

УДК 677-486.2:539.11

**РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИИ  
ТРИКО ОДНОГРЕБЕНОЧНОЕ ЗАКРЫТОЕ**

**CALCULATION OF DEFORMATION  
OF A CLOSED SINGLE-GUIDE TRICOT CLOSED**

*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.ru

*Экспериментальное исследование двумерной деформации металлического одногребеночного трико с закрытыми петлями показало, что этот образец нестабилен по отношению к деформации. При практически одинаковых условиях деформации в нем преобладает то деформация по вертикали, то по горизонтали.*

*The experimental research of two-dimensional deformation of metallic single-guide tricot with the closed loops has shown that this sample is not stable in relation to deformation. Under almost identical deformation conditions vertical deformation prevails on across deformation in it or vice versa.*

**Ключевые слова:** двумерная деформация, металлическое одногребеночное трико с закрытыми петлями, теоретические расчеты, нестабильность структуры, математический пакет MATLAB.

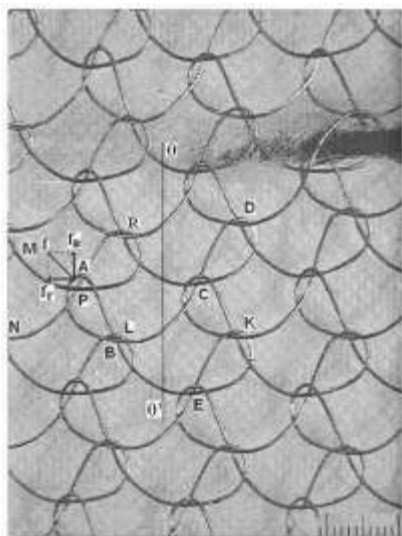
**Keywords:** two-dimensional deformation, metallic single-guide tricot with the closed loops, theoretical calculations, instability of structure, MATLAB mathematical package.

Ранее было описано использование разработанной нами программы для расчета двумерной деформации металлического трикотажа – трико одногребеночное открытое. В этом сообщении опишем использование этой программы для расчета двумерной деформации трико одногребеночного закрытого. Как и в предыдущем случае, рассматриваемый трикотаж был связан из стальной микропроволоки диаметром 50 мкм. Деформация проводилась в двух взаимно-перпендикулярных направлениях одинаковой силой. Эксперимент показал, что при практически одинаковых

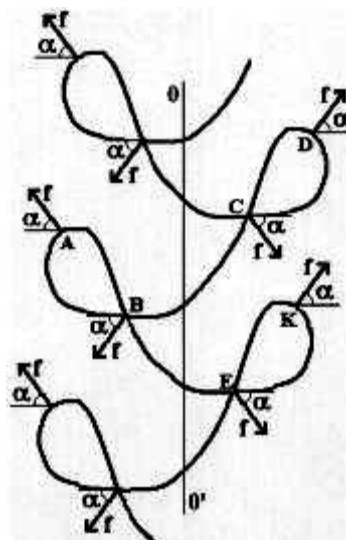
ночное закрытое. Как и в предыдущем случае, рассматриваемый трикотаж был связан из стальной микропроволоки диаметром 50 мкм. Деформация проводилась в двух взаимно-перпендикулярных направлениях одинаковой силой. Эксперимент показал, что при практически одинаковых

условиях деформации может преобладать как деформация по вертикали (рис. 3-г),

так и деформация по горизонтали (рис. 4), то есть эта структура нестабильна.



а)



б)

Рис. 1

На рис. 1-а представлена микрофотография двумерно деформированного одногребеночного сетеполотна трико закрытое, а на рис. 1-б – схематическое изображение одного из столбиков.

Как и в предыдущем случае, из-за условий симметрии все силы  $f$ , действующие на столбик, одинаковы по величине и составляют одинаковый угол  $\alpha$  с горизонталью. При этом в точке А величина силы  $f$  распределяется между двумя ветвями – ветвью ABCD и ветвью ABEK. Эти ветви

одинаковы и представляют собой зеркальное отражение друг друга относительно вертикали и немного сдвинутые по вертикали. Это имеет место и для других аналогичных участков. Эти ветви и являются повторяющимся элементом. Для расчета деформации сетеполотна достаточно рассчитать деформацию одного из повторяющихся элементов, например, элемента ABCD, схематически изображенного на рис. 2-а.

