

УДК 677.017.447:677.074

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВНОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ
ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА***

**PROCEDURE FOR DETERMINING THE ELASTIC MODULUS
OF TEXTILE MATERIALS**

И.И. КОМИССАРОВ, Ю.А. ШАММУТ, Н.Л. КОРНИЛОВА, Г.М. ТОЙЧУБЕКОВА
I.I. KOMISSAROV, Y.A. SHAMMUT, N.L. KORNILOVA, G.M. TOYCHUBEKOVA

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)
(Ivanovo State Politechnical University. Textile Institute)
E-mail: shammut@yandex.ru

В статье представлена методика определения условного модуля продольной упругости, описывающего упругие свойства текстильного материала, при котором проба находится в сложном деформированном состоянии под действием принудительного изгиба и собственной силы тяжести

* Работа выполнена в рамках проектной части государственного задания Минобрнауки России № 11.1898.2014/К.

сти. Получены условные модули продольной упругости платьельно-костюмных тканей и дублированных пакетов на их основе.

In this paper a method is presented to determine modulus of longitudinal elasticity describing the elastic properties of a textile material. In this method a sample of the tested material was subjected to a complex strain as a result of forced bending and its own gravity. Moduli have been obtained of longitudinal elasticity of dress and suit cloths and adhesive assemblies made on the basis of such fabrics.

Ключевые слова: методика, модуль упругости, жесткость, деформация, текстильный материал, клеевые соединения, швейные изделия.

Keywords: method, modulus of elasticity, rigidity, resilience, textile material, adhesive assembly, garments.

Внешний вид одежды характеризуется стабильностью формы, определяющим фактором которой является способность ткани или пакета сопротивляться в процессе эксплуатации различным механическим воздействиям – растяжению, сжатию, изгибу. Показатель жесткости является одной из основных характеристик сопротивления материала деформированию при действии внешней силы. Однако прогнозирование стабильности формы изделия с применением существующих стандартизированных методов определения жесткости затруднено.

Для однослойных текстильных материалов показатель изгибной жесткости (EJ) определяется по методу консоли [1] и характеризует способность сопротивляться изгибу под действием собственного веса. При этом габаритные размеры элементарной пробы имеют определяющее влияние на результат измерений, а расчет модуля упругости E при использовании данного метода не предусмотрен. Поэтому показатель EJ применяется для сравнительного анализа свойств материалов, но не может быть использован при прогнозировании упругодеформационных характеристик деталей швейных изделий.

Для дублированных текстильных материалов (пакетов) измерение жесткости (P) осуществляется по методу кольца [2] под действием сосредоточенной нагрузки (выпадающих шариков определенной массы), величина которой зависит от вида материала. Недостатком данного метода является

сложность реализации, значительное влияние массы шариков и точности регулировки прибора на точность измерений, сложность сопоставления с результатами измерений, полученных консольным методом.

Указанные методы применимы для прогнозирования поведения материала на отдельных участках швейных изделий (низа юбки или опорной поверхности плечевых изделий) [3], так как в элементарных пробах возникает лишь один вид деформации – продольный изгиб. При этом невозможно воспроизведение условий эксплуатации таких участков, как область обхвата бедер, локтя, колена и др., в которых деталь испытывает сложную пространственную деформацию.

С целью унификации методов исследования жесткости костюмных тканей и дублированных пакетов на их основе предложен метод определения условного модуля продольной упругости E. Для приближения к реальным условиям эксплуатации проба находится в сложном деформированном состоянии под действием принудительного изгиба и собственной силы тяжести, что позволяет в процессе одного измерения прогнозировать поведение материала на различных участках швейного изделия. Использование термина "условный модуль продольной упругости" обусловлено тем, что прогиб, образующийся в элементарной пробе из текстильного материала, не подчиняется закону Гука [4], и

упругая часть деформации является лишь составной частью полной деформации.

Для реализации метода использован прибор для определения пространственной деформируемости текстильных материалов [5]. Для проведения измерений элементарную пробу длиной L (см) и шириной B (см) соединяли в кольцо ниточной строчкой. Принудительный изгиб задавали путем складывания части пробы пополам вдоль продольных срезов перпендикулярно шву и закрепления складки в неподвижном зажиме прибора. Деформирование элементарной пробы под действием собственного веса осуществляли поэтапно. Сначала пробу, сложенную симметрично относительно зажима, укладывали на горизонтальной опорной площадке, которую подводили до касания с нижней частью зажима (рис.1-а) и измеряли длину сложенной пробы L_0 , см, и длину складки L_1 , см. Далее опускали опорную площадку вниз, давая свободной части принять окончательное деформированное положение (рис.1-б) и измеряли величину прогиба H_3 , см.

