

УДК 677.023

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СНОВАНИЯ  
ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАНИИ ВЫРАБОТКИ  
ТКАНИ ПОЛОТНЯНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ**

**Назарова М.В., Романов В.Ю.**

*Камышинский технологический институт, (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский  
государственный технический университет», Камышин, e-mail: ttp@kti.ru*

В статье приведены результаты проведения исследовательской работы по разработке оптимального метода моделирования технологического процесса снования нитей и пряжи для осуществления технологического процесса выработки ткани полотняного переплетения. В ходе выполнения работы проведены экспериментальные исследования повреждаемости хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 29 текс при проведении технологического процесса снования. Произведён расчет повреждаемости пряжи на основе использования теории длительной прочности Москвитина и методов приближения функций, основанных на применении полиномов Фурье, Лагранжа, Бесселя, Ньютона и Стирлинга. Сравнительный анализ применения различных методов приближения функций для оценки степени повреждаемости нитей при сновании хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 29 текс показал, что наиболее точно описывает технологический процесс снования метод с использованием интерполяционного полинома Ньютона.

**Ключевые слова:** снование, пряжа, интерполяция, полиномы Фурье, Лагранжа, Бесселя, Ньютона, Стирлинга

**SELECTING OPTIMAL METHOD FOR SIMULATION  
OF TECHNOLOGICAL PROCESSES WARPING IN EXPERIMENTAL STUDIES  
PRODUCE FABRICS PLAIN WEAVE**

**Nazarova M.V., Romanov V.U.**

*Kamyshin Technological Institute, (branch) of Volgograd State Technical University,  
Kamyshin, e-mail: ttp@kti.ru*

The article presents the results of research on the development of an optimal method for simulation of technological process warping threads and yarns for the weaving process of the plain weave fabric. During the execution of experimental studies of damage to cotton yarn linear density of 29 tex during of technological process warping. The calculation of damage to the yarn through the use of the theory of long durability Moskvitina and methods of approximation of functions, based on the use of polynomials Fourier, Lagrange, Bessel, Newton and Stirling. Comparative analysis of different methods of approximation of functions to assess the extent of damage during warping yarns cotton yarn linear density of 29 tex showed that most accurately describes the process warping method using the Newton interpolation polynomial.

**Keywords:** warping, yarn, interpolation, polynomials Fourier, Lagrange, Bessel, Newton, Stirling

В последнее время отмечается рост производства тканей и пряжи на текстильных предприятиях города Камышина. Рост производства продукции обусловлен объёмными вложениями в техническое перевооружение предприятий, что в свою очередь повлекло за собой получение пряжи и ткани более высокого качества.

Техническое перевооружение przygotowательного отдела ткацкого производства, в связи с заменой старого оборудования на новое, повлекло за собой повышение требований к процессу подготовки технологического режима снования.

Необходимо найти новые методы разработки оптимальных технологических параметров, которые позволят в короткие сроки получить требуемый результат.

Новые методы должны быть разработаны с использованием информационных технологий.

Процессам подготовки нитей к ткачеству придаётся особое значение, а в частности к технологическому процессу снования основных нитей, так как от качества подготовки основы в значительной степени зависит обрывность нитей в ткачестве.

Основным показателем качества технологического процесса снования является создание равномерного и одинакового по величине натяжения всех основных нитей.

При увеличении натяжения показатели свойств используемых нитей ухудшаются, в то же время при недостаточном натяжении нитей получают паковку с недостаточной плотностью намотки. В результате неравномерности натяжения может нарушиться форма паковки, на ней образуются выпуклости и впадины, что приводит к увеличению обрывности в ткачестве.

Колебания в натяжении нитей особенно отрицательно сказывается при переработке

химических нитей, так как снижается их сортность из-за порока «продольная полосатость». Этот порок возникает вследствие разной окрашиваемости отдельных нитей в ткани, которая является результатом различных удлинений нитей в процессе снования.

Чтобы обеспечить эти условия при сновании, необходимо постоянно наблюдать за протеканием технологического процесса, не допускать неравномерного натяжения нитей, так как разность натяжения нитей, возникшую при сновании, невозможно устранить в дальнейшем.

Натяжение нитей при сновании имеет очень большое значение для всех последующих технологических процессов ткачества и в значительной степени определяет качество ткани. Чрезмерное натяжение нитей вызывает большую вытяжку и уменьшает упругие свойства пряжи. Вследствие этого в качестве возникает большая обрывность.

Оптимальные параметры снования определяются экспериментально и зависят от типа сновальной машины, способа снования, свойств используемых нитей и принятой технологии.

В настоящее время на текстильном предприятии ООО «Камышинский текстиль» в сновальном отделе устанавливаются партионные сновальные машины фирмы «Карл Майер», которые не только обеспечивают высокую производительность, но и качественную подготовку основных нитей.

