

УДК 677.024

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАБОТКИ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ
ТКАНИ БЯЗЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ПРИБЛИЖЕНИЯ
ФУНКЦИЙ ПО ФУРЬЕ****Назарова М.В., Фефелова Т.Л.***Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский
государственный технический университет», Камышин, e-mail: ttp@kti.ru*

В статье приведены результаты выполнения исследовательской работы по моделированию технологического процесса выработки хлопчатобумажной ткани с использованием тригонометрического полинома Фурье. В ходе выполнения работы использованы современные методы и средства исследования технологического процесса выработки ткани на ткацком станке: методы приближения функции по Фурье и информационных технологий. В работе получена математическая модель, которая описывает изменение натяжения нитей основы на ткацком станке. С помощью коэффициента повреждаемости сделан вывод о характере протекания технологического процесса изготовления хлопчатобумажной ткани бязь на ткацком станке СТБ-2-216.

Ключевые слова: метод приближения функций по Фурье, натяжение нитей, коэффициент повреждаемости**STUDY OF MANUFACTURING TECHNOLOGY COTTON FABRIC
COARSE CALICO USING WITH THE METHOD OF APPROXIMATION
OF FUNCTIONS BY FOURIER****Nazarova M.V., Fefelova T.L.***Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshin,
e-mail: ttp@kti.ru*

The article presents the results of research the modeling process of production technology of cotton cloth using trigonometric polynomial of Fourier. In the course of the work we used modern methods and tools for process research fabric on the weaving loom: methods for approximating functions of Fourier and information technology. In this paper a mathematical model which describes the change in the tension of warp threads on the weaving loom. Coefficient of damage leads to the conclusion about the nature of the technological process of manufacturing cotton coarse calico on the weaving loom STB-2-216.

Keywords: methods for approximating functions of Fourier, yarn tension, coefficient of damage

Для успешного управления технологическими процессами и их оптимизации уже недостаточно знания отдельных качественных сторон процесса. Для анализа сложных технологических процессов широко применяются методы технической кибернетики. Техническая кибернетика, получающая в настоящее время все большее развитие в текстильной промышленности, – это прикладная наука, изучающая способы управления сложными технологическими системами, т.е. процессами и машинами, с помощью средств, разработанных теоретической кибернетикой. К числу этих средств, в первую очередь, относятся методы математического моделирования технологических процессов, которые включают методы получения математических моделей и их исследование с помощью электронных вычислительных машин.

В данной работе проводилось математическое моделирование технологии выработки хлопчатобумажной ткани бязь с использованием метода приближения функции по Фурье и анализа характера протекания технологического процесса ткачества.

Обрывность нитей в ткачестве является одним из важных показателей уровня техно-

логии и организации производства. Одним из основных факторов, влияющих на уровень обрывности нитей, является их натяжение.

С помощью математических моделей появляется возможность осуществлять мониторинг технологического процесса и таким образом влиять на качество продукции.

Анализ ранее проведенных исследований показал, что проблеме математического моделирования натяжения нитей основы уделялось и уделяется достаточно много внимания. Если раньше эти модели являлись, в основном, результатом проведения факторных экспериментов и для их получения требовалось не только высокая квалификация экспериментатора, но и значительные материальные и временные затраты для их получения, то в настоящее время разработаны эффективные методики получения математических моделей на основе численных методов моделирования технологических процессов ткацкого производства [1, 6, 7].

Для разработки математической модели технологического процесса выработки хлопчатобумажной ткани бязь предлагается использовать один из самых распространенных методов приближения функций – тригонометрический полином Фурье.

Объектом исследования является ткацкий станок СТБ-2-216, на котором вырабатывалась ткань бязь арт. 262.

Для решения задачи, заключающейся в разработке метода получения математической модели, эффективно описывающей натяжение нитей основы на ткацком станке, выбрана ткань бязь арт. 262, выработка которой осуществляется на ткацком станке СТБ-2-216. Краткая техническая характеристика ткани бязь арт. 262 представлена в табл. 1.

Для получения значений натяжения нитей различного сырьевого состава при переработке их на ткацком станке СТБ-2-216 используем тензометрическую установку «ТТП-2008», разработанную в Камышинском технологическом институте и предназначенную для измерения натяжения группы движущихся нитей.

Таблица 1

Краткая техническая характеристика хлопчатобумажной ткани бязь арт. 262

Параметры ткани	Значение
Плотность ткани по основе P_o , нитей/см	20
Плотность ткани по утку P_u , нитей/см	10
Линейная плотность по основе T_o , текс	29
Линейная плотность по утку T_u , текс	29
Заправочная ширина, см	216

Для реализации поставленной задачи по разработке математической модели технологического процесса выработки хлопчатобумажной ткани бязь в лаборатории ткачества кафедры «Технология тек-

стильного производства» на станке СТБ-2-216 в зоне «скало-ламельный прибор» был установлен тестер натяжения «ТТП – 2008», схема установки которого представлена на рис. 1.

