

Рисунок 1 – Структурная схема комплексного использования вторичных ресурсов

Список использованных источников

1. Основи фундаментальних досліджень комплексної переробки лубяних культур. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Чурсіна Л.А., Клевцов К.М., Калінський Є.О.-Херсон: ВКФ „Стар” ЛТД, 2009-172с.
2. Чувин А.И. Об использовании специфических свойств льна при его переработке // Актуальные переработки льна в современных условиях: Материалы Международной научно-технической конференции (7-8 октября 2004 г.). – Кострома: КГТУ, 2004. – 7 с.
3. Соболев М.А. Химия льна и лубоволокнистых материалов. – М.: Гизлеспром, 1963. – 120 с.
4. Фоменко Н.В., Струков А.В. Индустриальная технология производства льносырья. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 101 с.

УДК 677-486.2:539.11

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ МЕТАЛЛОТРИКОТАЖА НА ЕГО ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

*Кудрявин Л.А., проф., Беляев О.Ф., проф., Заваруев В.А., проф.*

*МГУДТ, г. Москва, Российская Федерация*

Трикотаж из микропроволок (металлотрикотаж) широко используется в качестве отражающей поверхности (ОП) трансформируемых космических антенн. Одни из наиболее важных свойств ОП – размеры ячеек в ней и ее жесткость при двумерном растяжении. Чем они меньше, тем лучше. Однако уменьшение размера ячеек приводит к увеличению жесткости ОП при ее растяжении. Для подбора оптимального соотношения между размером ячеек и жесткостью ОП при растяжении желательно иметь аналитическую зависимость между ними, которая в настоящее время отсутствует. Мы установили такую зависимость, разработав компьютерную программу по расчету двумерной деформации металлотрикотажа [1-2]. Программа основана на нелинейной теории упругости тонких стержней и на следующих допущениях.

Как показал анализ микрофотографий металлического трикотажа, например (рисунок 1а), элементы петель нерастянутого трикотажа можно аппроксимировать сочетанием частей окружностей различного радиуса и отрезками прямых линий. Такая модель наиболее универсальна, так как описывает любую форму рассматриваемого элемента. На рисунке 1б приведена микрофотография микропроволоки, выделенной (препарированной) из сетеполотна, микрофотография которого при том же увеличении показана на рисунке 1а. Сравнение микрофотографий 1а и 1б показывает, что форма и размер петель мало меняются при освобождении микропроволоки от взаимодействия с другими микропроволоками. Это указывает на то, что микропроволока в металлическом трикотаже после его изготовления пластически деформирована. То же самое имеет место и в других металлических сетеполотнах. Поэтому при расчетах мы полагали, что элементы

петли в металлическом трикотаже пластически деформированы и форма этой петли соответствует ее форме в недеформированном трикотаже. Аналогичное явление может иметь место и в неметаллическом трикотаже из упруго – пластических нитей и выводы, сделанные ниже, могут быть применены также и для такого неметаллического трикотажа.

