

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ТКАНЕЙ В УСЛОВИЯХ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСТЯЖЕНИЯ

Л.Н. ЛИСИЕНКОВА, О.Ю. ТАРАСОВА

(Филиал Южно-Уральского государственного университета (г.Златоуст))

Проводимые исследования состояли в отыскании адекватной математической модели накопления циклической пространственной деформации костюмных тканей при воздействии непределных нагрузок в диапазоне 0,1...4,0 даН, близких по значениям к технологическим и эксплуатационным нагрузкам.

Для аппроксимации использовали экспериментальные данные многоциклового

пространственного растяжения пяти образцов костюмных тканей; их характеристика представлена в табл. 1.

Испытания проводили разработанным методом [1] при следующих параметрах: рабочие размеры (диаметры) пробы и сферического пуансона $D/d=25...60/15...35$ мм; время нагружения/отдыха $t_w/t_o=5...10/1...10$ с; период нагружения $n=1...1000$ циклов.

Таблица 1

Образец ткани	Переплетение	Толщина, мм	Поверхностная плотность, г/м ²	Волокнистый состав, % (основа/уток)	Плотность, число нитей/10см (основа/уток)	Линейная плотность нити, текс (основа/уток)
1. Моноэластичная	Саржа 2/1	0,77	318,9	ПрПэф/ПрПэф97, НПУ3	694/244	26,6/27,5
2. Камвольная полушерстяная	Саржа 2/1	0,41	182,4	ВШрс45,ВПэф5/ВШрс42,ВПэф58	328,0/172,0	15,7x2/19,2x2
3. Биэластичная	Полотняное	0,50	209,0	ПрПэф97, НПУ3/ПрПэф93, НПУ7	196/196	40/33
4. Камвольная полушерстяная	Саржа 2/1	0,47	220,0	ВШрс67,ВПэф3/ВШрс64,ВПэф36	260/240	22,2x2/19,2x2
5. Тонкосуконная полушерстяная	Рогожка 2/2	0,95	212,5	ПрШрс67+Вис3/ПрШрс67+Вис33	156/132	60/55

Остаточную деформацию определяли после 2 мин отдыха испытуемых проб.

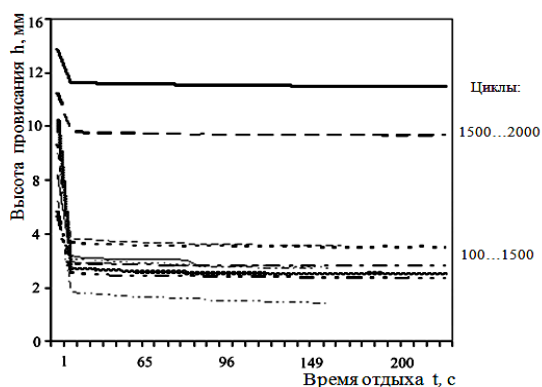


Рис. 1

В качестве примера на рис. 1 представлены эмпирические кривые изменения остаточной высоты провисания после циклов растяжения камвольной ткани (табл. 1, об-

разец 2) при рабочих размерах пробы/пуансона $D/d = 60/15$ мм.

Далее в ходе оптимизации в среде "Matsoft" для аналитического описания кинетики изменения остаточной деформации материалов в условиях многократных непределных циклических нагрузок предложено использовать функцию $f(x) = a \arctg(b x)$. Тогда кинетику изменения остаточной деформации (в долях) $\Delta \epsilon_{ост}$ можно представить в виде:

$$\Delta \epsilon_{ост}(n) = a \arctg(b n), \quad (1)$$

где n – период (циклы) растяжения; a , b – коэффициенты уравнения (параметры интенсивности процесса).

Процесс деформации вязкоупругих волокнуто-сетчатых материалов при много-

цикловых непределённых нагрузках стабилизируется, начиная с некоторого значения $n = n_0$, а функция $f(x) = a \operatorname{arctg}(b x)$ имеет асимптоту при $n \rightarrow \infty$. Функция арктангенс интегрируема и бесконечно дифференцируема, что упрощает вычислительные процессы. Таким образом, для моделирования изменения упругопластических свойств предложена к применению функция $\Delta \varepsilon_{\text{ост}}(n) = a \operatorname{arctg}(b n)$, которая при определенном подборе параметров характеризует распределение Коши. Плотность распределения Коши похожа на плотность нормального распределения, но имеет более толстые "хвосты" на ∞ , что повышает адекватность формализации физической природы изучаемого процесса [2].