На рис. 1 представлен внешний вид элементарной пробы в процессе измерения на начальном и конечном этапах деформирования

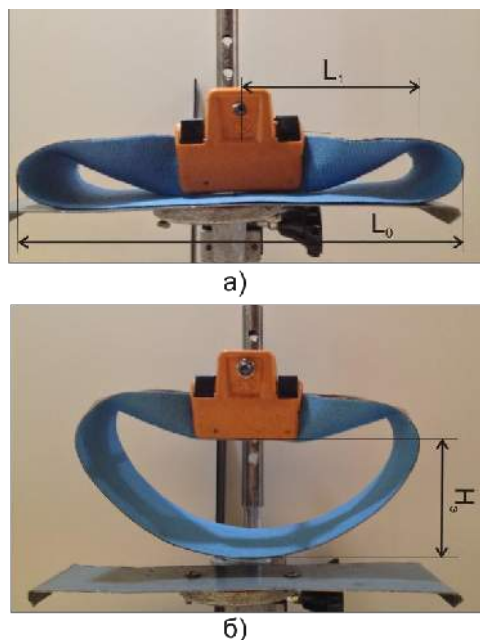


Рис. 1

Для обоснования размеров пробы проведены экспериментальные исследования деформирования плательно-костюмных тканей поверхностной плотности $M_S = 150 - 400$ г/м² различного волокнистого состава и их соединений с термоклеевыми прокладочными материалами (ТПМ). Установлено, что при $H_3 < 3$ см кольцо практически не изгибается под действием собственного веса и находится в напряженном состоянии ("сплюснутая" проба). При $H_3 > 10$ см складка, образующаяся в верхней части кольца, отклоняется от горизонтального направления. Таким образом, при исследовании материалов данной группы и клеевых соединений из них, при прогибе кольца $H_3 = 3 \dots 10$ см происходит реализация значительных упругопластических деформаций изгиба и отсутствие запаздывающих составляющих прогиба. Данные условия измерений обеспечиваются при следующих габаритных размерах пробы: $B = 5$ см, $L = 36$ см. Для более тонких и гибких материалов необходимо уменьшение размеров пробы.

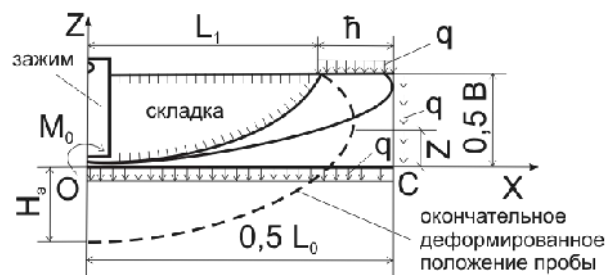


Рис. 2

Для раскрытия статической неопределенности пробы использовали каноническое уравнение метода сил [4]. На рис.2 показана расчетная схема нагружения половины элементарной пробы равномерно распределенным собственным весом интенсивности q (г/см).

В сечении симметрии, принадлежащем нижней части пробы, возникает при нагружении собственным весом лишь изгибающий момент, который можно взять в качестве лишней неизвестной $X_1 = M_0$ в каноническом уравнении метода сил:

$$\delta_{11} X_1 + \Delta_{1P} = 0. \quad (1)$$

После определения коэффициентов с помощью интегралов Мора получили:

$$\delta_{11}=(0,5L_0+0,5B+h), \quad (2)$$

где $\bar{h} = \frac{1}{2} L_0 - L_1$ – длина консоли в см.

$$\Delta_{1P}=-qL_0^3/48-qL_0^2B/16-qL_0^2h/8+qL_0h^2/4+qBh^2/4+qh^3/6, \quad (3)$$

где $q = BM_s$, M_s – поверхностная плотность материала (г/м^2).

Тогда внутренний момент:

$$M_0=-q(0,17h^3+5,75h^2+40,5h-222,75)/(11,5+h). \quad (4)$$

После решения интегралов Мора для изгиба и растяжения при указанных выше

размерах пробы получили упругий прогиб:

$$H=q\frac{1}{EJ}(0,125h^4+15,79h^3-0,97h^2+117,81h+435,2)+\frac{22,5}{EF}q, \quad (5)$$

где $J = 0,417 h^3$ – момент инерции сечения пробы, см^4 ; h – толщина текстильного полотна, см; F – площадь поперечного сечения, см^2 .

Для оценки упругодеформационных свойств элементарной пробы необходимо определить упругую и остаточную части прогиба. Условно можно полагать, что упругая часть включает в себя и быстро развивающуюся обратимую эластическую деформацию. При расчетах напряженного состояния швейных изделий, для разделения общего максимального прогиба на составляющие принято следующее допущение: процентное соотношение упругой и остаточной деформации такое же, как и

при измерении пробы на несминаемость. Согласно принятому допущению о соотношении составляющих упругой и пластической деформаций:

$$H = (1 - \sin \frac{\alpha}{2})H_3, \quad (6)$$

где α – несминаемость пробы, град, определенная согласно [6].

