

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам

**для студентов специальности 1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических
процессов и производств (легкая промышленность)»**

Витебск
2015

УДК 677.017

Материаловедение легкой промышленности: методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических процессов и производств (легкая промышленность)».

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2014.

Составитель: доц., д.т.н. Кузнецов А.А.

В методических указаниях приведены теоретические сведения и задания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Материаловедение легкой промышленности». Издание предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения специальности 1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических процессов и производств (легкая промышленность)».

Одобрено кафедрой «Автоматизация технологических процессов и производств» УО «ВГТУ» «23» октября 2014 г., протокол № 3.

Рецензент: ст. преп., к.т.н. Надежная Н.Л.

Редактор: ст. преп. Клименкова С.А.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» «27» ноября 2014 г., протокол № 8.

Ответственный за выпуск: Букин Ю.А.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати 31.12.15. Формат 60x90 1/16. Уч.-изд. л. 2,6.

Печать ризографическая. Тираж 99 экз. Заказ № 368.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя-изготовителя, распространителя печатных изданий №1/172 от 12.02.2014г.

210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1	
КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	4
Лабораторная работа №2	
МИКРОСКОПИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН	6
Лабораторная работа №3	
РАСПОЗНАВАНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН ПРОБОЙ НА ГОРЕНИЕ ...	12
Лабораторная работа №4	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛУЦИКЛОВЫХ РАЗРЫВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НИТЕЙ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ.....	15
Лабораторная работа №5	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ДЕФОРМАЦИИ РАСТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ.....	18
Лабораторная работа №6	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	22
Лабораторная работа №7	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	29
Лабораторная работа №8	
ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ РЕЗИН, КАРТОНОВ И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	32
ЛИТЕРАТУРА	41

Лабораторная работа №1

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: ознакомиться с основными видами текстильных материалов; изучить их классификацию; изучить основные термины и определения, относящиеся к текстильным материалам.

Основные сведения

Текстильными называют материалы, которые состоят из текстильных волокон. Это сами волокна, пряжа, нити, ткани, трикотаж, валяльно-войлочные, текстильно-галантерейные, дублированные материалы и нетканые полотна.

Текстильное волокно – протяжённое, гибкое, прочное тело малого поперечного сечения и ограниченной длины, пригодное для изготовления текстильных материалов. Волокна бывают (по способу переработки): перерабатываемые в виде элементарных или в виде комплексных волокон.

Элементарное волокно – волокно, которое не делится вдоль на составляющие без его разрушения (хлопок, шерсть, вискозное, ацетатное, капроновое, лавсановое и др.).

Комплексное волокно – волокно, состоящее из большого количества элементарных волокон, расположенных параллельно и соединённые склеиванием (лубяные волокна – лён, пенька, джут) или силами кристаллизации (асбест). По происхождению волокна делятся на натуральные и химические.

Натуральные волокна – волокна, которые в природе получают в готовом виде без участия человека (хлопок, лён, шерсть, шёлк, асбест).

Химические волокна – волокна, получаемые в результате переработки природных или синтетических ВМС (вискозное, ацетатное, триацетатное, капрон, лавсан, нитрон). Все химические волокна делятся на искусственные и синтетические.

Искусственное волокно – волокно, получаемое путём переработки природных ВМС (вискозное, ацетатное, триацетатное, медно-аммиачное, казеиновое, зеиновое).

Синтетическое волокно – волокно, которое вырабатывают из синтетических ВМС, т.е. соединений, полученных путём реакции синтеза (полимеризации или поликонденсации) из НМС (капрон, лавсан, нитрон, хлорин, виол, полиэтилен, полипропилен).

Пряжа – нить, состоящая из волокон, расположенных параллельно и соединённых скручиванием (шерстяная пряжа, льняная, вискозная и т.д.).

Крученая нить – нить, состоящая из двух или более первичных нитей (пряжа, монопить, комплексная нить), расположенных параллельно и соединённых скручиванием (крученая пряжа, крученая комплексная нить).

Фасонная нить – нить, имеющая на своей поверхности какие-то внешние эффекты в виде узелков, петелек, утолщений или цветовые эффекты.

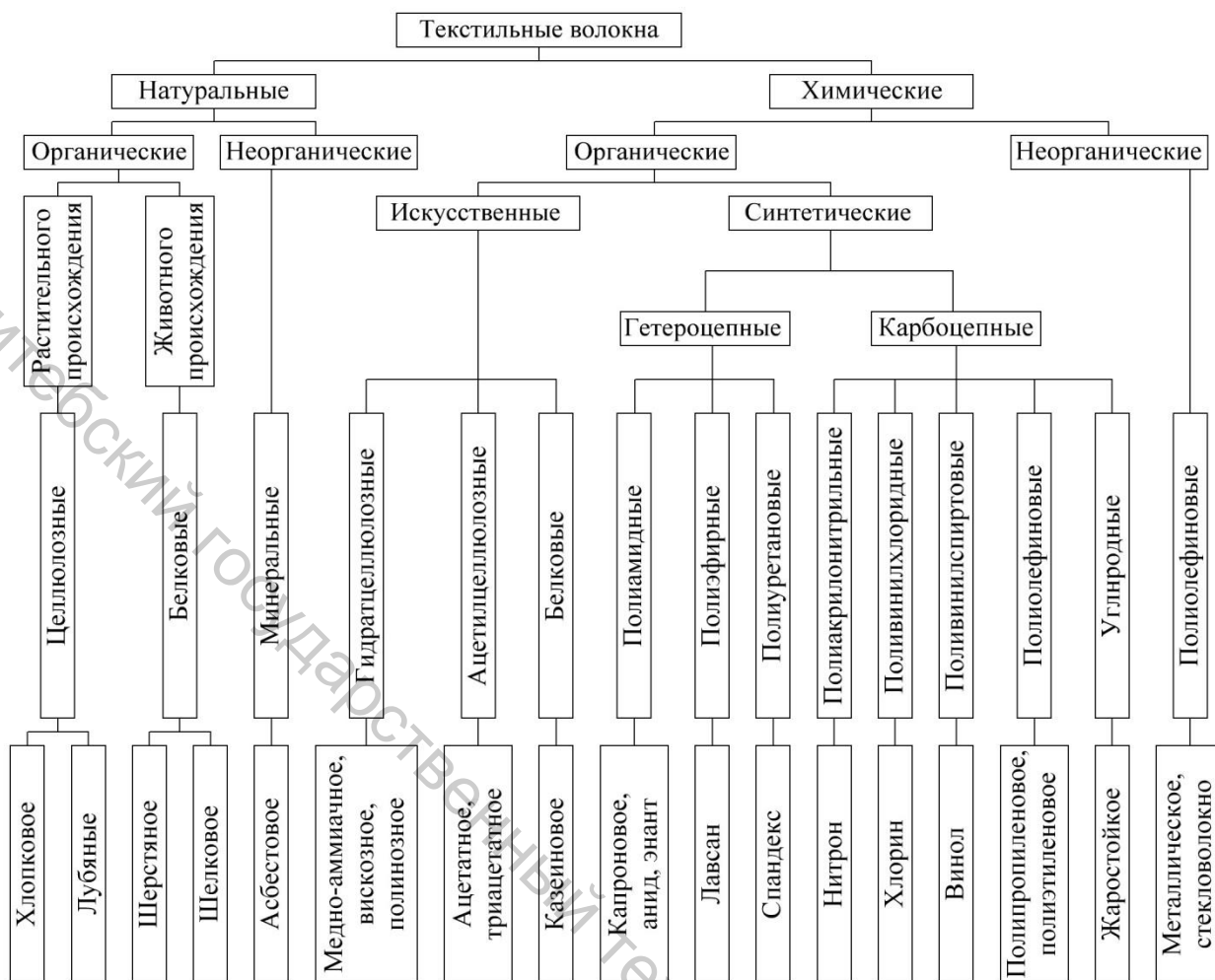


Рисунок 1.1 – Классификация текстильных волокон (в зависимости от происхождения)

Трощеная нить – нить, состоящая из двух или более пряж или комплексных нитей, соединенных вместе, но не скрученных.

Текстурированная нить – нить, структура которой изменена путем дополнительной обработки для повышения объема или растяжимости.

Комбинированная нить – нить, образованная соединением двух или более нитей различных видов, строения и волокнистого состава.

Фасонная нить – нить, имеющая по всей длине периодически повторяющиеся изменения структуры или окраски.

Армированная нить – нить, обвитая по всей длине другими нитями или волокнами.

Жгут – состоит из большого числа элементарных нитей, соединенных вместе и используемых для получения коротких химических волокон.

Ткани – текстильный материал, вырабатываемый из пряжи и нитей различных видов путем переплетения их в двух взаимно перпендикулярных направлениях на ткацких станках.

Трикотаж – это вязаный текстильный материал, получаемый из одной или нескольких нитей, изогнутых в петли и соединенных между собой на трикотажно-вязальных машинах.

Нетканые полотна – полотна, вырабатываемые непосредственно из текстильных волокон или пряжи (без процессов прядения и ткачества), скрепляемых механическим или клеевым способом.

Валяльно-войлочные текстильные материалы – это такие материалы, которые вырабатываются из шерстяных волокон или смеси шерстяных с различными химическими и другими волокнами (без процессов прядения и ткачества) путем их свойлачивания.

Текстильно-галантерейные материалы вырабатывают из пряжи и нитей различных видов. К ним относятся плетеные материалы: тесьма, шнуры, ленты, кружево, гардинно-тюлевые изделия и др.

Комплексные (дублированные) материалы – материалы, состоящие из двух или трех исходных материалов, соединенных клеевым, огневым или прошивным способом.

Содержание отчета

1. Основные понятия и определения.
2. Образцы основных текстильных материалов.

Лабораторная работа №2 МИКРОСКОПИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Цель работы: ознакомиться с устройством микроскопа и изучить правила работы на нём; изучить методику приготовления препаратов продольного вида волокон, приготовить препараты предлагаемых волокон, рассмотреть их под микроскопом и зарисовать.

Основные сведения

В настоящее время разработано много различных методов распознавания волокон. Основными и наиболее распространенными являются: распознавание волокон по внешнему виду, проба на сжигание, распознавание по растворимости волокон в различных химических реактивах, по окрашиваемости.

Распознавание волокон по их внешнему виду производят путем просмотра продольного вида и поперечных срезов волокон под микроскопом.

Микроскоп – оптический прибор для рассматривания мелких объектов.

Объектив – система линз, обращённая к изучаемому объекту.

Окуляр – система линз, обращённая к глазу наблюдателя.

Увеличение микроскопа – произведение увеличения объектива на увеличение окуляра.

Поле зрения – круг, видимый в окуляр микроскопа.

Апертура объектива – числовая характеристика разрешающей способности объектива.

Разрешающая способность объектива – наименьшее расстояние, на котором две точки видны ещё раздельно.

Основные правила работы с микроскопом.

Поставить в рабочее положение объектив. Глядя в окуляр, вращать зеркало к источнику света до тех пор, пока поле зрения не будет ярко и равномерно освещено. На предметном столике расположить препарат так, чтобы исследуемый объект находился под объективом над отверстием в столике. Глядя со стороны, винтами грубой настройки опустить объектив почти до соприкосновения с препаратом. Глядя в окуляр, медленно поднимать объектив до тех пор, пока не появится изображение изучаемого объекта. Сделать изображение чётким и ярким, пользуясь винтами точной настройки.

При исследовании текстильных волокон различных видов с помощью микроскопа выявляют следующие особенности их строения.

1. Хлопковое волокно (рис.2.1) в продольном виде представляет собой полупрозрачную сплюснутую растительную клетку, скрученную вокруг продольной оси попеременно в обоих направлениях. Один конец волокна заостренный, закрывающий канал, другой – неровный, с рваными очертаниями. На поперечном срезе хлопкового волокна под микроскопом отчетливо виден канал. Степень сплюснутости и скрученности волокна, размеры и форма поперечного сечения и канала зависят от степени зрелости волокна. По мере созревания хлопка стенки клетки утолщаются, а размеры канала уменьшаются за счет суточных отложений целлюлозы. Зрелость волокна характеризуется отношением его наружного диаметра D к внутреннему диаметру d . Хлопковые волокна бывают 11 степеней зрелости от 0 у незрелого волокна ($D/d = 1,05$) до 5 у перезрелого волокна с интервалом 0,5. Волокна, степень зрелости которых равна 4,5 – 5, представляют собой прямые трубки с круглой или эллипсовидной формой поперечного среза с толстыми стенками и небольшим каналом. Зрелые волокна со степенью зрелости от 2 до 4 имеют бобовидную форму поперечного сечения, различаются по толщине стенок и степени извитости.