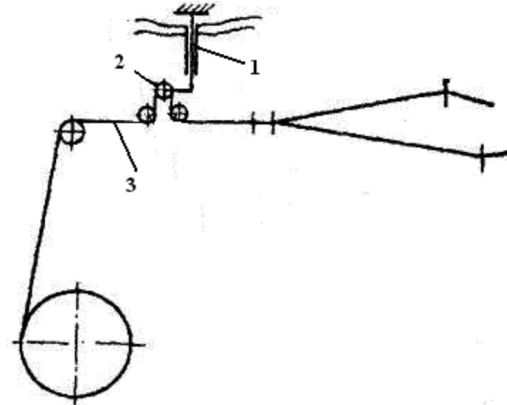


Рис. 1. Схема установки прибора для измерения натяжения основных нитей за цикл работы ткацкого станка (1 – тестер натяжения, 2 – воспринимающий упругий элемент (балочка), 3 – нити основы)

В результате проведенных измерений были получены тензограммы, отражающие изменение натяжения основных нитей за один оборот главного вала станка. На рис. 2 представлена одна из полученных тензограмм натяжения нитей основы от угла поворота главного вала ткацкого станка СТБ-2-216 при выработке хлопчатобумажной ткани бязь.

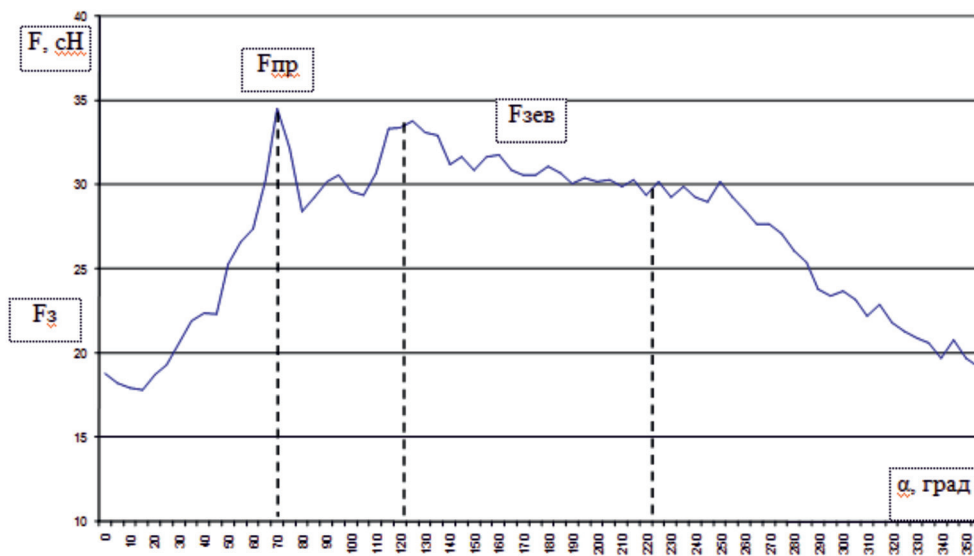


Рис. 2. Диаграмма изменения натяжения нитей основы на ткацком станке СТБ-2-216 при выработке ткани бязь (F_z – заправочное натяжение нитей основы, сН; $F_{пр}$ – натяжение нитей во время приобита уточной нити к опушке ткани, сН; $F_{зев}$ – натяжение нитей во время зевобразования, сН)

Для математического описания технологических процессов ткацкого производства был использован алгоритм применения тригонометрического полинома Фурье [2]:

1. На технологическом оборудовании, установленном в ткацком производстве или в лабораторных условиях, с помощью контрольно-измерительных приборов получаем тензограмму натяжения нитей. На ней выделяем участок, после которого цикл натяжения нитей повторяется.

2. Для получения дискретной информации об исследуемом процессе разбиваем тензограмму натяжения нитей на 11 частей, получаем значения натяжения нитей в каждой точке разбиения и заносим в табл. 2.

3. Для приближенного представления функции в виде многочлена Фурье определяем следующие коэффициенты:

$$a_k = \int_0^{2\pi} f(x) \cdot \cos kx \cdot dx$$

$$b_k = \int_0^{2\pi} f(x) \cdot \sin kx \cdot dx$$

4. Для вычисления интегралов применяется одна из формул для численного

интегрирования, обычно самая простая из них – формула прямоугольников. Интеграл делится на n -равных частей с помощью точек $X_0, X_1, X_2 \dots X_{n-1}, X_n = 2\pi$.

