

УДК 677.021.28

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕРМООБРАБОТКИ КОМБИНИРОВАННОЙ ВЫСОКОУСАДОЧНОЙ НИТИ

**Н.Н. Ясинская, В.И. Ольшанский, А.Г. Коган**  
УО «Витебский государственный  
технологический университет»

Одной из главных проблем, стоящих перед текстильными предприятиями, является разработка нового ассортимента текстильных изделий, при производстве которых возможно максимально использовать новые виды сырья. Разработанные в последнее время комплексные полиэфирные высокоусадочные нити [1] позволяют получать ткани и трикотажные изделия с новыми потребительскими свойствами. Характерной особенностью таких нитей является высокий уровень линейной усадки (50-60% при 100°C). Большой интерес представляет соединение высокоусадочных полиэфирных нитей с низкоусадочными натуральными и химическими волокнами, что существенно расширяет технологические возможности их переработки и область применения.

На кафедре прядения натуральных и химических волокон Витебского технологического университета разработана технология получения комбинированной высокоусадочной нити линейной плотности 20-100 текс на кольцепрядильной машине. Комбинированная высокоусадочная нить состоит из стержневой высокоусадочной полиэфирной нити, покрытой натуральными или химическими волокнами. С целью повышения объемности комбинированная высокоусадочная нить проходит термообработку горячим воздухом на терморелаксационной установке.

Исследование усадки комбинированной высокоусадочной нити при термообработке позволяет разделить процесс на три стадии: прогревание нити и расфиксация первоначальной структуры, образование новых межмолекулярных связей, фиксация новой структуры.

Механизм процесса усадки достаточно подробно исследован при изучении термообработки моноплетей [2]. Установлено, что продолжительность процесса для достижения равновесного значения усадки определяется продолжительностью стадии образования новых межмолекулярных связей и зависит от температуры. При термообработке комбинированных нитей лимитирующей стадией процесса усадки является прогревание нити. Поэтому возникает необходимость исследовать распределение температуры по толщине комбинированной нити и определить оптимальную продолжительность процесса термообработки, необходимую для прогревания центральной части нити и достижения равновесного значения усадки.

Несмотря на сложность процесса тепловой обработки высокоусадочной нити, состоящей из двух различных по своим свойствам компонентов, его можно проанализировать на основе общих законов теплопередачи.

Теплообмен между оболочкой и средой происходит по закону Ньютона [3] согласно которому количество тепла  $dQ$ , получаемое поверхностью нити  $dF$  за время  $d\tau$  прямо пропорционально площади поверхности нити и разности температуры горячего воздуха и нити:

$$dQ = \alpha * dF * (T_c - T_n) * d\tau \quad (1)$$

где  $dQ$  - количество тепла, переданное от среды к нити в единицу времени;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи;

$dF$  - площадь поверхности нити;

$T_c$  - температура воздуха в термокамере;

$T_n$  - температура нити;

$d\tau$  - продолжительность нагревания.

Поскольку комбинированная нить находится в скрученном состоянии и волокно покрытия равномерно покрывает полиэфирную высокоусадочную нить, ее можно представить в виде системы двух бесконечных цилиндрических тел.

В начальный момент времени такая система имеет одинаковую начальную температуру  $T_0$ . Комбинированная высокоусадочная нить помещается в среду сухого горячего воздуха с температурой  $T_C > T_0$ . Теплообмен между поверхностью нити и окружающей средой происходит одинаково по всей поверхности. Температура нити зависит только от продолжительности нагревания  $\tau$  и соотношения радиусов  $R_2$  (радиус комбинированной нити, м) и  $R_1$  (радиус стержневой высокоусадочной нити, м). С учетом сформулированных условий и ограничений, можно записать в цилиндрических координатах [3].

$$\frac{dT_1}{d\tau} = a_1 \left( \frac{d^2 T_1}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dT_1}{dr} \right) (\tau) 0; 0 \leq r \leq R_1 \quad (2)$$

$$\frac{dT_2}{d\tau} = a_2 \frac{d^2 T_2}{dr^2} (\tau) 0; R_1 \leq r \leq R_2 \quad (3)$$

$$T_1(r, 0) = T_2(r, 0) = T_0 = const \quad (4)$$

$$T_1(R_1\tau) = T_2(R_1\tau); \lambda_1 \frac{dT_1(R_1\tau)}{dr} = \lambda_2 \frac{dT_2(R_2\tau)}{dr} \quad (5)$$

$$T_1(0, \tau) \times \infty; -\lambda_2 \frac{dT_2(R_2\tau)}{dr} + \alpha [T_C - T_2(R_2\tau)] = 0 \quad (6)$$

Используя указанные ограничения и выполнив соответствующие преобразования Лапласа, получаем окончательное решение в виде:

$$\theta = \frac{T_2(r, \tau) - T_0}{T_C - T_0} = 1 - \left[ \begin{array}{l} \cos \left( 2,4 K_a^{1/2} \left( \frac{R_1}{R_2} - 1 \right) \right) - K_\Sigma 0,52 \\ \sin \left( 2,4 K_a^{1/2} \left( \frac{R_1}{R_2} - 1 \right) \right) \end{array} \right] e^{-2,4^2 F_0} \quad (7)$$

где  $\theta$  – безразмерная температура.

