностей составляет 100-400 г/м<sup>2</sup>. Разновидности этого вида материала получают при использовании волокон различной степени силиконизации и различного количества слоев спанбонда с каждой стороны.

Химическая технология производства утеплителей заключается в прочесе волокнистого сырья, преобразовании прочеса в холст требуемой поверхностной плотности и последующем скреплении холста различными методами: клеевым, термическим, комбинированным. В качестве волокнистого сырья могут использоваться суровое или полое полиэфирное волокно, силиконизированное волокно, могут добавляться регенирированные хлопковые или шерстяные волокна.

Синтепон клеевой получается путем пропитки холста латексной композицией с последующей сушкой и термообработкой. В качестве сырья, как правило, применяется 100%-ное полиэфирное волокно. Диапазон плотностей для утеплителей из таких материалов составляет 40-400 г/м<sup>2</sup>. В зависимости от количества клея можно менять мягкость материала. Конструктору рекомендуется учитывать мягкость клеевого синтепона при выборе подкладочной ткани. Недостатками клеевых синтепонов являются неустойчивость клея к водной среде (количество клея уменьшается с каждой стиркой) и неэкологичность материала и технологии. Неоспоримое достоинство этих материалов - их дешевизна.

Синтепон термоскрепленный получается при смешивании легкоплавкого бикомпонентного волокна с исходным сырьем с последующим термоскреплением. Легкоплавкое волокно, как правило, состоит из полиэфирной основы и легкоплавкой оболочки. В процессе термоскрепления оболочка плавится, и после охлаждения место контакта обычного и легкоплавкого волокон фиксируется, создавая сшивку нетканого материала. Миграция волокна в таких материалах легко предотвращается путем каландрирования или горячей обработки поверхности, которые не ухудшают драпируемость материала. Диапазон поверхностных плотностей термоскрепленных синтепонов, как правило, составляет 40-400 г/м<sup>2</sup>. В качестве сырья в зависимости от назначения применяются различные композиции волокон, в материалах общего назначения - в основном суровое полиэфирное волокно.

В моделях, требующих особенного изящества формы, используются хорошо драпируемые тонкие утеплители из силиконизированного волокна. Если требуется создать объем для отдельных элементов одежды, применяется смесь полиэфирных микро и сильно извитых полых волокон. Для одежды спортивного назначения с улучшенной паропроницаемостью применяются смеси полиэфирных и вискозных волокон.

Улучшенные синтепоны. В обычных синтепонах волокна расположены преимущественно параллельно поверхности холста и ориентированы в одном направлении. Кроме того, синтепону присуща неоднородность поверхностной плотности по массе, которая возникает при преобразовании прочеса, что особенно заметно на малых плотностях 40-100 г/м<sup>2</sup>. Это приводит к тому, что термоскрепленные легкие синтепоны не обладают достаточной равнопрочностью. Устранить указанные недостатки можно, применив в составе технологической линии специальное оборудование - преобразователь прочеса с системой профилирования и рандомизатор прочеса. Полученный таким образом материал (диапазон плотностей 40-600 г/м<sup>2</sup>, ширина до 3 м, неровнота по массе не более 2%) с улучшенными разрывными характеристиками и восстанавливаемостью после сжатия продвигается на рынке под маркой Синтепон Люкс. Этот материал не имеет недостатков, свойственных как клеевым, так и обычным термоскрепленным синтепонам [51].

В тех случаях, когда утеплитель внутри изделия подвергается активному сжатию, необходимо, чтобы он восстанавливался после сжатия для удержания слоя воздуха и придания изделию первоначальной формы. Утеплитель с улучшенными восстанавливающими свойствами образуется, когда волокно укладывается специальным преобразователем прочеса вертикально относительно плоскости холста. Такой термоскрепленный утеплитель представлен на рынке торговой маркой Периотек (диапазон поверхностной плотности 150-400 г/м<sup>2</sup>). Миграция волокна в этом материале предотвращается использованием дублирующих подложек. Наилучшая драпируемость достигается при использовании нескольких слоев материала Периотек меньшей плотности.

Преимущественно вертикальную ориентацию волокна позволяет получить также технологическое оборудование с аэродинамическим способом формирования холста. Выполненные на таком оборудовании утеплители представлены на рынке торговыми марками Холлофайбер,

Эслон, Лентекс. Лучшее качество этих материалов достигается в соответствии с рекомендациями фирм-производителей технологического оборудования при поверхностных плотностях 300 г/м<sup>2</sup> и более.

Все указанные выше технологии производства термоскрепленных утеплителей позволяют использовать в качестве сырья как обычное, так и полое полиэфирное волокно. Полое волокно примерно на 30-50% дороже обычного, но его тепловые качества выше. Например, Периотек (150г/м<sup>2</sup>), изготовленный из полого волокна (1,7 текс) имеет суммарное тепловое сопротивление 0,2 м<sup>2</sup>К/Вт, тогда как такой же материал, изготовленный из обычного волокна (1,7 текс) имеет значение сопротивления 0,12 м<sup>2</sup>К/Вт, т.е. почти в два раза менее теплый. Таким образом, конструктор одежды, заказывая у производителя необходимый ему утеплитель, должен учитывать в том числе и виты волокна, из которого утеплитель изготовлен.

В настоящее время активно развиваются новые технологии производства нетканых материалов, произведенных по так называемой фильерной технологии получения холста. Суть метода заключается в том, что холст нетканого материала формируется непосредственно из расплава или раствора полимера, который под давлением выдувается через мельчайшие отверстия (фильеры), формируя моноволокна. Направленными потоками воздуха моноволокна переносятся на конвейер, где, остывая, они формируют холст. Как видно, в этом методе отсутствует традиционный процесс чесания волокна. Данная технология позволяет изготавливать материал на основе волокон, диаметр которых в 10-20 раз меньше диаметра традиционных волокон, применяемых в текстильной промышленности. Можно сказать, что объем таких утеплителей состоит из микроволокон, которые удерживают в своем объеме воздух, обеспечивая хорошие теплоизолирующие свойства материала. Для защиты слоя микроволокон такие утеплители могут дублироваться слоями спанбонда с одной или двух сторон, либо производитель материала дает рекомендации по простегиванию его со спанбондом или тканью. Утеплители из

микроволокон поставляются в диапазоне плотностей 40-250 г/м<sup>2</sup> и рекомендуются для всех видов зимней одежды. Наиболее известен на рынке утеплитель из микроволокон под торговой маркой Тинсулейт [51].

В литературе также встречается описание других видов нетканых утеплителей, часть из которых можно считать вытесненными с рынка (например, ватин), а часть - недостаточно распространенными на рынке в силу их новизны или консерватизма потребителей.

В последнее время объемные термоскрепленные утеплители заняли ведущее место на рынке утепляющих материалов для одежды, пухоперевых изделий, головных уборов и др., вытесняя клееные и иглопробивные. Это объясняется тем, что оборудование и технология производства термоскрепленных утеплителей значительно проще: они не требуют пропиточных устройств, связующих, емкостей для латекса, станций для приготовления связующих, сети трубопроводов, утилизации отходов, очистки сточных вод и отстойников. Однако результаты испытаний показывают, что клееные утеплители пока что не могут быть полностью заменены термоскрепленными [51].

Прежде всего, следует отметить, что формирование холста при термоскреплении осуществляется механическим, аэродинамическим, фильерным и др. способами, а скрепление холстов производится с помощью обогреваемых валов каландра, продуванием и/или просасыванием горячего воздуха сквозь волокнистых холст, а также комбинированием этих способов. В качестве скрепляющих элементов используются бикомпонентные волокна разных видов и структур, а также легкоплавкие волокна (полипропилен, полиэтилен) в пределах 10-50%.

Основные причины ухудшения качества объемных термоскрепленных утеплителей и меры по их устранению можно сформулировать следующим образом:

1. В действительности в последние годы более интенсивно осваивается и развивается производство качества объемных

термоскрепленных утеплителей различного назначения. При этом оборудование (подготовительное, чесальное и термокамера) устанавливается как на действующих предприятиях, так и на отдельных неприспособленных для этой цели помещениях. Зачастую выпуск таких утеплителей производится без отлаженной технологии, отсутствия лабораторий для контроля техпроцессов и готовой продукции, а бикомпонентные волокна выбираются без предварительной проработки. Поэтому на рынок поступают утеплители не только известных компаний, но также производимые в низкотехнологичных условиях. Такие утеплители легко расслаиваются при приложении небольших усилий, имеют неровноту по массе, утоненные и утолщенные участки, недостаточную устойчивость к многократному сжатию, восстанавливаемость и миграцию волокон.

Термоскрепленные утеплители уступают клееным по таким показателям, как устойчивость к многократному сжатию, восстанавливаемость и миграция волокон. После вакуумной упаковки термоскрепленные волокна не восстанавливаются до первоначальных размеров. Это объясняется характером скрепления волокон между собой.

2. Из термоскрепленных утеплителей волокна мигрируют в подкладку одежды, что проявляется в процессе ее носки одежды. Для устранения этого дефекта рекомендуется подплавлять поверхность путем термообработки.

3. Сохранение объемности и восстанавливаемости утеплителей достигается путем правильного выбора параметров термообработки, структуры и вида бикомпонентных волокон, их процентного содержания в массовой доле.

4. Для устранения несоответствия длины полотна в рулоне необходимо устанавливать откорректированную длину. На практике длину полотна устанавливают и записывают на ярлыке счетчиком меры, установленном на оборудовании без предварительного вылеживания и

учета релаксационной усадки. Поэтому необходимо откорректировать длину полотна с учетом значения релаксационной усадки, определяемой предварительно после вылеживания полотна в рулоне в течение 120 часов. При отправке утеплителя потребителю на ярлыке следует фиксировать длину за вычетом релаксационной усадки.

В таблице 1.1 представлены основные физико-механические свойства часто используемых утеплителей.

Результаты исследований различных типов и структур утеплителей позволят разработать обоснованные требования к качеству утеплителей различного назначения в отношении сохранения их первоначальных свойств, комфортности, легкости и длительности срока службы с учетом различных климатических условий.

Таблица 1.1.

Основные физико-механические характеристики утеплителей

№	Наименование Производитель	Волокнистый состав	Плотность (г/м <sup>2</sup> )	Воздухо- проницаем ость, см <sup>3</sup> /см <sup>2</sup> ·сек	Теплопровод- ность, %
1	Ватин	30% шерсть, 70% акрил	200	35-40	-30-40
2	СИНТЕПОН- утеплитель. Россия	100% полиэфирное волокно.	от 100 до-400	60-65	-25-35
3	ТИНСУЛЕЙТ. США	100% полиэфирное волокно	от 100 до-400	60-67	-25-30
4	АРКТИКА- утеплитель- Россия	100% полиэфирное волокно	от 100 до-400	55-60	-
5	ФАЙБЕРТЕК. Производитель Беларусь.	100% полиэфирное волокно.	от 100 до-400	55-60	-30-35
6	"FOREMAN"	33% х/л, 67 п/э	252	-	-30-35

#### 1.4. Анализ технологии получения утеплителей

Нетканым называется полотно, изготовленное из одного или нескольких видов текстильных материалов или их сочетаний с не

текстильными материалами, путём их скрепления различными способами (исключая тканые и трикотажные способы).

Промышленность нетканых материалов имеет значительные преимущества по сравнению с другими текстильными отраслями. Основными из них являются:

- выработка из текстильного сырья бытовых и технических изделий на оборудовании с высокой производительностью, которая во много раз превышает производительность оборудования, применяемого в классических системах;

- сокращение производственного цикла;
- значительное повышение производительности труда;
- эффективная замена широкого ассортимента тканей неткаными материалами при резком сокращении трудозатрат, снижения себестоимости и высвобождения натурального сырья;

- расширение производства с меньшими затратами средств на капитальное строительство и с использованием минимальных производственных площадей;

- переработка натуральных и химических волокон и нитей всех видов в высококачественные изделия с высоким выходом из сырья готовой продукции;

- рациональное использование для изготовления нетканых материалов волокнистых отходов прядильного, ткацкого и отделочного производств текстильной промышленности, а также использование всех видов вторичного текстильного сырья.