Тогда

$$a_n = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \cdot \sin kx_i$$

$$b_n = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n y_i \cdot \sin kx_i,$$

$$y_i = f(x_i).$$

5. Принимая во внимание особенности множителей, $\cos kx_i$ и $\sin kx_i$ берут равным 12. При этом каждое из 12 учитываемых значений функции умножается лишь на одно из следующих чисел:

$$\cos 0 = \sin \frac{\pi}{2} = 1, \cos \frac{\pi}{2} = \sin 0 = 0,$$

$$\cos \frac{\pi}{6} = \sin \frac{\pi}{3} = 0,87, \cos \frac{\pi}{3} = \sin \frac{\pi}{6} = 0,5.$$

6. Для вычисления коэффициентов регрессионного уравнения используются следующие формулы:

$$a_0 = \sum y_i / 6$$

$$a_1 = y_0 + y_1 \cdot 0,87 + y_2 \cdot 0,5 - y_4 \cdot 0,5 - y_5 \cdot 0,87 - y_6 - y_7 \cdot 0,87 - y_8 \cdot 0,5 + y_{10} \cdot 0,5 + y_{11} \cdot 0,87$$

$$b_1 = y_1 \cdot 0,5 + y_2 \cdot 0,87 + y_3 + y_4 \cdot 0,87 + y_5 \cdot 0,5 - y_7 \cdot 0,5 - y_8 \cdot 0,87 - y_9 - y_{10} \cdot 0,87 - y_{11} \cdot 0,5$$

$$a_2 = y_0 + y_1 \cdot 0,5 - y_2 \cdot 0,5 - y_3 - y_4 \cdot 0,5 + y_5 \cdot 0,5 + y_6 + y_7 \cdot 0,5 - y_8 \cdot 0,5 - y_9 - y_{10} \cdot 0,5 + y_{11} \cdot 0,5$$

$$b_2 = y_1 \cdot 0,87 + y_2 \cdot 0,87 - y_4 \cdot 0,87 - y_5 \cdot 0,87 + y_7 \cdot 0,87 + y_8 \cdot 0,87 - y_{10} \cdot 0,87 - y_{11} \cdot 0,87$$

$$a_3 = y_0 - y_2 + y_4 - y_6 + y_8 - y_{10}$$

$$b_3 = y_1 - y_3 + y_5 - y_7 + y_9 - y_{11}$$

$$a_4 = y_0 + y_3 + y_6 + y_9$$

$$b_4 = y_1 \cdot 0,87 - y_2 \cdot 0,87 + y_4 \cdot 0,87 - y_5 \cdot 0,87 + y_7 \cdot 0,87 - y_8 \cdot 0,87 + y_{10} \cdot 0,87 - y_{11} \cdot 0,87$$

$$a_5 = y_0 - y_1 \cdot 0,87 + y_2 \cdot 0,5 - y_4 \cdot 0,5 + y_5 \cdot 0,87 - y_6 + y_7 \cdot 0,87 - y_8 \cdot 0,5 + y_{10} \cdot 0,5 - y_{11} \cdot 0,87$$

$$b_5 = y_1 \cdot 0,5 - y_2 \cdot 0,87 + y_3 - y_4 \cdot 0,87 + y_5 \cdot 0,5 - y_7 \cdot 0,5 + y_8 \cdot 0,87 - y_9 + y_{10} \cdot 0,87 - y_{11} \cdot 0,5$$

$$a_6 = y_0 - y_1 + y_2 - y_3 + y_4 - y_5 + y_6 - y_7 + y_8 - y_9 + y_{10} - y_{11}$$

Таблица 2

Экспериментальные данные натяжения нитей

Точки разбиения интервала	Значения функции натяжения нитей основы	
	y_i	Натуральные значения, сН
0	y_0	39
1	y_1	27,9
2	y_2	18,7
3	y_3	18,7
4	y_4	19
5	y_5	20
6	y_6	20
7	y_7	13
8	y_8	16,7
9	y_9	19
10	y_{10}	22
11	y_{11}	32

7. Подставляем полученные коэффициенты в регрессионное уравнение, общий вид которого имеет следующий вид:

$$F = a_0 + a_1 \cdot \cos x + b_1 \cdot \sin x + a_2 \cdot \cos 2x + b_2 \cdot \sin 2x + a_3 \cdot \cos 3x + b_3 \cdot \sin 3x + a_4 \cdot \cos 4x + b_4 \cdot \sin 4x + a_5 \cdot \cos 5x + b_5 \cdot \sin 5x + a_6 \cdot \cos 6x.$$

Таким образом, получаем приближенное выражение функции изменения натяжения нити во времени в виде тригонометрического полинома Фурье.

По данному алгоритму с использованием автоматизированного метода расчета в среде программирования MathCad [2], была получена математическая модель технологического процесса выработки хлопчатобумажной ткани бязь.

