

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАТЯЖЕНИЯ ОСНОВЫ НА ТКАЦКОМ СТАНКЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНТЕРПОЛЯЦИОННОГО ПОЛИНОМА СТИРЛИНГА

М.В. НАЗАРОВА

(Камышинский технологический институт (филиал)
Волгоградского государственного технического университета)

В последнее время все больший научный и практический интерес представляют вопросы прогнозирования процессов ткацкого производства. С этой целью применяются различные методы, позволяющие доводить решение сложных научных и инженерных задач, выдвигаемых практикой, до логического конца, то есть до математической модели, графика, диаграммы и т.д. Особое место среди методов математического моделирования занимают методы приближения функций. Эти методы в связи с большим объемом вычислений не нашли широкого применения. В их основе лежит замена одной функции $f(x)$, зачастую представленной в виде таблицы экспериментальных значений, другой функцией $g(x)$, вычисляемые значения которой и принимают за приближенные значения функции f .

Применение методов приближения функций позволяет решить следующие, возникающие при исследовании технологических процессов, проблемы.

1. Функция f задана таблицей своих значений, а вычисления производятся в точках x , не совпадающих с табличными.

2. Непосредственное вычисление значения $y = f(x)$ связано с проведением сложных расчетов и приводит к значительным затратам машинного времени, которые могут оказаться неприемлемыми, если функция f вычисляется многократно.

3. При заданном значении x значение $f(x)$ может быть найдено из эксперимента. Такой способ в большинстве случаев нельзя использовать, так как найденные значения функции отличаются от истинных значений, поскольку заведомо содержат ошибки эксперимента.

Таким образом, применение методов приближения функций оправдано лишь

тогда, когда значения $g(x)$ вычисляются быстро и надежно, а погрешность приближения достаточно мала.

С помощью методов приближения функций можно получить математическую модель исследуемого процесса и таким образом прогнозировать протекание технологического процесса на различном ткацком оборудовании.

Анализ работ, посвященных математическому моделированию процесса ткачества, показал, что метод приближения функций с помощью полинома Стирлинга ранее не использовался ввиду сложности его применения из-за необходимости проведения громоздких вычислений. В настоящее время, в связи с быстрым развитием программного обеспечения, появилась возможность использовать интерполяционный полином Стирлинга для математического описания технологического процесса ткачества.

Сущность использования интерполяционного полинома Стирлинга для получения математической модели технологического процесса заключается в следующем.

1. На технологическом оборудовании, установленном в ткацком производстве или в лабораторных условиях, с помощью контрольно-измерительных приборов получают диаграмму или осциллограмму натяжения нитей. На диаграмме или осциллограмме выделяют участок, после которого характер изменения натяжения нитей повторяется.

2. Для получения дискретной информации об исследуемом процессе разбивают диаграмму или осциллограмму натяжения нитей с выбранным постоянным шагом h изменения аргумента.

3. По экспериментальной диаграмме или осциллограмме натяжения нитей определяют значения аргумента и функции в

соответствии с выбранным постоянным шагом.

4. Для практического применения полинома Стирлинга вводят новую безразмерную величину по формуле:

$$U = \frac{x - a}{h},$$

где a – значение аргумента, занимающее центральное положение в таблице экспериментальных данных.

5. Составляют таблицу разностей для определения коэффициентов полинома Стирлинга.

6. Подставляют значения найденных коэффициентов в полином Стирлинга и получают математическую модель.

В настоящей работе эффективность полученной математической модели оценивали путем нахождения относительной средней квадратической ошибки δ :

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_i}{N} \cdot 100\%,$$

где δ_i – относительная величина квадратической ошибки для каждого значения аргумента x_i , %; N – количество экспериментальных значений натяжения основных нитей;

$$\delta_i = \frac{\Delta_i}{y_{Ti}} \cdot 100\%,$$

где Δ_i – абсолютная средняя квадратическая ошибка для каждого значения аргумента x_i ;

$$\Delta_i = \sqrt{\sum_{i=0}^N (y_{эi} - y_{Ti})^2},$$

где $y_{эi}$ – экспериментальные значения натяжения основных нитей, сН; y_{Ti} – теоретические значения натяжения основных нитей, вычисленные по математической модели, сН.

