

Рисунок 7 – Деформированное сечение обвивающей нити

Площадь сечения, построенного по формулам (14), можно найти следующим образом:

$$S = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} [x(\alpha)y'(\alpha) - x'(\alpha)y(\alpha)] d\alpha \quad (15)$$

#### ВЫВОДЫ

Приведенные формулы могут использоваться для моделирования и проектирования свойств высокоэластичной комбинированной пряжи пневмомеханического способа прядения.

#### Список использованных источников

1. Дягилев А.С. Коган А.Г. Технологический процесс получения высокоэластичной комбинированной пряжи пневмомеханического способа прядения. / Вестник ВГТУ. – 2007. – № 13.
2. Дягилев А.С. Коган А.Г. Модель комбинированной высокоэластичной пряжи пневмомеханического способа прядения. / Вестник ВГТУ. – 2006. – № 11 – С. 139 – 151.
3. Коган А.Г. Рыклин Д.Б. Медвецкий С.С. Новое в технике прядильного производства. Витебск 2005 – С. 168 – 169

#### SUMMARY

In article are brought main geometric correlations which can be used for computer modeling and calculation of the base geometric features combined elastane yarn pneumomechanical way of the spinning.

With the help of brought molded the designed computer model in SCM Maple 9.5.

УДК 677.017

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОЦИКЛОВОГО ИСПЫТАНИЯ НА РАСТЯЖЕНИЕ

**А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков**

Одной из важнейших характеристик усталостных свойств текстильных нитей является предел выносливости  $\varepsilon_B$  – наибольшее значение заданной циклической деформации  $\varepsilon_{з.ц.}$ , при которой материал выдерживает, не разрушаясь, очень большое количество циклов ( $10^5$  и более) [1]. Следует отметить, что многие

исследователи рекомендуют при проведении испытаний на многократное растяжение выбирать значение заданной циклической деформации несколько больше предела выносливости. Как указывает анализ исследований [2], посвященных вопросам оценки и прогнозирования усталостных свойств нитей, оценка данного показателя сопровождается значительными временными затратами, что затрудняет его практическое использование.

Для сокращения этих затрат авторами предлагается использовать метод статистической имитации многоциклового испытания на растяжение. При разработке имитационной модели усталостного разрушения текстильных нитей при испытании была выдвинута гипотеза о том, что разрушение нити происходит при достижении остаточной циклической деформации  $\varepsilon_{o.c.}$  некоторого критического значения  $\varepsilon_{кр}$  [3].

Построение имитационной модели процесса испытания может осуществляться с использованием вероятностной или эмпирической моделей процесса накопления остаточной деформации [3].

При использовании вероятностной модели функциональная зависимость остаточной циклической деформации  $i$ -того образца нити на  $j$ -том этапе моделирования может быть представлена в следующем виде [3]:

$$\varepsilon_{i.o.i}(n_j) = \varepsilon_{\hat{\varepsilon}_{pi}} - (\varepsilon_{\hat{\varepsilon}_{pi}} - \varepsilon_{0i}) \cdot \exp\left[-\frac{G \cdot n_j^{\bar{n}_i}}{n_{cpi}^{\bar{n}_i}}\right], \quad (1)$$

где  $\varepsilon_{o.c.i}(n_j)$  – текущее значение остаточного циклического удлинения  $i$ -ой нити после  $n_j$  циклов нагружения, %;  $\varepsilon_{крi}$  – критическое значение остаточного циклического удлинения  $i$ -ой испытуемой нити, %;  $\varepsilon_{0i}$  – относительное удлинение, вызванное действием статической нагрузки, %;  $G$  – константа модели, имеющая постоянное значение  $G = \ln 2 = 0,693$ ;  $c_i$  – параметр модели, характеризующий стационарность процесса накопления остаточной циклической деформации  $i$ -ой нити;  $n_{cpi}$  – количество циклов нагружения, при котором остаточная циклическая деформация численно равна среднему арифметическому значению параметров  $\varepsilon_{0i}$  и  $\varepsilon_{крi}$ , цикл.