Укрупнено все способы производства нетканых материалов (НМ) принято делить на три технологии: механическую, физико-химическую и комбинированную.

Вязально-прошивные нетканые материалы образуются путем провязывания волокнистых холстов, слоев нитей или тканей. Для изготовления нетканых материалов часто применяют дублирование

волокнистых холстов с тканями, трикотажем и пленками. Прочность и устойчивость вязально-прошивного нетканого материала по длине обеспечивается прошивкой.

Провязывание вязально-прошивных материалов с целью скрепления волокнистых холстов и нитей в одно целое производится одногребеночными основовязаными переплетениями цепочка, трико, сукно и двухгребеночными переплетениями трико-цепочка, сукно-цепочка и другими с проборкой гребенок через иглу.

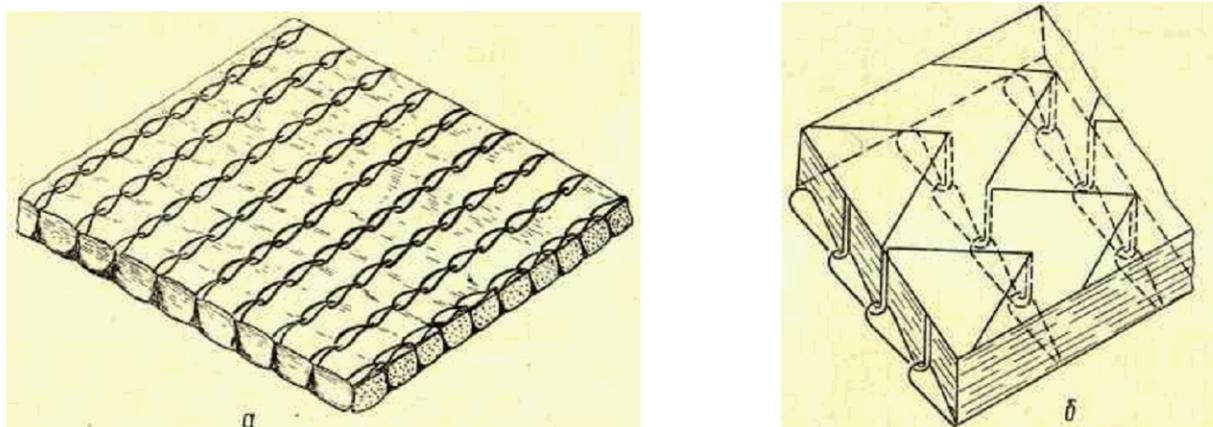


Рис. 1.1. Структура вязально-прошивного нетканого материала арахне, скрепляемого:

а-переплетением цепочка; б-переплетением трико.

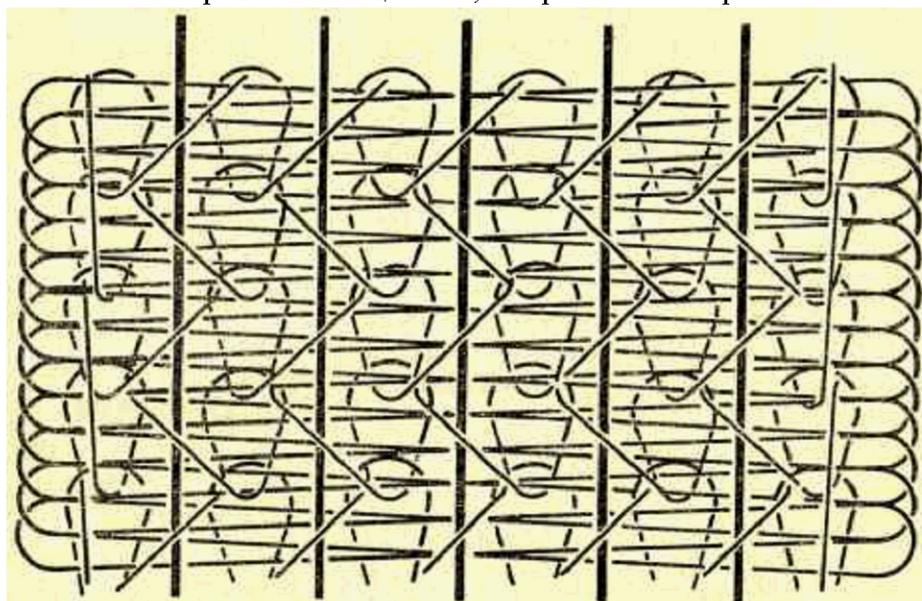


Рис. 1.2. Структура вязально-прошивного нетканого материала малимо из слоев нитей, соединенных переплетением трико.

Иглопробивные нетканые материалы образуются из волокнистого холста с проложенными внутри нитями. Часть волокон в этом материале располагается перпендикулярно к его поверхности (рис.3), благодаря чему достигается связывание волокнистого холста в одно целое и придание нетканому материалу высокой прочности к раздиранию, пористости и мягкости.

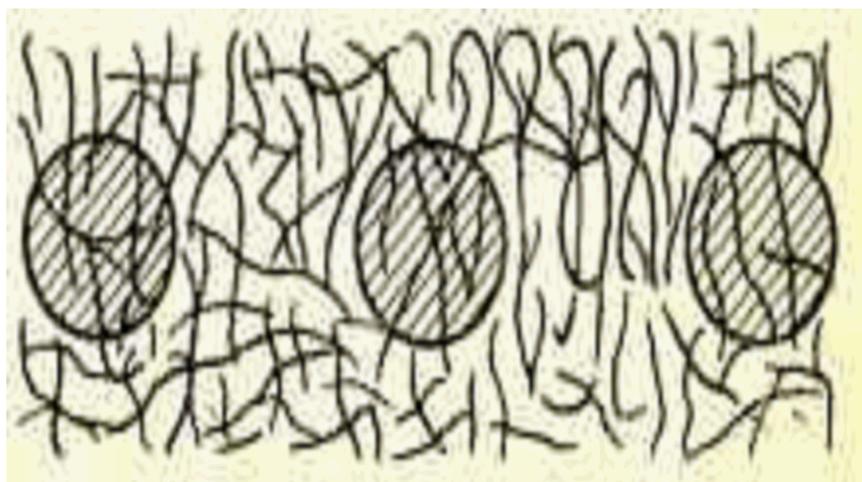


Рис. 1.3. Структура иглопробивного нетканого материала.

Клееные нетканые материалы, используемые при изготовлении одежды, вырабатываются главным образом путем склеивания: сухого, мокрого. Клееные материалы, полученные сухим склеиванием, представляют собой волокнистый холст, содержащий смесь натуральных, искусственных и термопластичных штапельных синтетических волокон или материалов.

Для изготовления одежды в основном применяют клееные материалы, полученные мокрым склеиванием и представляющие собой волокнистый слой или систему нитей из натуральных и искусственных волокон, пропитанных растворами, эмульсиями, дисперсиями, латексами водорастворимых или органических вяжущих веществ, которые склеивают волокна без изменения их химического состава. Волокнистый слой или нити затем подвергают термообработке.

Отличительной особенностью структуры нетканых материалов, получаемых склеиванием, является наличие зон скрепления между собой волокон или нитей связующим веществом.

К геометрическим параметрам строения нетканых материалов относятся плотность провязывания вязально-прошивных нетканых материалов, объемный вес и пористость.

Плотность провязывания, от которой во многом зависят прочность и механические свойства вязально-прошивных нетканых материалов, определяется по горизонтали и по вертикали точно так же, как в обычных трикотажных полотнах. Плотность провязывания в нетканых материалах по горизонтали колеблется в пределах 5-25 петельных столбиков на 50 мм длины полотна. Плотность провязывания по вертикали обычно составляет 8-50 петель на длине 50 мм.

Объемный вес любого нетканого материала может быть подсчитан как сумма весов всех компонентов, входящих в состав нетканого материала. Объемный вес хлопчатобумажных вязально-прошивных нетканых материалов колеблется от 0,25-до 0,45 мг/мм<sup>3</sup>, полшерстяных- от 0,15 до 0,25 мг/мм<sup>3</sup>. В клееных нетканых материалах (флизелин) объемный вес равен около 0,3 мг/мм<sup>3</sup>. Пористость вязально-прошивных нетканых материалов равна 70-90%.

Нетканые материалы вырабатываются как из натуральных (хлопковых, льняных, шерстяных), так и из химических волокон (например, вискозных, полиэфирных, полиамидных, полиакрилонитрильных, полипропиленовых), а также вторичного волокнистого сырья (волокна, регенерированные из лоскута и тряпья) и коротко-волокнистых отходов химической и других отраслей промышленности.

#### Технология получения нетканых материалов

Основные технологические операции получения нетканых материалов[54]:

1. Подготовка сырья (рыхление, очистка от примесей и смешивание волокон, перемотка пряжи и нитей, приготовление связующих, растворов химикатов и т. д.).

2. Формирование волокнистой основы.

3. Скрепление волокнистой основы (непосредственно получение нетканого материала).

4. Отделка нетканого материала.

#### Способы получения нетканого материала

Основной стадией получения нетканых материалов является стадия скрепления волокнистой основы, получаемой одним из способов: механическим, аэродинамическим, гидравлическим, электростатическим или волокнообразующим.

#### Способы скрепления нетканых материалов:

Химическое или адгезионное скрепление (клеевой способ).

Сформованное полотно пропитывается, покрывается или орошается связующим компонентом, нанесение которого может быть сплошным или фрагментированным. Связующий компонент, как правило, применяются в виде водных растворов, в некоторых случаях используют органические растворители.

Термическое скрепление.

В этом способе используются термопластичные свойства некоторых синтетических волокон. Иногда используются волокна, из которых состоит нетканый материал, но в большинстве случаев в нетканый материал еще на стадии формирования специально добавляют небольшое количество волокон с низкой температурой плавления («бикомпонет»).

Механическое (фрикционное) скрепление:

-иглопробивной способ;

-гидроструйный способ (технология Спанлейс).

Технология Спанлэйс

Технология Спанлейс [55] появилась в 60-х годах прошлого века, но впервые была официально представлена фирмой DuPont в 1973 году (материал Сонтара) и была результатом напряженной работы, проделанной фирмами DuPont и Chicoree. В 90-х годах прошлого века струйная технология значительно шагнула вперед и стала более производительной и доступной для многих производителей нетканых материалов.

Технология гидросплетения основана на переплетении волокон материала высокоскоростными струями воды под высоким давлением. Обычно полотно скрепляется на перфорированном барабане с помощью струй воды, бьющих под высоким давлением из форсуночных балок. За счет этих струй волокна холста связываются между собой.

Лидером и новатором в области технологии спанлейс является фирма «Rieter» [56].

#### Технология Спанбонд

При данной технологии холст формируется из непрерывных нитей (филаментов), полученных из расплава полимера. Нити формируются из полимера посредством фильерно-раздувного способа и практически одновременно укладываются в холст.

Впоследствии уложенный холст проходит процедуру скрепления механическим способом путем пробивки полотна иглами с двух сторон, целью которой является уплотнение уложенных филаментов и спутывание их между собой. На данном этапе технологического процесса полотно приобретает свои прочностные свойства, которые могут варьироваться в зависимости от характера, количества и рисунка набивки игл в иглопробивных досках. При необходимости пробитый холст проходит процедуру термоскрепления при помощи каландра.

Данная технология становится очень популярной, поскольку полученный по такому способу производства продукт имеет уникальные свойства, практичность и низкую себестоимость.

#### Технология Спанджет

Технология, при которой окончательная фиксация происходит с помощью водных струй под высоким давлением. Прочность готового материала несравнимо выше, чем у нетканого полотна, скрепленного любыми иными способами.

#### Технология Струтто

Технология пришла из Италии. "Strutto" обозначает вертикальную укладку волокон при производстве нетканых материалов. Впервые технология была применена в России компанией "Фабрика Нетканых Материалов" для производства нетканого наполнителя для мягкой мебели.

