

УДК 677-486.2:539.11

**РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИИ ТРИКО ОДНОГРЕБЕНОЧНОЕ ОТКРЫТОЕ**

**CALCULATION OF MESH FABRIC DEFORMATION EXECUTED  
BY A SINGLE-COMB ON THE BASIS OF INTERLACING  
OF BODY STOCKINGS WITH OPEN LOOPS**

*Л.А. КУДРЯВИН, О.Ф. БЕЛЯЕВ, В.А. ЗАВАРУЕВ, О.С. КОТОВИЧ*  
*L.A.KUDRJAVIN, O.F.BELJAEV, V.A.ZAVARUEV, O.S.KOTOVICH*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)  
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin")  
E-mail: office@msta.ac.ru

*Выделен повторяющийся элемент в металлическом трико одногребеночное открытое, рассчитаны силы, действующие на этот элемент при двумерной деформации образца, и с помощью разработанной ранее программы, основанной на нелинейной теории упругости, проведены расчеты двумерной деформации образцов.*

*The repeating element in a metallic tricot single-comb opened is marked out, the forces operating on this element under two-dimensional deformation of the sample and by means of the before developed program based on the nonlinear elasticity theory are counted, calculations of two-dimensional deformation of samples are carried out.*

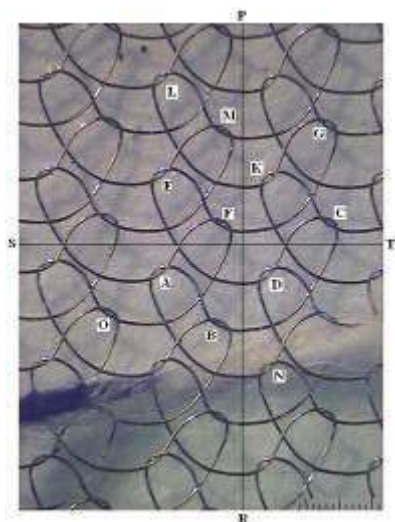
**Ключевые слова:** металлическое трико одногребеночное открытое, двумерная деформация образца, нелинейная теория упругости.

**Keywords:** a single-comb coating, a metallic tricot, two-dimensional deformation of the sample, a nonlinear theory of elasticity.

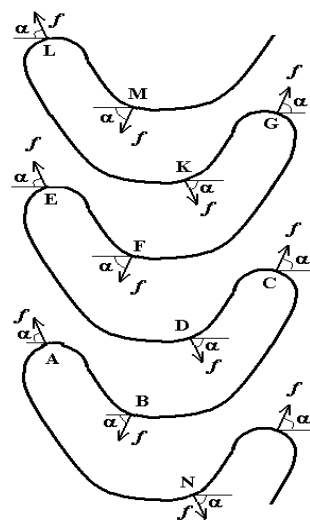
Во многих текстильных материалах в нити можно выделить повторяющийся элемент, относительная деформация которого соответствует деформации всего образца. Для расчета относительной деформации такого элемента нами была разработана компьютерная программа, описанная в двух предыдущих сообщениях, и показа-

но, как ее изменять для повторяющихся элементов различной формы. В этом и следующем сообщении будет проиллюстрировано использование этой программы для расчета двумерной деформации металлического трикотажа – трико одногребеночное открытое и трико одногребеночное закрытое. Трикотаж связан из стальной

микропроволоки диаметром 50 мкм. Деформация проводилась в двух взаимно-перпендикулярных направлениях одинаковой силой. Каждая стадия деформации образца сопровождалась микросъемкой. Анализ микрофотографий показал, что точки контакта между элементами структуры практически не перемещаются по микропроволоке при деформации образца,



а)



б)

Рис. 1

На рис. 1-а приведена микрофотография металлического трикотажа трико открытое одностороннее. Как видно, этот трикотаж, как и многие другие виды трикотажа, состоит из повторяющихся элементов петель. Так, например, элемент EFG и аналогичные ему элементы повторяют элемент ABC. Элемент CDE и аналогичные ему являются зеркальным отражением элемента ABC.

Поэтому при теоретическом рассмотрении деформации такого трикотажа достаточно рассмотреть деформацию одного из вышеупомянутых элементов. Его относительная деформация по вертикали и по горизонтали и будет определять деформацию образца в этих направлениях.

При деформации образца на столбик ABCDEFGKL со стороны соседних столбиков в точках A, B, C, D, E, F, G, K, L и т.д.

а следовательно, не перемещаются и точки приложения сил. Это одно из основных требований программы. При расчетах мы полагали, что элементы петли в металлическом трикотаже пластически деформированы и форма этой петли соответствует ее форме в недеформированном трикотаже (первое сообщение).

