

УДК 537.312.9:53.092

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОЧНОСТИ ОДИНОЧНЫХ ВОЛОКОН

А. К. ИЗГОРОДИН, Е. В. СЕНЧЕНКОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Прочностные свойства волокон определяют параметры технологических процессов прядильного производства и области использования текстильных материалов.

На приборе УМИВ-3 ивановского завода «Точприбор», а также на установке Санкт-Петербургского университета технологии и дизайна (СПбГУТД) при 20 и 50°C производили растяжение одиночных волокон хлопка, сиблона, лавсана, шерсти, элементарных волокон льна, шелка-сырца и отходов шелкопроизводства. Перед испытаниями измеряли площадь поперечного сечения волокна: определяли форму его сечения на установке [1], а с помощью микроскопа Полам-211 — размер поперечника, и затем вычисляли площадь сечения с учетом коэф-

Таблица 1

Температура (°С) испытания	Напряжение разрушения		Относительное удлинение		Условный модуль упругости	
	Величина, МПа	К-т вариаций, %	Величина, %	К-т вариаций, %	Величина, ГПа	К-т вариаций, %
Хлопок						
20	147/128	31/44	11,3/10,0	30/32	1,8/2,0	30/55
50	190/180	23/31	8,7/8,0	30/32	3,2/2,8	33/33
Лен (из кип)						
20	120	40	9,7	19	1,2	36
50	250	55	5,0	25	3,6	75
Шерсть (из кип)						
20	112	26	48,0	29	1,26	29
50	106	45	46,0	36	0,7	34
Шелк (при 20°C)						
Шелк-сырец	1920	16	22	20	9,5	28
Струна сдира	550	90	17	31	5,3	95
Узелки	260	50	15	30	3,0	77
Одонки	2740	48	14	24	41,0	73
Очесы	2840	52	15	48	36,0	31
Очесы отбеленные	490	40	15	40	7,0	47
Рвань шелка-сырца	1450	47	12	41	24,0	38
Сиблон						
20	550/390	27/30	17/15	20/18	3,4/2,9	40/25
50	490/360	29/27	27/26	22/35	3,0/2,9	48/33
Лавсан						
20	390/410	6/18	26/27	24/27	2,9/2,9	38/21
50	360/340	26/27	30/28	49/39	1,5/1,3	35/30

Примечание. Шерсть: меринос австралийский, поставщик Улан-Удэ 64 I реп. Лен: трепаный, стланец, селекционный сорт К-6, костра — 5%. Хлопок: тип V, сорт 2. Числитель условных дробей — испытания из кип; знаменатель — испытания после процесса чесания.

коэффициента площади [2]. Волокна заклеивали в разрезных картонных рамках и выдерживали сутки при 20 °С и 65 % влажности. Длина рабочей части волокон равнялась 10 мм, скорость перемещения тисков 5...20 мм/мин, число волокон на точку (10...50) зависело от разброса данных.

Результаты испытания волокон, приведенные в табл. 1, свидетельствуют о большом разбросе значений прочности (коэффициент вариации составляет 20...40 %). Величину модуля E упругости называем условной, поскольку при испытаниях на начальном этапе возникают не только быстро обратимая, но и медленно обратимая деформации.

После процесса чесания наблюдается снижение прочности волокон хлопка и сиблона, что согласуется с данными рентгеноструктурных исследований об изменении кристаллических зон в хлопке после процесса чесания. Волокна лавсана имеют примерно одинаковую прочность в исходном состоянии и после чесания (их дифрактограммы остаются неизменными). Лен и хлопок при повышении температуры T испытаний становятся прочней, сиблон с увеличением температуры до 50 °С ослабляется, а прочность лавсана практически не изменяется.

Наибольшая прочность характерна для коконных нитей шелка. Для хлопка и льна при повышении T до 50 °С величина E возрастает на 40...300 %, а относительное удлинение ϵ несколько снижается. У лавсана с ростом T значение E снижается примерно в 2 раза, а ϵ почти не изменяется.

Прочность волокна зависит как от природы связей между атомами, так и от особенностей структуры на всех уровнях. Схемы диаграмм растяжения, полученные на приборах УМИВ-3 и СПБГУТД [3, 4] приведены на рис. 1.

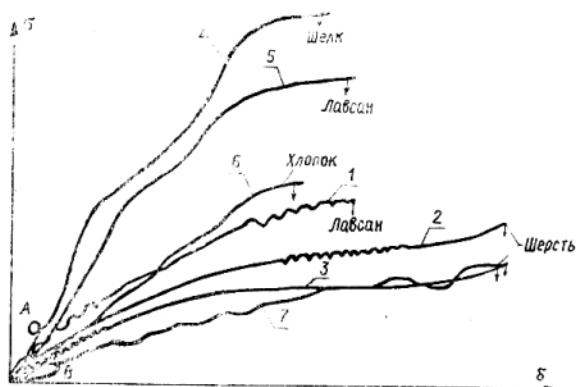


Рис. 1.