Для обеспечения оптимального технологического режима снования пряжи, необходимо произвести исследование данного процесса, для этого в данной работе предлагается использовать в качестве методов математического моделирования технологического процесса снования – методы приближения функций. Поэтому целью данной работы является выбор наиболее эффективного метода моделирования процесса снования.

Экспериментальные исследования натяжения пряжи при проведении технологического процесса снования проводились на базе сновального отдела ООО «Камышинский текстиль». Объектом исследования выбрана хлопчатобумажная пряжа (табл. 1) линейной плотностью 29 текс, перематываемая на сновальной машине «Карл Майер».

Таблица 1

Техническая характеристика исследуемой пряжи

Наименование показателя	Значение
Вид волокна	Хлопок
Номинальная линейная плотность пряжи, текс	29
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	11,9
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	13,8
Показатель качества (не менее)	0,88

При проведении экспериментальных исследований для получения диаграмм натяжения нитей при сновании хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью 29 текс на сновальной машине «Карл Майер» была установлена скорость снования 350 метров в минуту.

В качестве методов математического моделирования технологического процесса снования применялись математические модели, полученные при использовании методов приближения функций [1]:

- интерполяционный полином Стирлинга;
- интерполяционный полином Лагранжа;
- интерполяционный полином Ньютона;
- интерполяционный полином Бесселя;
- тригонометрический полином Фурье.

Для получения значений натяжения нитей при переработке их на сновальной машине фирмы «Карл Майер» использовалась экспресс-диагностическая установка «ТТП-2008», разработанная на кафедре «Технология текстильного производства» КТИ (филиал) ВолгГТУ. Эта установка позволяет

получить тензограмму натяжения нитей и экспортировать её в цифровом виде на ПЭВМ и впоследствии производить с этими данными необходимые математические манипуляции.

На сновальной машине в динамических условиях исследовалось натяжение нитей в различных зонах сновальной машины: по высоте, по ширине и по глубине заправки.

Схема расположения точек на рамке сновальной машины фирмы «Карл Майер», в которых проводились измерения натяжения нитей основы линейной плотностью 29 текс при помощи экспресс-диагностического прибора «ТТП-2008», представлена на рис. 1.

Методика проведения измерения натяжения следующая:

1. Устанавливаем датчик в месте измерения натяжения (рис. 1).

2. Заправляем нити в датчик так, чтобы они проходили над балочкой и под боковыми гранями, на которых закреплен упругий элемент.

3. Запускаем программу обработки и записи данных, получаемых во время проведения измерений.
4. Запускаем оборудование.
5. Производим запись результатов измерения.
6. По полученным данным на ЭВМ строим тензограммы с помощью програм-

мы MS Excel (пример полученной в результате исследования диаграммы представлен на рис. 2).

В среде программирования Mathcad были разработаны автоматизированные методы моделирования технологических процессов ткацкого производства с использованием интерполяционных полиномов [2–5].



Рис. 1. Точки на рамке сновальной машины фирмы «Карл Майер», в которых проводились измерения натяжения нитей основы линейной плотностью 29 текс

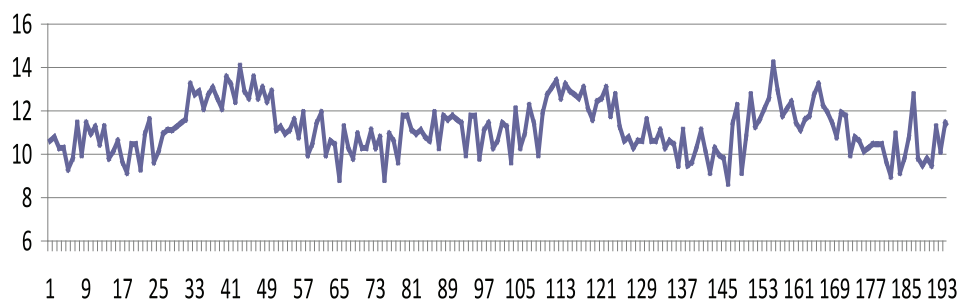


Рис. 2. Диаграмма изменения натяжения нитей основы линейной плотностью 29 текс на сновальной машине фирмы «Карл Майер» (опыт в точке 1)

Экспериментальные данные натяжения нитей, с использованием этих программ, преобразованы в математические модели. Для сравнительного анализа эффективности использования полученных математических моделей был использован метод оценки повреждаемости нитей за один цикл нагружения для различных технологических процессов на основе теории длительной прочности Москвитина.

