

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОПЕРЕЧНОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПУЧКА ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ

А.А. Кузнецов, И.М. Тхорева

Для практически всех видов текстильных нитей характерно наличие гетерогенности (продольной или поперечной) показателей механических свойств на различных уровнях, которые возникают в процессах их получения и переработки [1-3].

Наличие поперечной гетерогенности показателей механических свойств химических нитей обусловлено неоднородностью физических полей в зоне формования и последующих обработок нитей (температурных, концентрационных, аэрогидродинамических, реологических) [2]. Отмечается увеличение степени поперечной гетерогенности при увеличении количества элементарных нитей в комплексной [2]. Это связано с тем, что в пучке текстильной нити возможно проявление разнородности ее компонентов [3]. Однако существующие методы исследования влияния поперечной неравномерности свойств на особенности процессов деформирования и разрушения пучка нитей весьма трудоёмки, и как отмечается в исследованиях, представленных в работах [1-3], довольно часто не дают количественную информацию о степени влияния каждой из них на механические свойства. Вместе с тем методы, позволяющие осуществлять прогноз степени гетерогенности, практически отсутствуют. Следовательно, проведение исследований, направленных на изучение степени влияния поперечной гетерогенности показателей механических свойств текстильных нитей на особенности механизма их деформирования и разрушения, с разработкой соответствующих экспресс методов прогнозирования, является актуальной научно-технической задачей.

В данных исследованиях, основанных на использовании метода статистической имитации полуциклового испытания на растяжение [4,5], производится анализ самого общего случая испытания на растяжение слабосвязанного пучка текстильных нитей. Это характерно для процесса деформирования и разрушения комплексных химических нитей при зажимном расстоянии меньше критического.

В данном случае для каждой i -той нити в пучке из m элементов случайными величинами являются не только характеристики диаграммы растяжения, но и степень их разнородности. В качестве структурного элемента деформирования нити пучка в координатах «нагрузка - абсолютное удлинение» предлагается использовать математическую модель следующего вида [3]:

$$P_j = \frac{I_j}{C_{0i} + C_{ii}I_j} + C_{2i}I_j^2; \quad (1)$$

$$C_{0i} = \frac{I_{pi} \cdot \gamma}{\sigma_{yi} \cdot T_i \cdot 10^3}; \quad C_{ii} = \left(\frac{1}{\sigma_{ni}} - \frac{1}{\sigma_{yi}} \right) \cdot \frac{\gamma}{T_i \cdot 10^3}; \quad C_{2i} = \frac{(\sigma_{pi} - \sigma_{ni}) \cdot T_i \cdot 10^3}{I_{pi}^2 \cdot \gamma},$$

где P_j - текущее значение растягивающей силы, Н; I_j - текущее значение абсолютного удлинения нити, м; I_{pi} - абсолютное разрывное удлинение i -той нити пучка, м; γ - плотность материала нити, кг/м³; T_i - линейная плотность i -той нити пучка, текс; σ_{ni} - условный предел пластичности i -той нити пучка, Па; σ_{yi} - условный предел упругости i -той нити пучка, Па; σ_{pi} - разрывное напряжение i -той нити пучка, Па;

Переменными случайными величинами для каждого i -ой нити пучка будут являться значения I_{pi} , T_i , σ_{ni} , σ_{yi} , σ_{pi} и ΔL_i . На начальном этапе имитационного

моделирования генератор случайных чисел, в соответствии с задаваемым законом распределения (нормальный либо Вейбулла), генерирует m (по числу нитей в пучке) случайных значений l_{pi} , T_i , $(\sigma_p - \sigma_n)$, σ_{yi} и L_i . Затем определяются параметры математической модели (1) C_{0i} , C_{1i} , C_{2i} и P_{pi} . Из всех нитей выбирается нить, обладающая минимальной длиной L_{min} , тогда каждой из остальных нитей будет соответствовать излишек длины ΔL_i , который определяется как $\Delta L_i = L_i - L_{min}$. Полученные значения параметров запоминаются.