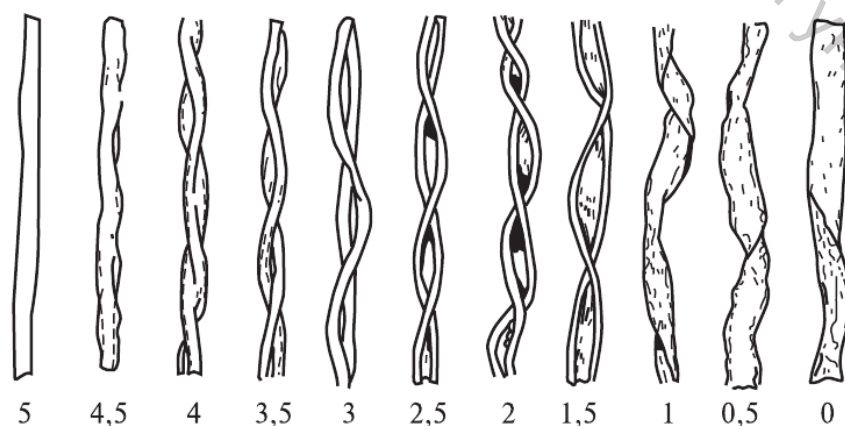


Рисунок 2.1 – Продольный вид хлопковых волокон разной степени зрелости (0 – незрелое, 5 – перезрелое)

2. Шёлк. Коконная нить натурального шелка представляет собой комплексную неровную по толщине нить, состоящую из двух элементарных нитей, склеенных серицином, который весьма неравномерно распределен по поверхности нити. Поперечный срез волокна имеет форму либо неправильного овала, либо треугольника со скругленными углами. После частичного удаления серицина натуральный шелк представляет собой отдельные филаментные нити.

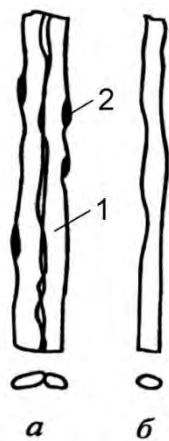


Рисунок 2.2 – Продольный вид и поперечный срез натурального шелка:
а – коконная нить, *б* – нить; 1 – фиброин; 2 – серицин

3. Шерстяные волокна в зависимости от особенности строения делят на четыре типа: пух, переходный волос, ость и мертвый волос, которые легко различимы при изучении их под микроскопом. Пух – тонкое (15 – 30 мкм) извитое мягкое волокно круглого сечения, состоящее из чешуйчатого и коркового слоев. Чешуйки поверхности имеют форму колец или полуколец, вложенных друг в друга. Переходный волос по сравнению с пуховыми волокнами имеет более толстые (25 – 35 мкм) и грубые волокна. Они имеют слабо развитый сердцевинный слой, который расположен по центру отдельными участками. Ость – волокно толщиной 40 – 90 мкм. Оно жесткое, мало извитое, с хорошо развитым сплошным сердцевинным слоем, который занимает от 1/3 до 2/3 диаметра волокна; поверхность ости покрыта черепицеобразными чешуйками. Мертвый волос представляет собой толстое (более 50 мкм) жесткое и грубое неизвитое волокно, покрытое крупными пластинчатыми чешуйками. Корковый слой тонкий, большая часть поперечника (почти 90 %) занята сердцевиной.

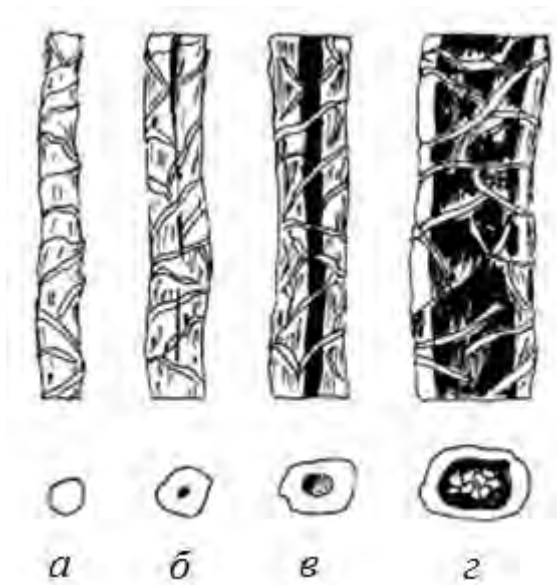


Рисунок 2.3 – Продольный вид и поперечный срез различных типов волокон шерсти: *a* – пух; *б* – переходный волос; *в* – ость; *г* – мертвый волос; 1 – чешуйчатый слой; 2 – корковый слой; 3 – сердцевина



Рисунок 2.4 – Строение элементарного волокна шерсти

4. Льняные волокна используют в текстильном производстве в виде комплексных (технических) волокон, состоящих из продольно соединенных элементарных волокон. Элементарное волокно льна представляет собой

веретенообразную клетку с узким каналом и заостренными закрытыми концами. Поперечный срез имеет 5 – 6 граней с закругленными углами между ними и каналом в центре. На продольном виде элементарного волокна хорошо заметны темные поперечно расположенные штрихи-«сдвиги», следы изломов и изгибов волокон при их росте и механическом воздействии при первичной обработке. Длина элементарных волокон составляет в среднем 10 – 26 мм, диаметр – 15 – 20 мкм. Комплексные волокна льна представляют собой пучки из 15 – 30 элементарных волокон, склеенных в продольном и поперечном направлениях срединными пластинками. Средняя длина комплексных волокон 50 – 250 мм.

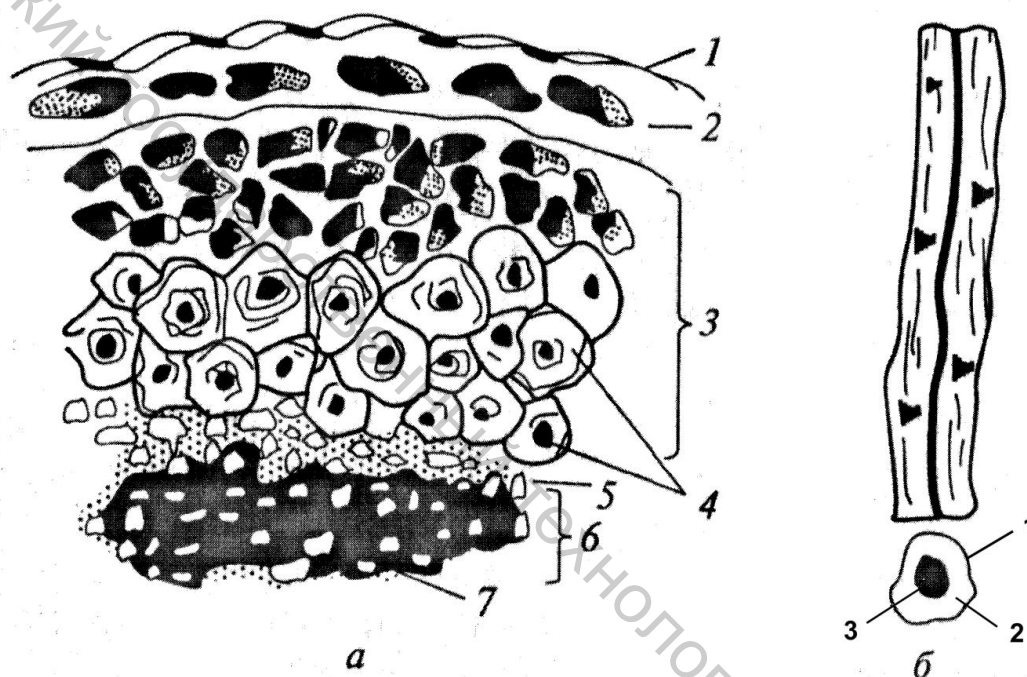


Рисунок 2.5 – *а* – поперечный срез стебля льна: 1 – кутикула; 2 – кожица; 3 – кора; 4 – элементарные волокна; 5 – камбий; 6 – древесина; 7 – сердцевина.
б – продольный вид и поперечный срез элементарного волокна льна:
 1 – первичная стенка; 2 – вторичная стенка; 3 – канал

5. Искусственные волокна. Вискозные волокна имеют на поверхности множество часто расположенных продольных полос и сильно изрезанный слоистый поперечник. Это связано с особенностями формирования волокон в прядильном растворе. Отверждение начинается с поверхности струйки, где образуется наружная оболочка («рубашка»), которая постепенно стягивается затвердевающей внутренней массой. Слоистость волокна связана с различием структуры слоев: в наружном слое образующиеся микрофибриллы целлюлозы более длинные и ориентированы вдоль волокна по сравнению с микрофибриллами внутреннего слоя.

Структурно модифицированные вискозные волокна сиблон и полинозное имеют гладкую цилиндрическую поверхность.

Ацетатные и триацетатные волокна обладают поперечным срезом сложного контура с глубокими впадинами, которые возникают в результате испарения растворителя при формировании волокон.

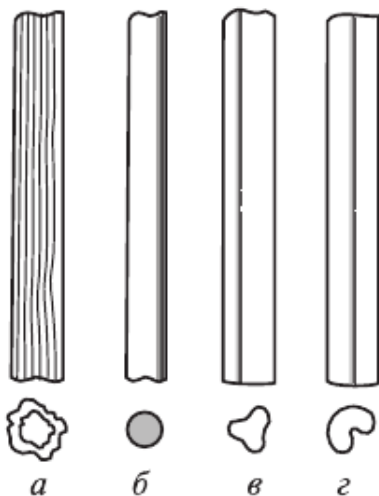


Рисунок 2.6 – Продольный вид и поперечный срез искусственных волокон: *а* – вискозного (обычного), *б* – полиинозного, *в* – ацетатного, *г* – триацетатного

Полиамидные (капрон, анид), полиэфирные (лавсан), полипропиленовые волокна имеют однородную структуру и гладкую цилиндрическую форму. В процессе вытягивания волокон при их формировании различные неплотности, пузырьки газов, возникающие в массе волокна, образуют вытянутые в продольном направлении поры, которые на поверхности выглядят как небольшие темные черточки, а на срезе – как точки.

Профилированные капроновые нити имеют плоские грани, которые создают повышенный блеск.

Нитроновые и хлориновые волокна обладают сложным поперечным сечением с впадинами различной глубины и формы, что отражается, в свою очередь, на продольном виде этих волокон.

Профилированные синтетические волокна имеют более сложную форму поперечного сечения по сравнению с обычными волокнами, например, треугольную, гантелевидную, трехлепестковую, изрезанную и т.п. В матированных (неблестящих) химических волокнах в продольном направлении и на поперечном срезе под микроскопом заметны мелкие черные точки – частички матирующего вещества.

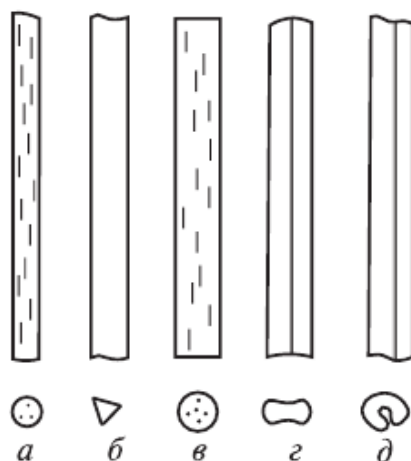


Рисунок 2.7 – Продольный вид и поперечный срез синтетических волокон:
a – капрон (обычный), *б* – капрон (профилированный), *в* – лавсан, *г* – нитрон,
д – хлорин

Содержание отчета

1. Основные понятия и определения.
2. Результаты наблюдений.