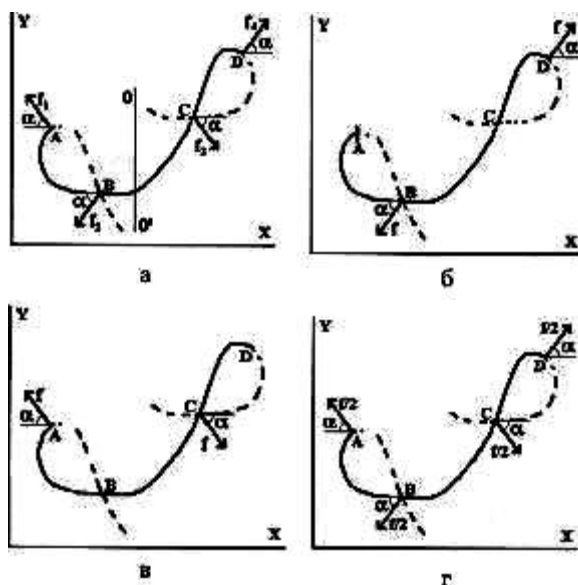


Рис. 2

Исходя из условия равновесия векторная сумма всех сил, действующих на него, должна равняться нулю, то есть:

$$f_1 + f_2 + f_3 + f_4 = 0.$$

При проекции этого векторного равенства на оси X и Y получим:

$$-f_1 \cos \alpha - f_2 \cos \alpha + f_3 \cos \alpha + f_4 \cos \alpha = 0 \text{ (проекция на ось X),}$$

$$f_1 \sin \alpha - f_2 \sin \alpha - f_3 \sin \alpha + f_4 \sin \alpha - f_1 \sin \alpha = 0 \text{ (проекция на ось Y).}$$

Сокращая первое равенство на  $\cos \alpha$ , а второе – на  $\sin \alpha$ , будем иметь:

$$f_1 + f_2 = f_3 + f_4$$

и

$$f_1 - f_2 = f_3 - f_4.$$

В этой системе из двух уравнений четыре неизвестных. Решая совместно эти два уравнения, придем к следующим выводам:

$$f_1 = f_3, \quad f_2 = f_4.$$

При этом величины  $f_1, f_2, f_3, f_4$  неизвестны и определить их значения из условий равновесия не представляется возможным, но каждая из них может меняться в пределах от 0 до  $f$ . Поэтому при расчетах

рассмотрим вначале три варианта, удовлетворяющие условиям равновесия. Первые два варианта – два крайних случая, третий – промежуточный случай.

1.  $f_1 = f_3 = 0, f_2 = f_4 = f$  (рис. 2-б),
2.  $f_2 = f_4 = 0, f_1 = f_3 = f$  (рис. 2-в),
3.  $f_1 = f_3 = f_2 = f_4 = f/2$  (рис. 2-г).

Далее определим величину силы  $f$ . Для этого мысленно рассежем образец вертикальной прямой  $00'$  (рис. 1-а,б, рис. 2-а). Из рис. 1-а,б видно, что на один ряд приходятся две одинаковые протяжки (например, BC и BE). Поскольку они одинаковы, на каждую протяжку по горизонтали приходится одинаковая сила  $f_r$ . Аналогично случаю, описанному в предыдущем сообщении, она находится по формуле  $f_r = F_r / (2N_p)$ . Здесь  $F_r$  – сила, приложенная к образцу в горизонтальном направлении,  $N_p$  – число рядов в образце.

Из рис. 2-а можно видеть, что если рассечь протяжку BC прямой  $00'$  и отбросить левую часть протяжки, то для того, чтобы протяжка осталась в равновесии, левая часть должна быть заменена действием двух сил – силы  $f_r = f_1 \cos \alpha + f_2 \cos \alpha = (f_1 + f_2) \cos \alpha = f \cos \alpha$  и силы  $f_b = (f_1 - f_2) \sin \alpha$ . Если знать угол  $\alpha$ , то из первого уравнения можно определить силу  $f = f_r / \cos \alpha$ . Угол  $\alpha$  мы определили по микрофотографиям равным примерно  $45^\circ$ .