Из полученного уравнения (7), характеризующего изменение температуры по толщине комбинированной высокоусадочной нити, определяем температуру прогрева нити в любой промежуток времени.

$$T_2(r, \tau) = T_0 + (T_C - T_0) * \theta \quad (8)$$

$$T_2(r, \tau) = T_0 + (T_C - T_0) * \left[ 1 - \left( \cos \left( 2,4 K_a^{1/2} \left( \frac{R_1}{R_2} - 1 \right) \right) - K_\Sigma 0,52 \sin \left( 2,4 K_a^{1/2} \left( \frac{R_1}{R_2} - 1 \right) \right) \right) \right] e^{-5,76 Fo} \quad (9)$$

где  $K_a = a_1/a_2$  - критерий, характеризующий теплоинерционные свойства волокон покрытия относительно стержневой полиэфирной высокоусадочной нити;

$a_1, a_2$  - коэффициент температуропроводности стержневой высокоусадочной нити и волокон покрытия,  $a = \lambda/C\rho$ ,  $m^2/c$ ;

$\lambda_1, \lambda_2$  - коэффициент теплопроводности стержневой высокоусадочной нити и волокон покрытия,  $Вт/м^*град$ ;

$C_1, C_2$  - удельная теплоемкость стержневой высокоусадочной нити и волокон покрытия,  $Дж/кг^*К$ ;

$\rho_1, \rho_2$  - плотность стержневой высокоусадочной нити и волокон покрытия,  $кг/м^3$ ;

$K_\Sigma = K_\lambda / \sqrt{K_a}$  - критерий, характеризующий тепловую активность стержневой высокоусадочной нити по отношению к волокнистой оболочке покрытия;

$K_\lambda = \lambda_1/\lambda_2$  - критерий, характеризующий относительную теплопроводность комбинированной высокоусадочной нити;

$Fo = a_2\tau/R_2^2$  - критерий Фурье для волокнистой оболочки;

По приведенной выше формуле, используя математическую систему MapleV, рассчитаны значения температуры и построена графическая зависимость распределения температуры по толщине хлопколавсановой высокоусадочной нити линейной плотности 40 текс (рис. 1) в зависимости от времени  $\tau$ .

На полученных графических зависимостях можно выделить следующие участки, характеризующие прогревание комбинированной высокоусадочной нити. Участок АВ характеризуется прогреванием внешней оболочки нити тепловым потоком. Перенос тепла осуществляется конвекцией. При этом температура центральной части комбинированной высокоусадочной нити за время  $\tau_1$  достигает значения  $T_{c1}$ . Далее тепловой поток проникает через хлопковое покрытие и пограничный слой (участок ВС), температура центральной части нити за промежуток времени  $\tau_2$  равна  $T_{c2}$ . Третий период описывается участком CD, на котором происходит переход теплового потока к стержневой высокоусадочной нити и к моменту времени  $\tau_4$  происходит выравнивание температуры среды с температурой центральной части нити  $T_{c4} = T_C$ .

Экспериментальные данные зависимости усадки комбинированной высокоусадочной нити от продолжительности процесса термообработки представлены на рис. 2. Сопоставление времени  $\tau_2$ , определенного экспериментально, и времени  $\tau_4$ , рассчитанного по формуле (9), показывают хорошую сходимость результатов, что подтверждает правильность принятых граничных условий (2-6) и допущений (1). Как видно, усадка достигает своего равновесного значения к моменту прогревания центральной части высокоусадочной нити до температуры воздуха в термокамере  $T_C$ .

Таким образом, полученное уравнение (9) позволяет для комбинированных высокоусадочных нитей классического способа формирования любого сырьевого состава и процентного содержания

компонентов, линейной плотности 20-100текс решать две задачи:

определение температуры внутри комбинированной нити в любой промежуток времени;

определение оптимальной продолжительности процесса термообработки комбинированной высокоусадочной нити для достижения равновесного значения усадки.