Лабораторная работа №3 РАСПОЗНАВАНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН ПРОБОЙ НА ГОРЕНИЕ

Цель работы: ознакомиться с особенностями горения различных волокон.
 Определить волокнистый состав предлагаемых образцов.

Основные сведения

При исследовании пробы на сжигание следует концентрировать внимание на характере горения, виде остатка и запаха остатка.

1. Поведение волокна при поднесении к пламени:

- волокно плавится, а нерасплавленная часть его не усаживается – ацетатное, триацетатное, акриловое волокна;
- волокно плавится, а нерасплавленная часть его усаживается в направлении от пламени – полиамидные, полиэфирные, поливинилхлоридные волокна;
- волокно расплавляется и скручивается в направлении от пламени – натуральный шелк, шерсть, полиолефиновые волокна;
- волокно не плавится и не изменяет своей формы – целлюлозные волокна (хлопок, лён), гидратцеллюлозные волокна (вискозное, медно-аммиачное волокна).

2. Поведение волокна в пламени:

- волокно горит без плавления – хлопок, лен, вискозное, медно-аммиачное, поливинилспиртовое волокна;

Таблица 3.1 Распознавание волокон пробой на горение

	Хлопок	Лен	Вискозное	Медно-аммиачное	Шелк	Шерсть	Ацетатное	Капрон	Лавсан	Хлорин	Полилефиновое	Нитрон	Стекло-волокно
Поведение при поднесении к пламени	Волокно не плавится и не меняет своей формы				Волокно расплавляется и скручивается в направлении пламени	Волокно плавится, а нерасплавленная его часть не усаживается	Волокно плавится, а нерасплавленная его часть усаживается в направлении пламени	Волокно плавится, а нерасплавленная его часть усаживается в направлении пламени			Волокно расплавляется и скручивается		
Поведение при внесении в пламя	Горит без плавления				Горит медленно с плавлением	Горит с плавлением	Горит медленно с плавлением		Горит с плавлением				Не горит, но плавится и усаживается в направлении пламени
							Белый дымок	Чёрный дымок с копотью					
Поведение при удалении из пламени	Продолжает гореть				Горит очень медленно и само затухает	Продолжает гореть с плавлением	Горит очень медленно и само затухает			Продолжает гореть с плавлением			
Вид остатка (зола) после сжигания	Пепел светло-серого цвета				Пушистая мягкая черная зола	Чёрный шарик неправильной формы, легко раздавливается пальцами	Круглый твёрдый шарик, пальцами раздавить нельзя		Круглый твёрдый шарик жёлто-коричневого цвета, пальцами раздавить нельзя				Чёрный шарик неправильной формы, легко раздавливается пальцами
							Серого цвета	Черного цвета					
Запах при горении волокна	Запах жжёной бумаги				Запах жжёного волоса	Запах уксусной кислоты	Запах сургуча						

2. Поведение волокна в пламени:

- волокно горит без плавления – хлопок, лен, вискозное, медноаммиачное, поливинилспиртовое волокна;

- волокно горит и плавится – ацетатное, триацетатное, акрилонитрильное, модифицированное акриловое волокно, полиолефиновое, полиамидное (белый дымок), полиэфирное (черный дымок с копотью), шерсть, шелк, поливинилхлоридное. При горении поливинилхлоридного волокна пламя окрашено в зеленый цвет.

3. Запах при горении волокна:

- запах жжёных перьев – шерсть, натуральный шелк;

- запах жжёной бумаги – хлопок, лён, вискозное, медно-аммиачное волокна;

- запах уксусной кислоты – диацетатное, триацетатное волокна;

- запах сургуча – полиамидные волокна;

- запах хлора – поливинилхлоридное волокно.

4. Поведение волокна при удалении из пламени:

- волокно продолжает гореть без плавления – хлопок, вискозное, медно-аммиачное, поливинилспиртовое волокно;

- волокно продолжает гореть с плавлением – ацетатное, триацетатное, акрилонитрильное, белковое;

- волокно горит очень медленно и само затухает – шерсть, натуральный шелк, полиамидные, полиэфирные, поливинилхлоридное волокна.

5. Вид остатка после сжигания волокна:

- круглый твердый шарик, который рассыпается при сдавливании между пальцами, – полиамидное (серый цвет), полиэфирное (черный цвет), полиолефиновое (желто-коричневый цвет);

- пепел серого цвета – хлопок, лен, вискозное, медно-аммиачное волокна;

- пушистая мягкая черная зола – шерсть, натуральный шелк;

- черный шарик неправильной формы, легко раздавливаемый между пальцами, – ацетатное, триацетатное, акрилонитрильное волокна.

Содержание отчета

1. Основные понятия и определения.

2. Результаты наблюдений (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Результаты наблюдений

№ образца	Особенности горения, запах, вид остатка	Заключение

Лабораторная работа №4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛУЦИКЛОВЫХ РАЗРЫВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НИТЕЙ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ

Цель работы: изучить основные характеристики одиночных нитей, получаемые при однократном растяжении их до разрыва. Ознакомиться с устройством и работой машины типа РМ-3.

Основные сведения

Материалы, применяемые для производства изделий легкой промышленности, чаще всего испытывают деформацию растяжения. Классификация характеристик, получаемых при растяжении материала, представлена на рисунке 4.1.

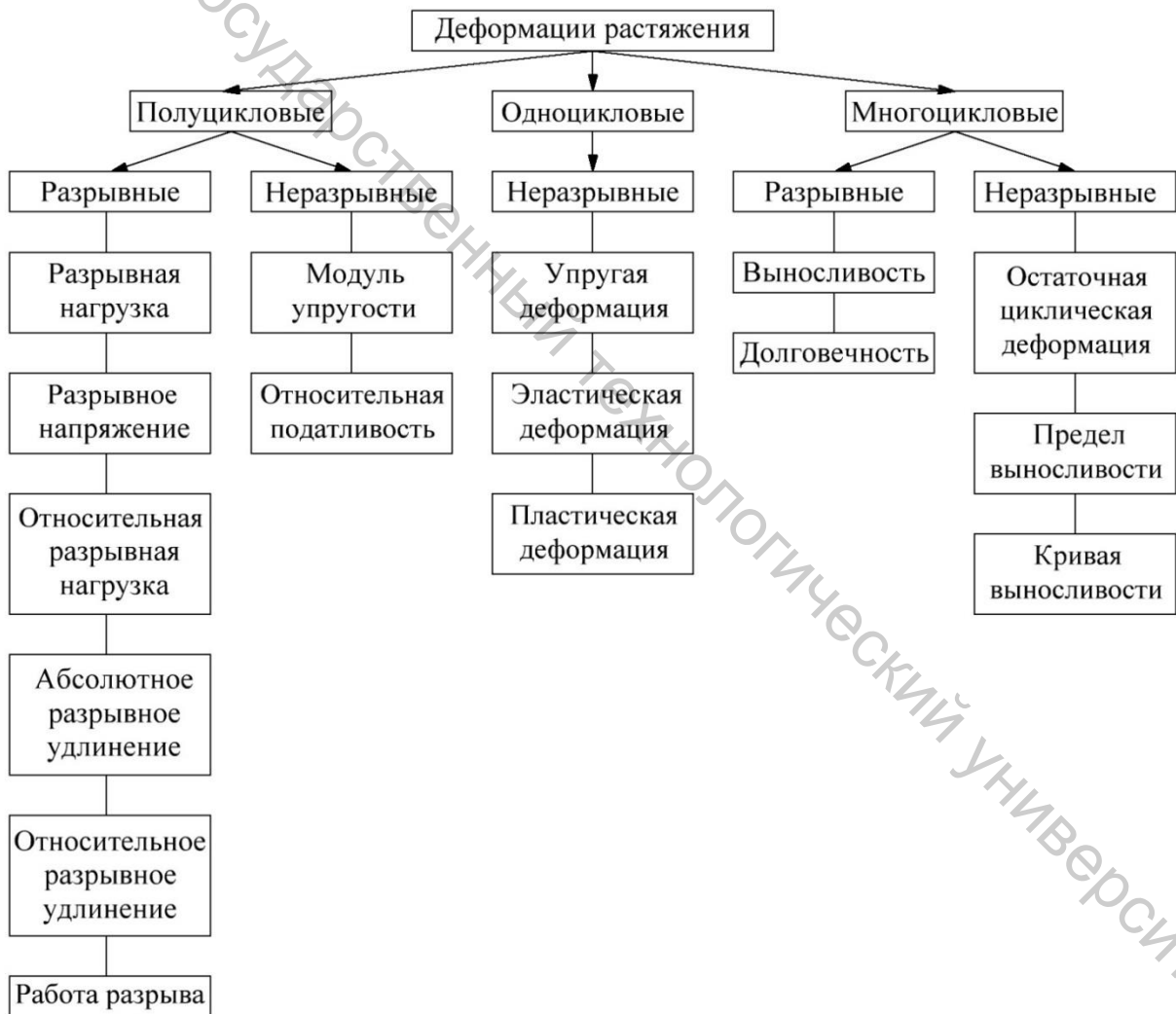


Рисунок 4.1– Классификации характеристик деформации растяжения

Полуцикловые разрывные характеристики деформации растяжения:

1. *Разрывная нагрузка* P_p – наибольшее усилие, выдерживаемое образцом до разрыва и выражающее его прочность. Разрывная нагрузка выражается в H , cH , $гс$, $кгс$, $даН$ ($1H \approx 0,102 кгс$).

Иногда разрывную нагрузку одиночной нити или одиночных волокон определяют путём разрыва пучка нитей или мотка. Разрывную нагрузку нитей определяют следующим образом:

$$P_p = \frac{Q_p}{2n\varphi}, \quad (4.1)$$

где Q_p – разрывная нагрузка мотка нитей;

n – количество витков в мотке;

φ – коэффициент, учитывающий неодновременность разрыва витков.

Для волокон:

$$P_p = \frac{Q_p'}{n'\rho}, \quad (4.2)$$

где Q_p' – разрывная нагрузка пучка волокон;

n' – количество волокон в пучке;

ρ – коэффициент, определяемый экспериментальным путём, зависящий от вида волокна и показывающий неодновременность разрыва.

Для хлопчатобумажной пряжи при длине мотка 100 м $\varphi=0,77$, если длина равна 50 м $\varphi=0,79$, если длина равна 25 м $\varphi=0,85$.

Для хлопковых волокон $\rho=0,675$, для вискозного волокна $\rho=0,855$.

2. *Относительная разрывная нагрузка* P_o – определяется для волокон и нитей и характеризует отношения разрывной нагрузки образца к его линейной плотности.

$$P_o = \frac{P_p}{T}, \quad [\text{сН/текс}; \text{гс/текс}, \text{Н/текс}]. \quad (4.3)$$

3. *Разрывное напряжение* σ_p – отношение разрывной нагрузки к площади поперечного сечения образца.

$$\sigma_p = \frac{P_p}{S}, \quad [\text{кгс/мм}^2; \text{даН/мм}^2; \text{гс/мм}^2]. \quad (4.4)$$

4. *Абсолютное разрывное удлинение* l_p – приращение длины растягиваемого образца к моменту разрыва, выражается в мм.

$$l_p = L_2 - L_1, \quad [\text{мм}]. \quad (4.5)$$

где L_1 – начальная (зажимная) длина образца, мм;

L_2 – длина образца к моменту разрыва, мм.

5. *Относительное разрывное удлинение* ε_p – процентное отношение абсолютного разрывного удлинения к первоначальной длине образца.

$$\varepsilon_p = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \cdot 100 = \frac{l_p}{L_1} \cdot 100, \quad [\%]. \quad (4.6)$$

6. *Работа разрыва* R_p – работа, совершаемая внешней силой при растяжении образца и показывающая, какое количество энергии затрачено, чтобы преодолеть энергию связи между частицами структуры образца при его разрушении.

7. *Удельная работа разрыва:*

$$r_v = \frac{R_p}{V}, \left[\frac{\text{кгс} \cdot \text{см}}{\text{см}^3}, \frac{\text{сН} \cdot \text{см}}{\text{см}^3} \right], \quad (4.7)$$

$$r_m = \frac{R_p}{m}, \left[\frac{\text{кгс} \cdot \text{см}}{\text{г}} \right]. \quad (4.8)$$

где R_p – работа разрыва образца, $\text{кгс} \cdot \text{см}$;

V – объем образца, находящегося между зажимами разрывной машины, см^3 ;

m – масса испытуемого образца, находящегося между зажимами разрывной машины, г .