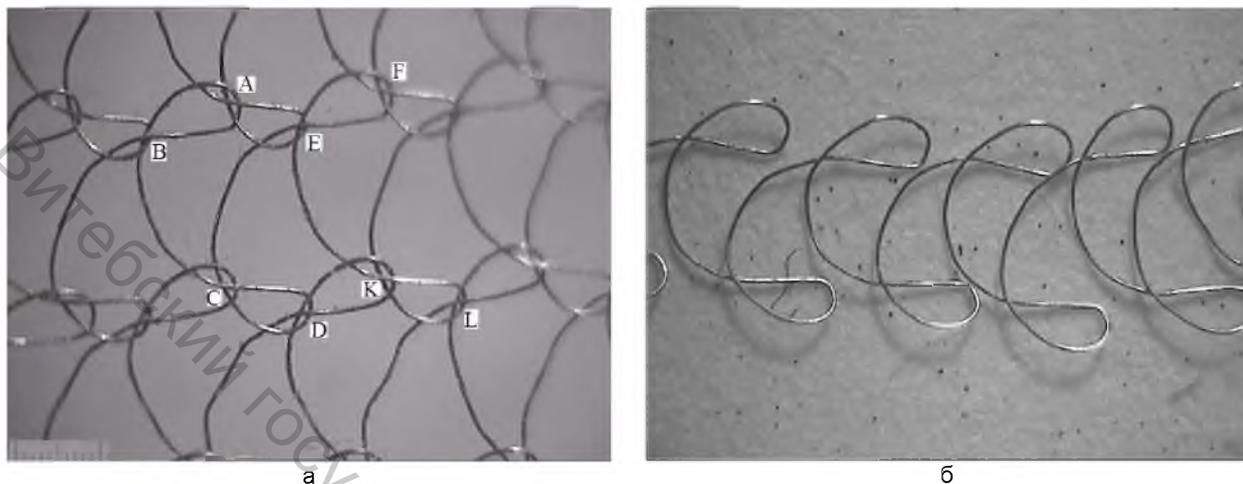


Рисунок 1 – Трико закрытое одноребеночное (сталь ЭИ708А Ø50 мкм):  
а) взаимодействие элементов петельной структуры;  
б) выделенный петельный столбик

В любом трикотаже можно найти повторяющийся элемент. Например, на рисунке 1а таким повторяющимся элементом будет элемент ABCD. Его аналогами будут элементы DCEF, EFKL и т.д. Деформация повторяющегося элемента и будет определять деформацию трикотажа.

При разработке программы полагали, что на рассматриваемый повторяющийся элемент не действуют распределенные, а действуют только сосредоточенные силы. Далее предположили, что точки приложения сил к повторяющемуся элементу при растяжении образца практически не перемещаются вдоль элемента. Как показали наши исследования [3-5], при двумерной деформации это справедливо, если образец растягивается в двух взаимно - перпендикулярных направлениях (по вертикали и по горизонтали) примерно одинаковыми удельными силами (силами, приходящимися на единицу размера образца). Для краткости будем называть в дальнейшем такие нагрузки симметричными. Если удельные силы существенно различаются по вертикали и по горизонтали, такие нагрузки будем называть несимметричными. Так как при растяжении образцов трикотажа микропровода и нити растягиваются мало, полагали, что деформация трикотажа осуществляется, в основном, за счет их изгиба.

Рассмотрим один из повторяющихся элементов в нерастянутом образце. Разделим его на несколько участков так, чтобы рассматриваемый участок имел во всех точках одну и ту же кривизну и чтобы сосредоточенные силы  $f_0$  и  $f_1$  и внешние изгибающие моменты  $M_0$ ,  $M_1$  были приложены только по концам 0 и 1 (рисунок 2) рассматриваемого участка (они взяты с учетом действия отрезанных частей нити на участок 0-1). Поскольку на участке 0-1 отсутствуют распределенные силы, то из условия равновесия участка имеем  $f_0 + f_1 = 0$  или  $f_0 = -f_1$ .

Введем угол  $\delta$ , отсчитываемый против часовой стрелки от направления силы  $f_0$  к оси X (или по часовой стрелке от оси X к направлению силы  $f_0$ ). Начальную кривизну нити будем считать переменной по длине  $s$  повторяющегося элемента, но постоянной в пределах одного участка ( $s$  – это расстояние по нити от начальной точки повторяющегося элемента до рассматриваемой точки С).

Для каждого участка повторяющегося элемента можно записать [1]:

$$d^2\theta/ds^2 = -(f/H) \sin(\theta + \delta). \quad (1)$$

Здесь  $\theta$  – угол наклона касательной в произвольной точке С нити к оси OX в деформированном состоянии участка,  $f$  – величина силы, действующей на концы этого участка,  $H$  – жесткость нити при изгибе.

Применяя это уравнение ко всем участкам повторяющегося элемента, записывая условия стыковки между участками и граничные условия для повторяющегося элемента, рассчитывали относительную деформацию этого элемента по вертикали и по горизонтали. Она соответствует относительной деформации всего образца. Расчеты по программе хорошо согласуются с экспериментальными данными, что подтверждает правильность использованных допущений [3-5].