Материалы, изготовленные по технологии Спанлейс, используются для хозяйственных нужд; для гигиенического применения-протирачные салфетки; для медицинских нужд, в частности хирургических,-одноразовая медицинская одежда, а также для технического применения в соответствии со строгими требованиями клиента.

Материалы, изготовленные по технологии Спанбонд, используются в автодорожном и железнодорожном строительстве в качестве распределяющего нагрузку основания, при строительстве шламоотвалов-в качестве дренирующего слоя, в промышленном и гражданском строительстве-в качестве тепло- и пароизоляции.

На основе подробного анализа литературных данных предложена классификация нетканых материалов (рис. 1.4) , которая состоит из 3 уровней иерархии; 1 – вид используемого сырья; 2- способ скрепления; 3- назначение

1 уровень иерархии подразумевает деление нетканых материалов по виду (подуровень 1.1 ) и источнику (подуровень 1.2 ) используемого сырья. В настоящее время в качестве сырья для производства нетканых материалов служат натуральные, искусственные и синтетические а также комбинированные волокна. Подуровень 1.2 в предлагаемой схеме классификации нетканых материалов предполагает деление нетканых материалов на два вида- использование вторичного или первичного сырья .

2 уровень-определяет способ получения нетканого материала - получение нетканых материалов делится на три основных способа -механический, физико-химический, комбинированный. При механическом способе соединение волокон и волокнистого холста из нитей, тканей, нетекстильных материалов происходит с образованием петель из нитей, волокон (холсто, ните, ткане или пленок прошивной) или иглопрокалыванием волокнистого холста в сочетании его с тканью или полимерной пленкой (иглопробивной).

3 уровень-назначение нетканого материала по назначению нетканые материалы могут использоваться в различных отраслях по различному назначению. Например в швейной промышленности при производстве одежды нетканые материалы используются в качестве утеплителей, в обувной промышленности нетканые материалы используются для промежуточных, и внутренних деталей верха и низа обуви (простилки, втачные стельки, вкладные стельки, подкладка утепленной обуви и д.т.

## ГЛАВА II. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Характеристики использованных материалов и полуфабрикатов

В институте на протяжении нескольких лет ведутся исследования по разработке новых тканей с экранирующими и электропроводящими свойствами. Для выработки электропроводящих образцов ЭПТ используется токопроводящая пряжа, имеющая следующие характеристики состава; 60% хлопкового волокна 40% электропроводящего нетканного полотна, линейная плотность  $50 \pm 2$  текс, удельная разрывная нагрузка 9 сН/текс, разрывное удлинение 14%, погонное электрическое сопротивление 35 кОм/м. В качестве второго компонента ткани использовали х/б пряжу с линейной плотностью 25x2 текс. Вырабатывали экспериментальные образцы ткани комбинированного переплетения, содержащие различные количества электропроводящего нетканного полотна. Это достигалось тем, что в ткань по основе и утку включали электропроводящего нетканного полотна на заданном расстоянии друг от друга. Плотность по основе и утку равнялась 360 и 150 нитей на один дециметр.

ЭПТ подразделяются на различные функциональные назначения:

- антистатические (ковры, одежда, фильтры, обивочные материалы);
- специальные (одежда, экранирующая микроволновые излучения);
- электропроводящие (защитная одежда для персонала обслуживающего линии и установки сверхвысокого напряжения, экранирующие изделия);
- электрообогревающие (одежда, мебель, различные грелки). В качестве сырья для получения нетканого утеплителя с электропроводящими свойствами выбраны отходы ткацкого производства электропроводящих тканей и пряжи.

Процесс получения иглопробивных полотен с заданными физико-механическими свойствами осуществляется на иглопробивных машинах. В технологии получения иглопробивных нетканых материалов этот

процесс может быть вспомогательным или основным. В первом случае холст, прошедший иглопробивную машину, подвергается дальнейшей химико-физической обработке (клееные прокладочные, напольные покрытия и т. п.). Во втором случае процесс иглопробивания применяется как способ упрочнения, при этом получают готовый нетканый материал с необходимыми физико-механическими и структурными свойствами. Получаемые таким путем иглопробивные материалы могут иметь различное назначение: для декоративных или напольных покрытий, прокладочные, изоляционные, фильтрационные материалы. В процессе иглопробивания можно использовать волокнистый холст или холст, дублированный тканью, трикотажем, сеткой, пряжей и т. п.

Процесс иглопробивания холста основан на использовании давления зазубрин (насечек), которые, проходя через холст, протягивают (перепутывают) волокна в поперечном направлении. Таким образом, рабочим органом иглопробивной машины являются пробивные иглы.

Качество вырабатываемой продукции во многом зависит от качества применяемых игл. Конструкция и размеры игл определяют важнейшие параметры технологического процесса: глубину прокалывания, плотность прокалывания, возможность и необходимость применения тканого каркаса и т.д. Типичный механизм процесса одностороннего иглопробивания представлен на рис. 2.1. Холст 1, подаваемый транспортером 2, подвергается воздействию игольной плиты 5 (с иглами б), приводящейся в движение кривошипно-шатунным механизмом. В зоне иглопрокалывания холст находится между перфорированными плитами 4 и 3. Нижняя перфорированная плита 4 поддерживает холст и служит для регулировки глубины прокалывания, ее часто называют подкладочным столом. Верхняя перфорированная плита 3 поджимает холст и служит для очистки игл от волокон при обратном их

движении. Оттягивающие валки 7 оттягивают готовый материал 8 и одновременно протягивают холст через зону иглопрокалывания.

В процессе иглопрокалывания различают две фазы: фазу подачи холста при поднятых иглах и фазу иглопрокалывания холста, происходящую при заторможенном холсте. Представленные на рис. 2.1. фазы процесса иглопрокалывания характеризуются крайними положениями игольной плиты, которая движется с определенной частотой.

В новейших машинах частота прокалывания доходит до 30 Гц (1800 мин<sup>-1</sup>), а в старых не превышала 4,2 Гц (250 мин<sup>-1</sup>).

У большинства иглопробивных машин подача волокнистого материала осуществляется прерывисто. Однако в последние годы в различных конструкциях иглопробивных машин, особенно работающих с повышенной частотой прокалывания 16-20 Гц (800-1200 мин<sup>-1</sup>), предпочтение отдается непрерывной подаче

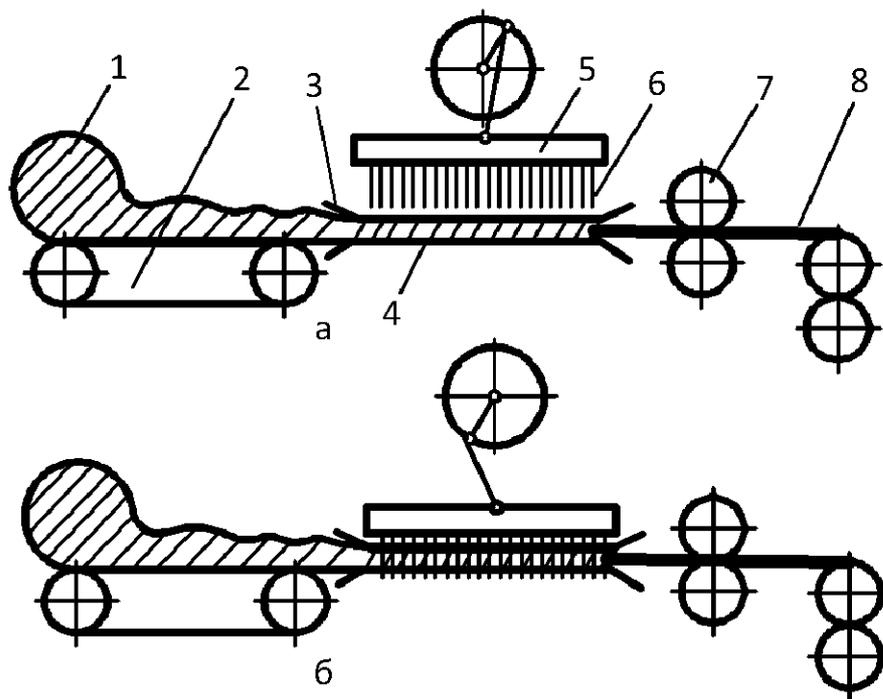


Рис. 2.1. Принципиальная схема работы иглопробивной машины:

*а* -фаза подачи холста при выведенных иглах;

*б* -фаза иглопрокалывания холста

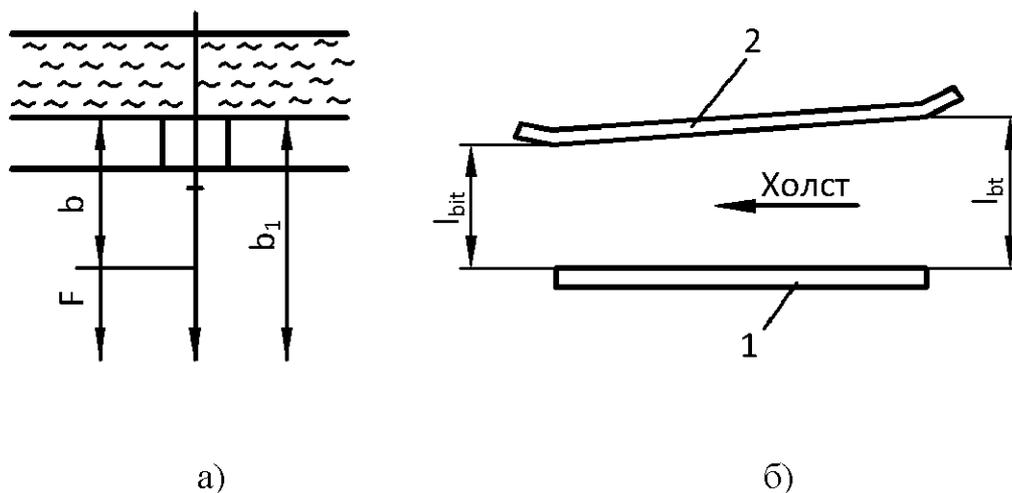


Рис 2.2. Основные характеристики и типы иглопробивных машин

Частота прокалывания - количество двойных ходов игольного стола (плиты) в секунду. Единица измерения - Гц (1 Гц = 60 проколам в минуту, или 60 мин<sup>-1</sup>).

Плотность прокалывания - суммарное количество проколов на единицу площади вырабатываемого полотна. Единица измерения - м<sup>-2</sup> или см<sup>-2</sup>.

Проекционная плотность игл - суммарное количество игл, спроектированное на единицу рабочей ширины машины. Единица измерения - м<sup>-1</sup>. Проекционная плотность игл зависит от рисунка расположения игл в игольной доске. На отечественных иглопробивных машинах максимальная проекционная плотность игл в одной штате (доске) - 4000 м<sup>-1</sup>.

Глубина прокалывания - расстояние между верхней плоскостью подкладочного стола и первой зазубриной иглы в ее нижнем положении (рис. 2.2,а).

В зарубежной технической литературе под этим термином понимают расстояние между острием иглы и верхней плоскостью подкладочного стола. Поэтому для сравнения данных, опубликованных в

отечественной и зарубежной литературе, необходимо пользоваться формулой

$$b = bl - F \quad (2.1.1)$$

где  $b$ -глубина прокалывания по отечественной терминологии, мм;  $bl$  - глубина прокалывания по зарубежной терминологии, мм;  $F$  - расстояние от первой зазубрины до острия иглы (для стандартных зарубежных игл  $F = 6,35$  мм).

Глубину прокалывания обычно регулируют путем одновременного подъема или опускания подкладочного и очистительного столов.

Подкладочный стол - узел иглопробивной машины, состоящий из подкладочной плиты (пластины), рамы для ее закрепления, крепежных и фиксирующих деталей, с помощью которых данный узел закрепляется на специальной иглопробивной машине предварительного прокалывания.

Очистительная плита (пластина) - стальная полированная плита с отверстиями для прохода пробивных игл и отверстиями для фиксирующих штифтов и винтов, которыми плита крепится к раме подкладочного стола. Количество отверстий в пластинах и их расположение соответствуют количеству и расположению игл в игольной доске. Диаметр отверстий составляет 5-7 мм.