Порядок проведения испытаний на разрывной машины для нитей типа РМ-3

Образец 10 крепится между зажимами 7 и 11. При опускании нижнего зажима проба натягивается, сектор 6 поворачивается по часовой стрелке относительно оси 5 и маятник отклоняется влево. В момент разрыва пробы маятник удерживается зубцами 2 рейки шкалы нагрузки 1. Указатель 4 маятникового силоизмерителя с грузом 3 показывает на шкале разрывную нагрузку пробы.

В период растяжения при опускании нижнего зажима выступ 12 тянет вниз рычаг 13, на верхнем конце которого закреплена шкала удлинения 8. В начальном положении указатель 9, закрепленный на верхнем зажиме, находится на нулевом делении шкалы. При растяжении пробы верхний зажим отстает от нижнего на величину, равную удлинению, которое показывает указатель этой шкалы.

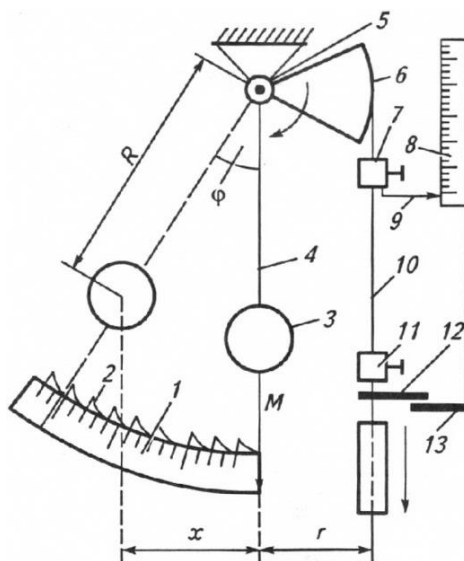


Рисунок 4.2 – Схема разрывной машины для нитей типа РМ-3

Содержание отчета

1. Основные понятия и определения.

2. Схема прибора.

3. Результаты измерений в виде:

Условия испытаний: вид нити _____.

Скорость опускания нижнего зажима $v =$ _____ мм/мин.

Предварительное натяжение $P =$ _____ сН.

Зажимная длина $L_o =$ _____ сН.

Температура воздуха $t =$ _____ °С.

Относительная влажность воздуха $\varphi =$ _____ %.

Таблица 4.1 – Результаты испытаний

Название характеристики	Номер испытания										Сумма	Среднее	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Разрывная нагрузка P_p , сН													
Абсолютное разрывное удлинение l_p , мм													

Средняя разрывная нагрузка $\bar{P}_p =$ _____ сН.

Среднее абсолютное разрывное удлинение $l_p =$ _____ мм.

Среднее относительное разрывное удлинение

$$\varepsilon_p = \frac{l_p}{L_o} \cdot 100 = \text{_____} \cdot 100 = \text{_____} \%$$

Фактическая линейная плотность нити

$$T_\phi = \frac{m}{L} \cdot 10^3 = \text{_____} \cdot 10^3 = \text{_____} \text{ текс.}$$

где m – общая масса 10 испытанных образцов нити, мг; L – общая длина 10 испытанных образцов нити, мм.

Относительная разрывная нагрузка нити

$$P_o = \frac{\bar{P}_p}{T_\phi} = \text{_____} = \text{_____} \text{ сН/текс.}$$

Лабораторная работа №5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ДЕФОРМАЦИИ РАСТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ

Цель работы: ознакомиться с работой релаксометра для нитей типа РМ-5. Определить условные значения составных частей деформации и построить кривую, показывающую изменение удлинения нити в процессе нагрузки и отдыха.

Основные сведения

Упругая деформация l_y – возникает потому, что под действием внешней силы происходят небольшие изменения средних расстояний между соседними

звеньями и атомами макромолекул, при этом межмолекулярные и межатомные связи сохраняются, а валентные углы немного увеличиваются. Упругая деформация связана с увеличением объема деформируемого тела. Упругая деформация возникает и исчезает со скоростью распространения звука в исследуемой нити (в х/б крученой нити, например, эта скорость равна 1425 м/сек). Таким образом, упругая деформация возникает за десятитысячные доли секунды, т.е. практически мгновенно.

Эластическая деформация $l_{эл}$ – возникает вследствие того, что под действием внешней силы происходит изменение конфигураций макромолекул, составляющих волокна. Под действием внешней силы макромолекулы полимеров переходят в более распрямленное состояние и ориентируются по направлению действия силы, т.е. вдоль оси волокон. Поскольку макромолекулы взаимодействуют с соседними, а звенья одной и той же макромолекулы вследствие ее изогнутости взаимодействуют друг с другом, эти перемещения совершаются лишь малыми участками полимерных молекул, и нарушенные макромолекулы взаимодействия тотчас возникают вновь. Для подобной группировки требуется значительное время. Она осуществляется как релаксационный процесс, идущий во времени и проводящий к достижению равновесного состояния. Таким образом, эластическая деформация развивается во времени с небольшими скоростями. Она сильно зависит от условий, влияющих на межмолекулярное взаимодействие.

Пластическая деформация $l_{пл}$ – возникает вследствие того, что под действием внешней силы происходят необратимые смещения звеньев макромолекул на довольно большие расстояния. Она развивается ещё медленнее, так как макромолекулам приходится преодолевать значительные макромолекулярные связи. Пластическая деформация необратима, так как после удаления внешней силы отсутствуют причины, которые могли бы заставить ее исчезнуть.

Порядок проведения испытаний на релаксометре типа РМ-5

Каждую отдельную нить 2 закрепляют в неподвижном зажиме 4 и в подвижном зажиме 1, подвешенном на ленте на блоке 10 и уравновешенном грузом 7. На палец 11 блока 10 давит штифт 12, закрепленный в блоке 9. Ось, на которой насажены блоки, состоит из двух частей. Та часть, где сидит блок 10, заточена на конус и вращается с одной стороны в подшипнике, а с другой – в углублении, сделанном во второй части оси, на которой сидит блок 9. Когда штифт 2 давит на палец 11, блоки поворачиваются против часовой стрелки; когда же с помощью рычажной системы 16 и штифта 15 блок 9 поворачивается по часовой стрелке, блоки 9 и 10 расцепляются. При соединенных блоках осуществляют нагрузку на нить цепью 5, закрепленной концом с помощью металлической ленты 8 на блоке 9 и сматывающейся с блока 6. Разъединив блоки, освобождают нить от нагрузки. Это дает возможность наблюдать за исчезновением быстрообратимого и медленнообратимого компонентов удлинения при отдыхе разгруженной нити. Изменения длины нити

показываются стрелкой 13 на шкале 14. Образец может быть помещен в различные жидкости, для чего служит стакан 3.

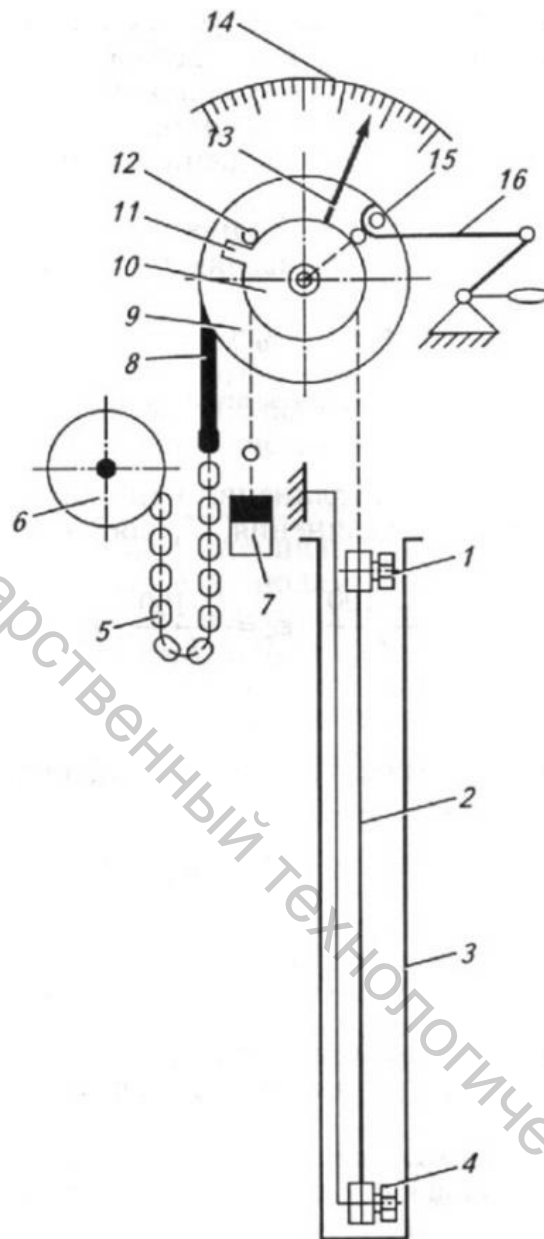


Рисунок 5.1 – Схема релаксометра типа РМ-5

Содержание отчета

1. Основные понятия и определения.

2. Схема прибора.

3. Результаты измерений в виде:

Условия испытаний:

Зажимная длина образца $L_o = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

Разрывная нагрузка нити $P_p = \underline{\hspace{2cm}}$ сН.

Нагрузка на нить $P = 0,25P_p = \underline{\hspace{2cm}}$ сН.

Предварительное натяжение $P = \underline{\hspace{2cm}}$ сН.

Время нагрузки $T_{наг} = \underline{\hspace{2cm}}$ мин.

Время отдыха $T_{отдых} = \underline{\hspace{2cm}}$ мин.

Температура воздуха $t = \underline{\hspace{2cm}}$ °C.

Относительная влажность воздуха $\varphi = \underline{\hspace{2cm}}$ %.

Таблица 5.1 – Результаты испытаний

№ п/п	Удлинение нити L , мм																
	При действии нагрузки								После снятия нагрузки в процессе отдыха								
	2''	1'	2'	3'	5'	10'	15'	30'	2''	1'	2'	3'	5'	10'	15'	30'	
1																	
2																	
Сумма																	
Среднее																	

Абсолютное быстрообратимое удлинение нити

$$l_{\text{бо}} = L_1 - L_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм},$$

где L_1 – среднее арифметическое показание из длин нитей к концу действия растягивающей нагрузки, мм;

L_2 – среднее арифметическое показание из длин нитей сразу после снятия нагрузки.

Абсолютное медленнообратимое удлинение нити

$$l_{\text{мо}} = L_2 - L_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм},$$

где L_3 – среднее арифметическое показание из длин нитей к концу периода отдыха.

Абсолютное остаточное удлинение нити

$$l_{\text{ост}} = L_3 - L_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм}.$$

Абсолютное полное удлинение нити

$$l = l_{\text{бо}} + l_{\text{мо}} + l_{\text{ост}} = L_3 - L_0 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм}.$$

Доля быстрообратимой деформации

$$\Delta_{\text{бо}} = \frac{l_{\text{бо}}}{l} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Доля медленнообратимой деформации

$$\Delta_{\text{мо}} = \frac{l_{\text{мо}}}{l} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Доля остаточной деформации

$$\Delta_{\text{ост}} = \frac{l_{\text{ост}}}{l} = \underline{\hspace{2cm}}, \quad \Delta_{\text{ái}} + \Delta_{\text{i í}} + \Delta_{\text{i ñò}} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Относительное быстрообратимое удлинение

$$\varepsilon_{\text{бо}} = \frac{l_{\text{бо}}}{L_0} 100 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ \%}.$$

Относительное медленнообратимое удлинение

$$\varepsilon_{mo} = \frac{l_{mo}}{L_o} 100 = \text{---} \% .$$

Относительное остаточное удлинение

$$\varepsilon_{ост} = \frac{l_{ост}}{L_o} 100 = \text{---} \% .$$

Относительное полное удлинение нити

$$\varepsilon = \frac{l}{L_o} 100 = \varepsilon_{\delta o} + \varepsilon_{mo} + \varepsilon_{ост} = \text{---} \% .$$

4. График изменения удлинения нити во времени процесса нагрузки и отдыха.