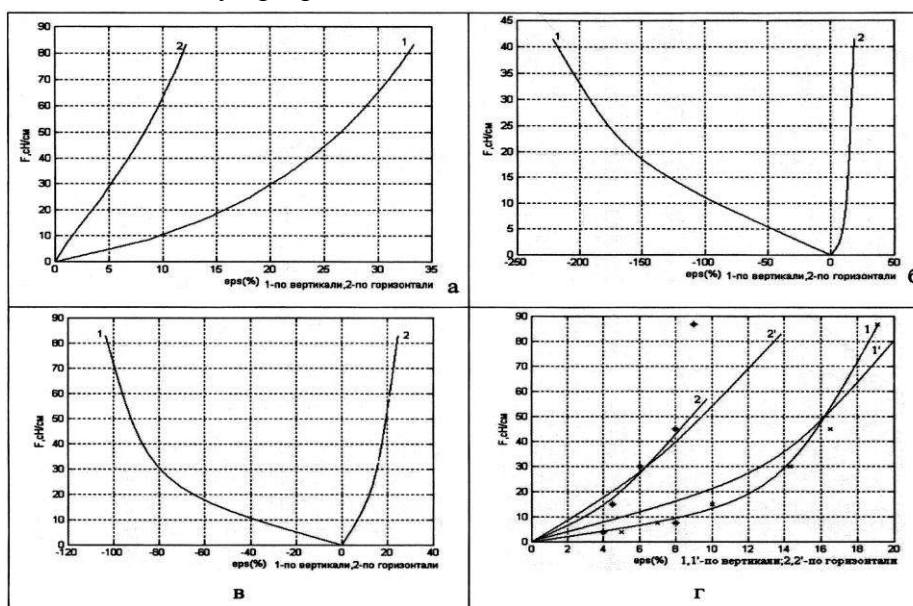


Рис. 3

Затем, как и в предыдущем сообщении, повторяющийся элемент ABCD разбиваем на несколько участков, составляем граничные условия для соседних участков, подставляем все это в программу, аналогичную описанной в сообщениях 1 и 2, и получаем результаты, представленные на рис. 3. Рис. 3-а соответствует рис. 2-б, рис. 3-б – рис. 2-в, рис. 3-в – рис. 2-г.

На рис. 3-г представлены: 1, 2 – эксперимент; 1', 2' – теория.

Согласно экспериментальным данным образец при симметричной двумерной деформации растягивается как по вертикали, так и по горизонтали. Согласно же расчетам из трех рассмотренных случаев образец растягивается по горизонтали и по вертикали только в случае, соответствующем рис. 2-б, причем растяжение как по вертикали, так и по горизонтали значительно больше экспериментально определенного. В остальных двух случаях он растягивается по горизонтали и сжимается по вертикали. Очевидно, ни один из рассмотренных трех случаев не подходит, а подходит более общий случай, соответствующий рис. 2-а. Только при этом согласно приведенным выше расчетам следует учитывать, что  $f_1 = f_3$ ,  $f_2 = f_4$ ,  $f_1 + f_2 = f$ . Проводились расчеты с разными значениями силы  $f_1$  и силы  $f_2 = f - f_1$ . На рис. 3-г представлены результаты расчета при  $f_1 = 0,05f$ , а на рис. 4 – при  $f_1 = 0,11f$ . Там же представлены экспериментальные данные. Рис. 4: 1, 2 – эксперимент; 1', 2' – теория.

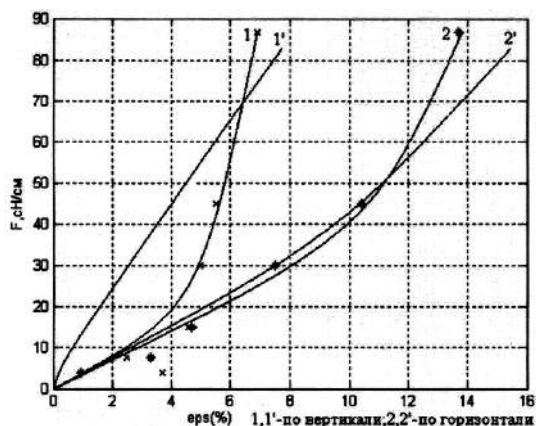


Рис. 4

Анализируя рис. 3-г и рис. 4, можно видеть, что теоретические расчеты сравнительно неплохо совпадают с экспериментальными результатами. Расчеты подтверждают, что трико закрытое одногребеночное является нестабильной структурой по отношению к деформации. У нее в зависимости от величины силы  $f_1$  может преобладать как деформация по вертикали (рис. 3-г), так и деформация по горизонтали (рис. 4). Разница в долях силы  $f_1$  от силы  $f$  в этих двух случаях составляет всего примерно 6%. К такой небольшой разнице могут привести, например, условия нагружения образца (одновременно ли подается нагрузка в обоих направлениях, или вначале в одном направлении, а затем в другом), могут к этому привести и силы трения между элементами структуры.

В данном случае использование теории позволяет по экспериментальным данным определить значение и величину сил, приложенных в разных точках повторяющегося элемента, и теоретически подтвердить нестабильность структуры.

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

## ВЫВОДЫ

Экспериментальное исследование двумерной деформации металлического одногребеночного трико с закрытыми петлями показало, что этот образец нестабилен по отношению к деформации. При практически одинаковых условиях деформации в нем преобладает то деформация по вертикали, то по горизонтали. Теоретические расчеты с использованием разработанной нами программы позволили определить силы, действующие на повторяющийся элемент в этой структуре, приводящие к тому или иному экспериментальному результату. При этом было обнаружено, что разница в силах невелика, что и объясняет появление нестабильности структуры.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 09.10.11.