Расстояние между столами - расстояние между верхней плоскостью очистительного стола и нижней плоскостью очистительной плиты (пластины), образующей очистительный стол.

В большинстве случаев очистительный стол 2 устанавливают наклонно по отношению к подкладочному столу 1, так что расстояние между столами при входе холста больше, чем при выходе готового полотна (рис. 2.2, б).

Расстояние между столами при входе холста  $lbx$  устанавливают в зависимости от толщины холста так, чтобы обеспечивалась свободная подача холста. В зависимости от длины применяемых игл и хода машины

максимальное значение  $lbx$  ограничено соотношением  $b + lbx = const$   
(2.1.2)

Если принять, что в течение некоторого времени при каждом проколе все иглы должны быть полностью вынуты из холста, максимальное значение суммы  $b + lbx$  составляет примерно 55 мм для машин с длиной хода 65 мм при длине игл 90 мм. Если применяют иглы длиной 75 мм,  $b + lbx < 40$  мм, поэтому толстые холсты необходимо уплотнять до подачи в иглопробивную машину. Это осуществляется прижимными валами, которые установлены над транспортером иглопробивной машины, или путем прокалывания

Расстояние, мм, между столами при выходе иглопробивной машине 1  
вых

$$l_{вых} = \delta + (2 - 5), \quad (2.1.3)$$

где  $\delta$  - толщина полотна, мм.

Тип иглопробивной машины обуславливается в первую очередь природой перерабатываемого сырья, поверхностной плотностью холста, а также назначением вырабатываемой продукции. Тяжелые машины усиленной конструкции применяют для иглопрокалывания грубых растительных и химических волокон с линейной плотностью до 1,67 текс, а также для иглопрокалывания холстов с большой поверхностной плотностью - до 1000 г/м<sup>2</sup>. Такие машины применяют главным образом для получения напольных покрытий.

Легкие иглопробивные машины применяют для иглопрокалывания тонких волокон с линейной плотностью до 0,33 текс в холстах с поверхностной плотностью до 30-500 г/м<sup>2</sup>. На таких машинах вырабатывают шерстяные одеяла, ватин, подкладочные материалы.

Количество иглопробивных машин в технологической линии может быть различным (1-8 шт.) в зависимости от назначения вырабатываемого материала. В зарубежных странах наибольшее распространение получили иглопробивные машины с рабочей шириной от 4 до 5,5 м, а для

изготовления бесконечных сукон для бумагоделательных машин применяют специальные иглопробивные машины с рабочей шириной до 16 м. С типом машины неразрывно связано число и тип игольных столов, участвующих в работе.

## 2.2. Выбор приборов и методов исследования

### 2.2.1. Методика определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве электропроводящего нетканного полотна

Разрывная нагрузка и удлинение при разрыве определялась на приборе AG-1, описание которого приведены ниже.

Разрывная машина- AUTOGRAPH AG-I. Прибор AG-I предназначен для измерения разрывных характеристик тканей, нитей, пряжи и других текстильных изделий.

Метод проведения испытания на приборе. Разрывная машина AG - I работает с помощью специальной компьютерной программы. Перед началом испытаний необходимо ввести в программу все предварительные параметры проведения испытаний. Согласно ГОСТам при испытании тканей на разрывные характеристики образцы по основе и утку режут в виде полос размером 300 x 50 мм. После этого образцы заправляют в зажимы. Расстояние между зажимами 200 мм. При нажатии кнопки START верхний зажим начинает подниматься. После разрыва ткани на экране компьютера появляются результаты испытания в виде графика и в виде таблицы. На них отображается следующая информация:

- 1)Разрывная нагрузка, Н;
- 2)Разрывное удлинение %,
- 3)Коэффициент вариации и.т.д.

Методика определения удлинение электропроводящего нетканного полотна при разрыве

Удлинение электропроводящего нетканного полотна при разрыве определяется по ГОСТ 3811-72.

### 2.2.2. Методика определения воздухопроницаемости ткани

Воздухопроницаемость образца электропроводящего нетканного полотна определялась на приборе AP-360SM.

Данный прибор предназначен для определения воздухопроницаемости текстильных материалов различного назначения. Результаты определения воздухопроницаемости вычисляются путем сопоставления показания прибора и специальной таблицы.

Перед началом испытаний необходимо проверить уровень воды в резервуаре, в наклонном и в вертикальном манометре. Следить за правильностью подключения прибора к электросети. В зависимости от плотности ткани в сменный столик вставляется один из круглых отверстий с площадью 1, 1.4, 2, 3, 4, 6, 8, 11 и 16 см<sup>2</sup>. Потом образец материала размещается над камерой разрежения и прижимается с помощью зажима. Запустим вентилятор прибора. Когда гидростатическое давление в наклонном манометре подходит к 12,7 мм.в.ст., остановим процесс и посмотрим на вертикальный манометр, который показывает какую-то определенное гидростатическое давление. С помощью специальной таблицы мы определим показатель воздухопроницаемости испытываемого образца в см<sup>3</sup>/см<sup>2</sup>·сек.

### 2.2.3. Методика определения поверхностной плотности электропроводящего нетканного полотна с помощью специальных весов и резаком

Поверхностная плотность электропроводящего нетканного полотна определялась с помощью специальных весов и резаком GX - 400, описание которого приведены ниже. Специальные весы и резак для определения поверхностной плотности тканей GX -400.

Метод проведения испытания на приборе. С помощью этого прибора измеряется поверхностная плотность тканей, то есть вес 1 м<sup>2</sup> ткани. Для этого с помощью резака из образца проверяемой ткани вырезается кусок в виде круга.

Площадь этого образца равна 100 см<sup>2</sup>. После этого вырезанный образец взвешивают на весах GX - 400 . Для того чтобы узнать вес 1м<sup>2</sup> ткани показания весов нужно умножить на 100.

#### 2.2.4. Методика определения теплопроводности

Прибор - AW-2 используется для углубленного изучения свойств тканей и трикотажных полотен из хлопка, шерсти и других волокон. Соответствует стандартам АСТМ. На данном приборе изучаются теплопроводящие и теплоудерживающие свойства материалов.

Принцип работы прибора основан на сравнительном анализе. Нагреватели прибора устроены так, что они все время поддерживают заданную температуру (36,6<sup>0</sup>С). После того как нагреватели прибора нагреются до нужной температуры, они перестают работать, как только нагреватели начинают остывать, они снова включаются. На панели управления прибора имеются два таймера. Таймер (а) предназначен для отмеривания общего времени проверки - 7200 секунд. Таймер (б) работает только во время работы нагревателя тестовой платы. Таким образом, в течение 2 часов (7200 сек) таймер (б) отсчитывает продолжительность работы нагревателя без образца. Этот показатель необходимо записать и затем сбросить счетчики на 0. После этого прибор работает еще 2 часа, но уже с образцом. Естественно, на этот раз нагреватели работают относительно меньше, так как тестовая плата накрыта образцом проверяемой ткани, и она препятствует остыванию нагревателей. Продолжительность работы прибора с образцом также записываются, и результаты проверки вычисляются с помощью нижеприведенной формулы:

$$\text{Теплопроводность (\%)} = (1) \times 100 \quad (2.6.1)$$

*a* - продолжительность работы нагревателей без образца (сек) *b* - продолжительность работы нагревателей с образцом (сек).

### 2.2.5. Методика определения электризуемости электропроводящего нетканного полотна

Одной из характеристик материалов является способность накапливать на своей поверхности заряды статического электричества.

Величина заряда его знак зависит от трибоэлектрических свойств материалов. Поэтому исследовались свойства материала накапливать заряды электростатического потенциала (ЭСП). Электризуемость текстильных материалов определяется с помощью прибора RS-101D. Действие прибора основано на определении электростатического потенциала, возникающего между трущимися поверхностями материала.

Прибор состоит из контрольной панели, на которой размещены пульты управления, осциллограф для обработки результатов измерений и основной вращающейся части, где устанавливается образцы. Для определения электризуемость образца на приборе выполняются следующие операции: нажимаем на включатель, включаем осциллограф нажатием кнопки. Заправляем образцы в зажимы. Для определения электризуемости заправляем аналогичные образцы в зажим вращающейся части прибора. Для включения прибора нажимаем кнопку пуск на контрольной панели. По истечении 1 минуты работы прибор автоматически отключается. Результаты измерений записываются с показаний прибора.

### 2.2.6. Потенциометрический метод измерения электрического сопротивления материалов

При измерении удельного электрического сопротивления проводящих и полупроводящих волокон и тканей в большинстве случаев требуется учитывать величины контактного сопротивления. В противном случае кажущееся удельное сопротивление проводящих материалов может отличаться от истинного значения на два-три порядка, что частично и объясняет противоречивые данные, имеющиеся в литературе

для одних и тех же материалов. Учёт влияния контактного сопротивления на результаты измерений может быть осуществлён применением потенциометрической измерительной схемы.

Согласно этому способу постоянный ток подводится к исследуемому образцу двумя токовыми электродами, между которыми на определённом расстоянии помещают два потенциальных или токосъёмных электрода. С помощью вольтметра измеряют падение напряжения на участке между потенциальными электродами. Необходимо использовать вольтметр с высоким входным сопротивлением, чтобы величина тока, проходящего через эти электроды, была достаточно мала, что гарантирует малое падение напряжения на них даже при высоком контактном сопротивлении. По падению напряжения и величине тока рассчитывают электрическое сопротивление образца материала между потенциальными электродами.

### 2.3. Статистическая обработка результатов исследований

При измерении свойств текстильных материалов и разработке методов оценки их параметров, как правило, изучается совокупность случайных величин, которая может быть определена основными числовыми характеристиками: математическое ожидание  $Y$  (среднее значение), дисперсия  $S^2\{Y\}$  и среднее квадратическое отклонение  $S\{Y\}$ .

Математическое ожидание  $Y$  (среднее значение) определяет центр распределения случайных величин, около которого группируется большая их часть. Абсолютными характеристиками рассеяния случайной величины  $Y$  около центра распределения  $Y$  является дисперсия  $Sr\{Y\}$  и среднее квадратическое отклонение  $S\{Y\}$ .

Расчет оценок математического ожидания, дисперсии и среднего квадратического отклонения для анализируемой выборки осуществлен по следующим формулам:

1. Среднее значение  $Y$
2. Дисперсия

$$S^2\{Y\} = \frac{1}{m-1} \cdot \sum_{i=1}^m (Y_i - \bar{Y})^2; \quad (2.3.1)$$

3. Среднее квадратичное отклонение.

$$S\{Y\} = \sqrt{S^2\{Y\}}. \quad (2.3.2)$$

4. Максимальное и минимальное значение

$$V = V_{\max}$$

$$V = V_{\min}$$

5. Коэффициент вариаций

$$CV\{Y\} = V\{Y\} = \frac{S\{Y\}}{\bar{Y}}. \quad (2.3.3)$$

Абсолютная и относительная доверительные ошибки, допущенные при оценке математического ожидания, определяются по формулам:

$$\varepsilon\{\bar{Y}\} = \frac{2 \cdot S\{Y\}}{\sqrt{m}}; \quad (2.3.4)$$

6. Ошибка среднего значения

$$\delta\{\bar{Y}\} = \frac{2 \cdot \tilde{N}\{Y\}}{\sqrt{m}}. \quad (2.3.5)$$

7. Относительная доверительная ошибка

## ГЛАВА III. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

### 3.1. Выбор и обоснование сырья для изготовления экспериментального образца электропроводящего нетканого утеплителя

Для получения экспериментальных образцов электропроводящего нетканого полотна тканей использовали отходы токопроводящей пряжи и ткани. Токопроводящая пряжа имела следующие характеристики:

Состав - 60% хлопкового волокна, 40% волокна электропроводящего нетканного полотна. Линейная плотность -  $50 \pm 2$  текс, удельная разрывная нагрузка - 9,0 сН/текс, разрывное удлинение -14,0%, линейное электрическое сопротивление-18-20 кОм/м и также использовались отходы тканей с различным содержанием токопроводящей пряжи.