Для оперативного расчёта повреждаемости нитей был разработан алгоритм автоматизированного расчета повреждаемости нитей для различных технологических процессов, который содержит следующие процедуры [6]:

1. Ввод исходных данных (значения натяжения нити за цикл нагружения нити, полученные с помощью тензометрической

установки при различных технологических процессах, эмпирические коэффициенты  $B$  и  $b$ , полученные из опытов на длительную прочность, а параметр  $m$  – на разрывной машине с постоянной скоростью нагружения для различных нитей).

2. Получение математической модели зависимости натяжения нитей от времени нагружения.

3. Расчет повреждаемости нитей за один цикл нагружения для различных технологических процессов на основе теории длительной прочности Москвитина.

В результате расчётов были получены значения коэффициентов повреждаемости пряжи линейной плотностью 29 текс, перематываемой на сновальной машине фирмы «Карл Майер» за один цикл нагружения, представленные в табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициентов повреждаемости пряжи линейной плотностью 29 текс на сновальной машине СП-140

№ п/п	Фурье		Лагранжа		Бесселя		Ньютона		Стирлинга	
	$h$	ошибка	$h$	ошибка	$h$	ошибка	$h$	ошибка	$h$	ошибка
1	0,27	4,021	0,32331	0,36246	0,32437	0,36937	0,32255	0,45142	0,32433	1,3005
2	0,272	7,572	0,28173	1,97141	0,27799	2,41912	0,28131	2,45346	0,27795	1,97141
3	0,275	4,485	0,24183	12,6733	0,25177	10,7056	0,25523	12,0306	0,25618	12,6733
4	0,269	5,359	0,25794	7,75552	0,26087	6,2518	0,25241	7,50767	0,26333	7,96347
5	0,27	9,37	0,32836	1,8997	0,32336	2,15201	0,33077	1,78709	0,32452	1,98661
6	0,266	5,153	0,32225	1,90151	0,31954	2,53196	0,32458	2,10726	0,31936	2,76821
7	0,269	6,85	0,30268	1,49562	0,30665	1,92152	0,29176	1,88786	0,30708	1,49562
8	0,257	5,65	0,28603	5,1235	0,28764	5,1235	0,27876	4,54499	0,29042	5,16978
9	0,26	3,689	0,28701	6,93505	0,29531	7,5824	0,28841	6,6781	0,29582	6,93505
10	0,277	6,065	0,23811	2,4192	0,23837	2,83999	0,24167	2,90808	0,23988	3,06674
11	0,259	5,29	0,33294	2,72774	0,32496	2,89393	0,3345	2,35886	0,3245	3,27077
12	0,266	6,606	0,30409	6,91952	0,31719	6,64719	0,31738	6,36402	0,31392	7,25146
13	0,274	8,686	0,24571	14,2768	0,26174	14,4493	0,24868	14,4073	0,26232	14,2768
14	0,261	4,638	0,30046	4,67952	0,30901	4,67952	0,29913	4,6818	0,30825	4,69552
15	0,271	5,645	0,30286	1,89054	0,3025	1,93412	0,30284	1,93443	0,30062	1,97217
16	0,27	4,899	0,30222	3,52855	0,30846	4,00811	0,30153	2,03736	0,3092	3,52855
17	0,269	5,789	0,29045	4,35624	0,30464	4,5634	0,31206	3,79361	0,30514	4,35624
18	0,268	5,384	0,32712	3,96552	0,31801	3,96552	0,32278	4,18652	0,31708	4,47807
19	0,26	4,283	0,31385	5,56299	0,31017	5,88913	0,31513	5,14775	0,30593	5,49669
20	0,27	4,492	0,22864	5,24157	0,24571	7,42195	0,23915	4,87863	0,24298	5,85914
21	0,273	5,41	0,29082	3,20988	0,29527	3,48885	0,27818	3,11706	0,2956	3,20988
22	0,273	6,399	0,29805	1,59836	0,29864	1,5007	0,30038	1,50312	0,299	1,77455
23	0,269	3,285	0,22407	11,5394	0,25386	11,5394	0,24723	9,72733	0,25649	10,0557
24	0,269	7,551	0,31729	4,42158	0,31426	4,42161	0,30715	4,33802	0,3142	4,42158
25	0,265	5,792	0,30384	5,3878	0,29809	7,75007	0,30514	5,58553	0,29855	5,50929
26	0,277	4,763	0,28068	4,68695	0,28783	4,65991	0,2784	4,89863	0,28767	4,68695
27	0,268	13,505	0,25158	8,58947	0,26735	9,30351	0,26362	7,63606	0,26768	8,58947
28	0,272	5,27	0,32465	1,68215	0,32515	1,83803	0,32176	1,71887	0,32518	2,56523
29	0,265	5,878	0,31977	2,47345	0,32442	4,68598	0,33033	2,98362	0,3253	2,47345
30	0,272	3,777	0,30595	2,1132	0,30672	2,17205	0,32292	3,21759	0,30677	2,1132
31	0,27	6,935	0,27717	7,76156	0,27192	7,72881	0,2749	7,99694	0,27162	7,981

