

8. Ohno H., Nii A., Tsushida E. Solvent effect on the complex formation of poly (methacrylic acid) with proton-accepting polymers. *Macromolec. Chem.* 1980; B.181,1227-1235.

677.017.31

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ ПРЯЖИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Большакова Е.В., асп., Рыклин Д.Б., проф., Соколов С.В., м.т.н.
Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Ключевые слова: имитационное моделирование, разрывная нагрузка, прогнозирование разрывных характеристик.

Реферат. Задачи проектирования состава смесей и достоверного прогнозирования свойств готовых изделий являются одними из наиболее важных задач проектирования прядильного производства. Однако существующие методики составления смесей не являются универсальными и в недостаточной степени учитывают особенности применяемого на предприятиях технологического оборудования. Новейшие информационные технологии позволяют более точно прогнозировать прочностные характеристики продуктов прядильного производства. Имитационное моделирование, используемое при проектировании разрывных характеристик пряжи, позволяет сократить затраты на ее производство. В данной работе проведено исследование степени влияния формы кривых растяжения волокон на результаты прогнозирования прочностных свойств пряжи по существующим методикам. Выявлено, что учет формы диаграмм растяжения позволяет повысить точность проводимых вычислений и совершенствовать методики прогнозирования. Кроме того, разработанная методика позволяет оценивать влияние свойств волокон и пряжи на значения разрывных нагрузок.

Основными факторами, определяющими качество пряжи, являются свойства сырья, из которого она вырабатывается, а также системы и планы прядения, температура и влажность воздуха, техническое состояние оборудования и др. [1]. Так как стоимость сырья в себестоимости пряжи составляет до 60 – 85 %, то большое значение имеет выбор оптимального состава сырья для получения пряжи требуемого качества. Для каждого вида пряжи определенного назначения, линейной плотности и качества следует подбирать смеси волокон с соответствующими свойствами.

Из свойств пряжи наиболее изучены ее разрывные характеристики. Показатель разрывной нагрузки пряжи не может полностью характеризовать качество пряжи, однако он позволяет осуществлять контроль производства, а также рассчитывать разрывные характеристики тканей [2].

Ввиду того, что одним из важнейших показателей качества пряжи выступает относительная разрывная нагрузка, ее прогнозирование является актуальной научной задачей. Использование имитационного моделирования при проектировании свойств пряжи позволяет существенно сократить материальные, технические и временные затраты на производство продуктов прядильного производства.

В работах [3, 4] описаны основные положения методики по расчету разрывных характеристик. Анализ данной методики показал, что при ее разработке не учитывалась форма кривых растяжения различных волокон. Следует отметить, что в литературе выделяют три основных типа диаграмм растяжения [5], учет формы которых может повысить точность проводимых вычислений. Исходя из вышеизложенного, целью данной работы является совершенствование методики прогнозирования разрывной нагрузки пряжи посредством учета формы кривых растяжения волокон различных типов.

В ходе исследования математических моделей, представляющих зависимость разрывной нагрузки/напряжения от удлинения волокон, на основании универсальной математической модели [6] была разработана модель следующего вида:

$$\sigma_{P_0} = \frac{l}{K_1} \left(\frac{K_2 \cdot \varepsilon_{P_0}}{b_0 + b_1 \cdot K_2 \cdot \varepsilon_{P_0}} + b_2 \cdot (K_2 \cdot \varepsilon_{P_0})^2 \right), \quad (1)$$

где ε_{P_0} – разрывное удлинение волокна, %; σ_{P_0} – разрывное напряжение волокна, Па; b_0, b_1, b_2 – параметры модели, имеющие определенный физический смысл [6]; $K_1 = \sigma_P / \sigma_{P_0}$, $K_2 = \varepsilon_P / \varepsilon_{P_0}$ – масштабные коэффициенты, позволяющие строить семейства кривых растяжения для данного типа волокна; ε_P, σ_P – табличные значения разрывного удлинения и разрывного напряжения, взятые из справочной литературы.

Характеристики волокон (ε_{P_0} и σ_{P_0}) определяются при задании исходных данных для моделирования посредством выбора закона распределения значений нагрузки и удлинения волокна (нормальный, Вейбулла) либо задания постоянных значений по результатам испытания пучка волокон.

На первом этапе разработанной методики моделируемый образец пряжи разделяется на заданное количество участков, определяется количество волокон в сечении каждого из них, исходя из средней линейной плотности пряжи и линейной плотности волокна, коэффициента асимметрии, содержания компонентов и ворсистости. Коэффициент асимметрии характеризует отклонение закона распределения случайных величин от нормального.