Имитационное моделирование эксперимента состоит в том, что нижнему зажиму разрывной машины последовательно сообщается постоянное на каждом шаге перемещение, что вызывает удлинение Δl . Тогда удлинение на j -том шаге моделирования l_j будет, соответственно, определяться как $l_j = j \cdot \Delta l$. На каждом j -том шаге для каждой i -той нити вычисляются абсолютное удлинение l_{ij} и приложенная к данной нити, нагрузка P_{ij} :

$$l_{ij} = l_j - \Delta L_i = j \cdot \Delta l - \Delta L_i; P_{ij} = \frac{l_{ij}}{C_{0i} + C_{1i} \cdot l_{ij}} + C_{2i} \cdot l_{ij}^2 \quad (2)$$

При выполнении одного из условий: $l_{ij} \leq 0$ (когда $\Delta L_i \leq j \cdot \Delta l$) либо $l_{ij} \geq l_{pi}$ или $P_{ij} > P_{pi}$, соответствующая i -я нить считается разорванной и далее текущее значение нагрузки, приложенной к i -той нити, P_{ij} принимается равной нулю. Результаты имитационного моделирования представляются в виде диаграмм растяжения пучка нитей в координатах «нагрузка - абсолютное удлинение».

При определении объекта исследования было введено понятие «синтезированной» нить. Под понятием «синтезированной» в дальнейшем будет пониматься нить, при полцикловом испытании на растяжение для которой характерно проявление наиболее общих свойств, определяемых параметрами математической модели (1).

Некоторые результаты проведённого моделирования представлены на рисунке 1.

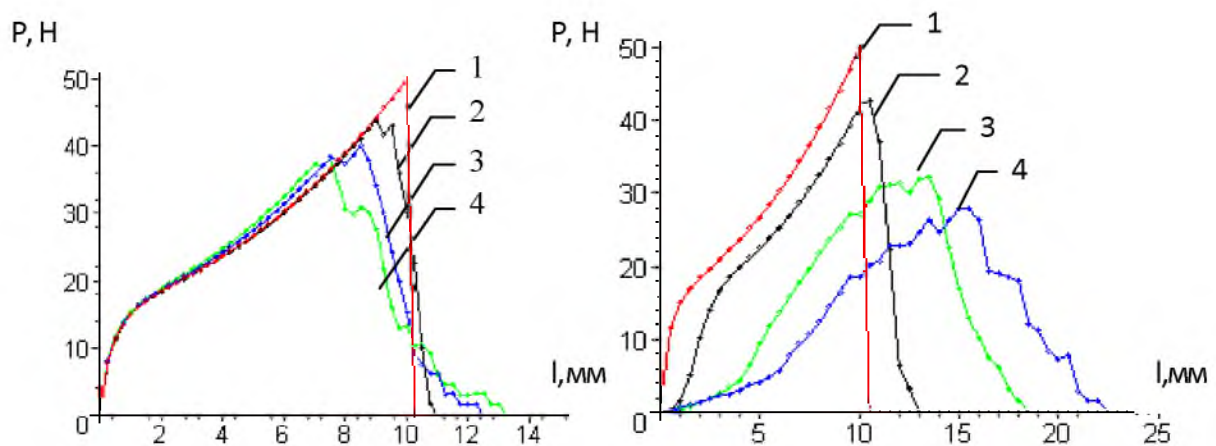


Рисунок 1 - Диаграммы растяжения «нагрузка - абсолютное удлинение» нитей пучка, полученные при: а) различных значениях коэффициента вариации абсолютного разрывного удлинения нитей пучка 1 - $C_{lp}=0\%$; 2 - $C_{lp}=5\%$; 3 - $C_{lp}=10\%$; 4 - $C_{lp}=15\%$; б) различных значениях степени разноразности нитей пучка 1 - $C_L=0\%$; 2 - $C_L=5\%$; 3 - $C_L=10\%$; 4 - $C_L=15\%$.

Анализ зависимостей, представленных на рисунке 1, позволяет отметить, что наибольшее влияние на форму диаграммы растяжения, приведенной к одной нити, оказывают поперечные вариации разрывного удлинения C_{lp} и степени разноразности C_L нитей пучка. С увеличением коэффициента вариации этих показателей между нитями пучка изменяется не только форма диаграммы

растяжения, но и значение, и положение ее максимума, а также полное удлинение при разрыве. Следовательно, в качестве причины возникновения правой части диаграммы растяжения можно считать существование поперечной гетерогенности механических свойств, что подтверждается результатами экспериментальных исследований [1-3].