по условиям симметрии действуют одинаковые силы  $f$ , составляющие одинаковые углы  $\alpha$  с горизонталью. На рис. 1-б отдельно изображен этот столбик и показаны силы  $f$ , действующие на него в разных точках. В точках A, C, E, G, L и аналогичных им точках действие силы  $f$  распределяется на две ветви, например, в точке A – на ветви AB и AN, в точке C – на ветви CD и CB, в точке E – на ветви EF и ED, в точке G – на ветви GK и GF, в точке L – на ветви LM и LK. Обозначим силу, действующую на ветви AB, CD, EF, GK, LM, через  $f_1$ , а на ветви AN, CB, ED, GF, LK – через  $f_2$ . На рис. 2-а приведено изображение повторяющегося элемента EFG и показаны силы, действующие на него. Такие же силы действуют и на другие аналогичные элементы.

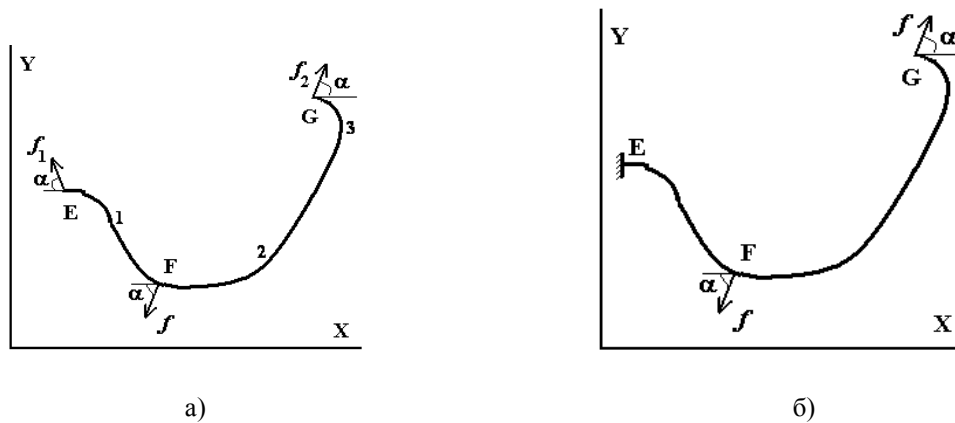


Рис. 2

Выразим силы  $f_1$  и  $f_2$  через силу  $f$ . По условию равновесия элемента EFG векторная сумма всех сил, действующих на него, должна равняться нулю, то есть  $f_1 + f_2 + f = 0$ . В проекции на оси X и Y будем иметь:

$$\begin{aligned} -f_1 \cos \alpha - f \cos \alpha + f_2 \cos \alpha &= 0, \\ f_1 \sin \alpha - f \sin \alpha + f_2 \sin \alpha &= 0. \end{aligned}$$

Сокращая первое уравнение на  $\cos \alpha$ , а второе – на  $\sin \alpha$ , получим

$$f = f_2 - f_1, \quad f = f_2 + f_1.$$

Решая эту систему уравнений, будем иметь  $f_2 = f$ ,  $f_1 = 0$  (рис. 2-б), то есть на элементе EFG участок EF не нагружен, нагружен только участок FG. Аналогично не нагружены участки AB, CD, GK, LM. Силой  $f$  помимо участка FG нагружены участки AN, CB, ED, LK.

Найдем величину силы  $f$ . Для этого мысленно рассежем образец двумя взаимно перпендикулярными линиями – по вертикали PR и по горизонтали ST (рис. 1-а). Видим, что линия PR пересекает в каждом ряду два аналогичных участка микропроволоки (например, участки AN и CB – рис. 1-а). Поэтому нагрузка по горизонтали на одну микропроволоку будет определяться формулой:  $f_r = F_r / (2N_p)$ . Здесь  $F_r$  – сила, приложенная к образцу в горизонтальном направлении,  $N_p$  – число рядов в образце.

Линия ST в каждом столбике пересекает три микропроволоки, например, AF, FO и ED. Участок AF согласно предыдущему

не нагружен, а участки FO и ED нагружены одинаковыми силами. Следовательно, на один столбик приходится две нагруженные микропроволоки. Нагрузка на одну микропроволоку по вертикали  $f_b = F_b / (2N_c)$ , где  $F_b$  – сила, приложенная к образцу в вертикальном направлении,  $N_c$  – число столбиков в образце. Общая сила  $f$ , действующая на микропроволоку на участках, аналогичных FO и ED (например, на участке GF), и угол  $\alpha$ , составляемый этой силой с осью X, определяются из уравнений:

$$f = \sqrt{f_r^2 + f_b^2}, \quad \sin \alpha = f_b / f.$$

Далее расчет осуществляется следующим образом.