Как видно, на приборе УМИВ-3 диаграммы растяжения (кривые 1, 2, 3) оказываются искаженными, на них просматриваются периодические колебания, которые являются результатом взаимодействия упругого элемента прибора и пробы. Инерционность прибора УМИВ-3 мала. Диаграммы, полученные на приборе СПБГУТД (кривые 4, 5, 6, 7), свидетельствуют об отсутствии колебаний системы проба — упругий элемент машины. Однако этому прибору свойственна инерционность, поскольку в ходе испытаний на диаграммах растяжения для

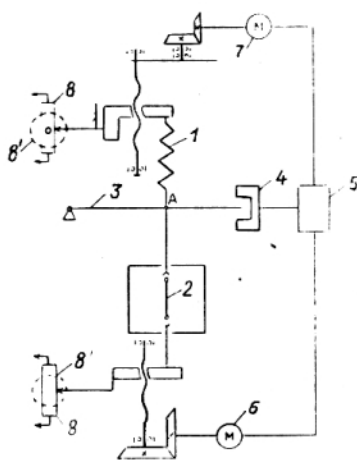


Рис. 2.

шелка появляются участки в виде петли *A* или в виде зоны *B* на диаграмме растяжения для шерсти.

Рассмотрим схемы используемых приборов (рис. 2). Оба прибора в принципе аналогичны экстензометру Кембриджского института [2] и содержат упругий элемент 1, связанный через тягу и зажим с образцом 2. К тяге прикреплен рычаг 3, который посредством датчика 4 и блока 5 управляет работой двигателей 6 и 7. При смещении точки *A*, например, в результате растяжения пробы двигателем 6 рычаг 3 сместится в нижнее положение, обеспечивая включение двигателя 7, возвращающего рычаг 3 в исходное положение. Информация о величине нагрузки и деформации в одном случае передается сельсинами 8, а в другом — резистивными датчиками 8'. Систему упругий элемент

машины — испытываемая проба можно описать известным дифференциальным уравнением вида

$$m\ddot{x} + r\dot{x} + kx = F_0\tau_0,$$

где m — приведенная масса системы;
 r — коэффициент сопротивления движению системы;
 k — суммарный коэффициент упругости;
 $F_0\tau_0 = F_0t/\tau$ — приложенное к волокну усилие, возрастающее при нагружении пропорционально времени t ;
 τ — время нагружения;
 F_0 — начальное усилие.

Характеристическое уравнение, соответствующее приведенному дифференциальному уравнению, имеет вид

$$S^2 + 2\beta S + \omega_0^2 = 0, \quad (2\beta = r/m; \omega_0^2 = k/m),$$

корни которого

$$S_{1,2} = (-2\beta \pm \sqrt{4\beta^2 - 4k^2})/2.$$

Сопротивление системы меньше упругой силы, поэтому $\beta < k$ и корни будут комплексными. Общее решение уравнения запишется в виде

$$x = \exp(-\beta t) (A \cos \beta t + B \sin \beta t) + F_0\tau_0/\omega_0^2.$$

Система совершает затухающие колебания около точек $F_0\tau_0/\omega_0^2$. Частота результирующих колебаний $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$. Если величина внешней силы, например, по причине релаксационных процессов в волокне колеблется, то при частоте $\omega_p = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$ возникнут резонансные колебания в системе. Выражения для x , ω и ω_p , а также характеристики системы m , r , k и $F_0\tau_0$ позволяют сформулировать условия появления помех на кривых растяжения (кривые 1, 2, 3). Например, для рас-

сматриваемых установок экспериментально определялись величины m , r , k и F_{0T_0} , а затем проводились оценочные расчеты согласно полученным выше формулам.

Установлено, что при испытании волокон, упругие характеристики которых примерно такие, как у лавсана, в системе возникают колебания. Экспериментальная частота колебаний (кривые 1, 2, 3) составляет около 1 Гц.

ВЫВОДЫ

1. При испытании различных одиночных волокон, а также элементарных волокон льна и коконных нитей шелка установлено, что напряжение разрушения коконных нитей шелка выше.

2. Повышение температуры испытаний до 50°C сопровождается увеличением прочности волокон хлопка и льна и снижением прочности волокон сиблона и лавсана.

3. Описание системы волокно — испытательная машина с помощью неоднородных дифференциальных уравнений и величины прочностных характеристик волокон позволяют обоснованно определять параметры установок для растяжения волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шелепугин Ю. К., Пятницкий В. Д. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1972, № 2. С. 23.. 26.
2. Физические методы исследования текстильных материалов. — М.: Гизлегпром, 1963.
3. Голубков В. С., Пирогов К. М., Смушкович Б. Л. Испытательные машины в текстильном материаловедении. — М.: Легпромбытиздат, 1988. С. 72.
4. Гусев Г. В., Пастухов А. Ю., Соколов Ю. И. Универсальная термомеханическая установка. — Информ. листок № 168—91. — Л.: ЛГЦНТИ, 1991.

Рекомендована кафедрой физики. Поступила 26.08.96