Для определения характера протекания технологического процесса выработки хлопчатобумажной ткани бязь в работе определялась повреждаемость нитей основы по критерию длительной прочности Москвитина [3, 4, 5]. Установлено, что данный критерий дает более точные результаты, так как учитывает предысторию нагружения нитей.

Согласно критерию Москвитина, коэффициент повреждаемости нитей основы можно рассчитать по следующей формуле:

$$\eta = \frac{1+m}{B^{1+m}} \int_0^t (t-\tau)^m \sigma^{1+m}(\tau) d\tau.$$

где m – коэффициент, учитывающий предысторию нагружения; τ – время разрушения; σ – напряжение нити.

4) при $\eta = 0,75 - 1$ – процесс возможен, но резко увеличивается обрывность нитей (примерно в 5 раз);

5) при $\eta > 1$ – процесс практически невозможен.

Из табл. 3 видно, что наибольшую повреждаемость имеют нити основы в процессе прибора.

Таким образом, в результате проведенных исследований было установлено, что исследуемая ткань, вырабатывается в довольно напряженных условиях, вследствие чего на ткацком станке пряжа в данных технологических условиях перерабатывается с повышенной обрывностью нитей.

Поэтому необходимо пересмотреть технологический процесс ткачества и установить такой оптимальный режим, где повреждаемость нитей будет минимальной. Причем рекомендуется в качестве критерия оптимизации использовать коэффициент повреждаемости нитей основы, полученный на основе расчета критерия длительной прочности Москвитина с использованием предложенного в данной работе автоматизированного метода расчета повреждаемости нитей.

Таблица 3

Значения коэффициента повреждаемости основных нитей за один оборот главного вала станка

Наименование ткани	F_3 , сН	$F_{пр}$, сН	$F_{зев}$, сН	T, текс	h	Среднеквадратическая ошибка
Бязь	14	39	21,5	29	0,373	0,065

Результаты расчетов значений коэффициентов повреждаемости основных нитей за один цикл нагружения (один оборот главного вала ткацкого станка), рассчитанных на основе реального закона нагружения нитей, сведены в табл. 3.

Многочисленными исследованиями показано, что:

1) при $\eta < 0,25$ – процесс протекает в спокойных условиях

2) при $\eta = 0,25 - 0,5$ – процесс проходит в довольно напряженных условиях;

3) при $\eta = 0,5 - 0,75$ – процесс возможен, но наблюдается повышенная обрывность нитей (примерно в 2 раза);

Выводы

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

2. Проведен анализ работ, посвященных разработке алгоритмов автоматизированных методов получения математических моделей в ткацком производстве.

3. Проведен эксперимент по исследованию технологического процесса выработки хлопчатобумажной ткани бязь.

4. Получена математическая модель, описывающая изменение натяжения нитей основы на ткацком станке СТБ-2-216 при выработке хлопчатобумажной ткани бязь.

5. Определена повреждаемость нитей основы в различные моменты тканеформирования с использованием критерия длительной прочности Москвитина.

Список литературы

1. Эффективность использования различных полиномов при исследовании натяжения нитей по переходам ткацкого производства / М.В. Назарова, В.Ю. Романов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007. – № 2. – С. 48–50.

2. Разработка экспресс-метода оценки напряжённости работы ткацких станков различных конструкций при выработке хлопчатобумажных тканей [Электронный ресурс] / С.Ю. Бойко, М.В. Назарова, В.Ю. Романов // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. – URL: www.science-education.ru/100-5059. Назарова М.В., Давыдова М.В. О предпосылках создания САПР текстильных предприятий // Современные проблемы науки и образования. – 2008. – № 1. – С. 54–59.

3. Сравнительный анализ условий выработки тканей различных переплетений на ткацких станках на основе использования результатов расчёта коэффициента повреж-

даемости нитей [Электронный ресурс] / М.В. Назарова, В.Ю. Романов // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6; URL: www.science-education.ru/100-4966.

4. Оценка напряжённости заправки ткацкого станка при изготовлении тканей различного переплетения / М.В. Назарова, В.Ю. Романов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 2. – С. 63–67.

5. Разработка оптимального режима протекания технологических процессов ткацкого производства с использованием в качестве критерия оптимизации коэффициента повреждаемости нитей / В.Ю. Романов, М.В. Назарова // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6; URL: www.science-education.ru/100-5065.

6. Выбор оптимального метода моделирования технологического процесса снования при экспериментальном исследовании выработки ткани полотняного переплетения / М.В. Назарова, В.Ю. Романов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 9 (часть 3). – С. 13–17.

7. Математическое моделирование технологического процесса выработки ткани военного назначения / М.В. Назарова, Т.Л. Фефелова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 12 (часть 1). – С. 741–745.