Повторяющийся элемент EFG (рис.2-а) состоит из трех окружностей радиусами  $R_{10} < 0$  (участок E-1),  $R_{20} > 0$  (участок 1-F),  $R_{30} > 0$  (участок F-2), прямой линии длиной  $L_p$  (участок 2-3) и четвертой окружности радиусом  $R_{50} > 0$  (участок 3-G), то есть участок EF сам состоит из 2 участков, а участок FG – из трех. Угол раскрытия первой окружности –  $\varphi_1$ , второй –  $\varphi_2$ , третьей –  $\varphi_3$ , четвертой –  $\varphi_5$ . Все углы измеряются в радианах. Первая окружность имеет длину  $L_1 = \varphi_1 * \text{abs}(R_{10})$ , вторая  $L_2 = \varphi_2 * \text{abs}(R_{20})$ , третья  $L_3 = \varphi_3 * \text{abs}(R_{30})$ , прямая линия – длину  $L_4 = L_p$ , четвертая окружность – длину  $L_5 = \varphi_5 * \text{abs}(R_{50})$ . Общая длина рассматриваемого элемента EFG микропроволоки  $L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5$ . Жесткость микропроволоки на изгиб  $H$ , угол между касатель-

ной к микропроволоке в данной точке и осью X -  $\theta$  (рад).

Затем по программе, аналогичной программе, описанной в двух предыдущих сообщениях, производится построение формы повторяющегося элемента до и после деформации образца. Отличие от данной программы состоит в основном в том, что повторяющийся элемент состоит не из двух, а из пяти участков.

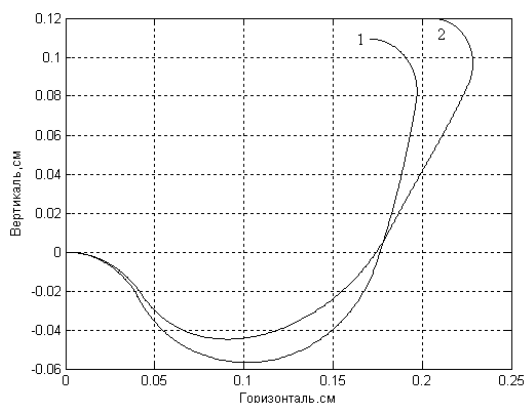


Рис. 3

На рис.3 приведена форма элемента EFG в ненагруженном (кривая 1) и в нагруженном (кривая 2) состояниях образца. Ось X на данном рисунке направлена по горизонтали, ось Y – по вертикали.

Затем программа определяет координаты конечной точки элемента EFG до деформации ( $X_0, Y_0$ ) и после деформации ( $X_k, Y_k$ ) и рассчитывает относительную его деформацию (в процентах) по вертикали  $\epsilon_v = (Y_k - Y_0) \cdot 100 / Y_0$  и по горизонтали  $\epsilon_r = (X_k - X_0) \cdot 100 / X_0$ . Эта относительная деформация является также относительной деформацией образца. Результаты расчетов представлены на рис.4 (сплошные линии).

На этом же рисунке представлены также экспериментальные данные (точки). Можно видеть, что между экспериментом и теорией имеется сравнительно неплохое согласие. Расхождение может быть вызвано тем, что форма и размеры элемента EFG в недеформированном состоянии получены из микрофотографии образца, но в раз-

ных местах образца они имеют несколько отличающиеся форму и размеры.

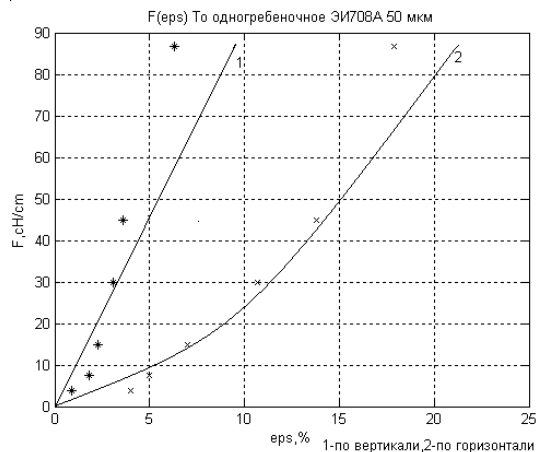


Рис. 3

Применение теории в данном случае позволяет по рассчитанным значениям сил, действующих на повторяющийся элемент, рассчитать деформацию образца. Неплохое согласие с экспериментом подтверждает правильность программы и правильность расчета сил, действующих на повторяющийся элемент.

Расчеты проводились с помощью математического пакета MATLAB 2007 (лицензия 360533).

## ВЫВОДЫ

Выделен повторяющийся элемент в металлическом трико одноребеночное открытое, рассчитаны силы, действующие на этот элемент при двумерной деформации образца, и, используя разработанную ранее программу, основанную на нелинейной теории упругости, проведены расчеты двумерной деформации образцов. Сравнение расчетных и экспериментальных результатов показало их хорошее соответствие.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 09.10.10.