На основе комплексного анализа полученных результатов [4,5] для количественной оценки влияния поперечной гетерогенности структуры и показателей механических свойств на разрывную нагрузку нитей пучка предлагается использовать следующую обобщенную модель:

$$\bar{P}_p(C_j) = \bar{P}_{p0} \cdot \exp[-K_{pp} \cdot C_j], \quad (3)$$

где $\bar{P}_p(C_j)$ - среднее значение разрывной нагрузки пучка нити, Н; $\bar{P}_p(C_j \rightarrow 0) = \bar{P}_{p0}$ - среднее значение разрывной нагрузки пучка нити при отсутствии поперечной гетерогенности механических свойств, Н; K_{pp} - параметр модели, характеризующий темп изменения исследуемого показателя прочности при увеличении коэффициента вариации по исследуемому свойству, 1/%.

Использование модели (3) позволит не только достоверно описать влияние различных вариаций на разрывную нагрузку и сопоставить результаты данного влияния, но и классифицировать различные поперечные вариации свойств по степени оказываемого влияния на прочностные характеристики пучка нитей на количественном уровне.

В результате проведенного комплекса аналитических исследований установлено, что увеличение показателя поперечной вариации степени неоднородности C_L и абсолютного разрывного удлинения C_{1p} нитей пучка приводит к закономерному снижению разрывной нагрузки \bar{P}_p , приходящейся на одну нить. Случайное совместное влияние данных вариаций не вызывает изменения характера зависимости среднего значения разрывной нагрузки \bar{P}_p от параметров вариации. Ассиметрия закона распределения исходных параметров модели (1) практически не оказывает влияния на закономерность уменьшения среднего значения разрывной нагрузки \bar{P}_p пучка нити. Смещение моды закона распределения в сторону больших значений (закон распределения Вейбулла) не приводит к существенному изменению темпового параметра K_{pp} модели (3).

Довольно часто на практике для оценки использования прочности филаментов в комплексной нити используется понятие коэффициента реализации прочности K_p . Анализ результатов имитационного моделирования процесса деформирования и разрушения пучка нитей указывает на то, что численное значение коэффициента реализации прочности определяется гетерогенностью показателей свойств составляющих пучок компонентов и не зависит от их прочностных характеристик:

$$K_p = \frac{\bar{P}_p(C_j)}{\bar{P}_{p0}} = \exp[-K_{pp} \cdot C_j] \quad (4)$$

На рисунке 2 представлены зависимости коэффициента реализации средней прочности K_p слабосвязанного пучка нитей от коэффициентов поперечных вариаций C_j наиболее значимых свойств. При этом наблюдается, что степень неоднородности пучка нитей оказывает наибольшее влияние на значение коэффициента реализации прочности (при значении темпового показателя $K_{pp} = 3,2 \cdot 10^{-2}$, 1/%) относительно вариации по абсолютному разрывному удлинению C_{1p} нитей пучка (при значении темпового показателя $K_{pp} = 1,8 \cdot 10^{-2}$, 1/%).

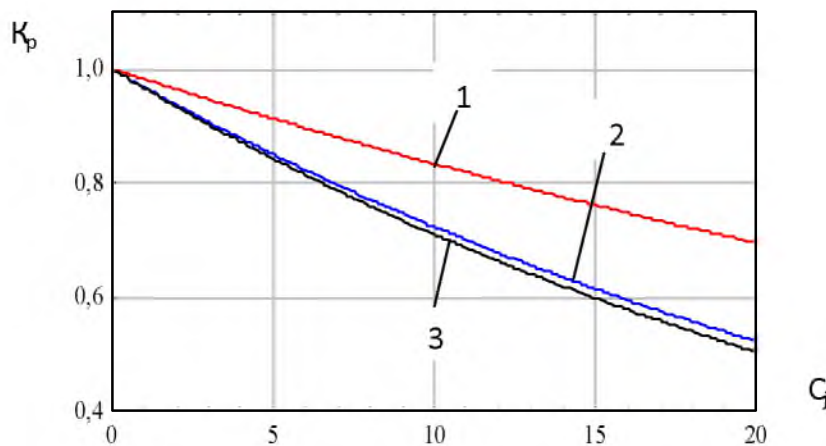


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента реализации средней прочности K_p слабосвязанного пучка нитей от коэффициентов вариаций: 1 – абсолютного разрывного удлинения C_p , 2 – степени разнородности C_L , 3 - абсолютного разрывного удлинения C_p и степени разнородности C_L

Следовательно, осуществив прогноз степени разнородности нитей пучка C_L появляется реальная возможность прогноза численного значения коэффициента реализации прочности K_p , что является важным при комплексной оценке качества нити.