Пренебрегая последним слагаемым в формуле (5) ввиду его малости и приравнявая правые части выражений (5) и (6), получили формулу для расчета условного модуля продольной упругости текстильного материала E , Па:

$$E=2,5q(0,125h^4+15,79h^3-0,97h^2+117,81h+435,2)/0,417h^3(1-\sin \frac{\alpha}{2})H_3. \quad (7)$$

Адекватность выражения (7) доказана путем сравнения показателей жесткости, определенных по предлагаемому методу (EJ_1) и методом консоли (EJ_2) [1]. Результаты измерений свойств плательнокостюмных тканей (образцы $OM_1 - OM_4$) и клеевых соединений из них (образцы $KC_1 - KC_4$) представлены в табл. 1.

Условные модули продольной упругости E образцов текстильных материалов $OM_1 - OM_4$ равны 23...49 МПа, дублированных пакетов – 17...43 МПа. При этом жесткость дублированных образцов выше

жесткости исходных материалов в 1,5...3 раза. Значения показателя E текстильных материалов получены впервые, аналогичных сведений в литературных источниках не имеется. Согласно литературным данным [7] модуль продольной упругости текстильных материалов выше модуля упругости резины различных типов, который составляет 1...10 МПа, что подтверждено полученными экспериментальными значениями E . Уменьшение модуля упругости дублированных образцов по сравнению с исходными материалами обусловле-

но нарушением однородности структуры материала, использованием дублирующих

полотен низкой поверхностной плотности, точечным соединением слоев в пакете.

Т а б л и ц а 1

№ образца	Волокнистый состав	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, h, см	Модуль упругости E, МПа	Жесткость EJ ₁ , мкН·см ²	Жесткость EJ ₂ , мкН·см ²
ОМ ₁	хлопок 35%, ПЭ 65 %	97,6	0,02	49	40038,14	1769
ОМ ₂	вискоза 30%, ПЭ 70%	204,8	0,04	27	73358,64	3981
ОМ ₃	лен 45%, ПЭ 55 %	168,0	0,04	29	77567,43	3337
ОМ ₄	шерсть 45%, ПЭ 55 %	222,8	0,045	23	91079,97	6264
КС ₁	ОМ ₁ + ТПМ	164,0	0,035	43	112511,1	17385
КС ₂	ОМ ₂ + ТПМ	283,6	0,05	25	131763,8	32141
КС ₃	ОМ ₃ + ТПМ	244,0	0,055	22	153878,6	34934
КС ₄	ОМ ₄ + ТПМ	279,6	0,06	17	157899,6	36933

Показатели жесткости образцов, определенные по разработанной методике, превышают показатели, измеренные консольным методом (например, для образца ОМ₁: EJ₁ = 40038,14 мкН·см², EJ₂ = 1769 мкН·см²), что объясняется разницей значений J₁ и J₂, зависящих от габаритных размеров элементарной пробы. При этом наблюдается одинаковый характер изменения жесткости при использовании обоих методов (минимальное значение жесткости имеет образец ОМ₁, максимальное – образец КС₄ и т.д.), что подтверждает сопоставимость методик измерения.

Достоверность полученных результатов подтверждена статистической обработкой, нахождением систематической и случайной погрешностей. Отношение систематической и случайной погрешностей имеет вид $2 < \theta / S(A) < 4$ при доверительной вероятности 0,95.

ВЫВОДЫ

Предложена и обоснована методика определения условного модуля продольной упругости, используемого в расчетах напряженного состояния деталей. Новая методика обеспечивает унификацию методов исследования жесткости костюмных тканей и дублированных пакетов на их ос-

нове и создает условия для прогнозирования поведения материалов на различных участках швейного изделия.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 10550–93. Материалы текстильные. Полотна. Методы определения жесткости при изгибе.
- ГОСТ 8977–74. Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения гибкости, жесткости и упругости.
- Гетманцева В.В., Гончарова А.С., Никитина Н.В., Андреева Е.Г. Влияние показателей физико-механических свойств тканей на пространственную форму плечевого изделия // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №6. С.88...94.
- Александров А.В., Потапов А.В. Основы теории упругости и пластичности. – М.: Высшая школа, 1990.
- Патент на полезную модель №115075. Прибор для определения пространственной деформируемости текстильных материалов / Комиссаров И.И., Аль Зубейди А.Н., Кузьмичев В.Е. Опубл. 20.04.12.
- ГОСТ 19204–73. Полотна текстильные. Метод определения несминаемости.
- Кузьминский А.С., Кавун С.М., Курпичев В.П. Справочник резинщика. Материалы резинового производства. – М., 1971.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 05.02.14.