Экспериментальные образцы электропроводящего нетканого полотна (ЭПП) были получены механическим иглопробивным способом (Рис.3.1. а,б,с).



а) Вид сверху



б) Вид сверху

(x40-ко кратное увеличение) (x 10-ти кратное увеличение )



с) поперечный срез (увеличение x 40)

Рис. 3.1.

Проводились исследования комплекса свойств выработанных электропроводящего нетканного полотна. Основными свойствами электропроводящего нетканного полотна являются: разрывная нагрузка, воздухопроницаемость, поверхностная плотность, электризуемость, электрическое сопротивление материала и др.

### 3.2 Исследования физико-механических свойств экспериментальных образцов электропроводящего нетканного полотна

Краткая техническая характеристика, исследуемого экспериментального утеплителя представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1.

Краткая техническая характеристика, исследуемого экспериментального утеплителя

№	Наименование образца	Вид сырья	Волокнистый состав	Способ скрепления	Ширина полотна, м
1	Нетканое полотно с электропроводящими свойствами	Вторичное сырье, отходы электропроводящей ткани и пряжи	60% - х/б 40% - ЭПВН	Иглопробивной	1,5

### 3.3. Механические свойства материалов

#### 3.3.1. Определение разрывной нагрузки и удлинения при разрыве

Прочность текстильных материалов характеризуется разрывной нагрузкой  $P_r$  (измеряемой в сантиньютонх сН) - наибольшим усилием, выдерживаемым материалом к моменту разрыва.

Удлинение текстильных материалов характеризуется их деформацией под действием растягивающей нагрузки. Измеряют в миллиметрах, но чаще в % по отношению к зажимной длине волокна [53].

Для проведения испытаний были вырезаны по 3 образца материала размерами 30см x 5см.

Результаты испытаний для образца материала представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2.

Результаты определения разрывной нагрузки и удлинения  
электропроводящего нетканного полотна

Показатель	№№				
	1	2	3	4	5
Разрывная нагрузка, Н					
По ширине	10,7	10,8	11	11,8	10
По длине	32,7	30,5	33,8	31,5	35
Удлинение при разрыве, %					
По ширине	47,6	48	46,9	48,6	45,3
По длине	93,8	94,5	95,7	93,6	94,8

Таблица 3.3

Таблица статического расчета показателя разрывной нагрузки и  
удлинения

Статистические параметры	Разрывная нагрузка, Н		Удлинение при разрыве, %	
	по ширине	по длине	по ширине	по длине
Среднее значение $\text{см}^3/\text{см}^2$	10,86	32,7	47,28	94,48
Дисперсия	0,33	2,56	1,29	0,57
Среднее квадрат.откл	0,58	1,60	1,13	0,75
Значение крит. $V_{\max}$	11,8	35	48,6	95,7
Значение крит. $V_{\min}$	10	30,5	45,3	93,6
Коэффициент вариаций	0,05	0,05	0,02	0,01
Ошибка среднего значения	0,517	1,430	1,014	0,673

Для определения показателя поверхностной плотности использовано по 5 образцов материалов каждого вида размером диаметром 10 см. Значения приведены в таблице 3.4.

Таблице 3.4.

Показатель	№№							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Поверхностная плотность, $\text{гр}/\text{м}^2$	316,5	321,5	341,3	321,0	319,8	345,3	341,6	315,9

Таблица статического расчета показателя поверхностной плотности

№№	Статистические параметры	Значение
1.	Среднее значение гр/м <sup>2</sup>	327,8625
2.	Дисперсия	137,27
3.	Среднее квадрат.откл	11,72
4.	Значение крит Vmax	345,3
5.	Значение крит.Vmin	315,9
6.	Коэффициент вариаций	0,04
7.	Ошибка среднего значения	8,285
8.	Относительная доверительная ошибка	8,12

### 3.3. Исследование электрических свойств электропроводящего нетканного полотна

Электризация текстильных полотен имеет поверхностный эффект и возникает в результате взаимодействия (трения) между двумя поверхностями. При трении электризация повышается, т.к. возникают новые и разрушаются прежние контакты трущихся поверхностей. Электрические заряды могут возникать не только при трении, но и при растяжении и сжатии.

Электризуемость, как физическая величина, определяется следующими показателями: напряженностью электрического поля, величиной заряда, поверхностной плотностью, полярностью заряда, удельным объемным сопротивлением, удельным поверхностным сопротивлением. Таким образом электризуемость можно регламентировать как с помощью удельного поверхностного электрического сопротивления в Ом·м, напряженности электростатического поля кВ/м, а также электростатический потенциал, В. Однако первая характеристика не очень удобна в связи с сильной зависимостью показателя от атмосферных условий. Характеризовать электризуемость текстильных материалов возможно через электростатический потенциал.

Данные по электризуемости образцов материала приведены в таблице 3.6.

Таблице 3.6.

## Значения показателя электризуемости образца материала

Показатель	№№	1	2	3	4	5
	Электростатический потенциал, В		13,0	12,0	11,0	10,0

Таблице 3.7.

## Таблица статического расчета показателя электростатического потенциала

№№	Статистические параметры	Значение
1.	Среднее значение гр/м <sup>2</sup>	11,4
2.	Дисперсия	1,04
3.	Среднее квадрат.откл	1,02
4.	Значение крит Vmax	13,0
5.	Значение крит. Vmin	10,0
6.	Коэффициент вариаций	0,09
7.	Ошибка среднего значения	0,912
8.	Относительная доверительная ошибка	0,89

Определение поверхностного электрического сопротивления образцов  
материала

Для электропроводящей ткани одной из важных характеристик является электрическая проводимость. К этому свойству предъявляются повышенные требования, так как именно от электропроводимости будет зависеть назначение и функции ткани. Результаты испытаний приведены ниже в таблице 3.8.

Таблице 3.8.

Показатель	№№	1	2	3	4	5	6	7	8
	Поверхностное электрическое сопротивление, Rs, Ом		16,6	16,2	16,4	16,7	16,0	16,0	16,5

Исследование воздухопроницаемости опытного образца  
электропроводящего нетканного полотна

Воздухопроницаемость характеризует способность текстильных материалов пропускать воздух. Она является одним из показателей гигиенических и теплозащитных свойств материалов, используемых при

изготовлении одежды. Значения воздухопроницаемости опытных образцов представлены в таблице 3.9.

Исследования показали что, электропроводящая пряжа является более рыхлой по структуре, чем пряжа из чистого хлопка, что объясняет более высокую воздухопроницаемость и при этом сохраняются хорошие теплозащитные свойства.

Таблице 3.9.

Показатель	№№							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Воздухопроницаемость, см <sup>3</sup> /см <sup>2</sup> сек	40,5	43,9	43,8	41,7	39,8	42,2	40,3	39,9

Таблице 3.10.

№№	Статистические параметры	Значение
1.	Среднее значение гр/м <sup>2</sup>	4,12
2.	Дисперсия	2,26
3.	Среднее квадрат.откл	1,50
4.	Значение крит Vmax	43,6
5.	Значение крит.Vmin	39,8
6.	Коэффициент вариаций	0,04
7.	Ошибка среднего значения	1,064

### Определение поверхностной плотности материала

Поверхностная плотность материала имеет немаловажное значение при изготовлении каких-либо видов изделий. Исследования этого показателя, приведенные в табл.3.11. показали, что содержания металлизированных нитей в полотне увеличивает поверхностную плотность. Это естественно, так как металлизированные нити утяжеляет вес ткани.

Для определения показателя поверхностной плотности использовано по 5 образцов материалов каждого вида размером диаметра 10 см. Значения приведены в таблице 3.11.

Таблице 3.11.

Сводная таблица физико-механических и электрофизических свойств образцов материала

№	Наименование показателя	Среднее значение	Дисперсия	Ср.кв.откл.	Коэффициент вариации, %	Относительная доверительная ошибка
1.	Ширина материала, см	150	0,03	0,17	0,00	0,13
2.	Толщина, мм	2,2	0,01	0,09	0,04	0,067
3.	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	327,86	137,27	11,72	0,04	8,285
4.	Разрывная нагрузка, Н по ширине по длине	10,86 32,7	0,33 2,56	0,58 1,60	0,05 0,05	0,517 1,432
5.	Разрывное удлинение, % по ширине по длине	47,28 94,48	1,29 0,57	1,13 0,75	0,02 0,01	1,014 0,673
6.	Воздухопроницаемость, см <sup>3</sup> /см <sup>2</sup> сек	41,2	2,26	1,5	0,04	1,064
7.	Теплопроводность, %	-40,38	0,5	0,71	0,02	0,635
8.	Электростатический потенциал, В	11,4	1,04	1,02	0,09	0,89
9.	Поверхностное электрическое сопротивление, Ом	16,56	0,13	0,37	0,02	0,276

Для сравнения в таблице 3.12. представлены значения физико-механических и теплофизических показателей ватина и нового утеплителя.

Таблице 3.12.

№	Наименование показателя	Наименование утеплителя		
		Ватин	Синтепон	Электропроводящий утеплитель
1.	Ширина материала, см	160	150	150,13
2.	Толщина, мм	2,5	2,0	2,2
3.	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	353	205	327,86
4.	Разрывная нагрузка, Н по ширине по длине	15,3 36,0	5,6 18,0	10,7 32,7
5.	Разрывное удлинение, % по ширине по длине	42,0 93,0	56,0 102,0	47,6 93,8
6.	Воздухопроницаемость, см <sup>3</sup> /см <sup>2</sup> сек	39,8	67,0	41,12
7.	Теплопроводность, %	-38,6	-25,3	-40,38
8.	Электростатический потенциал, В	182	360	11,4
9.	Поверхностное электрическое сопротивление, Ом	205	318	16,56

Для наглядности были построены диаграммы сравнения которые представлены на рис.3.1-3.5.

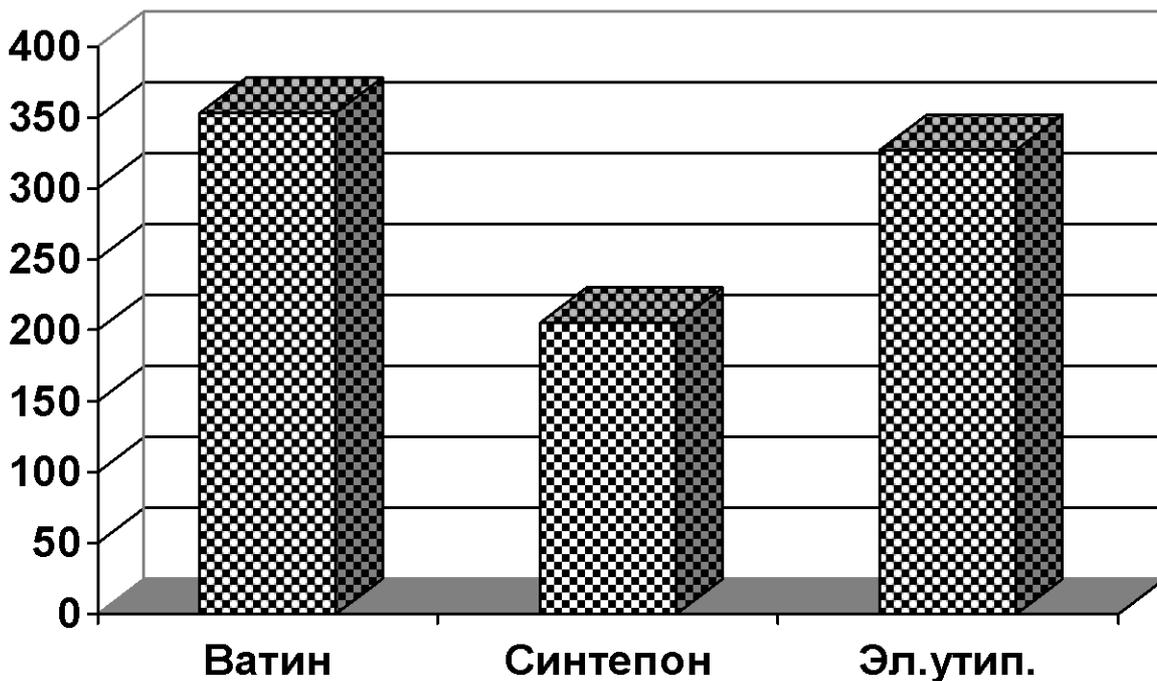


Рис 3.1. Сравнение показателя поверхностной плотности исследуемых материалов.