Лабораторная работа №6 **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ** **МАТЕРИАЛОВ**

Цель работы: изучить основные методы определения показателей теплозащитных свойств текстильных материалов. Определить данные показатели для представленных образцов.

Основные сведения

Текстильные изделия часто используют для предохранения человеческого организма от излишних тепловых потерь или от перегрева. В исследованиях теплозащитных свойств текстильных материалов применяют общепринятые теплофизические характеристики – коэффициенты теплопроводности и температуропроводности, теплоемкость, излучательную способность, а также комплексный тепловой показатель, связанный с ощущениями человека при эксплуатации одежды, ее суммарное тепловое сопротивление.

1. Одной из наиболее важных теплофизических характеристик материалов для одежды является их теплопроводность, которая характеризуется *коэффициентом теплопроводности* λ .

Коэффициент теплопроводности определяет тепловой поток в ваттах, который проходит через 1 м^2 плоской стенки толщиной в 1 м , изготовленной из данного материала, при разности температур на ее поверхности, равной 1°C . Таким образом, коэффициент теплопроводности показывает интенсивность прохождения тепла через массу материала: чем большее абсолютное значение имеет коэффициент теплопроводности материала, тем ниже его теплоизоляционные свойства.

2. Тепловые свойства материала при переменном во времени (нестационарном) режиме теплопередачи характеризуют *коэффициентом температуропроводности* a , зависимость которого от коэффициента теплопроводности λ и удельной теплоемкости C_0 выражается следующей формулой:

$$a = \frac{\lambda}{C_0 \rho}, \quad (6.1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, $Вт/м^2 \cdot град$;

C_0 – удельная теплоемкость, $Дж/град \cdot кг$;

ρ – плотность материала, $кг/м^3$.

Величина a характеризует способность тела выравнять температуры в различных его точках. Чем больше a , тем скорее все точки тела достигнут одинаковой температуры.

Характеризуя теплозащитные свойства одежды в условиях переменной температуры, нельзя не учитывать способности материала быстро или медленно нагреваться или остывать. Исследования теплозащитных свойств материалов одежды показывают, что материалы с малой теплопроводностью имеют определенные преимущества перед материалами с большой теплопроводностью.

3. Теплоемкостью называют свойство материалов поглощать тепло при повышении их температуры. Показателем теплоемкости является удельная теплоемкость материала, выраженная в $Дж/(кг \cdot ^\circ C)$, т. е. количество тепла в джоулях, которое необходимо сообщить 1 кг материала, чтобы повысить температуру его массы на 1 $^\circ C$. Таким образом, удельная теплоемкость материала характеризует его способность аккумулировать тепловую энергию при каком-либо процессе, сопровождающемся подводом или отнятием тепла.

4. Суммарное тепловое сопротивление определяет теплозащитную способность материалов и пакетов одежды при эксплуатации их в спокойной или движущейся воздушной среде.

Суммарное тепловое сопротивление является сложным показателем, отражающим явления теплопередачи через одно- или многослойную структуру текстильных материалов и теплоотдачи с поверхности пробы в окружающую воздушную среду в условиях свободной или вынужденной конвекции. Зависимость между коэффициентами теплопроводности λ , $Вт/(м \cdot ^\circ C)$ и теплоотдачи α , $Вт/(м^2 \cdot ^\circ C)$, и суммарным тепловым сопротивлением $R_{сум}$, $м^2 \cdot ^\circ C/Вт$, имеет вид:

для однослойного материала

$$R_{сум} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}; \quad (6.2)$$

для многослойных материалов

$$R_{сум} = \frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}, \quad (6.3)$$

где n – количество слоев материала;

$\frac{1}{\alpha}$ – тепловое сопротивление теплоотдачи, $м^2 \cdot ^\circ C/Вт$;

$\frac{\delta}{\lambda}$ – тепловое сопротивление теплопроводности, $m^2 \cdot ^\circ C / Wm$.

5. Излучательная способность. Тепловое излучение представляет собой процесс распространения внутренней энергии излучающего тела путем электромагнитных волн. При поглощении электромагнитных волн какими-либо другими телами они вновь превращаются в энергию теплового движения молекул. Все виды электромагнитного излучения имеют одинаковую природу и различаются лишь длиной волны. Диапазон длин волн теплового излучения: $0,8 \cdot 10^{-3} \dots 0,8 \text{ мм}$. Интенсивность излучения зависит от природы тела, его температуры, длины волны, состояния поверхности. Для материалов одежды различного волокнистого состава и разных структур поверхности интенсивность излучения изменяется в небольших пределах.

Для экспериментального определения теплозащитных материалов применяют стационарные, нестационарные и комплексные методы.

Стационарные методы основаны на законе теплопроводности Фурье для стационарного теплового потока. При их реализации исследуемому материалу – образцу придается форма пластины, цилиндрической полой трубы, сферической оболочки, внутри которых создается соответствующее одномерное температурное поле.

Эти методы позволяют определить лишь теплопроводность материалов по следующим формулам применительно к соответствующим методам испытаний:

для плоской поверхности

$$\lambda = \frac{Q \delta}{S (T_1 - T_2)} \quad (6.4)$$

для шара

$$\lambda = \frac{Q \left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{r''} \right)}{2\pi (T_1 - T_2)} \quad (6.5)$$

для цилиндра

$$\lambda = \frac{Q \ln \frac{r_1}{r_2}}{2\pi (T_1 - T_2)} \quad (6.6)$$

где δ – толщина слоя, m ;

S – площадь слоя, m^2 ;

Q – количество тепла, протекающего от одной изотермической поверхности с температурой T_1 ко второй с температурой T_2 ;

r' и r'' – внешний и внутренний радиусы сферического слоя, m ;

r_1 и r_2 – внешний и внутренний радиусы цилиндрического слоя, m .

Экспериментальное определение теплофизических свойств материалов сопровождается рядом побочных явлений: утечки теплоты через торцы,

конвекция, излучение, скачок температуры на границе твердого тела и газа (жидкости). Для устранения тепловых потерь применяются разнообразные охранные нагреватели, кольца, колпачки.

Недостатки данных методов: продолжительность опыта, сложность аппаратуры. Достоинства: точность и распространенность на практике.

Нестационарные методы определения теплофизических свойств материалов основаны на теории теплопроводности при нестационарном тепловом потоке. В нестационарных методах различают методы начальной стадии и методы регулярного режима. Методы регулярного режима могут быть подразделены на группы методов регулярного режима первого, второго и других видов.

Из нестационарных методов для исследования теплофизических свойств материалов при температурах, близких к комнатным, наибольшее применение находят методы регулярного режима 1 рода, а при температурах от -50 до $+80$ °С – методы монотонного режима.

Методы регулярного режима 1 рода разработаны Кондратьевым и основаны на создании теплового режима, при котором распределение температуры в теле не зависит от начальных условий и изменяется во времени по экспоненте с относительной скоростью (темпом охлаждения), постоянной во всех точках. Определяя темп охлаждения в какой-либо точке испытуемого образца, можно рассчитать его теплопроводность (бикалориметр). Некоторые разновидности метода позволяют определить и температуропроводность (метод двух точек). Однако в ряде разновидностей метода дополнительно нужно знать коэффициент теплоотдачи от образца в окружающую среду (за исключением метода составного тела), располагать эталонным материалом или предварительно проградуировать калориметр.

Недостатком данных методов является то, что при переходе к умеренным и высоким температурам возникают серьезные затруднения в организации экспериментов, хотя примеры исследований в зоне относительно высоких температур известны. При проведении испытаний не удается обеспечить во всех точках постоянства коэффициента теплоотдачи. К достоинствам методов относятся: сравнительная простота эксперимента и быстрота определений.

По *методам квазистационарного теплового потока* испытуемый образец, находящийся в контакте с эталоном, нагревается с постоянной скоростью в жидкой среде, обеспечивающей очень большие коэффициенты теплоотдачи. При этом температура в любой точке системы является линейной функцией времени.

Преимущества данных методов: простота окончательного выражения для обработки экспериментальных данных; быстрота проведения опыта. Недостатки: требуется качественная торцевая тепловая изоляция для того, чтобы образец соответствовал понятию «неограниченная пластина»; необходимость проведения замеров температуры на поверхности нагревательного элемента, который обладает своей теплоемкостью и

теплопроводностью, что вносит значительные погрешности в результаты опыта.

Методы, основанные на теории квазистационарного режима, позволяют определять теплофизические характеристики в широком интервале температур. Однако при исследовании теплофизических свойств материалов греющий поток на поверхности тела должен в течение длительного промежутка времени сохранять постоянное значение. Реализация таких режимов нагрева, очевидно, не может быть осуществлена без специальной регулирующей аппаратуры.

Методы монотонного теплового режима основываются на закономерностях приближенного анализа нелинейного уравнения теплопроводности. Под монотонным тепловым режимом принято понимать плавный разогрев или охлаждение тел в широком диапазоне изменения температуры со слабопеременным полем скорости внутри образца.

Достоинства: широкий диапазон измерения температур. Недостатки: поправки на нелинейность, контактное сопротивление, боковой теплообмен.

Методы теплового импульса позволяют определять теплофизические свойства в нестационарной области разогрева. В основе метода мгновенного источника лежит решение задачи охлаждения неограниченной пластины в неограниченной среде при наличии мгновенного источника, расположенного в середине пластины.

Преимущества: скоростной метод; легко изготовить образец (теплоприемник). Недостатки: относительные; необходимо поддерживать постоянную температуру на одной стороне образца; потери теплоты из-за теплообмена образца и среды; влияние конечной длительности импульса.

Для экспериментального определения теплофизических свойств материалов также используют *температурные волны*, распространяемые в полуограниченном пространстве. Это связано с тем, что многие явления природы подчиняются закону простого гармонического колебания. Только периоды таких колебаний для разных условий могут быть различными. Температурные колебания легко создаются в лабораторных условиях, что используется для определения теплофизических свойств материалов.

Комплексные методы в большинстве случаев основываются на теории начальной и упорядоченной стадии нестационарной теплопроводности. Они позволяют определять одновременно из одного эксперимента, на одной установке и на одном образце несколько теплофизических свойств в широком интервале температур. При сохранении времени на проведение эксперимента комплексные методы позволяют получить более полную информацию о теплофизических свойствах веществ. Если изготовление строго одинаковых по структуре образцов затруднительно (например, структура гетерогенных, анизотропных веществ), то осуществление эксперимента на одном образце комплексным методом существенно повышает точность определения теплофизических свойств исследуемого материала.

Методы определения теплофизических свойств материалов могут быть абсолютными и относительными. В абсолютных методах определение

параметров осуществляется непосредственным измерением. В относительных методах определяемые параметры зависят от постоянной прибора и определяются путем тарировки по эталонному веществу, материалу или образцу.

Также методы и реализующие их измерительные средства можно разделить на контактные и бесконтактные.

Установка для определения теплозащитных свойств пакетов материалов одежды по методу регулярного режима

Данная установка, позволяет определять такие показатели теплозащитных свойств материалов одежды как тепловое сопротивление R и коэффициент теплопроводности λ . Схема установки приведена на рисунке 6.1.

