

3. Ковнер, С. С. К теории процесса непрерывного кручения с учетом вытягивания / С. С. Ковнер // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 1954. - №9. - С. 25-28.

SUMMARU

At the article method of calculation of filament yarn preliminary tension is presented. This method allows to determine yarn tension before twisting. Using of developed method allows to calculate technological parameters of twisted combined yarns production and to create the prerequisites for their optimization.

УДК 677.017

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СТРУКТУРЫ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ

А.А. Кузнецов

Для практически всех видов текстильных нитей характерно наличие гетерогенности (продольной или поперечной) строения и механических свойств на различных уровнях, которые возникают в процессах их получения и переработки [1, 2]. Для пряжи наиболее характерно наличие продольной гетерогенности показателей строения и механических свойств вследствие неравномерности содержания и расположения волокон на отдельных участках (апериодическая составляющая) и неравномерности её прохождения по рабочим органам оборудования в процессах прядения [1]. Для химических нитей продольная гетерогенность выражена несколько слабее по причине по причине стационарности физических полей и других условий формования во времени [2]. Следовательно, проведение исследований, направленных на изучение степени влияния продольной гетерогенности показателей структуры и механических свойств текстильных нитей на особенности механизма их деформирования и разрушения является актуальной научно-технической задачей.

В качестве метода исследования в настоящей работе предлагается использовать метод статистической имитации испытания.

При разработке имитационной модели полуциклового испытания на растяжение одиночной нити была выдвинута гипотеза, предполагающая, что объект исследования можно представить структурно в виде m последовательно соединенных участков (элементов) длиной ΔL_i . При этом каждый i -тый участок нити имеет не только различную линейную плотность T_i , но и различные значения показателей прочностных и деформационных свойств, определяемых согласно методике [3].

В работе [4] для описания диаграмм растяжения в координатах «напряжение σ - относительное удлинение ε » предлагается универсальная математическая модель следующего вида:

$$\sigma = \frac{\varepsilon}{b_0 + b_1 \cdot \varepsilon} + b_2 \cdot \varepsilon^2 \quad (1)$$

где σ – напряжение, возникающее при растяжении нити, Па; ε – относительное удлинение, %; b_0 , b_1 , b_2 – некоторые параметры модели.

Модель диаграммы растяжения (1), а также предложенные допущения позволяют определить значение напряжения σ_i для каждого i -того сечения

одиночной нити при известном значении относительной деформации ε_i . Умножив правую и левую часть модели (1) на площадь i -го сечения нити $F_i = T_i/\gamma$, где γ - плотность вещества волокна (нити), уравнение (1) преобразуется к следующему виду:

$$\varepsilon_i = \frac{\gamma P}{T_i \left(\frac{1}{b_{0i} + b_{1i}\varepsilon_i} + b_{2i}\varepsilon_i \right)}, \quad (2)$$

где P – текущее значение силы растяжения, Н.

Данное уравнение легко решается методом итераций. Параметры уравнения (2) для i -того участка нити определяются согласно их физическому смыслу, исходя из следующих соотношений [4]:

$$b_{0i} = \frac{\varepsilon_{pi}}{\sigma_{yi}}, \quad b_{1i} = \left(\frac{1}{\sigma_{ni}} - \frac{1}{\sigma_{yi}} \right), \quad b_{2i} = \frac{\sigma_{pi} - \sigma_{ni}}{\varepsilon_{pi}^2}, \quad (3)$$

где σ_{yi} – условный предел упругости i -того элемента нити, Па; ε_{pi} – относительное разрывное удлинение i -того элемента нити, %; σ_{pi} – предел прочности i -того элемента нити, Па; σ_{ni} – условный предел пластичности i -того элемента нити, Па.

Таким образом, случайными характеристиками i -го участка нити будут являться значения σ_{yi} , ε_{pi} , σ_{pi} , T_i , σ_{ni} , ΔL_i , которые распределены согласно выбранному закону распределения. Для учета влияния нестабильности явления упрочнения генератор случайных чисел генерирует значение $\Delta\sigma_{упри} = (\sigma_{pi} - \sigma_{ni})$, а значение σ_{pi} определяется из следующего выражения: $\sigma_{pi} = \Delta\sigma_{упри} + \sigma_{ni}$. Для каждого участка данные характеристики определяются на основе соответствующего генератора случайных чисел и далее остаются постоянными в течение всего цикла моделирования.

Имитационное моделирование полциклового испытания на растяжение текстильной нити, обладающей продольной вариацией показателей структуры и механических свойств при постоянной скорости нарастания нагрузки, состоит из q этапов, на каждом из которых последовательно повышается на величину ΔP значение растягивающей силы. Тогда на j -ом этапе моделирования значение растягивающей силы: $P_j = j \cdot \Delta P$.