В результате расчёта коэффициентов повреждаемости перематываемой на сновальной машине хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью 29 текс на основе использования теории длительной прочности Москвитина в динамических условиях работы сновальной машины по высоте, ширине и глубине заправки было установлено, что наибольшую повреждаемость по ширине заправки имеют нити, сматываемые с боковых крайних бобин шпулярика (коэффициент повреждаемости составляет 0,277), наибольшую повреждаемость по высоте заправки имеют нити, сматываемые с верхних и нижних крайних бобин шпулярика (коэффициент повреждаемости составляет 0,273), наименьшую повреждаемость испытывают нити, сматываемые с бобин средне-

го ряда (коэффициент повреждаемости составляет 0,257), разница между значениями коэффициентов составляет 0,02.

Исследования, проведенные на кафедре ткачества МГТУ им. А.Н. Косыгина [7], показали, 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);

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

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

В результате проведенных исследований было установлено, что при осуществлении технологического процесса снования хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью 29 текс на сновальной машине фирмы «Карл Майер» на ООО «Камышинский Текстиль» процесс сматывания нити с бобин среднего ряда протекает в спокойных условиях, а сматывание с бобин крайних рядов осуществляется в довольно напряженных условиях. Поэтому рекомендуется для выравнивания натяжения нитей при сновании

хлопчатобумажной пряжи в последних рядах шпулярника отрегулировать вес грузовых шайб натяжных приборов.

Для сравнительного анализа эффективности использования различных интерполяционных полиномов при оценке повреждаемости нитей был произведен расчёт средней квадратической ошибки значений функции, построенных на основе экспериментальных данных и данных математических моделей, полученных различными методами приближения функций, представленной в табл. 3.

**Таблица 3**

Сравнительный анализ значений средней квадратической ошибки значений функции, построенных на основе экспериментальных данных и данных математических моделей, полученных различными методами приближения функций

Наименование метода приближения функций				
Метод приближения функций по Фурье	Метод приближения функций по Лагранжу	Метод приближения функций по Бесселю	Метод приближения функций по Ньютону	Метод приближения функций по Стирлингу
5,887	4,811	5,079	4,673	4,964

Таким образом, сравнительный анализ применения различных методов приближения функций для оценки степени повреждаемости нитей при сновании показал, что наиболее точно описывает технологический процесс метод с использованием интерполяционного полинома Ньютона.

**Выводы**

1. Проведён эксперимент по определению натяжения хлопчатобумажной пряжи при проведении технологического процесса снования на партионной сновальной машине фирмы «Карл Майер».
2. Разработаны автоматизированные методы моделирования технологических процессов ткацкого производства с использованием интерполяционных полиномов в среде программирования Mathcad.
3. Сравнительный анализ применения различных методов приближения функций для оценки степени повреждаемости нитей при сновании показал, что наиболее точно данный технологический процесс описывает метод с использованием интерполяционного полинома Ньютона.

**Список литературы**

1. Назарова М.В. Эффективность использования различных полиномов при исследовании натяжения нитей по

переходам ткацкого производства // Известия вузов «Технология текстильной промышленности». – 2007. – № 2. – С. 48–50.

2. Назарова М.В., Березняк М.Г. Использование математического метода приближения функций с применением полинома Бесселя при анализе технологических процессов ткацкого производства // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 12. – С. 91–93.

3. Назарова М.В., Березняк М.Г. Полином Ньютона – как метод математического моделирования натяжения нитей в ткачестве // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 12. – С. 80–81.

4. Назарова М.В., Березняк М.Г. Разработка автоматизированного метода приближения функций с использованием полинома Лагранжа для описания технологического процесса ткачества // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 12. – С. 90–91.

5. Назарова М.В., Романов В.Ю. Исследование эффективности использования тригонометрических рядов для моделирования напряженно-деформируемого состояния основных нитей на ткацком станке // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 10. – С. 77–78.

6. Назарова М.В., Романов В.Ю. Оценка напряжённости процесса шлихтования хлопчатобумажной пряжи // Известия вузов «Технология текстильной промышленности». – 2013. – № 5. – С. 60–64.

7. Николаев С.Д. Прогнозирование технологических параметров изготовления тканей заданного строения и разработка методов их расчета: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1988. – 469 с.

8. Романов В.Ю., Назарова М.В. Разработка оптимальных технологических параметров перематывания пряжи в среде программирования MathCAD // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 12. – С. 85–88.