Алгоритм оценки эффективности полученной математической модели с помощью полинома Стирлинга сводится к определению относительной средней квадратической ошибки для всех значений аргумента.

Для наглядного представления оценки эффективности полученной математической модели следует совместить экспериментальную и теоретическую кривую натяжения нитей.

Если относительная средняя квадратическая ошибка для всех значений аргумента значительна, то с целью получения более адекватной модели необходимо выбрать следующий шаг интерполяции и произвести расчет в соответствии с разработанным алгоритмом использования интерполяционного полинома Стирлинга для математического описания технологического процесса ткачества.

Использование данного алгоритма позволяет значительно сократить время, затрачиваемое исследователем на проведение многочисленных трудоемких вычислений при анализе натяжения в ткачестве.

Реализация процесса математического моделирования технологического процесса ткачества с помощью вышеуказанного метода приближения функций осуществлялась в среде программирования Mathcad и Excel.

На базе лаборатории ткачества кафедры технологии текстильного производства КТИВолГТУ исследовалось влияние заправочных параметров ткацкого станка СТБ-2-216 на физико-механические свойства ткани бязь.

В ткачестве одним из важнейших параметров, определяющих протекание технологического процесса и качество ткани, является натяжение нитей основы на ткацком станке.

На ткацком станке в зоне скалоламельный прибор был установлен тестер натяжения экспресс-диагностической установки фирмы Метротекс, позволяющей измерять натяжение нитей при заданных технологических параметрах, а также получать диаграмму натяжения нитей.

Полученная экспериментальная диаграмма натяжения нитей исследовалась в соответствии с вышеописанным алгоритмом использования интерполяционного полинома Стирлинга для математического описания технологического процесса ткачества. Расчет осуществлялся по вышеуказанному алгоритму с шагом интерполяции $h=5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 120$ град. Полученные математические модели имели величину относительной средней квадратической ошибки, представленную в табл. 1 (показатели относительной средней квадратической ошибки в зависимости от шага интерполяции).

Т а б л и ц а 1

Шаг интерполяции	Величина относительной средней квадратической ошибки на интервале (0; 360 град), %	Величина относительной средней квадратической ошибки на интервале (80; 280 град), %
5	84,25	72,80
10	76,22	58,93
15	95,08	91,49
20	112,88	120,53
30	29,96	2,94
40	19,97	2,76
60	3,77	3,28
80	10,24	5,70
120	96,82	15,23

Таким образом, было установлено следующее:

– при использовании полинома Стирлинга для исследования натяжения нитей основы на ткацком станке СТБ-2-216 целесообразно использовать шаг интерполяции $h=40$ град;

– применение интерполяционного полинома Стирлинга дает особую точность для точек, близких к середине интервала.

ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ работ, посвященных математическому моделированию

технологического процесса ткачества, и проанализированы методы получения математической модели для приближенного описания технологических процессов ткацкого производства.

2. На основе экспериментальных данных с использованием интерполяционного полинома Стирлинга получены математические модели натяжения нитей основы при исследовании технологического процесса ткачества.

3. Предложена методика оценки эффективности полученных математических моделей путем определения относительной среднеквадратической ошибки.

4. Разработаны автоматизированный алгоритм использования метода приближения функций с применением интерполяционного полинома Стирлинга для прогнозирования изменения натяжения на ткацком станке и рекомендации по использованию полинома Стирлинга при анализе натяжения в технологическом процессе ткачества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легпромбытиздат 1991.
2. Севостьянов А.Г. Методы исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М., 1980.
3. Механическая технология текстильных материалов / А.Г. Севостьянов, Н.А. Осмин, В.П. Щербачев и др. – М., 1977.
4. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов в текстильной промышленности. – М., 1984.
5. Николаев С.Д., Сумарукова Р.И., Юхин С.С., Власов П.В. Теория процессов, технология и оборудование подготовительных операций ткачества. – М.: Легпромбытиздат, 1993.
6. Николаев С.Д., Сумарукова Р.И., Юхин С.С., Власов П.В. Теория процессов, технология и оборудование ткацкого производства. – М.: Легпромбытиздат, 1993.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства. Поступила 07.11.06.