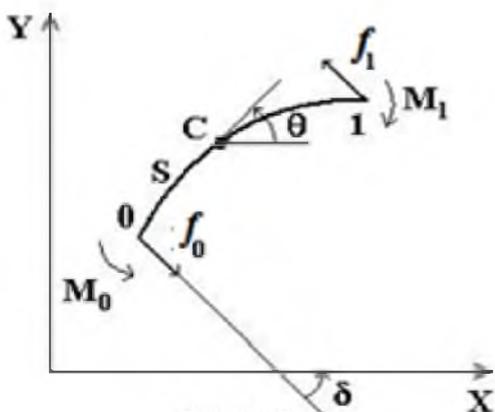


Рисунок 2

Для упрощения дальнейшего рассмотрения перейдем от  $s$  к безразмерной переменной  $\tau$ . Выбираем ее так, чтобы на каждом участке она менялась в пределах от 0 до 1. После небольших преобразований уравнение (1) для произвольного  $i$ -го участка повторяющегося элемента будет иметь вид:

$$d^2\theta/d\tau^2 = -A_i \sin(\theta + \delta_i), \quad (2)$$

где  $A_i = f_i L_i^2 / H$ ,  $i$  – номер участка,  $f_i$  – сила, действующая на этот участок,  $L_i$  – его длина.

Пусть теперь мы имеем два образца, состоящих из одинаковых по форме, но разных по размеру повторяющихся элементов, причем эти элементы изготовлены из нитей с разной жесткостью. Подействуем на каждый из образцов разными симметричными нагрузками. Можно показать, что два любых аналогичных участка в них будут иметь одно и то же относительное удлинение, если для них выполняется условие:

$$A_{1i} = A_{2i} \text{ или } f_{1i} L_{1i}^2 / H_{1i} = f_{2i} L_{2i}^2 / H_{2i} \quad (3)$$

Одинаковое и такое же относительное удлинение будут иметь повторяющиеся элементы в этих образцах и сами эти образцы.

В уравнении (3) подстрочные индексы 1 и 2 означают номера образцов, а  $i$  – номер аналогичных участков в этих образцах.

Пусть второй образец изготовлен, например, из  $n_{ж}$  раз более жесткой на изгиб нити, имеющей те же по форме петли, что и первый образец, но меньшие по размеру в  $n_{я}$  раз. Чтобы он имел то же самое относительное удлинение, что и первый образец, удельная сила  $F_2$ , действующая на каждую его сторону, и удельная сила  $F_1$ , действующая на каждую сторону первого образца, должны быть связаны соотношением:

$$F_2 = F_1 n_{я}^3 n_{ж} \quad (4)$$

Эту формулу можно применять также и в случае несимметричной нагрузки, если при этом формы повторяющихся элементов в образцах одинаковы, точки приложения сил при деформации не перемещаются по нити и отношение удельных сил, действующих на два образца по горизонтали, равно отношению удельных сил, действующих на эти образцы по вертикали. Только в этом случае под  $F_2$  и  $F_1$  в формуле (4) будем понимать либо только силы, действующие по вертикали, либо только силы, действующие по горизонтали. Однако, даже если точка приложения сил по нити немного перемещается, эту формулу можно использовать для ориентировочных оценок.

Поскольку относительная деформация обоих образцов при выполнении равенства (4) одинакова, отношение  $F_2/F_1 = n_{я}^3 n_{ж}$  показывает, во сколько раз жесткость второго образца отличается от жесткости первого.

Этот вывод был проверен при расчете по программе для кулирного трикотажа, одноребеночного трико открытого и одноребеночного трико закрытого. Результаты расчета подтвердили сделанный вывод.

#### Список использованных источников

1. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Котович О.С. Применение нелинейной теории упругости к расчету двумерной деформации трикотажа // Известия 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 // Известия 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 // Известия 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 // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. -2011, №3, с. 75-78.
5. Кудрявин Л.А., Беляев О.Ф., Заваруев В.А., Заваруев Н.В. Расчет деформации кулирного трикотажа при симметричной двумерной нагрузке с помощью нелинейной теории упругости. // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. - 2013, №5, с. 74-77.

УДК 677.02

## ПРОИЗВОДСТВО МАТЕРИАЛА ВЕРХА С ПОЛИМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ ОТ ПОВЫШЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ТЯЖЕЛОГО ТИПА

**Мацкевич Е.В., асп.**

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Учреждением «Научно-исследовательский центр Витебского областного управления Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь» в рамках задания «Обоснование оптимальных техниче-