В соответствии с эмпирической моделью для  $i$ -той испытуемой нити функциональную зависимость остаточной циклической деформации от количества циклов нагружения можно представить в следующем виде [3]:

$$\varepsilon_{i.o.i}(n_j) = \frac{n_j}{a_{0i} + a_{1i} \cdot n_j} + a_{2i}; \quad (2)$$

$$a_{0i} = \frac{n_1}{\varepsilon_{1i} - \varepsilon_{0i}}; \quad a_{1i} = \frac{1}{\varepsilon_{\hat{\varepsilon}_{pi}} - \varepsilon_{0i}}; \quad a_{2i} = \varepsilon_{0i}; \quad (3)$$

где  $\varepsilon_{1i}$  – относительное удлинение  $i$ -той испытуемой нити, измеренное после  $n_1=20$  циклов нагружения, %.

При этом каждый  $i$ -тый образец испытуемой нити имеет различные параметры  $\varepsilon_{0i}$ ,  $\varepsilon_{крi}$ ,  $n_{cpi}$  и  $c_i$  модели (1) либо  $\varepsilon_{0i}$ ,  $\varepsilon_{1i}$  и  $\varepsilon_{крi}$  модели (2), которые являются переменными случайными величинами, распределенными по задаваемому закону распределения, и характеризуют механические свойства нити при проведении испытаний на многократное растяжение.

Анализ процесса накопления остаточной циклической деформации при проведении многоциклового испытания на растяжение, представленный в работах [3, 4] указывает, что численное значение  $\varepsilon_{кр}$  для всех исследуемых образцов нитей соизмеримо со значением относительного разрывного удлинения  $\varepsilon_p$ . Следовательно, при проведении имитационного моделирования правомочно допущение  $\varepsilon_{кр} = \varepsilon_p$ .

На начальном этапе имитационного моделирования генератор случайных чисел в соответствии с задаваемым законом распределения генерирует  $k$  (по числу испытываемых нитей):

- случайных значений  $\varepsilon_{0i}$ ,  $\varepsilon_{pi}$ ,  $n_{cpi}$  и  $c_i$  при использовании модели (1);
- случайных значений  $\varepsilon_{0i}$ ,  $\varepsilon_{1i}$  и  $\varepsilon_{pi}$  при использовании модели (2).

Случайные значения генерируемых параметров запоминаются и остаются постоянными в течение всего сеанса моделирования.

Имитационное моделирование эксперимента состоит в том, что пульсатор на каждом  $j$ -том этапе последовательно сообщает нити переменное напряжение, что вызывает возникновение остаточной циклической деформации  $\varepsilon_{o.ц.}$ . Тогда число циклов нагружения  $n_j$  будет соответствовать  $j$ -тому этапу моделирования. На каждом  $j$ -том шаге для каждой  $i$ -той нити вычисляется остаточная циклическая деформация  $\varepsilon_{o.ц.i}(n_j)$  с использованием модели (1) либо (2). При выполнении условия  $\varepsilon_{o.ц.i}(n_j) \geq \varepsilon_{pi}$  соответствующая  $i$ -я нить считается разорванной и выносливость данной нити соответствует значению  $n_j$  ( $n_{pi} = n_j$ ).

В результате проведения комплекса экспериментальных исследований установлено, что увеличение заданной циклической деформации  $\varepsilon_{з.ц.}$  при испытании на многократное растяжение приводит не только к снижению выносливости, но и к закономерному изменению параметров  $n_{cp}$ ,  $c$  и  $\varepsilon_1$  разработанных моделей (1), (2) взаимосвязи величины остаточной деформации и циклов нагружения. Следовательно, установив закономерность данного изменения и используя имитационную модель усталостного разрушения текстильных нитей при испытании на многократное растяжение [3–4], появляется возможность решения обратной задачи – определения минимальных значений параметров  $n_{cp}$ ,  $c$  и  $\varepsilon_1$ , соответствующих численному значению выносливости  $n_p = 10^5$  и выше.

Например, покажем возможность использования модели (2) для осуществления прогноза предела выносливости. На рисунке 1 представлены зависимости величины остаточной циклической деформации, накопленной после 20 циклов нагружения  $\varepsilon_1$ , от заданной циклической деформации  $\varepsilon_{з.ц.}$ .