На втором этапе для всех участков происходит расчет удлинения и нагрузки, при которых происходит разрыв каждого волокна во время растяжения. Далее осуществляется расчет удлинения и разрывной нагрузки участков пряжи с учетом расположения волокон под углом к ее оси.

На третьем этапе для каждого участка определяется последовательность разрыва отдельных волокон. Волокно, которое разрывается следующим, определяется с учетом его проскальзывания, для чего рассчитывается коэффициент укрутки и длина скользяния волокна.

Затем для наименьшего усилия подбирается удлинение каждого участка и определяется среднее арифметическое относительных удлинений. Процесс повторяется, пока как минимум в одном сечении есть волокна, то есть пряжа еще не разорвалась. На конечном этапе происходит сложение кривых растяжения участков пряжи в общую диаграмму растяжения. При этом принимается допущение о том, что приложенное усилие будет одинаковым для всех участков. На основании изложенного алгоритма в среде Visual Basic 6.0 была разработана программа для прогнозирования разрывной нагрузки пряжи.

Для прогнозирования относительной разрывной нагрузки была выбрана полиэфирная пряжа линейной плотности 16,3 текс, выработанная кольцевым способом прядения. По результатам испытаний прочностных характеристик в производственных условиях ОАО «Гронитекс» (г. Гродно) значение относительного разрывного удлинения этой пряжи составило 48,6 сН/текс, что на 5% отличается от значения 46,1 сН/текс, полученного в результате моделирования. Следует отметить, что при моделировании разрывной нагрузки без учета формы кривых растяжения ее значение составило 40,5 сН/текс (погрешность 16,7 %).

В таблице 1 приведены данные для моделирования трехкомпонентного продукта. В результате моделирования относительная разрывная нагрузка смешанной пряжи линейной плотности 25 текс составила 7,6 сН/текс, что на 2,6% отличается от значения, полученного экспериментальным путем на ОАО «Гронитекс» (7,8 сН/текс). Погрешность вычислений без учета формы кривых растяжения различных волокон составила 8,9% (значение 7,1 сН/текс).

Таблица 1 – Свойства волокон, используемых при наработке опытной партии

Свойства	Тип волокна		
	Хлопковое	Вискозное	Льняное
Линейная плотность волокна, текс	0,16	0,163	0,95
Длина волокна, мм	25,9	38,4	28
Коэффициент вариации по длине волокна, %	31	10	20
Разрывная нагрузка волокна, сН	4	3,4	40
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	20	5	30
Относительное удлинение волокна, %	7	20	2,5
Коэффициент вариации по относительному удлинению, %	20	10	30
Объемная плотность волокна, г/см ³	1,52	1,52	1,52
Коэффициент трения	0,25	0,25	0,4
Содержание	40%	40%	20%

Таблица 2 – Свойства пряжи, необходимые для моделирования

Свойства	Значение
Линейная плотность пряжи, текс	25
Средняя крутка, кр/м	876
Ворсистость	4,18
Коэффициент вариации по линейной плотности на коротких отрезках, %	16,35
Коэффициент вариации по линейной плотности на метровых отрезках, %	5,63

Таким образом, учет формы кривых растяжения волокон различных типов позволяет повысить точность прогнозирования относительной разрывной нагрузки пряжи, что положительно сказывается на возможности проектирования свойств пряжи и составления сортировок. Полученная методика позволяет не только осуществлять моделирование процесса растяжения и разрыва волокон в слабых сечениях пряжи, но и оценивать влияние свойств волокон и пряжи на значения разрывных нагрузок.

Список использованных источников

1. Борзунов, И.Г. Прядение хлопка и химических волокон (проектирование смесей, приготовление холстов, чесальной и гребенной ленты) : учебник для вузов / И.Г. Борзунов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 376 с.
2. Рыклин, Д.Б. Технология и оборудование для приготовления волокнистого настила : учебное пособие / Д.Б. Рыклин ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2010. – 239 с.
3. Силич, Т.В. Прогнозирование физико-механических свойств пряжи с вложением полипропиленовых волокон / Т.В. Силич, Д.Б. Рыклин, С.В. Соколов // Вестник Витебского государственного технологического университета. —2011. —№21. —С.92
4. Рыклин, Д. Б. Производство многокомпонентных пряж и комбинированных нитей / Д. Б. Рыклин, А. Г. Коган. – Витебск : УО «ВГТУ», 2002. – 215 с.
5. Давыдов, А.Ф. Текстильное материаловедение / А.Ф. Давыдов. – Москва : Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности, 1997. – 168 с.
6. Кузнецов, А.А. Прогнозирование показателей деформационных свойств текстильных нитей по результатам полудиклового испытания на растяжение / А.А. Кузнецов // Вестник ВГТУ. – Витебск, 2007. – Вып.12. – С.36-41.