В результате аппроксимации эмпирических данных найдены коэффициенты уравнения (1), описывающего накопление остаточной деформации тканей в условиях пространственного деформирования при непределённых циклических нагрузках,

представленные в табл. 2.

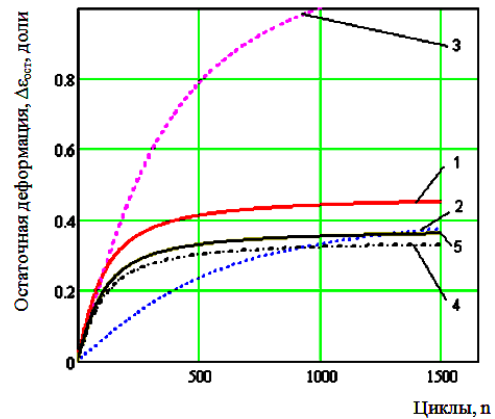


Рис. 2

На рис. 2 представлены аналитические графики кинетики изменения остаточной деформации исследуемых образцов тканей 1...5 (табл. 1) тканей в период растяжения 1...1000 циклов при нагрузке 15 Н, рабочих размерах пробы/пуансона $D/d=60/15$ мм, времени нагружения/отдыха в единичном цикле $t_H/t_0 = 10/10$ с.

Таблица 2

Образец ткани	Вид уравнения $f(x) = a \operatorname{arctg}(b x)$		Средняя относительная ошибка между расчетными и экспериментальными данными, %
	коэффициенты		
	a	b	
1. Моноэластичная	0,3	0,01	17,70
2. Камвольная полушерстяная	0,3	0,002	14,72
3. Биэластичная	0,8	0,003	23,64
4. Камвольная полушерстяная	0,22	0,01	4,67
5. Тонкосуконная	0,22	0,01	13,50

Аппроксимация экспериментальных данных, полученных при других параметрах испытания, позволила установить аналогичную закономерность изменения остаточной деформации тканей, а также установить масштабный параметр изменения численных значений коэффициентов а и b. Результаты математического моделирования показали, что параметры модели (1) для исследуемых образцов тканей определяются их волокнистым составом и физико-механическими свойствами.

Очевидно, что в уравнении (1) коэффи-

циент а зависит от упругих свойств материала: чем меньше модуль упругости при растяжении и выше эластичность материала (см. образец 8), тем выше значение а. Коэффициент b определяет динамику накопления остаточной деформации (скорость установления релаксационного равновесия) и может использоваться при прогнозировании формовочных свойств — чем больше значение b, тем лучше пластические свойства материала (см. образцы 1, 4, 5).

В Ы В О Д Ы

1. В результате анализа закономерностей изменения деформационных свойств тканей в процессе испытания на многоцикловое пространственное растяжение в области неопредельных нагрузок предложена и обоснована математическая модель взаимосвязи остаточной деформации и периода нагружения.

2. Установлены диапазоны изменения параметров математической модели с учетом физико-механических свойств материалов, что практически позволит экспрессно прогнозировать их упруго-пластические характеристики в процессах производства и эксплуатации одежды.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Заявка РФ 2007114927. Устройство для определения деформационных свойств кожи и подобных ей гибких материалов / Е.В. Баранова, Л.Н. Лисиенкова, В.И. Стельмашенко, А.В. Саламатин. – № 2007114927; заявл. 20.04.07. Решение о выдаче патента от 24.06.08.

2. *Макаров А.Г.* Разработка компьютерных технологий моделирования физико-механических свойств текстильных материалов сложного строения: Дис...докт. техн. наук. – СПб.: СПбГУТД, 2005.

Рекомендована кафедрой проектирования и технологии изделий сервиса. Поступила 02.12.09.