

УДК 677-486.2:539.11

**РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИИ КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА  
ПРИ ДВУМЕРНОЙ СИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ  
С ПОМОЩЬЮ НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ**

**CALCULATION OF DEFORMATION OF METAL JERSEY  
UNDER TWO-DIMENSIONAL SYMMETRIC LOADING  
WITH THE HELP OF NONLINEAR THEORY OF ELASTICITY**

*Л.А. КУДРЯВИН, О.Ф. БЕЛЯЕВ, Н.В. ЗАВАРУЕВ*  
*L.A. KUDRYAVIN, O.F. BELYAEV, N.B. ZAVARUYEV*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)  
(Moscow State University of Design and Technology)

E-mail: vlzavaruev@yandex.ru

*В работе описано использование компьютерной программы, разработанной нами ранее, для расчета двумерной деформации металлического кулирного трикотажа переплетения гладь. Наблюдается хорошее соответствие между экспериментальными результатами и теоретическими расчетами.*

*The paper describes the use of computer program, developed earlier for calculation two-dimensional deformation of metallic jersey of satin-stitch weave. There is a sufficient correspondence between experimental results and theoretical calculations.*

**Ключевые слова:** металлический трикотаж, двухосное нагружение, нелинейная теория упругости.

**Keywords:** metallic jersey, biaxial loading, nonlinear theory of elasticity.

В статьях [1], [2] была описана разработанная нами программа для расчета двумерной деформации металлического трикотажа, а в статьях [3], [4] – использование этой программы для расчета деформации трико одnogребеночное открытое и трико одnogребеночное закрытое. В настоящей статье мы опишем результаты ис-

пользования разработанной программы для расчета двумерной деформации металлического кулирного трикотажа переплетения гладь, изготовленного из стальной микропроволоки Ø50 мкм в 2 сложения (сдвоенной микропроволоки). Образец имел форму квадрата. Деформация образ-

ца проводилась в двух взаимно перпендикулярных направлениях (по вертикали и по горизонтали) одинаковой силой. Такую нагрузку будем называть далее симметричной. Каждая стадия деформации сопровождалась микросъемкой. Анализ микрофотографий показал, что точки контакта между элементами структуры при симметричной нагрузке практически не перемещаются по микропроволоке, следовательно, не перемещаются и точки приложения сил. Это одно из основных требований программы. При расчетах, как и ранее [1...4], мы полагали, что элементы петли в недеформированном металлическом трикотаже уже пластически деформированы и форма петли, освобожденной от взаимодействия с другими петлями, соответствует ее форме в недеформированном трикотаже. Исследуемый трикотаж, как и в предыдущих работах, представляли в виде совокупности одинаковых так называемых повторяющихся элементов. Их относительная деформация соответствует относительной деформации всего образца. Повторяющиеся элементы нерастянутого трикотажа аппроксимировали сочетанием частей окружностей различного радиуса и отрезков прямых линий. Рассчитав относительную деформацию повторяющегося элемента, получали относительную деформацию всего образца.

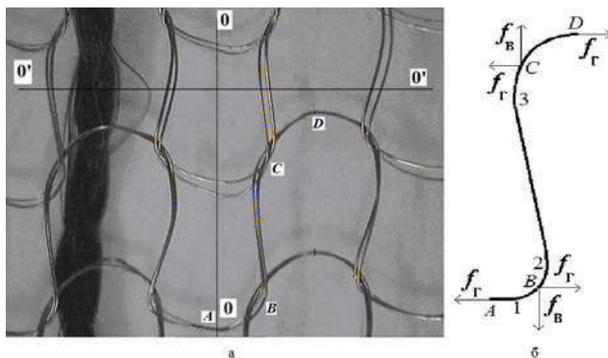


Рис. 1

На рис. 1-а приведена микрофотография этого металлического трикотажа в недеформированном состоянии и схематическое изображение формы повторяющегося элемента (рис. 1-б) с указанием сил, дейст-

вующих на него со стороны других элементов.

На повторяющийся элемент в точках А, В, С, D действуют одинаковые по величине горизонтально направленные силы  $f_r$ , а в точках В и С – одинаковые по величине вертикально направленные силы  $f_b$ .

Найдем величину этих сил. Для этого мысленно рассежем образец двумя взаимно перпендикулярными линиями – по вертикали 00 и по горизонтали 0'0' (рис. 1-а). Видим, что линии 00 и 0'0' пересекают в каждом столбце и в каждом ряду по одному участку сдвоенной микропроволоки. Поэтому нагрузка по горизонтали на одну сдвоенную микропроволоку будет определяться формулой:  $f_r = F_r / N_p$ , а нагрузка по вертикали – формулой  $f_b = F_b / N_c$ . Здесь  $F_r$  и  $F_b$  – силы, приложенные к образцу в горизонтальном и вертикальном направлениях,  $N_p$ ,  $N_c$  – число рядов и столбиков в образце.

Далее расчет осуществляли следующим образом.