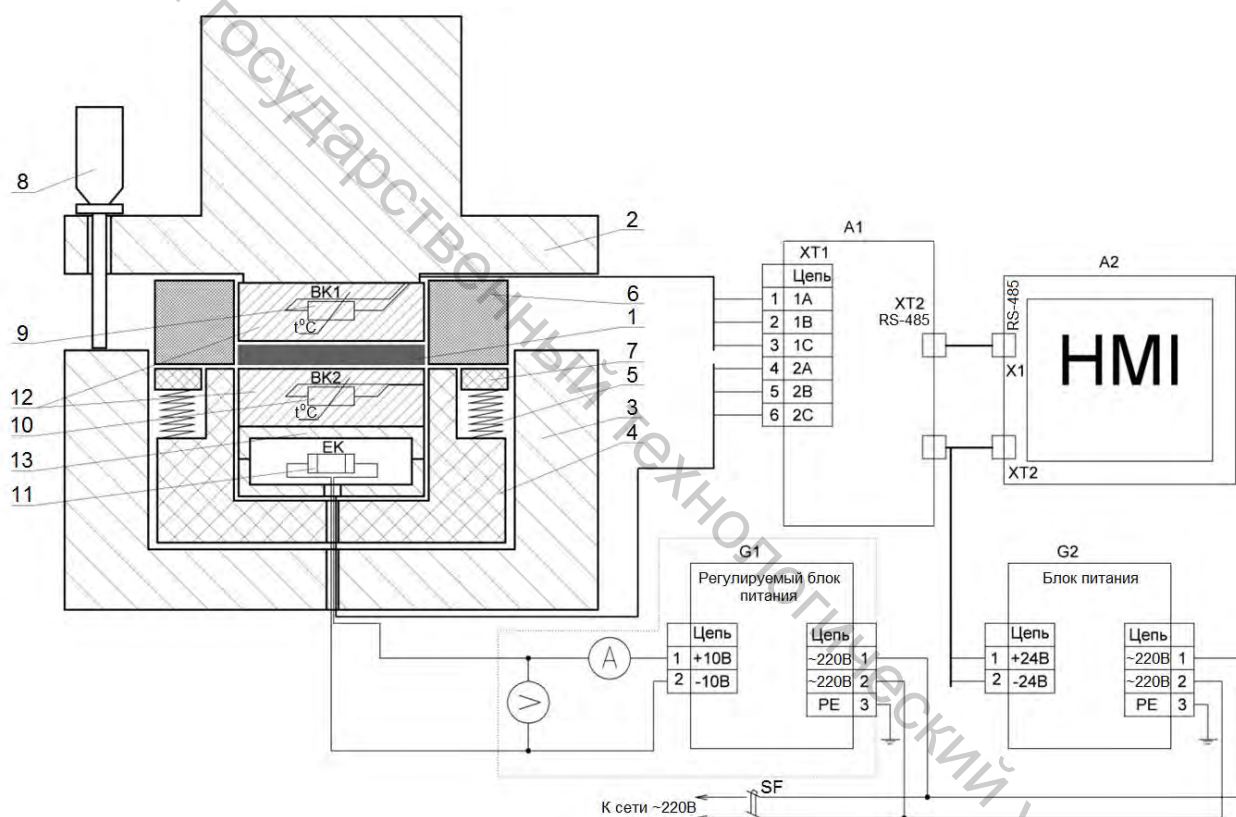


Рисунок 6.1 – Схема установки для определения теплозащитных свойств материалов одежды

На схеме:

- 1 – исследуемый образец;
- 2 – верхняя крышка корпуса;
- 3 – нижняя крышка корпуса;
- 4 – термоизоляционный стакан;
- 5 – термоизоляционная прокладка;
- 6 – теплоизолирующее боковое кольцо;
- 7 – фиксирующая пружина;

- 8 – измеритель-регулятор зазора (микрометр);
- 9 – датчик температуры внешней поверхности;
- 10 – датчик температуры внутренней поверхности (со стороны нагревателя);
- 11 – нагреватель;
- 12 – термоусредняющая пластина с конструктивом для крепления датчиков температуры (4 штуки в каждом);
- 13 – корпус нагревателя;
- A1 – блок ввода для подключения датчиков температуры (термосопротивлений);
- A2 – панельный контроллер с сенсорным полем;
- G1 – источник питания для нагревателя;
- G2 – источник питания для системы контроля и визуализации.

Порядок проведения испытаний следующий. Вырезают пробу в виде круга диаметром 65 мм. Определяют толщину образца. Размещают образец 1 в рабочей полости прибора. Подключают установку к сети. Нагревание образца 1 производится до достижения перепада температур 60°C (разности показаний датчиков температуры 9 и 10), после чего электронагреватель 11 отключается от сети. Регистрируют показания датчиков температуры 9, 10 в зависимости от времени. Пример полученных зависимостей представлен на рисунке 6.2.



Рисунок 6.2 – График изменения температуры пластины от времени, полученный во время проведения испытаний

Тепловое сопротивление R , $m^2 \cdot ^\circ C / Wm$ определяют по формуле:

$$R = \frac{1}{\varphi \left(\left(A + \frac{1}{3} C \gamma \delta \right) m - K \right)}, \quad (6.7)$$

где φ – коэффициент рассеяния (для образцов толщиной менее 5 мм равен 0,96, более – 0,95);

A – постоянная прибора, характеризующая теплоемкость сердечника, площадь его поперечного сечения и теплоемкость теплоизоляционного слоя ($A=23800$);

K – постоянная прибора, характеризующая теплопередачу теплоизоляционного слоя ($K=2,9$);

C – удельная теплоемкость пакета, Дж/кг·°C;

γ – объемная масса образца, кг/м³;

δ – толщина образца, м;

m – темп охлаждения сердечника, с⁻¹.

Темп охлаждения m вычисляют по формуле:

$$m = \frac{\ln\theta_1 - \ln\theta_2}{\Delta\tau}, \quad (6.8)$$

где $\theta_1, \theta_2, ^\circ\text{C}$ – значения температуры внутренней поверхности образца на границах заданного интервала перепада температур (55 и 45 °C), измеренные датчиком температуры 10;

$\Delta\tau, \text{с}$ – время остывания пластины прибора в заданном интервале перепадов температур (определяют по графику).

Коэффициент теплопроводности $\lambda, \text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$ определяют по формуле:

$$\lambda = \varphi\delta \left(\left(A + \frac{1}{3} C\gamma\delta \right) m - K \right). \quad (6.9)$$

Содержание отчета

1. Основные понятия и определения.
2. Схема прибора.
3. Результаты измерений (табл.6.1).

Таблица 6.1 – Результаты наблюдений

Образец	$\delta, \text{м}$	$C, \text{Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$	$\gamma, \text{кг/м}^3$	$\theta_1, ^\circ\text{C}$	$\tau_1, \text{с}$	$\theta_2, ^\circ\text{C}$	$\tau_2, \text{с}$	$\Delta\tau, \text{с}$	$m, \text{с}^{-1}$	$R, \text{м}^2\cdot^\circ\text{C/Вт}$	$\lambda, \text{Вт/м}\cdot^\circ\text{C}$

Лабораторная работа №7 ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: изучить метод определения коэффициента воздухопроницаемости текстильных материалов. Ознакомиться с устройством и работой прибора ВПТМ.2.

Основные сведения

Свойство материалов одежды пропускать воздух называется *воздухопроницаемостью*.

Воздухопроницаемость материалов одежды оказывает большое влияние на их тепловое сопротивление, которое падает с увеличением воздухопроницаемости. В этом отношении воздухопроницаемость теплозащитной одежды является отрицательным фактором, снижающим тепловое сопротивление одежды.

Однако воздухопроницаемость обеспечивает необходимый воздухообмен между телом человека и окружающей средой, что является положительным качеством, имеющим важное гигиеническое значение.

Для текстильных материалов воздухопроницаемость характеризуется коэффициентом воздухопроницаемости:

$$B_p = \frac{V}{FT} \quad (\text{при } p = \text{const}), \quad (7.1)$$

где V – количество воздуха, л;
 F – площадь образца, м²;
 T – время, с.

Общий принцип работы различных приборов для определения воздухопроницаемости заключается в создании на поверхности испытуемого изделия 1 (рисунок 7.1) разных давлений P_1 и P_2 , вследствие чего воздух протекает через изделие. Разрежение за изделием создается всасывающим насосом (рисунок 7.1, а) или вентилятором (рисунок 7.1, б) или вытеканием воды из резервуара 2 (рисунок 7.1, в), соединенного трубкой 3 с камерой 4, закрытой изделием. В последнем случае значительное разрежение можно создать только при испытании очень плотных пропитанных тканей. Перепад давлений замеряется чувствительным микроманометром 5. Объем воздуха V , прошедшего через изделие, измеряют при помощи газового счетчика 6 или по объему воды, вытекающей из сосуда 2 за T секунд, или рассчитывают по перепаду давлений $H = P_2 - P_3$ до и после диафрагмы 7 установленной в камере 4.

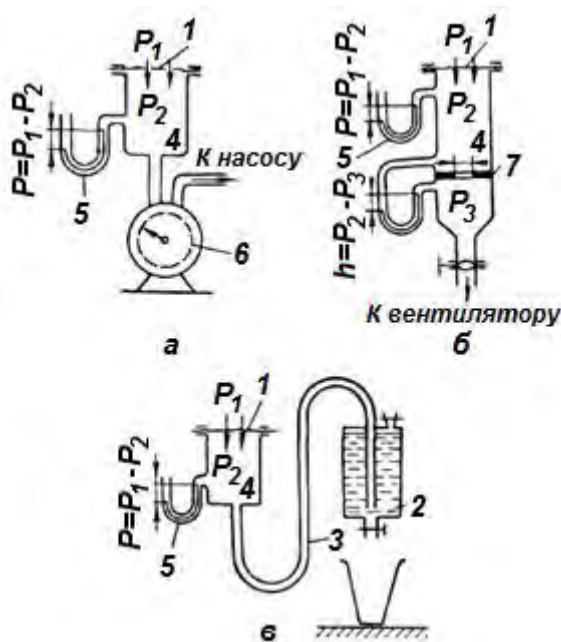


Рисунок 7.1 – Схемы приборов для определения воздухопроницаемости

Для испытания бытовых тканей, тканей технических, военного назначения и для спецодежды, трикотажных и нетканых полотен, войлока, искусственного меха, дублированных материалов и изделий из них применяют приборы марки ВПТМ.2, ВПТМ.2М, АТЛ-2 или марки УПВ-2, обеспечивающие:

- измерение воздухопроницаемости в диапазоне от 2,5 до 10750 $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$;
- разрежение под точечной пробой 49 Па (5 мм. вод. ст.);
- силу прижима точечной пробы 147 Н (15 кгс).

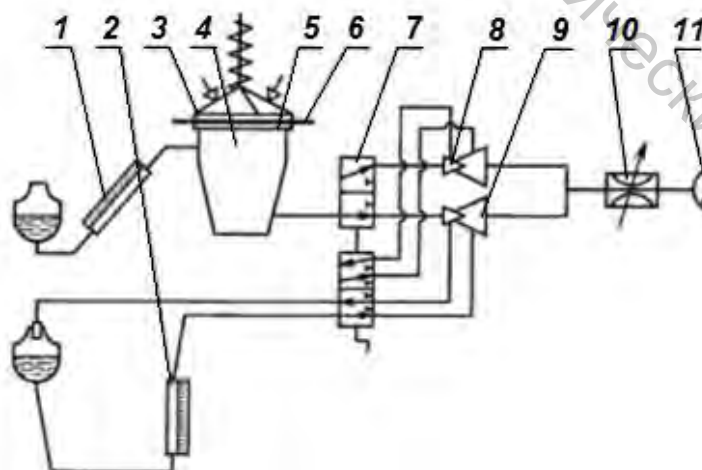


Рисунок 7.2 – Прибор ВПТМ.2

- 1 – индикатор разряжения; 2 – дифференциальный манометр; 3 – прижимное кольцо; 4 – камера разряжения; 5 – сменный столик; 6 – испытуемый образец; 7 – переключатель трубок Вентури; 8, 9 – расходомеры воздуха (трубки Вентури); 10 – дроссель; 11 – электродвигатель с вентилятором.

Прибор марки ВПТМ.2, ВПТМ.2М состоит из следующих основных узлов:

- индикатора разрежения 1 на 49 Па или 5 мм вод. ст.;
- дифференциального манометра 2 с пределом измерения от 0 до 150 мм вод. ст.;
- расходомеров воздуха (трубок Вентури) 8 и 9;
- дросселя 10 и электродвигателя с вентилятором 11;
- контрольной шайбы для проверки прибора;
- комплекта из шести сменных столиков 5 с отверстиями диаметром, мм: 16,0 – для площади отверстия столика 2 см², 25,3 – для площади отверстия столика 5 см², 35,7 – для площади отверстия столика 10 см², 50,5 – для площади отверстия столика 20 см², 79,8 – для площади отверстия столика 50 см², 112,9 – для площади отверстия столика 100 см².
- соответствующих прижимных колец 3.