Затем согласно модели (2) на j -том этапе для каждого i -того участка определяются значения относительного удлинения ε_{ij} и напряжения σ_{ij} :

$$\sigma_{ij} = P_j \cdot \frac{\gamma}{T_i}. \quad (4)$$

Абсолютные удлинения каждого элемента l_{ij} , и всей нити l_j на j -м этапе моделирования будут определяться следующими соотношениями:

$$l_{ij} = \varepsilon_{ij} \cdot \Delta L_i; \quad l_j = \sum_{i=1}^m l_{ij}. \quad (5)$$

Тогда среднее значение относительного удлинения нити ε_j на j -м шаге моделирования будет определяться следующим соотношением:

$$\varepsilon_j = l_j / \sum_{i=1}^m \Delta L_i. \quad (6)$$

При выполнении условий $\varepsilon_j \geq \varepsilon_{pi}$ либо $\sigma_{ij} \geq \sigma_{pi}$ текстильная нить считается разрушенной, и далее значение P_j принимается равным нулю.

Следует отметить, что построение имитационной модели эксперимента при условии постоянства удлинения осуществляется аналогичным образом. Имитационное моделирование позволяет построить диаграммы растяжения нити с учётом влияния продольной гетерогенности механических свойств и структуры, а также определить влияние продольной гетерогенности на параметры данной кривой и, как следствие, на прочностные характеристики.

При проведении имитационного моделирования было принято допущение, что параметры "синтезированной" одиночной нити, характеризующие деформационные и прочностные свойства, являются независимыми случайными величинами, которые подчиняются задаваемому закону распределения (нормальному, Вейбулла и т.д.).

В результате анализа предварительных результатов имитационного моделирования установлено, что различие в условиях проведения моделирования (постоянство скорости нарастания нагрузки $\Delta P = \text{const}$ либо удлинения $\Delta l = \text{const}$) не оказывает существенного влияния на общие закономерности изменения прочностных свойств текстильной нити.

Некоторые результаты имитационного моделирования испытания при постоянстве скорости нарастания нагрузки ($\Delta P = \text{const}$) на растяжение одиночной нити с продольной гетерогенностью представлены на рис. 1.

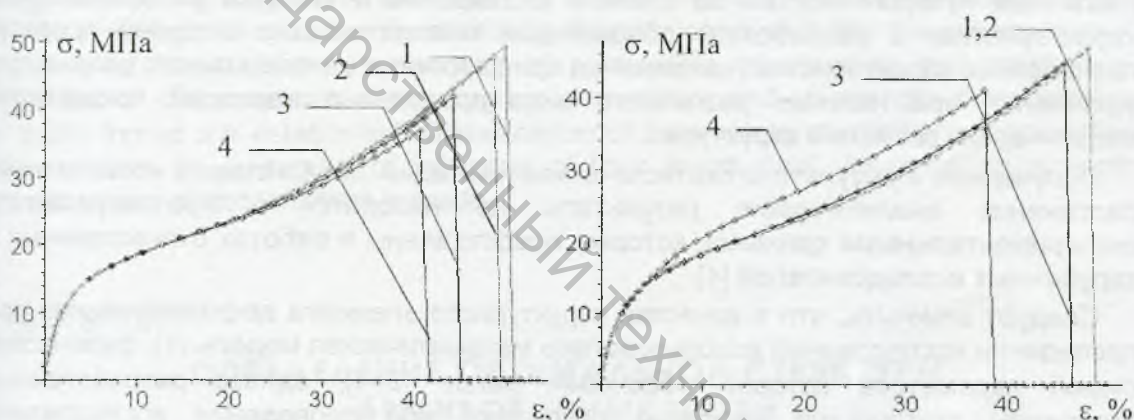


Рисунок 1.а - Влияние продольной гетерогенности предела прочности σ_p на характеристики диаграммы растяжения

1- $C_{\sigma_p} = 0\%$; 2- $C_{\sigma_p} = 5\%$; 3- $C_{\sigma_p} = 15\%$; 4- $C_{\sigma_p} = 30\%$

Рисунок 1.б. - Влияние продольной гетерогенности условного предела пластичности σ_n на характеристики диаграммы растяжения

1- $C_{\sigma_n} = 0\%$; 2- $C_{\sigma_n} = 5\%$; 3- $C_{\sigma_n} = 15\%$; 4- $C_{\sigma_n} = 30\%$

В результате проведения имитационного моделирования процесса испытания на растяжение одиночной нити установлено:

- к основным свойствам одиночной нити, вариации по которым приводят к закономерному снижению среднего значения напряжения при разрыве $\bar{\sigma}_p$ и относительного разрывного удлинения, $\bar{\epsilon}_p$ следует отнести следующие: линейную плотность нити T , напряжение при разрыве σ_p и условный предел пластичности σ_n ; гетерогенность условного предела упругости σ_u и относительного разрывного удлинения ϵ_p , как показывают результаты проведенного имитационного моделирования, на прочностные характеристики практически не оказывают влияния;
- асимметрия закона распределения, отражающая смещение моды относительно среднего значения, существенно влияет на закономерность

уменьшения среднего значения напряжения при разрыве $\bar{\sigma}_p$ и относительного разрывного удлинения $\bar{\varepsilon}_p$. Смещение моды закона распределения показателей механических свойств в сторону меньших значений (использование закона распределения Вейбулла исходных параметров модели) приводит к увеличению темпа уменьшения среднего значения напряжения при разрыве $\bar{\sigma}_p$ и относительного разрывного удлинения $\bar{\varepsilon}_p$ по сравнению с симметричным (нормальным) распределением;

- при случайном совместном влиянии продольных вариаций по различным свойствам не происходит изменения характера зависимости предела прочности и относительного разрывного удлинения от параметров нестабильности. Влияние отдельных параметров при их случайном одновременном изменении не суммируется. Темп уменьшения показателей прочности при влиянии продольных вариаций практически не изменяется относительно параметра для вариации по наиболее значимому свойству.