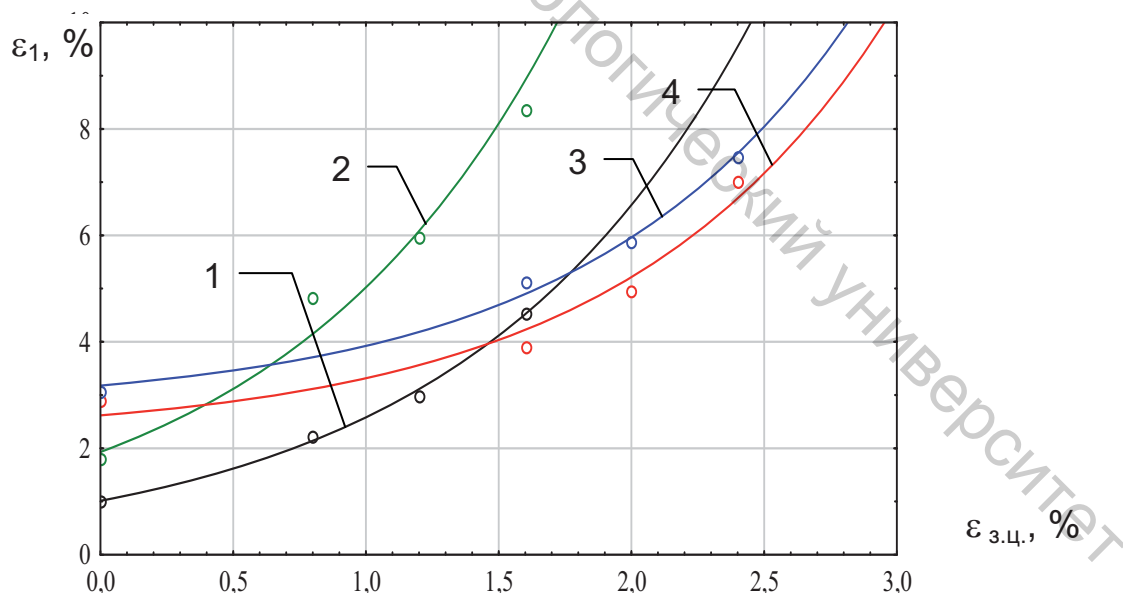


Рисунок 1 - Зависимость остаточного циклического удлинения после 20 циклов нагружения  $\varepsilon_1$  от заданной циклической деформации  $\varepsilon_{з.ц.}$ .

- 1 – шерстяная пряжа 240 текс; 2 – шерстяная пряжа 220 текс;
- 4 – хлопчатобумажная пряжа 200 текс; 3 – хлопчатобумажная пряжа 25текс×2.

Для всех исследуемых образцов пряж данная зависимость имеет закономерный характер, и для её математического описания можно предложить обобщённую математическую модель следующего вида:

$$\varepsilon_1(\varepsilon_{з.ц.}) = \varepsilon_0 \cdot \exp\left[K \cdot \varepsilon_{з.ц.}\right], \quad (4)$$

где  $K$  – темповой параметр модели, 1/%.

При построении имитационной модели, позволяющей осуществлять прогноз предела выносливости, предполагается, что каждый  $i$ -тый образец испытуемой нити имеет различные параметры модели (2)  $a_{0i}$ ,  $a_{1i}$ ,  $a_{2i}$ , которые имеют определенный физический смысл и характеризуют механические свойства нити.

На начальном этапе имитационного моделирования генератор случайных чисел в соответствии с задаваемым законом распределения генерирует  $k$  (по числу испытуемых нитей) случайных значений  $\varepsilon_{0i}$ ,  $\varepsilon_{1i}$  и  $\varepsilon_{pi}$ , где  $\varepsilon_{pi}$  – разрывное удлинение  $i$ -ой нити.

Далее определяется темповой параметр  $K_i$  модели (4) для каждой испытуемой нити:

$$K_i = \frac{1}{\varepsilon_{з.ц.}} \cdot \ln\left[\frac{\varepsilon_{1i}}{\varepsilon_{0i}}\right].$$

Случайные значения генерируемых и рассчитанных параметров запоминаются и остаются постоянными в течение всего сеанса моделирования.

Имитационное моделирование эксперимента состоит в том, что пульсатор на каждом  $j$ -том этапе последовательно сообщает нити переменное напряжение, что вызывает возникновение остаточной циклической деформации  $\varepsilon_{о.ц.}$ . Тогда число циклов нагружения  $n_j$  будет соответствовать  $j$ -тому этапу моделирования. На каждом  $j$ -том шаге для каждой  $i$ -той нити вычисляется остаточная циклическая деформация  $\varepsilon_{о.ц.i}(n_j)$  с использованием модели (2).