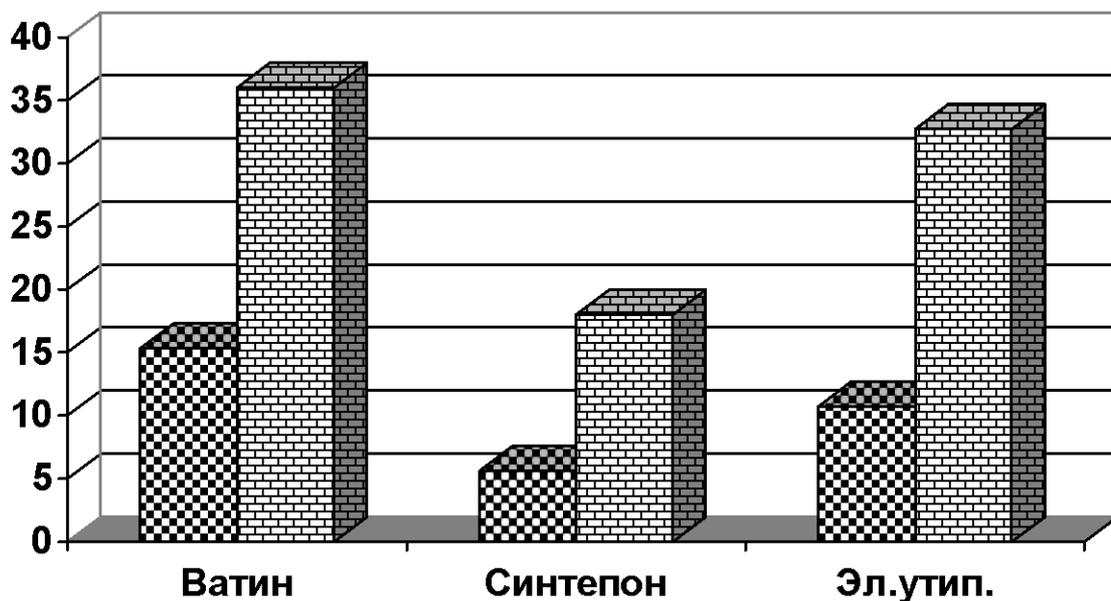


Рис 3.2. Сравнение показателя разрывной нагрузки по длине и ширине исследуемых материалов.

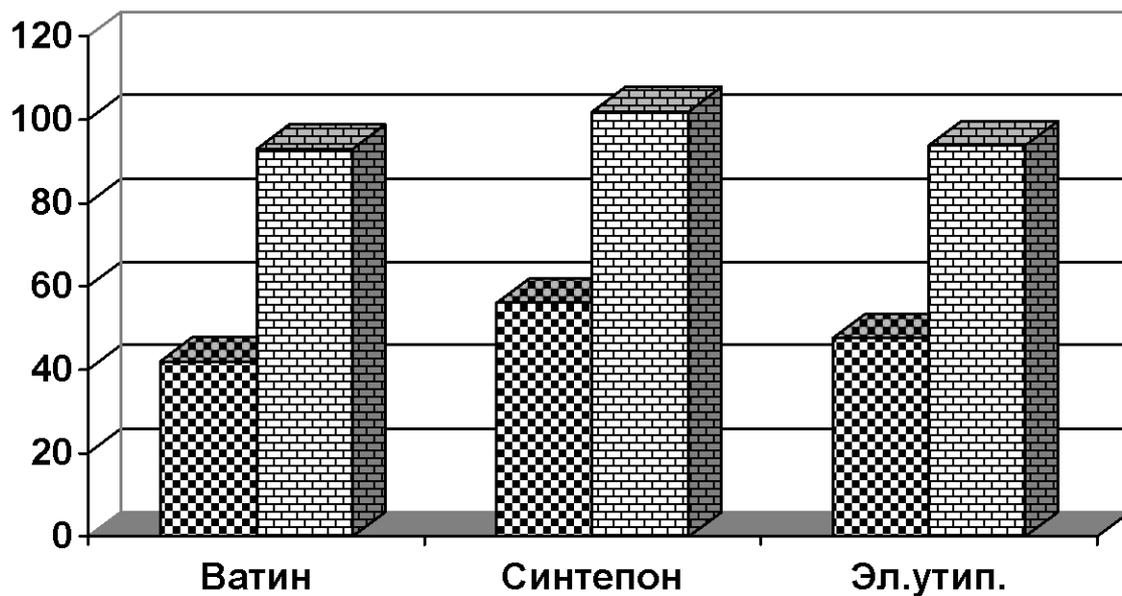


Рис 3.3. Сравнение показателя удлинения при разрыве по длине и ширине исследуемых материалов.

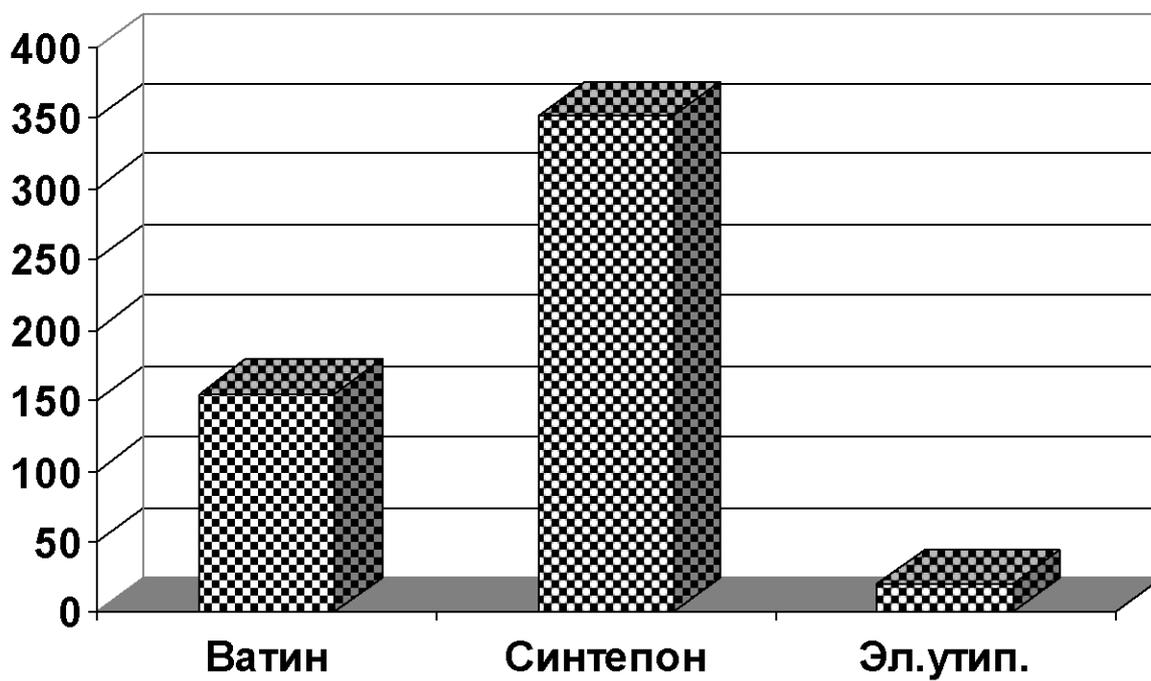


Рис 3.4. Сравнение показателя электростатического потенциала в исследуемых материалах.

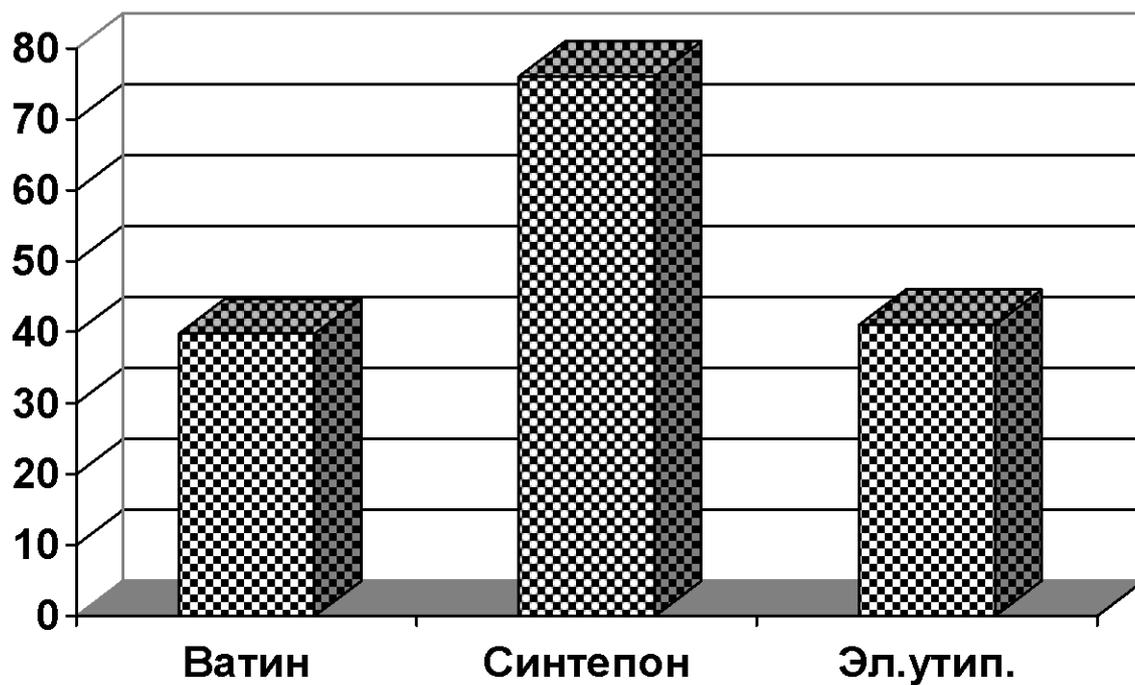


Рис 3.5. Сравнение показателя воздухопроницаемости исследуемых материалов.

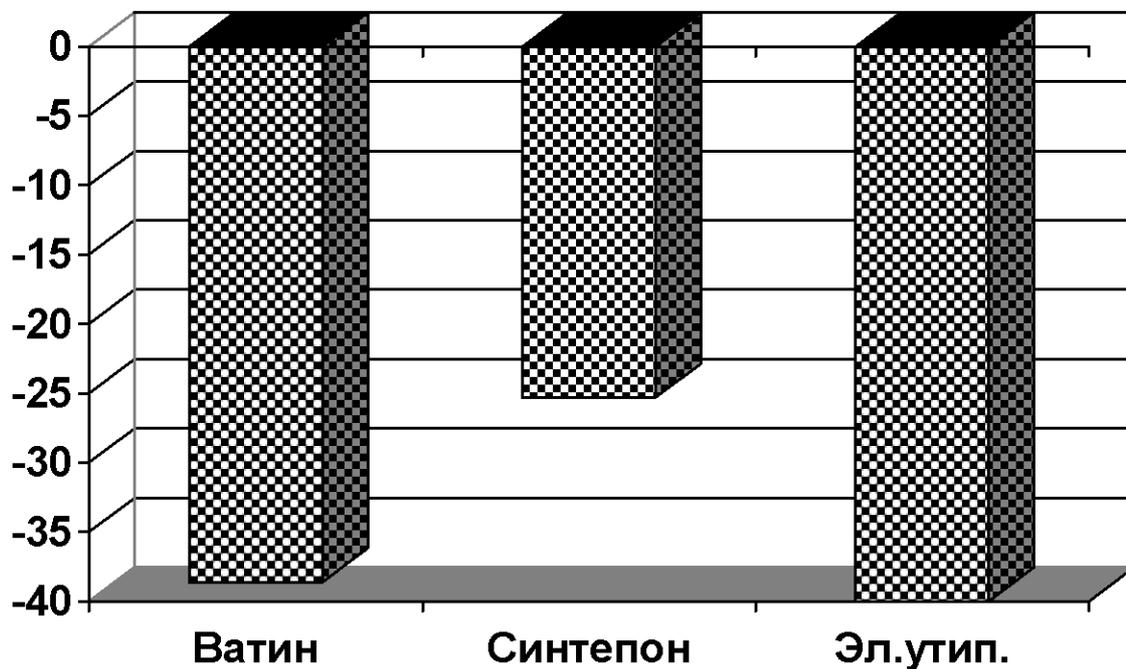


Рис 3.6. Сравнение показателя теплопроводности исследуемых материалов.

