N- количество экспериментальных значений натяжения основных нитей.

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

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

В зависимости от выбранного шага модели имели следующие величины относительной средней квадратической ошибки для всех значений аргумента (см. табл.1).

Таблица 1. Показатели относительной средней квадратической ошибки в зависимости от шага интерполяции

Шаг интерполяции	Величина относительной средней квадратической ошибки на интервале (0; 360 град.), %	Величина относительной средней квадратической ошибки на интервале (80; 280 град.), %
5	84,29	100,00
10	68,50	81,95
15	84,01	96,51
20	47,92	46,40
30	21,80	7,25
40	37,20	2,37
60	3,51	3,28
80	10,20	5,68
120	10,30	5,72

Из таблицы 1 видно, что на узком интервале (80; 280 град.) более эффективной математической моделью является та, которая построена с шагом h=40 град. Однако для исследования натяжения нитей на всем интервале эту модель использовать нецелесообразно вследствие большой величины относительной средней квадратической ошибки. В этом случае следует выбирать математическую модель с шагом h=60 град. И в том, и в другом случае величины относительной средней квадратической ошибки на интервале (80; 280 град.) не превышают допустимой нормы δ=5 %, следовательно, математические модели с шагом h=40 и h=60 град. могут быть использованы для прогнозирования изменения натяжения нитей в ткачестве для точек, близких к середине интервала.

Выводы:

6) Проанализированы методы приближения функций, которые могут применяться для описания технологических процессов ткацкого производства.

7) С использованием полинома Лагранжа получены математические модели натяжения нитей основы при исследовании процесса ткачества и проведена оценка их эффективности.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРИБЛИЖЕНИЯ ФУНКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИНОМА БЕССЕЛЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТКАЦКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Назарова М.В., Березняк М.Г.
Камышинский технологический институт (филиал), Волгоградского государственного технического университета, Камышин

В последнее время при исследовании технологических процессов ткацкого производства научный и практический интерес представляют вопросы их прогнозирования, которые являются актуальными в связи с необходимостью уверенного предсказания возможности использования новых видов сырья, а также традиционных при повышенных скоростных режимах работы оборудования.

Методы математического моделирования позволяют прогнозировать и управлять технологическими процессами, строением и качеством тканей, а также определять оптимальные параметры, например натяжение нитей и скорость станка при небольших затратах и достаточно оперативно. Кроме того, методы математического моделирования технологических процессов относятся к числу современных методов и средств исследования и включают в себя методы получения математических моделей и их исследование с помощью электронных вычислительных машин.

Раньше для получения математической модели с целью оптимизации процесса ткачества использовались экспериментальные методы, заключающиеся в обработке экспериментальных данных, полученных в результате реализации математико-статистических методов планирования эксперимента. Использование методов приближения функций являлось нецелесообразным вследствие многочисленных громоздких вычислений, необходимых для получения конечного результата, представленного в виде математической модели. Однако, в последнее время стало возможным использование данных математических методов в связи с тем, что многие расчеты, ранее производимые вручную, сейчас можно автоматизировать, имея соответствующие навыки при работе на современной вычислительной технике.

В работе по использованию математического метода приближения функций с применением полинома Бесселя при анализе технологических процессов ткацкого производства был разработан автоматизированный алгоритм, позволяющий достаточно оперативно получить искомую математическую модель исследуемого технологического процесса и оценить ее эффективность, расчет которой также автоматизирован. Все необходимые вычисления производились в программной среде Mathcad и табличном процессоре Excel.

В соответствии с разработанным алгоритмом необходимо провести эксперимент на ткацком оборудовании с целью получения экспериментальной диаграммы и ее последующей обработки.

На кафедре «Технология текстильного производства» Камышинского технологического института эксперимент проводился на ткацком станке СТБ-2-216, установленном в лаборатории ткачества, при выработке ткани бязь артикула 262. В результате эксперимента была получена диаграмма зависимости натяжения нитей в зависимости от угла поворота главного вала станка.

Для получения дискретной информации об исследуемом процессе полученную

экспериментальную диаграмму натяжения нитей разбили на n интервалов с выбранным постоянным шагом h изменения аргумента. Результатом этого разбиения стало определение значений аргумента и функции в соответствии с выбранным постоянным шагом. Полученные значения функции с выбранным постоянным шагом изменения аргумента были занесены в таблицу экспериментальных данных натяжения нитей, на основе которой составляется таблица разностей.

Для определения коэффициентов полинома Бесселя из полученной таблицы разностей были выбраны только те значения разностей, которые находятся на линии среднего значения аргумента. Полином Бесселя, в который подставляли все найденные коэффициенты, имеет следующий вид:

$$y=\frac{y_0+y_1}{2}+\left(u-\frac{1}{2}\right)\cdot\Delta y_0+$$

$$+\frac{u(u-1)}{2!}\cdot\frac{\Delta^2 y_0+\Delta^2 y_{-1}}{2}+\frac{u(u-1)\cdot\left(u-\frac{1}{2}\right)}{3!}\cdot\Delta^3 y_{-1}+$$

$$+\frac{u\left(u^2-1\right)(u-2)}{4!}\frac{\Delta^4 y_{-1}+\Delta^4 y_{-2}}{2}+\ldots$$

Проведя необходимые преобразования по упрощению полученной математической модели, приступили к определению ее эффективности.