По результатам проведённых исследований произведена классификация различных гетерогенностей по степени оказываемого влияния на прочностные характеристики с разработкой обобщённых математических моделей прогноза прочностных характеристик (напряжения при разрыве и относительного разрывного удлинения) при наличии различного вида продольных вариаций показателей механических свойств и структуры.

Полученные в результате статистической имитации полуциклового испытания на растяжение аналитические результаты не находятся в противоречии с экспериментальными данными, которые представлены в работах отечественных и зарубежных исследователей [4].

Следует отметить, что в качестве структурного элемента деформирования при проведении исследований использовалась математическая модель (1), физический смысл параметров которой обоснован ранее [3–4], однако разработанные алгоритмы статической имитации позволяют при проведении исследований использовать практически любые типы математических моделей процесса деформирования текстильной нити при полуцикловом испытании на растяжение.

Можно отметить, что полученные результаты указывают, что использование метода статистической имитации испытаний открывает широкие возможности решения целого класса интересных задач, направленных на прогнозирование свойств нити в условиях влияния их гетерогенности, а также определение научно-обоснованных норм показателей гетерогенности механических свойств и структуры нити в зависимости от условий дальнейшей переработки нити.

Таким образом, в результате проведённого комплекса аналитических исследований:

- 1) разработаны алгоритмы статистических имитационных моделей процессов деформирования и разрушения текстильной нити, обладающей продольной гетерогенностью показателей механических свойств и структуры, при полуцикловом испытании на растяжение;
- 2) установлены общие закономерности влияния продольной гетерогенности показателей строения и механических свойств на характеристики диаграммы растяжения и на прочностные характеристики текстильной нити. Произведена классификация показателей механических свойств и строения по степени влияния их продольных вариаций на прочностные характеристики текстильных нитей.

Список использованных источников

1. Перепёлкин К.Е. Комплексная оценка качества и работоспособности нитей в процессах получения и переработки // К.Е. Перепелкин / Химические волокна, 1991 г., №2, с.45-56.
2. Перепёлкин К.Е. Полимерные волокнистые композиты, их основные виды, принципы получения и свойства. Часть 1. Основные компоненты волокнистых композитов, их взаимодействие и взаимовлияние // К.Е. Перепёлкин / Химические волокна, 2005 г., №4, с.7-22.
3. Ольшанский, В.И. Методика оценки показателей деформационных свойств текстильных нитей по результатам полуциклового испытания на растяжение // В.И. Ольшанский, Е.И. Махаринский, А.А. Кузнецов / ВГТУ, Витебск, 2001 – 19 с.
4. Кузнецов А.А. Оценка и прогнозирование механических свойств текстильных нитей / А.А. Кузнецов, В.И. Ольшанский // ВГТУ - Витебск, 2004. – С.225.

SUMMARY

As the result of the carried out complex of analytical researches the algorithms of statistical imitating models of processes of deformation and destruction of the textile string, possessing longitudinal heterogeneity of parameters of mechanical properties and structure, during half-cycle test for stretching are developed, and also the general laws of influence of longitudinal heterogeneity of parameters of structure and mechanical properties on characteristics of the diagram of stretching and on strength characteristics of textile thread are established. Classification of parameters of mechanical properties and structure on a degree of influence of their longitudinal variations on strength characteristics of textile strings is made.

УДК 677.017

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ АРМИРОВАННЫХ НИТЕЙ

Н.Н. Бодяло

Для обеспечения хорошей термостойкости и повышенных технологических свойств комбинированных швейных ниток необходимо, чтобы при получении армированных нитей волокна покрывали комплексную нить по всей ее поверхности. Установлено, что хорошая застилистость комплексной химической нити обеспечивается при ее содержании в армированной нити до 30 % [1]. Однако армированные нити, используемые для производства швейных ниток, в первую очередь должны обладать повышенной прочностью. Это возможно не только при использовании высокопрочных комплексных нитей, но и при их большом процентном содержании: до 65-70 %. Поэтому важно знать минимально необходимую для полного покрытия поверхности комплексной нити линейную плотность волокнистой мычки, формируемой из соответствующих волокон.

Линейная плотность армированных нитей определяется как

$$T_{АН} = T_K + T_{ВП}, \quad (1)$$

где $T_{АН}$ – линейная плотность армированной нити, текс;

T_K – линейная плотность комплексной химической нити, текс;

$T_{ВП}$ – линейная плотность волокнистого покрытия, текс.