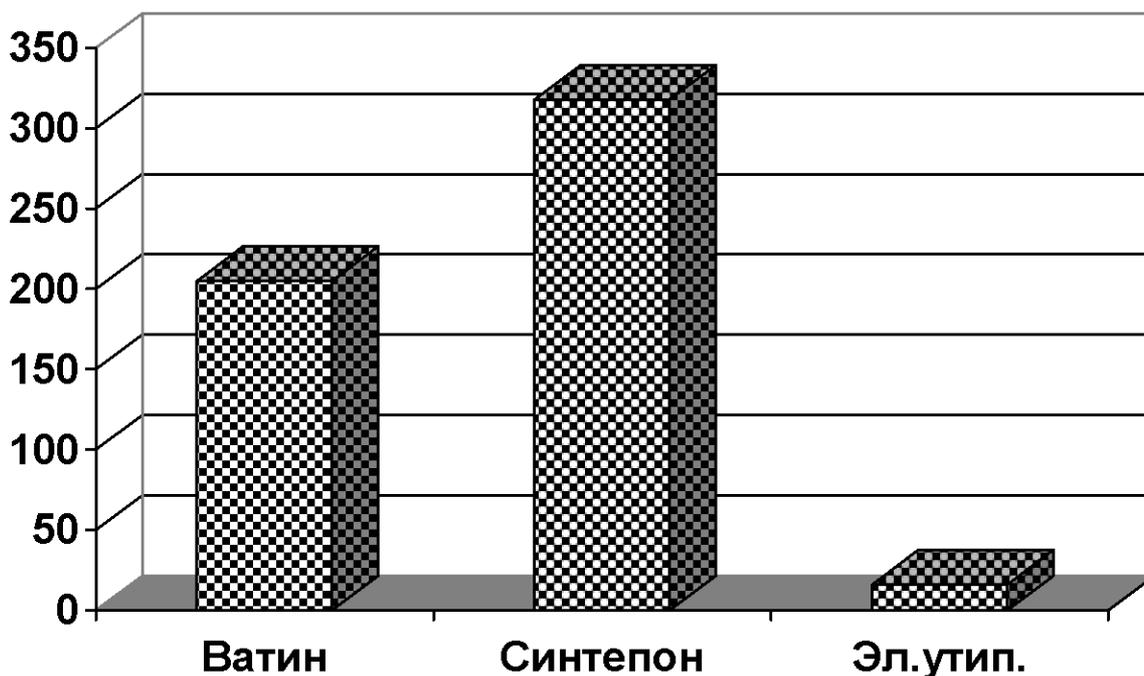


Рис 3.7. Сравнение показателя удельного электрического сопротивления исследуемых материалов.

Из представленной таблицы и рисунков видно, что по физико-механическим свойствам (разрывной нагрузке, поверхностной плотности, воздухопроницаемости и теплопроводности) полученный утеплитель наиболее близок с ватином, но при этом обладает стабильными электропроводящими свойствами.

Электрофизические свойства (способность накапливать заряды статического электричества поверхностное электрическое сопротивление) значительно отличаются от показателей сравниваемых утеплителей. Это говорит о том, что нами был получен новый нетканый волокнистый материал из текстильных отходов производства обладающий стабильными электрическими свойствами.

#### 3.4. Экономическая часть

Мир вступил в новую эру развития, характеризующуюся, с одной стороны, усилением сотрудничества, интеграционным процессом между государствами и народами, а с другой – образованием молодых

независимых государств. Узбекистанская модель перехода к рынку получила всемирное признание, успехи нашей страны на пути обновления и прогресса бесспорны и зримы.

При выработке модели перехода к рынку наш Президент учитывал как непростой опыт стран с многовековым исследованием по пути рынка, так и специфические особенности республики и менталитет народа Узбекистана. Конечная цель собственного пути обновления и прогресса – построение демократического общества с социально ориентированной рыночной экономикой.

Быстрейшая интеграция Узбекистана в мировое сообщество тесно связана с кардинальными рыночными преобразованиями его национальной экономики.

Перспективной формой интеграции в мировую экономику, важным инструментом стимулирования иностранных инвестиций является создание свободных экономических зон.

В экономике различают два вида Эффективности производства. Если технологическая эффективность имеет место, когда выпуск изделия является максимально возможным при использовании строго определенных объемов ресурсов, то экономическая эффективность проявляется, когда валовые издержки для заданного объема производства минимальны по сравнению с альтернативными технологиями.

Чтобы предприятие нормально функционировало, надо организовать производственный процесс во времени. Организовать производственный процесс в пространстве - значит определить структуру предприятия.

Завершающая стадия производственного процесса включает контрольные операции по проверке правильности изготовления продукции и ее готовности к отправке к потребителю, а также упаковку. В результате чего стадия производства переходит в стадию обращения, изделия становится товаром.

Выработанные новые нетканые электропроводящие полотна должны быть не только высокого качества, но и экономически рентабельным.

Ввиду того что данная работа является поисковой и в настоящее время нетканые полотна такого типа в нашей Республике не выпускаются рассчитать экономическую эффективность не представляется возможным. На данном этапе можно предположительно оценить себестоимость получаемого утеплителя на основе материальных и трудовых затрат с учетом стоимости исходных волокон выпускаемых в небольшом количестве на опытно-промышленной установке.

Полученные результаты показали, что исследуемая ЭПТ экономически эффективна, так как стоимость 1 кв.м. антистатической ткани EX-STATIC, получаемой в США с применением металлических нитей BASF равна 10,5 USD, а в нашем случае она составляет 5 USD.

## ВЫВОДЫ

1. На основе проведенного анализа состояния производства и использования утеплителей для спецодежды, установлено, что существующие специальные утеплители для спецодежды с антистатическими свойствам, не обладают необходимым комплексом защитных свойств.

2. По результатам анализа ассортимента и технологии производства нетканых утеплителей разработана схема классификации нетканых текстильных материалов.

3. Определение большинства характеристик электропроводящего нетканого полотна проводилось в соответствии с существующими стандартами.

4. В работе также использованы некоторые нетрадиционные методы, имеющие свою специфику. Описание этих методов позволит более полно изложить суть диссертационной работы.

5. Обосновано использование отходов производства электропроводящих текстильных материалов для получения нового нетканого утеплителя для спецодежды.

6. Получено новое нетканое полотно с электропроводящими свойствами, отвечающее предъявляемым к нему требованиям. Нетканое полотно может быть использовано в качестве утеплителя для спецодежды обеспечивающую защиту от электрических полей, а так же необходимую на взрыво- и пожароопасных объектах.

7. Проведены исследования свойств экспериментального нетканого утеплителя в результате, которого установлены его основные физико-механические, тепло и электрофизические характеристики.

8. Стоимость полученных экспериментальных образцов ткани существенно ниже стоимости существующих аналогов. А так как новый электропроводящий нетканый утеплитель получается традиционным механическим иглопробивным способом из отходов электропроводящих

тканей и нитей это дает возможность предположить получения  
значительного экономического эффекта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Газета «Народное слово», 2015 г. 16 января доклад И.А Каримова на расширенном заседании кабинета министров Узбекистана.
2. Василёнок Ю.И. Предупреждение статической электризации полимеров.- Л. Химия. 1991. - 209 с.
3. Electroconductive Yarns EUROPA NCT Sp z o.o.05-230 Kobyłka k /Warszawyul., Napoleona 2 POLAND [www.europa.nct.pl/euro-static.php](http://www.europa.nct.pl/euro-static.php) -
4. Maclaga B., Fisher W.K. // Ж. Text Res J. 71. 2001. С. 281-286.
5. Меркулова А.И в кн. Методы и средства защиты организма человека от статического электричества. - М.: МДНТИ. 1998. С. 184-190.
6. Применение волокна Бекинокс для производства антистатических электроводных тканей. Фирма Бекарт. 2001. 56 с.
7. Производство и потребление металлических нитей и волокон. РЖЛП, 1997. №8. 86 102.
8. J.Palvinec. Stahlfasem fur antistatische Anwendung in der Textilindustrie.// Ж. Chemifasern Textilind. 1996. 35/88. С. 85-88.
9. Пат. Японии. № 3586597. 1971.
10. Ж. Text. Ind. 1999. Bd 29. №2. С. 89-90.
11. Application of Nitril-Static Electro conductive Fibres. 2003.
12. Попов Б.Г. и др. Статическое электричество в химической промышленности. Под.ред. Б.И. Сажина.- Л. Химия. 1991. 240 с.
13. Кайданов Ф.Г.и др. В кн. Защита от действия электромагнитных полей и электрического тока в промышленности. -М. ВЦНИИОТ. 1993. С. 22-31.
14. Патент ФРГ. № 2111663. 1971.
15. Патент США. № 3666550. 1972.
16. Halperin S.A.// Ж. EE-Eval Eng. 33 1994. С. 68-70.
17. Геллер А.А. В кн. Химия и химическая технология высокомолекулярных соединений.- Т. ТТИ. 1978. С. 45-53.
18. Патент Японии. № 103850. 1973.

19. Ж.Chem. Ind. 1980. № 2. С. 119-121
20. Антошкина Т.Ф. и др. Ковры с антистатическими свойствами. // Ж. Текстильное материаловедение. № 3. 1990. С. 65-66.
21. Wandel M. и др. Антистатические свойства волокон для ковров. // Ж. Chemiefasern. 1972. № 5. С. 397-401.
22. Пат. Японии № 0529691. A Electro conductive fluoro-fibre paper with high heat and chemical resistance. 1985.
23. Пат. Японии № 04060320. A Composite filter for purifying air. 1987.
24. Патент Франции № 2272567. 1976.
25. А.С. СССР. № 496289. 1975.
26. Никитин А.А. и др. Механизм проводимости электропроводящих химических волокон и их электрофизические свойства. Обзор. инф. Сер. Промышленность химволокна.- М.: НИИТЭХИМ. 1978. С. 48-49.
27. Пат. Японии № 05075288 A. Radio absorber having efficiently absorbed electromagnetic waves. Agency of INDSCI and Technology. 1987.
28. Пат. Японии 05186967 A. Electro conductive fibre for knitted and nonwoven fabrics. MITSUBISHI PAPAR MILLS LTD. 1988.
29. Monsanto Chemical Co. New Metallized Conductive Materials. // Ж. Coated Fabrics. 1991. 20 С. 150-154.
30. Galer J.M., Hudson M.J. Synthesis and Characterization of Conducting Sulphide Surfaces on Textile Fibres. Part II. // Ж.Solid State Ionics. 1994. 73. С. 175-183.
31. Дурова Е.П. “Исследование вопросов автоматизации технологического процесса изготовления токопроводящей ткани на основе КМ”. Диссерт. канд. техн. наук., М. 1985.
32. Радиопоглощающий материал. РЖ ВИНТИ. 1987. А 25743.
33. Jin X. Gong K. Diffusion-Deposition of Polyaniline onto Textiles with High Electric Conductivity and Improved Adhesion.// Ж. Coated Fabrics. 1996. 26. С. 36-44.