Порядок проведения испытаний:

1. Исследуемый образец 6 (рисунок 7.2) укладывают на столик лицевой стороной вверх и прижимают к столику кольцом 3 до загорания красной сигнальной лампочки.
2. Электродвигатель с вентилятором 11 включается автоматически при подаче нагрузки на испытываемую пробу.
3. Открытием дросселя 10 устанавливают разряжение под точечной пробой, равное 49 Па (5 мм вод. ст.), которое определяют по шкале индикатора разряжения 1.
4. По шкале дифференциального манометра 2 отсчитывают измерения с точностью до одного деления шкалы.
5. При снятии нагрузки с точечной пробы электродвигатель с вентилятором 11 автоматически отключается.

Содержание отчета

1. Основные понятия и определения.
2. Схема прибора.
3. Результаты измерений.

Лабораторная работа №8 ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ РЕЗИН, КАРТОНОВ И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: ознакомиться с основными методами и приборами, применяемыми для определения твердости резин, картонов и полимерных композиционных материалов.

Основные сведения

Твердость – характеристика материала, зависящая от совокупности его пластических и упругих свойств и характера напряженного состояния,

проявляющееся в способности оказывать сопротивление при деформации участка поверхности тела из этого материала.

Твердость материала, определенная любым способом, является вторичной механической характеристикой, закономерно связанной с первичными характеристиками – параметрами диаграммы одноосного растяжения, а также параметрами условий измерений (усилие вдавливания, угол индентора и т.д.).

Полную классификацию методов можно получить, если учесть способ приложения нагрузки и характер наблюдаемых деформаций. По способу приложения нагрузки все методы делятся на две большие группы: методы статические и методы динамические.

Наибольшее применение получили статические методы определения твердости. По характеру наблюдаемых деформаций все существующие методы измерения можно разбить на шесть классов, основанных на:

- 1) упругом деформировании;
- 2) пластическом деформировании;
- 3) сочетании первых двух классов;
- 4) разрушении поверхности по узкому следу («царапание»);
- 5) разрушении большого участка поверхности;
- 6) корреляции эмпирических данных, полученных по одному из пяти

классов измерения твердости, с другими характеристиками материала.

В большинстве европейских стран принято определение твердости пластмасс по Бринеллю, а в Англии и США – по Роквеллу. В обоих методах в поверхность полимерного материала внедряется шаровой индентор.

Кроме того, в зависимости от особенностей применения резин, пластмасс и полимерных композиционных материалов, а также используемого для этих целей оборудования, в настоящее время в промышленности наиболее широко применяется три основных метода измерения твердости:

- 1) метод Шора А для резин и методом Шора А и D для пластмасс – вдавливанием иглы,
- 2) методом ТШ – вдавливанием сферического индентора;
- 3) методом ТМ – вдавливанием сферического индентора.

Проведение испытаний по определению твердости резины при вдавливании шарика

Твердость резины под действием постоянной нагрузки определяют твердомером ТШМ-2 (типа Пузеля-Джонса), внешний вид которого представлен на рисунке 8.1

В образец вдавливаются стальной шарик 14 диаметром 5 мм, завальцованный в наконечник 13 под действием рабочей нагрузки массой 1 кг. Наконечник 13 имеет заплечник для опускания на него груза 18. Измерительный шток индикатора 9 связан при помощи шарнира 10 со стержнем 2, который несет наконечник с шариком. Отсчетное устройство состоит из индикатора часового типа 9, связанного с держателем 15, который закреплен на диске 17.

Диск 17 может перемещаться вверх и вниз по резьбовым колоннам при помощи звездочек 12, соединенных между собой цепью 6. Звездочки выполняют роль ходовых гаек. Второй подвижный диск 11, перемещающийся при помощи звездочек 7, несет на себе груз 18, закрепленный на держателе с запячником. Приложение рабочей нагрузки к образцу осуществляется путем перемещения диска 11.

Для установки в рабочее положение твердомер снабжен уровнем 16. Установка прибора по уровню 16 производится при помощи трех установочных винтов 19, имеющих шарнирное основание. Положение твердомера считается рабочим тогда, когда пузырек круглого уровня находится в центре, а стержень 2 с держателем груза 5 имеет равномерный зазор по окружности.

Образцы, подлежащие испытанию на твердость, представляют собой плоскопараллельные пластины толщиной 6...8 мм. Размеры образцов должны позволять проводить испытания в трех точках, расположенных на расстоянии не менее 10 мм друг от друга и от краев образца.

При измерении твердости резины на площадку 1 под измерительный наконечник помещается диск 20, который служит подкладкой под образец.

При вращении звездочек 12, последние перемещаются по колоннам 4, неся на себе диск 17, в котором закреплен держатель 15 индикатора 9. Таким образом, перемещается индикатор со стержнем 2, и наконечник с шариком. Для установки нулевого отсчета индикатора, вращением звездочек 12 по часовой стрелке шарик 12 приводится в соприкосновение с поверхностью испытуемого образца. После чего, продолжая вращать звездочки, добиваются установки большой стрелки индикатора на нуль, а малой на двойку.

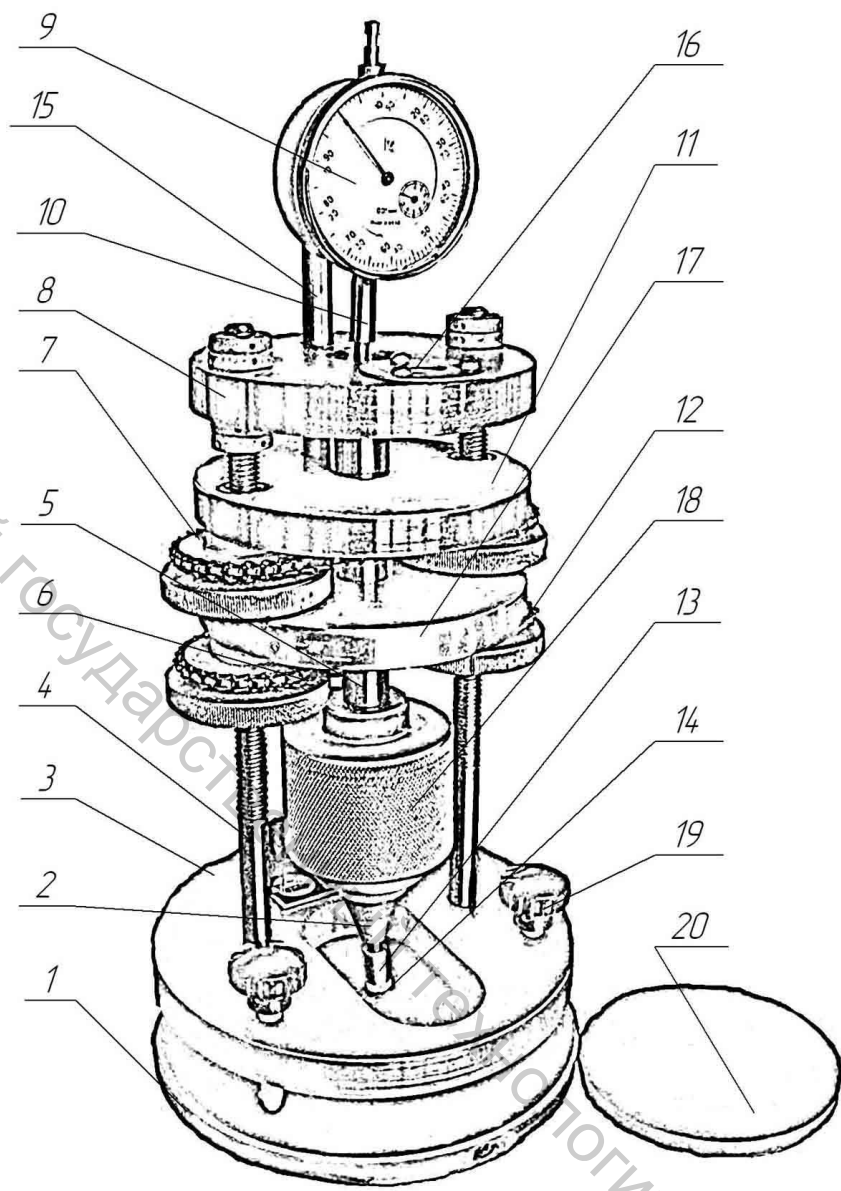


Рисунок 8.1 – Прибор ТШМ-2

Для приложения рабочей нагрузки к испытуемому образцу, вращая по часовой стрелке звездочки 7, опустите груз 18 на заплечики наконечника, при этом зазор между диском 11 и заплечником держателя груза нужно довести до 4...5 мм. Через 30 секунд с начала движения стрелки отсчитайте глубину погружения шарика в образец с точностью до 0,01 мм.

Вращением звездочек 7 в направлении, противоположном движению часовой стрелки, снимите груз с наконечника и вращением звездочек 12 в том же направлении поднимите шарик, тем самым, возвращая прибор в исходное положение.

Твердость определяется по формуле:

$$H_{100} = \frac{P}{\pi \cdot d \cdot h}, \tag{8.1}$$

где P – масса, равная 1 кг;

d – диаметр шарика, см;

h – глубина погружения шарика, см.

Число испытаний для каждой характеризуемой пробы должно быть не менее трех. В качестве результата измерения используют среднее арифметическое результата испытания.

Метод динамического индентирования использует ударное нагружение материала с одновременной регистрацией процесса внедрения индентора в испытуемый материал, соответствующего процессу свободного ударного взаимодействия индентора и испытуемого образца. Под свободным ударом понимается движение индентора, имеющего одну степень свободы, на который в процессе удара действуют только силы тяжести и силы сопротивления деформируемого материала. В этом случае изменения значений глубины внедрения, скорости вдавливания и ускорения индентора являются взаимозависимыми и для получения этих трех зависимостей достаточно экспериментально получить любую из трех перечисленных кривых, а остальные определить путем дифференцирования или интегрирования.

В настоящее время существует ряд устройств, которые позволяют регистрировать процесс вдавливания: акселерометры (регистрируется ускорение), оптические и индуктивные датчики перемещения, магнитоиндукционные датчики регистрации скорости. Каждый из способов регистрации имеет свои преимущества и недостатки, которые определяют эффективность рассматриваемого метода. Так, при использовании акселерометров неизбежным является влияние присоединенной массы самого датчика, искажающей процесс соударения. Использующиеся в последнее время оптические устройства, позволяющие регистрировать перемещения с точностью до 1 мкм и менее, являются, несомненно, перспективными, однако их широкое применение сдерживается высокой стоимостью, в связи с чем они, как правило, используются только для научно-исследовательских приборов.

Наиболее полезной для анализа характеристик материала является зависимость "контактное усилие – глубина внедрения индентора", которую получают путем исключения времени как параметра из кривых контактного усилия и перемещений.

Кривая «контактное усилие – глубина внедрения индентора» является результатом совместного проявления комплекса механических характеристик и в неявном виде содержит всю необходимую информацию о свойствах материала. Поэтому основной задачей является разработка алгоритмов её обработки для определения искомых механических и реологических характеристик, выраженных в общепринятых единицах. В этой связи при реализации метода возрастает сложность в теоретической интерпретации получаемых данных. Прежде всего это касается построения корректных физических моделей, дающих возможность осуществить переход от кинематических характеристик вдавливания к общепринятым физико-механическим характеристикам материала. При реализации такого перехода метод динамического индентирования не требует использования специальных

образцов с известными характеристиками для градуировки приборов, в связи с чем его можно отнести к безобразцовым методам контроля, что является одним из основных преимуществ по сравнению с косвенными методами исследований.

По сравнению с квазистатическим индентированием, примером которого может служить прибор Шора, с помощью которого проводят непрерывное вдавливание, метод динамического индентирования технически более просто реализовать, поскольку не требуется создавать замкнутую силовую систему и определять точку отсчёта перемещения индентора. Кроме того, метод обладает большей информативностью благодаря наличию возможности дополнительно анализировать свойства материала, которые проявляются только в условиях динамического нагружения.