Анализ микрофотографий недеформированных образцов показал, что повторяющийся элемент ABCD (рис. 1-б) можно представить состоящим из двух отрезков прямых линий (участок А-1 длиной  $L_1$ , участок 2-3 длиной  $L_4$ ) и двух окружностей радиусами  $R_{10}$  (участок 1-2) и  $R_{20}$  (участок 3-D). Точка В делит окружность радиуса  $R_{10}$  на две части с углами охвата  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ . Первая часть имеет длину  $L_2 = R_{10} \cdot \varphi_1$ , а вторая часть – длину  $L_3 = R_{10} \cdot \varphi_2$ . Вторая окружность делится точкой С также на две части с углами охвата  $\varphi_3$  и  $\varphi_4$ . Их длины соответственно равны  $L_5 = R_{20} \cdot \varphi_3$  и  $L_6 = R_{20} \cdot \varphi_4$ .

Общая длина рассматриваемого повторяющегося участка сдвоенной микропроволоки  $L = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L_5 + L_6$ . Жесткость сдвоенной микропроволоки на изгиб  $H$ , угол между касательной к микропроволоке в данной точке и осью X –  $\theta$  (рад). Далее записываются операторы, аналогичные описанным в работе [2], только с учетом того, что участков не 2, а 6, и производится расчет.

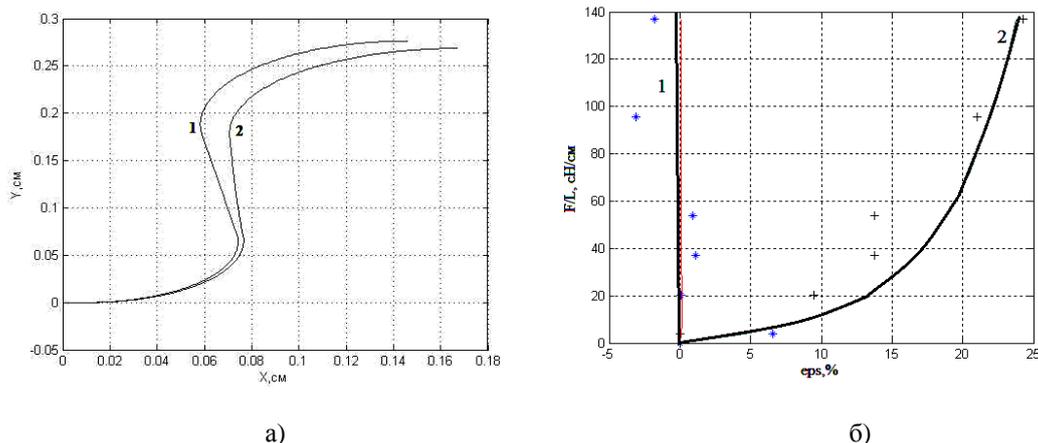


Рис. 2

На рис. 2-а приведены формы повторяющегося элемента ABCD в ненагруженном (кривая 1) и в нагруженном (кривая 2) состояниях, построенные программой, а также показана связь между нагрузкой образца в расчете на единицу его длины или ширины и его относительной деформацией (рис. 2-б) при двумерной симметричной нагрузке; 1 – деформация по вертикали, 2 – деформация по горизонтали. Ось X на данном рисунке направлена по горизонтали, ось Y – по вертикали образца. Форма элемента ABCD в ненагруженном состоянии строится этой же программой при задании всех сил равными нулю.

Затем программа определяет координаты точки D по оси X до деформации ( $X_0$ ) и после деформации (X), координаты точек B и C по оси Y также до ( $Y_{B0}$ ,  $Y_{C0}$ ) и после деформации ( $Y_B$ ,  $Y_C$ ). Учитывая, что точка A находится в начале координат, разность  $(X - X_0)$  дает изменение размера повторяющегося элемента ABCD по горизонтали, а отношение  $(X - X_0) \cdot 100 / X_0$  – относительную деформацию этого элемента и образца – по горизонтали (в процентах).

Удлинение отрезка BC по вертикали определяется величиной  $[(Y_C - Y_B) - (Y_{C0} - Y_{B0})]$ , а отношение  $[(Y_C - Y_B) - (Y_{C0} - Y_{B0})] \cdot 100 / (Y_{C0} - Y_{B0})$  – относительную деформацию в процентах этого отрезка и образца по вертикали.

Результаты расчетов представлены на рис.2-б (сплошные линии). На этом же рисунке представлены также экспериментальные данные (точки). Можно видеть,

что между экспериментом и теорией сравнительно неплохое согласие. Расхождение может быть вызвано тем, что хотя форма и размеры элемента ABCD в недеформированном состоянии получены из микрофотографий образцов, но в разных местах одного и того же образца они имеют несколько отличающиеся форму и размеры.

Применение теории в данном случае позволяет по рассчитанным значениям сил, действующих на повторяющийся элемент, рассчитать деформацию всего образца.

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

## ВЫВОДЫ

По ранее разработанной компьютерной программе проведен расчет относительного удлинения по вертикали и по горизонтали металлического кулирного трикотажа переплетения гладь при его двумерной деформации. Результаты теоретического расчета сравнивались с результатами эксперимента. Между экспериментальными и расчетными данными наблюдается хорошее согласие, что указывает на правильность допущений, положенных в основу разработки программы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Применение нелинейной теории упругости к расчету двумерной деформации трикота-

жа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, №8, С.69...72.

2. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Расчет двумерной деформации трикотажа // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №1. С.80...83.

3. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Расчет деформации трико одноребеночное открытое // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №2. С.57...60.

4. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Расчет деформации трико одноребеночное закрытое // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №3. С. 75...78.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 19.09.13.