34. Gregory R. V. Production and Characterization of Textile Fibres Made from Intrinsically Electrically Conductive Polymers, [http://ntc.tx.ncsu.edu/html/REPORTS/REPORT-OLDER/production.html\(1997\)](http://ntc.tx.ncsu.edu/html/REPORTS/REPORT-OLDER/production.html(1997))
35. SAMPE 25<sup>th</sup> National symp. 1980.
36. Пат. США № 3300781. 1998.
37. Ж. Aerospace America. 1994. Т 25. 15. С. 37.
38. Ж. Aerospace Dayby. 1994. Т 19. С. 152.
39. Пат. Швеции 439411.
40. Пат. ФРГ 3045790.
41. Зарубежная радиоэлектроника. 1985. №2. 108 с.
42. SAMPE J. 1973. 9. №2. С. 4-7.
43. Эксплуатационные свойства текстильных материалов специального назначения. РЖЛП. 1997. №1. С. 17.
44. Chomerics. EMI Shielding for Military Aerospace Electronics. 1998. (download from [http:// www.chomerics.com](http://www.chomerics.com) ).
45. Барьерный материал, для защитной одежды применяемый в чистых помещениях. РЖЛП. 1998. №4. 4Б114.
46. Zhao G. и др. Selectively deposit copper on laser-treated polyimide using electroless plating. 2000. // Ж. Spie. № 3933.
47. Никитин А.А. и др. Электропроводящие волокна их свойства и применение. //Обзорн. информ. Сер.Пром. Химволокон. М. НИИТЭХИМ. 1977. С. 39-42.
48. Никитин А.А. и др. Электропроводящие химические волокна, их свойства и применение. //Обзорн. информ. Сер.Пром.Химволокон. М. НИИТЭХИМ. 1980. С. 48-50.
49. Никитин А.А., Литош О.В. Химические волокна с электронной проводимостью //Обзорн.информ. сер. Пром. химволокон,-М. НИИТЭХИМ, 1984. С. 84.
50. <http://www.znaytovar.ru/s/Tekstilnye-materialy.html>
51. t-stile.info.

52. [www.star-tex.ru/2596](http://www.star-tex.ru/2596).
53. Калмыкова, Е. А. Материаловедение швейного производства: учебное пособие / Е. А. Калмыкова, О. В. Лобацкая. – Минск: Высшая школа, 2001. – 412 с.
54. Савостицкий, Н. А. Материаловедение швейного производства: Учебное пособие / Н. А. Савостицкий, Э. К. Армирова. – Москва: «Академия», 2002. – 240 с.
55. Полякова В. Н. Конфекционирование материалов: Конспект лекций - Владивосток: Издательство ВГУЭС, 2004. – 32 с.
56. Нетканые текстильные полотна: Справочное пособие. Е. Н. Бершева, Г. П. Смирнов, Б. В. Заметта, Ю. П. Назаров - М.: Легпромбытиздат, 1987. – 400 с.
57. Самылин А. С., Просвирницын А. В., Смирнов Г. П. Разработка и оптимизация технологии прессования текстильных волокнистых плит из волокнистых отходов, образующихся в результате производства тафтинговых напольных покрытий [Текст] / Самылин А. С., Просвирницын А. В., Смирнов Г. П. // Дизайн. Материалы. Технология, 2009, № 4, с. 37-40.
58. Беликов, Г. М. Новая технология переработки коротковолокнистых отходов Текст. / Г. М. Беликов // Текстиль. - СПб.: Легпромбизнес, 2003. - №5 (7) - с. 10.
59. Овчаренко, Е. Ф. Тенденции в развитии производства утеплителей в России Электронный ресурс. // Электронный журнал энергосетевой компании «Экологические системы». 2004. № 6. URL: <http://escosys.narod.ru/20046/art80.htm>.
60. Горчакова, В. М. Оборудование для производства нетканых материалов Текст. / В. М. Горчакова, А. П. Сергеенков, Т. Е. Волощик. М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2006. – 776 с.
61. Новицкий, П. В. Оценка погрешности результатов измерений Текст. / П. В. Новицкий, И. Я. Зограф. JL: Энергоатомиздат, 1997. – 304 с.

62. Russell, S.J. Handbook of nonwovens Text. / S. J. Russell. Manchester, England : CRC Press, 2007. - 530 p.82\* ГОСТ 26996-86. Полипропилен и сополимеры пропилена Текст. -Введ. 1988-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2002. - 37 с.

63.Mehta, P. K. Concrete: microstructure, properties, and materials Text. / P.K. Mehta, J.M. Monteiro. New York : McGraw-Hill, 2006. - 307 p.

64. Самылин А.С., Просвирницын А.В., Смирнов Г.П. Оценка влияния технологических параметров производства текстильных волокнистых плит на их физико-механические характеристики [Текст] / Самылин А.С., Просвирницын А.В., Смирнов Г.П. // Технология лёгкой промышленности, 2009, № 4, с.27-29.

65. Абдурахмонов А., С.Ибрагимов, Р.Д.Акбаров. Влияние деформационных процессов на характеристики композиционной электропроводящей пряжи и ткани //Инновационные разработки и идеи одаренной молодежи в условиях модернизирования техники и технологии, сборник научных трудов 1-часть, Ташкент, 2014 йил, с.101.

66. Абдурахмонов А., Р.Д.Акбаров. Исследования свойств экспериментального нетканого полотна //Роль инновации в усовершенствовании техники и технологии хлопкоочистительной, текстильной и легкой промышленности. Наманган, 2015.

67. <http://ximvolokno.ru/tkan-elektroprovodyaschaya>.

68. <http://science.compulenta.ru/663430/>.

# **ПРИЛОЖЕНИЯ**

# Ткань электропроводящая

*ОАО "Химволокно" предлагает Вам ткань электропроводящую*



Ткань обладает свойством проводить электрический ток.

Ткань электропроводящая содержит в качестве тепловыделительной нити - электропроводящую нить Бикарболон 2М; в качестве электроизолирующей нити - полиамидную нить; в качестве токоведущей нити - мишурную нить, равномерно распределенную по длине и ширине ткани.

Ткани имеют полотнянное переплетение.

Ткань нарабатывается по заявке потребителей.

## Область применения:

Ткань электропроводящая используется для изготовления резистивных элементов стеклопластика и эластичных электронагревателей, применяемые в изделиях промышленного и бытового назначения.

Ткань может быть использована для изготовления гибких нагревательных элементов в термочехлах, матрацах с электрообогревом, электро-радиаторах, устройствах для обогрева автомобильных кресел, трубопроводов и т.д. **Все эти изделия имеют однотипный нагревательный элемент - электропроводящую ткань из нити бикарболон 2М.**

Многочисленные исследования, проведенные в лабораториях Госстандарта и в ряде американских испытательных центров показали, что этот тип нагревателя отвечает мировым требованиям по надежности и электробезопасности. Подтверждением высоких эксплуатационных качеств

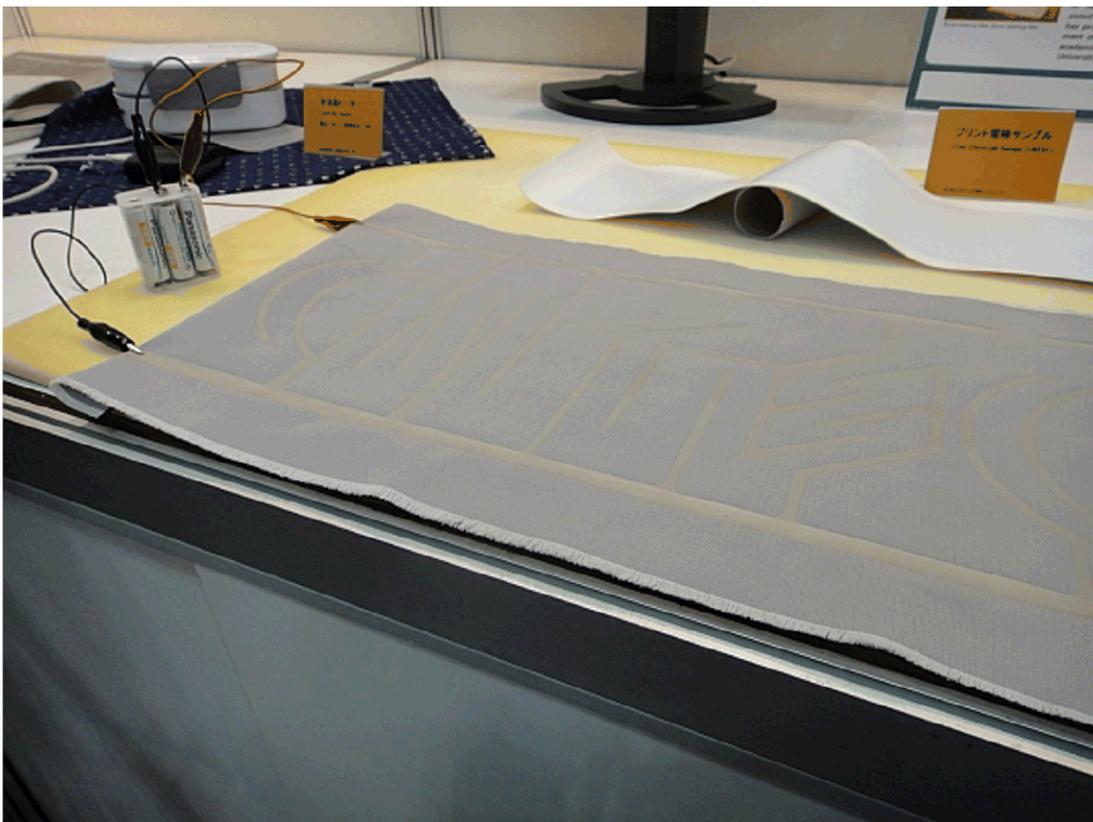
электропроводящей ткани стал изготовленный на ее основе по заказу Российского Космического агентства электротермочехол для термостатирования ракетносителя "Союз" во время его предстартовой подготовки.

Ткани электропроводящие с антистатическим эффектом используются для профессиональной одежды работников АЭС; газовиков; работающих с мазутом; атомщиков; электронщиков в высокоточном машиностроении (где недопустимо присутствие пыли); профессиональной одежды для энергетиков, обслуживающих высоковольтные линии электропередач (для защиты от электромагнитных полей).

<http://ximvolokno.ru/tkan-elektroprovodyaschaya>

## Высокотехнологичная грелка как тонкий кусочек мягкой материи

Японская компания [Kurarayliving](#) разработала нагревающуюся по всей площади поверхности материю на основе покрытых углеродными нанотрубками электропроводящих нитей. Сами нити были созданы в соавторстве с [Университетом префектуры Хоккайдо](#).



**Ткань с вплетёнными в неё проводящими нитями, покрытыми углеродными нанотрубками (здесь и ниже иллюстрации Kurarayliving Co.).**

По словам разработчиков, продукт использует традиционную технологию полиэстер-волокон, которые покрыты углеродными нанотрубками. Проводящие нити вплетены в текстиль и при включении электричества отдают тепло. Таким образом получается тонкая, лёгкая, гибкая и мягкая нагревающаяся ткань.

Каждая нагревающаяся нить, входящая в состав материи, покрыта нанотрубками и отдаёт небольшое количество тепла, а все вместе они образуют «равномерный нагревательный элемент» большой поверхности. А поскольку абсолютно вся поверхность нагрета, и нагрета равномерно, становится возможным нагрев без лишних потерь, что, как утверждают в Университете префектуры Хаккайдо, в полевых испытаниях позволяет экономить около 20% энергии.



**ИК-фотография. Слева — поверхность, нагретая стандартной нихромовой нитью. Справа — нагревающая поверхность на проводящих волокнах, покрытых углеродными нанотрубками. Хорошо видно, где нагрев наиболее эффективен.**

Предполагаемые варианты использования этой высокотехнологичной грелки включают в себя настольный нагреватель, питающийся от USB, «тёплые» подушки, а также накидки на автомобильные кресла и ковры с подогревом.

Впрочем, на пути скорой коммерциализации технологии стоит сама природа, которая заставляет углеродные нанотрубки соседних нитей срастаться в единый кластер. Таким образом, прежде чем думать об изготовлении серийных образцов, нужно научиться препятствовать группированию и сращиванию нанотрубок.

По словам изобретателей, технология разрабатывается с 2007 года, а на решение оставшихся проблем потребуется ещё год. Значит, первых продуктов можно ждать уже в 2013-м?

<http://science.compulenta.ru/663430/>