При выполнении условия  $\varepsilon_{о.ц.i}(n_j) \geq \varepsilon_{pi}$  соответствующая  $i$ -я нить считается разорванной и выносливость данной нити соответствует значению  $n_j$  ( $n_{pi} = n_j$ ). Для данного сеанса моделирования определяются сводные статистические характеристики выносливости. Если среднее значение выносливости для всей совокупности испытуемых нитей не превышает  $10^5$  циклов, то происходит уменьшение значения заданной циклической деформации  $\varepsilon_{з.ц.m} = \varepsilon_{з.ц.(m-1)} - 0,01$ .

Далее для нового  $m$ -того сеанса моделирования определяется значение параметра  $\varepsilon_{1i}$ :

$$\varepsilon_{1im}(\varepsilon_{з.ц.m}) = \varepsilon_{0i} \cdot \exp\left[K_i \cdot \varepsilon_{з.ц.m}\right],$$

при условии постоянства других параметров модели (4).

Повторение сеансов имитационного моделирования многоциклового испытания на растяжение с постепенно уменьшающимся значением заданной циклической деформации продолжается до выполнения следующего условия:  $\bar{n}_p \geq 10^5$ .

В таблице 1 представлены результаты прогноза значений предела выносливости для исследуемых образцов текстильных нитей различного сырьевого состава, полученные с использованием разработанной имитационной модели испытания.

Таблица 1 – Прогнозные значения предела выносливости для исследуемых образцов текстильных нитей различного сырьевого состава

Наименование исследуемых образцов пряжи	Параметр К модели (4), 1/%	Величина достоверности аппроксимации модели $R^2$	Прогнозное значение предела выносливости $\varepsilon_B$ , %
Хлопчатобумажная пряжа 200 текс	0,42	0,974	1,21
Хлопчатобумажная пряжа 25 текс ×2	0,39	0,989	0,81
Нитроновая пряжа 100 текс	0,69	0,997	1,08
Полиэфирная пряжа 100 текс	0,52	0,994	0,54
Шерстяная пряжа 220 текс	0,84	0,990	не существует
Шерстяная пряжа 240 текс	0,93	0,998	не существует

Сравнительный анализ прогнозных значений предела выносливости для исследуемых образцов текстильных нитей со значениями, полученными экспериментально [1, 2], свидетельствует об их непротиворечивости. Данный факт свидетельствует о возможности использования результатов исследований в практических целях.

#### Список использованных источников

1. Кукин, Г.К. Текстильное материаловедение (волокна и нити) / Г.К. Кукин, А.Н. Соловьев, А.И. Кобляков // М.: Легпромбытиздат, 1989. – 271 с.
2. Бородавский, М.С. Выносливость пряжи // М.С. Бородавский, Е.А. Воронина / Текстильная промышленность. – 1949. – №4. – С. 22–24.
3. Кузнецов А.А. Оценка и прогнозирование механических свойств текстильных нитей / А.А. Кузнецов, В.И. Ольшанский // ВГТУ - Витебск, 2004. – С.225.
4. Кузнецов, А.А. Оценка и прогнозирование показателей усталостных свойств текстильных нитей методами математического моделирования / А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков // Вестник Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет». – 2004. – Вып. 6. – С. 36-40.

#### SUMMARY

As a result of the lead complex of analytical researches algorithms of statistical imitating models of processes of deformation and destruction of a bunch of textile strings are developed at test for a stretching, and also is established, that the analysis of the resulted diagram of a stretching of a bunch of strings allows to estimate as a first approximation factors of a variation of a degree of different length  $C_L$  and explosive lengthening  $C_{ip}$  of strings in a bunch.

УДК 685.34.035.51

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТУРАЛЬНОСТИ МАТЕРИАЛОВ ДЕТАЛЕЙ ВЕРХА ОБУВИ МЕТОДОМ РАСТВОРЕНИЯ

*В.К. Смелков, В.Е. Горбачик, Е.А. Щербакова*

Современные технологии позволяют изготовить синтетическую кожу настолько похожей на натуральную, что по внешнему виду, да и на ощупь очень сложно отличить подделку.

Сложность заключается в том, что не существует четких критериев, по которым можно было бы однозначно определить: натуральная это кожа или нет. Особенно