Список использованных источников

1. Титова С.П. Физическая модификация полиэфирных нитей для создания новых видов полотен и тканей: Автореф. Дис. ...канд. техн. наук: 05.19.03 / Моск. гос. текст. академия. – Москва, 1997. – 15 с.
2. Перепелкин К.Е. Физико-химические основы процессов формования химических волокон. М.: ХИМИЯ, 1978. – 320 с.
3. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа. 1967. – 383с.

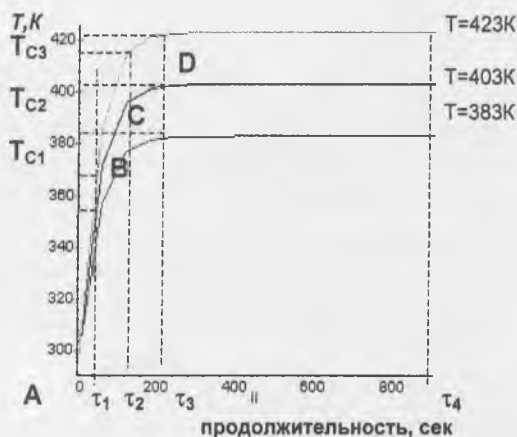
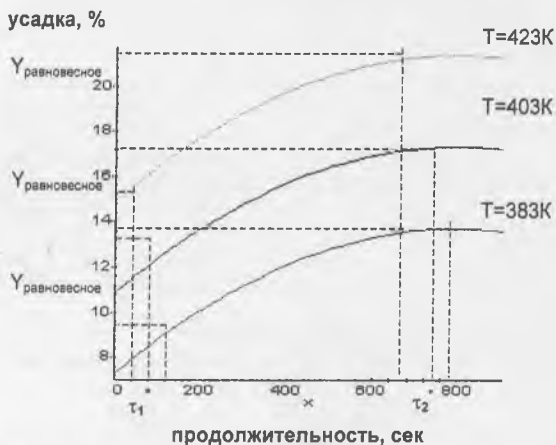


Рисунок1 - Зависимость температуры прогрева от продолжительности процесса термообработки

Рисунок 2. - Экспериментальная зависимость усадки от продолжительности



## Аннотация

Приведены результаты теоретического исследования зависимости температуры внутри нити от продолжительности процесса термообработки на основе общих законов теплопередачи и экспериментального исследования зависимости усадки комбинированной высокоусадочной нити от продолжительности процесса термообработки. Получена формула, которая позволяет для комбинированных высокоусадочных нитей классического способа формирования, любого сырьевого состава и процентного содержания компонентов, линейной плотности 20-100текс решать две задачи:

1. определение температуры внутри комбинированной нити в любой промежуток времени;
2. определение оптимальной продолжительности процесса термообработки комбинированной высокоусадочной нити для достижения равновесного значения усадки

## Summary

The results of theoretical research of temperature inside yarn dependence on heat treatment duration are given on the basis of the general laws of heat transfer and experimental research of combined yarn truncation dependence on heat treatment duration. The formula is received which allows for combined yarn of the classical technology, for any kinds of raw materials and percentage of components, with the linear density 20-100 Tex to decide two tasks:

1. the definition of temperature inside the combined yarn during any time interval;
2. the definition of optimum heat treatment duration of combined yarn for achievement of equilibrium meaning truncation.

УДК 577.026.4: 677.11.08

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА  
СМЕШИВАНИЯ ОТХОДОВ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА ПРИ  
ПРОИЗВОДСТВЕ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Т.А. Мачихо**

*УО «Витебский государственный  
технологический университет»*

Исследованиями фирмы David Rigby Associates (Великобритания) прогнозируется, что мировое потребление нетканых материалов производственно-технического назначения достигнет в 2010г 6,3 млн. метров (25 млрд. долларов США). Среднегодовой темп прироста их составит 5% против 3,5% для текстильных материалов технического назначения в целом. В связи с ростом потребления, возрастает необходимость бережно и рационально подходить к использованию сырьевых ресурсов. Доля волокнистого сырья из отходов легкой промышленности, а также отходов производства химических волокон и нитей, применяемых для изготовления нетканых материалов, постоянно увеличивается. Технологические отходы и вторичные материальные ресурсы (ВМР) составляют около 25% всего перерабатываемого в мире текстильного сырья. Это огромные резервы, которые можно использовать для производства текстильных изделий. Регенерированные волокна обычно имеют более низкое качество по сравнению с базовыми. Они содержат большое количество коротких волокон, неразработанных концов нитей, клочков, узелков. Поэтому необходимо дальнейшее совершенствование технологического процесса производства нетканых материалов, в частности такого этапа, как смешивание.

Основной задачей подготовки волокнистых отходов к смешиванию является разрыхление волокнистой массы с целью наиболее полной очистки от сорных примесей.