Оценка эффективности математической модели заключается в определении относительной средней квадратической ошибки для всех значений аргумента x_i по формуле:

$$d=\frac{\sum_{i=1}^{N} d_i}{N}\cdot 100\%,$$

где d_i - относительная величина квадратической ошибки для каждого значения аргумента x_i, , %;

N- количество экспериментальных значений натяжения основных нитей.

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

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

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

где $y_{Эi}$ - экспериментальные значения натяжения основных нитей, сН

y_{Ti} - теоретические значения натяжения основных нитей, вычисленные по математической модели, сН.

Таблица 1. Показатели относительной средней квадратической ошибки в зависимости от шага интерполяции

Шаг интерполяции	Величина относительной средней квадратической ошибки на интервале (0; 360 град.), %	Величина относительной средней квадратической ошибки на интервале (80; 280 град.), %
5	80,49	66,51
10	398,46	619,78
15	103,87	106,28
20	6644,51	11226,90
30	76,24	62,83
40	94,11	15,30
60	42,79	4,81
80	72,39	4,82
120	211,98	9,27

С целью получения более достоверных сведений об исследуемом процессе были построены математические модели с шагом интерполяции h=5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 120 град.

В зависимости от выбранного шага интерполяции математические модели имели следующие величины относительной средней квадратической ошибки для всех значений аргумента (см. табл.1).

Из таблицы 1 видно, что более оптимальной является математическая модель с шагом интерполяции h=60 градусов. Эта математическая модель выглядит следующим образом:

$$\mathbf{P}(\mathbf{x}) := 1.0305 - 2.7144\cdot 10^{-3}\cdot \mathbf{x} + 2.8648\cdot 10^{-3}\cdot \frac{\mathbf{x}-180}{60}\cdot\left(\frac{\mathbf{x}-180}{60}-1\right)\ldots$$
$$+\ 3.0355\cdot 10^{-2}\cdot\left(\frac{\mathbf{x}-180}{60}\right)\cdot\left(\frac{\mathbf{x}-180}{60}-1\right)\cdot\left(\frac{\mathbf{x}-180}{60}-\frac{1}{2}\right)\ldots$$
$$+\ (-4.0424)\cdot 10^{-3}\cdot\left[\left(\frac{\mathbf{x}-180}{60}\right)^{2}-1\right]\cdot\left(\frac{\mathbf{x}-180}{60}-2\right)$$

Данную математическую модель можно использовать для контроля натяжения нитей основы на ткацком станке, но только в узких пределах, поскольку особенностью метода приближения функций с использованием интерполяционного полинома Бесселя является то, что применение его дает особую точность для точек, близких к середине интервала.

Выводы:

1) Проведен анализ работ, посвященных математическому моделированию технологических процессов ткацкого производства.

2) Проанализированы методы приближения функций, которые могут применяться для описания технологических процессов ткацкого производства.

3) На основе экспериментальных данных с использованием интерполяционного

полинома Бесселя получены математические модели натяжения нитей основы при

исследовании технологического процесса ткачества.

4) Проведена оценка эффективности полученных математических моделей путем определения относительной средней квадратической ошибки.

5) Разработан автоматизированный алгоритм по использованию метода приближения функций с применением интерполяционного полинома Бесселя для прогнозирования изменения натяжения на ткацком станке.

6) Разработаны рекомендации по использованию полинома Бесселя при анализе натяжения в технологическом процессе ткачества.

РАЗРАБОТКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОПИСАНИЮ НАПРЯЖЕННОГО И ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛА В ЭЛЕМЕНТАРНОМ АКТЕ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ МАТЕРИАЛОВ

Неумоина Н.Г.
Камышинский технологический институт (филиал), Волгоградского государственного технического университета, Камышин

Резание материалов на сегодняшний день является одним из наиболее распространенных процессов формообразования деталей машин с заданными размерами и качеством вновь образованной поверхности. Под системой резания в дальнейшем будем понимать совокупность элементов системы резания, находящуюся в непосредственном контакте в процессе отделения заданного припуска: заготовку, стружку и режущее лезвие режущего инструмента.

Резание материалов – сложный физический процесс. В нем можно отметить целый комплекс более простых процессов и явлений – это разрушение материала, упругая и пластическая деформация, образование новой поверхности, механическое взаимодействие компонентов системы резания, теплообмен между ними и рассеяние энергии, сопровождающееся образованием так называемых диссипативных структур. Очевидная сложность совместного описания перечисленных физических процессов в зоне резания материалов и определяет известный факт, что как таковой физической теории резания на сегодняшний день пока не разработано. Определение важных технологических параметров, таких как сила резания, например, производится в инженерных расчетах на основе эмпирических формул.

В последнее время в понимании сущности процессов, сопровождающих резание материалов, произошли существенные качественные изменения. Они связаны прежде всего с осознанием того факта, что отклонение технологической системы в зоне резания от равновесного состояния столь велико, что этот процесс нельзя описать линейными приближениями и необходимо привлекать методы термодинамики неравновесных процессов. Говоря современным языком, процесс резания материалов – это процесс, в котором отчетливо проявляются признаки самоорганизации. К таким признакам можно отнести следующие положения.

- Система является термодинамически открытой, т.е. возможен обмен веществом и энергией с окружающей средой.
- Отклонения от равновесия превышают критические значения, т.е. рассматриваются состояния, лежащие вне классической термодинамической ветви.
- Имеет место иерархическая сложность явлений.
- Макроскопические процессы происходят согласованно (кооперативно, когерентно).