В результате комплекса аналитических исследований:

- разработан алгоритм статистической имитационной модели процесса деформирования и разрушения текстильной нити, обладающей поперечной гетерогенностью показателей механических свойств, при полуцикловом испытании на растяжение;
- произведена классификация показателей механических свойств по степени влияния их поперечных вариаций на разрывную нагрузку пучка текстильных нитей с разработкой соответствующей модели прогноза;
- установлена взаимосвязь коэффициента реализации прочности и различных поперечных вариаций механических свойств.

Список использованных источников

1. Перепёлкин, К. Е. Комплексная оценка качества и работоспособности нитей в процессах получения и переработки / К. Е. Перепёлкин // Химические волокна. – 1991. – №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. – № 4. – С.7-22.
3. Перепёлкин, К. Е. Дефектность и гетерогенность микроструктуры химических нитей и их влияние на свойства / К. Е. Перепёлкин [и др.]. – Москва, 1989. – 48 с.
4. Кузнецов, А. А. Исследование влияния продольной гетерогенности показателей механических свойств и структуры на прочностные характеристики текстильных нитей / А. А. Кузнецов // Вестник УО «ВГТУ». Вып. 12. – Витебск: УО ВГТУ, 2007. – С. 69-73.
5. Кузнецов, А. А. Прогнозирование степени поперечной гетерогенности разнородности нитей (волокон) пучка / А. А. Кузнецов // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006. – № 6. – С.17-21.

SUMMARY

The analyses of the most common case of an experiment on stretching of loosely coupled fibers of a textile yarn are given in this research. The research is based on the method of statistical simulation of semi-cycle yarn stretching experiment. The «synthesized» yarn is used as an object of the research. It is characteristic of the yarn to show the most common properties under semi-cycle stretching experiment. It is characteristic of the deformation process and of breaking of the core-spun chemical yarns under the less than critical tightening distance.

УДК 677.024.072

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ УПРУГОПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Е.Л. Кулаженко

Основополагающей в теории механического резания продолжает оставаться задача наиболее полного описания процессов взаимодействия режущих кромок (лезвий) с обрабатываемыми материалами в аналитической форме, в которую непосредственным образом входили бы показатели физико-механических свойств этих материалов и основные технологические параметры управления процессом.

Аналитическое описание процесса резания текстильных материалов в виде отходов химических нитей возможно лишь при выявлении взаимосвязи между следующими группами факторов, влияющих на ход процесса и определяющих его результаты: технологическими требованиями к процессу; деформационно-прочностными свойствами материала; типом и характеристиками режущего инструмента (оснастки) и оборудования; характером и параметрами деформационно-разрушающего воздействия; особенностями силового взаимодействия лезвия с объектом обработки.

Важной задачей является исследование силовых факторов процесса резания, определение влияния основных технологических и конструктивных параметров оборудования на качество обработанной режущим инструментом поверхности (или поверхности реза) и стабильность выполнения технологических операций механического резания.

Разделению материала на части под воздействием лезвийного инструмента предшествует процесс предварительного сжатия до возникновения на кромке ножа разрушающего контактного напряжения G_p [1].

Момент возникновения G_p контактного напряжения определяется значением усилия P , прикладываемого к ножу. При резании упругопластических материалов усилие P , при котором завершается процесс сжатия и начинается резание, является максимальным или критическим.

Рассмотрим взаимодействие ножа с односторонней заточкой с разрезаемой нитью (рисунок 1). При углублении ножа в нить диаметром d_H на некоторую величину $h_{сж}$ на режущей кромке ножа возникает разрушающее контактное напряжение и начинается процесс разрушения нити. На нож действуют следующие силы: $P_{рез}$ – сила сопротивления разрушению материала под кромкой лезвия; $P_{обж}$ – сила обжатия материалом, имеющая горизонтальное направление и действующая на боковую грань лезвия.

На наклонную грань ножа действует сила нормального давления N и силы трения T_1 и T_2 .