Характерным примером этого могут служить такие важные для практики параметры материала, как вязкость и тангенс угла механических потерь, которые в условиях квазистатического нагружения вообще не могут быть определены. Имеет преимущество метод динамического индентирования и перед гармоническим динамическим индентированием, где регистрируются параметры установившегося процесса колебаний с одной частотой колебаний. Возможность использования в качестве носителя информации всей кривой ударного процесса, начиная с нулевой временной отметки, позволяет наиболее полно учесть релаксационные переходы во всем временном диапазоне, который определяется длительностью ударного процесса.

Несмотря на кажущуюся простоту метода, существует ряд трудностей в решении задачи определения характеристик материалов, которые можно разделить на следующие:

- разработка датчиков максимально точно, без искажений, регистрирующих движение индентора в процессе удара;
- разработка методики цифровой обработки исходного сигнала, позволяющей без потерь информации получить определяющую силовую характеристику («контактное усилие – глубина внедрения индентора»);
- принятие наиболее оптимальной с точки зрения достоверности, относительно простой физической модели материала, содержащей важные для практики характеристики контролируемого материала, с помощью которых можно оценить его качество;
- разработка алгоритмов извлечения искомым характеристик из экспериментальной зависимости "контактное усилие – глубина внедрения индентора.

Решение перечисленных вопросов позволило успешно реализовать метод динамического индентирования в приборах серии Импульс-Р, разработанных в ИПФ НАН Беларуси и предназначенных для контроля широкого класса материалов, и в частности эластомеров.

Установка ИМПУЛЬС-1Р предназначена для сравнительного анализа физико-механических свойств эластомерных материалов, использующихся в промышленности.

Область применения – измерение физико-механических характеристик:

- твердость по Шору 25-95 единиц;
- твердость в международных единицах IRHD 20-97 единиц;
- эластичность по отскоку 5-95%;
- статический модуль упругости резин 0,2-50 МПа;

Погрешность измерения $\pm 10\%$.

Установка состоит из датчика и электронного блока АЦП, измерительного кабеля и интерфейсного шлейфа (рисунок 8.2), а также комплекта специального программного обеспечения для персонального компьютера. На рисунке 8.3 представлена структурная схема датчика. Датчик состоит из корпуса 1, в верхней части которого находится пусковая кнопка 2. В корпусе размещены: поворотный рычаг 3 с прикрепленным на нем индентором 4 и постоянным магнитом 5, катушка индуктивности 6. Датчик содержит часовой механизм взвода и устройство фиксации индентора в верхнем положении. На правой боковой панели датчика расположена заводная головка 7. Датчик посредством измерительного кабеля соединяется с блоком АЦП, который, в свою очередь, посредством интерфейсного шлейфа соединяется с персональным компьютером. При движении индентора постоянный магнит, прикрепленный к нему, наводит в катушке индуктивности ЭДС, пропорциональную скорости движения индентора. Этот сигнал усиливается в усилителе датчика и поступает в блок АЦП, где преобразуется в цифровой формат с определенной частотой дискретизации. По специально разработанным алгоритмам сигнал обрабатывается, что позволяет произвести расчет механических характеристик испытуемого материала: твердость по Шору, твердость в международных единицах IRHD, жесткость по моделям Максвелла и Фойгта, статический модуль упругости, динамический модуль упругости, эффективный коэффициент вязкости, вязкость по моделям Фойгта и Максвелла, тангенс угла механических потерь, параметры ядра релаксации и др.



Рисунок 8.2 – Общий вид установки: 1 – блок АЦП, 2 – датчик, 3 – измерительный кабель, 4 – интерфейсный шлейф, 5 – сетевой шнур.

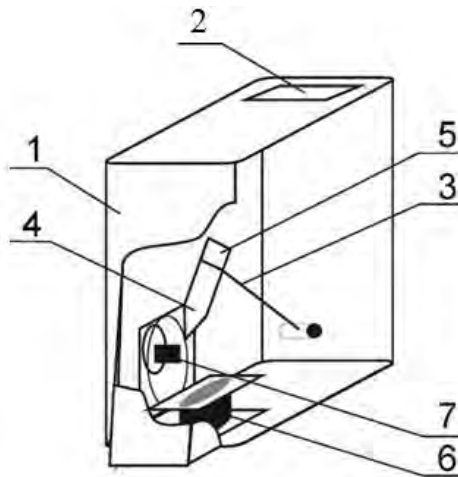


Рисунок 8.3 – Датчик (ударный преобразователь с гравитационным разгоном индентора): 1 – корпус, 2 – пусковая кнопка, 3 – поворотный рычаг, 4 – индентор, 5 – постоянный магнит, 6 – катушка индуктивности, 7 – заводная головка.

На рисунке 8.4 представлен график "Контактное усилие – внедрение", который выдает программное обеспечение прибора Импульс-1Р по результатам обработки данных.

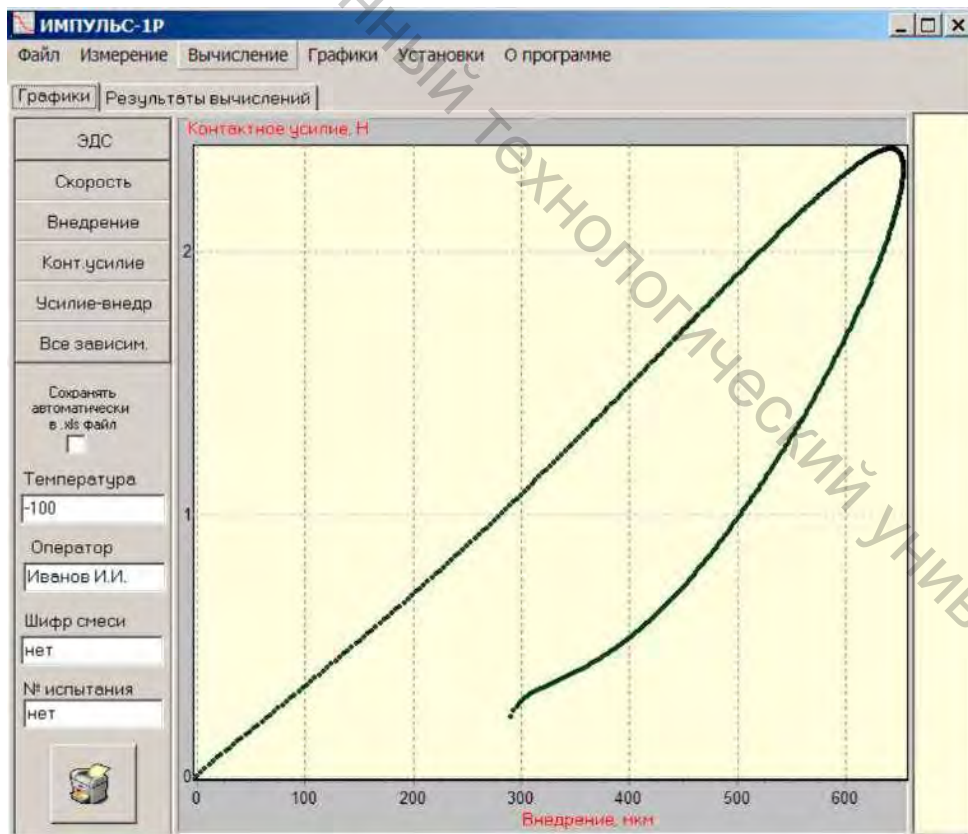


Рисунок 8.4 – Зависимость «Контактное усилие – внедрение»

Необходимые значения механических характеристик заносятся в бланк результатов измерений, который можно просмотреть (рисунок 8.5) и распечатать путем нажатия на кнопку с изображением принтера.

ИМПУЛЬС-1Р
 файл Измерение Вычисление Графики Установки О программе

Графики Результаты вычислений

ХАРАКТЕРИСТИКИ	ЗНАЧЕНИЕ
Твердость по Шору, ед	57.7
Твердость IRHD, ед	56.8
Эластичность по отскоку, %	44.6
Статический модуль упругости, Па	3.17E+06
Эффективный коэффициент вязкости, Па*с	1.57E+03
Вязкость по модели Фойгта, Н*с	0.30
Вязкость по модели Максвелла, Н*с	21.2
Жесткость по модели Максвелла и Фойгта, Н/м	3408.1
Динамический модуль упругости, Па	6.96E+06
Энергия деформирования, Дж	6.640E-04
Энергия упругого деформирования, Дж	2.851E-04
Энергия вязкого деформирования, Дж	3.789E-04
Время удара, мкс	1912
Время активного этапа удара, мкс	1047
Время пассивного этапа удара, мкс	865
Максимальное контактное усилие, Н	2.39
Контактное усилие при максимальной вмятине, Н	2.31
Скорость подлета, м/с	0.942
Скорость отскока, м/с	-0.617
Максимальное вмятение, мкм	854.07
Тангенс угла механических потерь, Ед	0.124
Мгновенный модуль упругости, Па	7.09E+07
Длительный модуль упругости, Па	5.98E+06
Время релаксации, с	5.68E-05
Параметр А ядра релаксации	1.61E+04
Параметр В ядра релаксации	1.76E+04

Сохранить
 вмятение
 скорость
 конт. усилие
 время

Передать данные
 в файл отчета

Рисунок 8.5 – Результаты вычислений

Программа также позволяет произвести распечатку графиков «контактное усилие – перемещение», «контактное усилие – время», «перемещение – время», «скорость внедрения индентора – время». Предусмотрена возможность распечатки результатов испытаний, сохранения данных в *.xls файл для его последующей обработки.

Содержание отчета

1. Основные понятия и определения.
2. Схемы приборов.
3. Результаты измерений (таблица 8.1).

Таблица 8.1 – Результаты наблюдений

Материал	Номер испытания	Твердость, измеренная на приборе ТШМ-2	Твердость, измеренная на приборе Импульс-1Р
	1		
	2		
	3		
	Среднее значение		

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузов, Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство) : учебник / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова. – Москва : Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.
2. Бузов, Б.А., Модестова, Т.А., Алыменкова, Н.Д. Материаловедение швейного производства. – Москва : Легпромбытиздат, 1886. – 424 с.
3. Калмыкова, Е.А. Материаловедение швейного производства : учеб. пособие для вузов / Е.А. Калмыкова, О.В. Лобацкая. – Минск : Вышэйшая школа, 2001. – 412 с.
4. Кузнецов, А.А. Оценка и прогнозирование физико-механических свойств текстильных нитей : моногр. / А.А. Кузнецов, В.И. Ольшанский. – Витебск : УО «ВГТУ», 2004. – 226 с.
5. Кукин, Н.Г., Соловьев, А.Н. Текстильное материаловедение (исходные текстильные материалы). – Москва : Легпромбытиздат, 1985. – 216 с.
6. Кукин, Н.Г., Соловьев, А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (волокна и нити). – Москва : Легпромбытиздат, 1989. – 352 с.
7. Кукин, Н.Г., Соловьев, А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия). – Москва : Легпромбытиздат, 1992. – 272 с.
8. Кукин, Н.Г., Соловьев, А.Н. Текстильное материаловедение. Ч.II. – Москва : Легкая индустрия, 1964. – 377 с.
9. Кукин, Н.Г., Соловьев, А.Н. Текстильное материаловедение. Ч.III. – Москва : Легкая индустрия, 1967. – 299 с.
10. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению. / А.И. Кобляков, Н.Г. Кукин, А.Н. Соловьев и др. : Под редакцией А.И. Коблякова. – Москва : Легпромбытиздат, 1986. – 344 с.
11. Садыкова, Ф.Х. Текстильное материаловедение и основы текстильных производств / Ф.Х. Садыкова, Д.М. Садыкова, Н.И. Кудряшова. – Москва : Легпромбытиздат, 1989. – 288 с.
12. Соловьёв, А.Н. Измерения и оценка свойств текстильных материалов. – Москва : Легпромиздат, 1967. – 208 с.
13. Шустов, Ю.С. Основы метрологии и измерительные приборы в текстильной промышленности : учебник / Ю.С. Шустов, С.В. Плеханова. – Москва : МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2005. – 139 с.
14. Шустов, Ю.С. Основы текстильного материаловедения / Ю.С. Шустов. – Москва : МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007. – 302 с.