

УДК 677.054:658.310.3

Н19

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ПЕРЕМАТЫВАНИЯ С УЧЕТОМ ИХ ВЯЗКОУПРУГИХ ПАРАМЕТРОВ

Назарова М.В.

*Камышинский технологический институт (филиал)  
Волгоградского государственного технического университета,  
Камышин, Россия*

**В статье приведены результаты научно-исследовательской работы по расчету оптимального натяжения нитей или пряжи в процессе технологического процесса перематывания с учетом их вязкоупругих параметров. По полученным экспериментальным данным вязкоупругих параметров нитей проведен расчет натяжения нитей по упругой и вязкоупругой модели с учетом фактора времени.**

**Анализ данных расчета натяжения лавсановой и хлопчатобумажной нитей позволяет сделать вывод о том, что расчеты натяжения нитей по упругой и вязкоупругой модели отличаются на значительную величину, следовательно, для точности расчетов оптимального натяжения нитей или пряжи в технологическом процессе перематывания целесообразно использовать формулу натяжения нити, которая учитывает функцию влияния времени.**

Технологический режим выработки тканей состоит из комплекса взаимосвязанных между собой процессов. Особые требования предъявляются к процессам подготовки нитей к ткачеству, одним из которых является технологический процесс перематывания нитей или пряжи на паковку.

Целью технологического процесса перематывания является создание паковки, обеспечивающей проведение последующей технологической операции с наибольшей производительностью и контроль толщины нити с частичным удалением мелких пороков пряжи (сор, шишк, узелки).

Сущность процесса перематывания заключается в последовательном наматывании на мотальную паковку под определенным натяжением пряжи с прядильных початков или мотков, соединяемой узлами. При этом к процессу перематывания предъявляются следующие требования:

- не должны ухудшаться физико-механические свойства пряжи;
- строение намотки должно обеспечивать мягкость схода пряжи при сновании;
- на паковке должна вмещаться нить максимальной длины;
- натяжение пряжи должно быть равномерным на всех точках паковки;
- соединение концов пряжи при ликвидации обрывов и сходе ее с паковки должно осуществляться прочным узлом, легко проходящим через устройства машин и станков и не ухудшающим вид ткани;
- производительность процесса перематывания нитей должна быть максимальной, а угары минимальными.

Технологический режим процесса перематывания организуется так, чтобы пряжа как можно меньше подвергалась вытяжке, не портилась внешняя поверхность пряжи и натяжение нитей должно быть умеренным.

Для получения заданной технологической плотности намотки нитей на бобине, требуемого натяжения нити при перематывании ее со шпули или початка мотальных машин оборудуют специальными натяжными приборами. Для обеспечения правильной работы натяжных приборов мотальных машин производится расчет оптимального натяжения нитей или пряжи.

Но существующие методы расчета натяжения нитей в процессе перематывания не учитывают реальных свойств нитей. В последних работах, проведенных в

МГТА профессорами Николаевым С.Д. и Щербаковым В.П. и их учениками, показано, что при расчете напряженно-деформированного состояния нитей необходимо учитывать их вязкоупругие параметры. Так как для нитей зависимость между напряжением и деформацией включает время, поэтому для описания процессов деформирования нитей используем теорию наследственной вязкоупругости, разработанную Л. Больцманом и В. Вольтерром. Математически зависимость между напряжением и деформацией имеет вид:

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma(t)}{E} + \frac{1}{E} \int_0^t K(t-\tau) \sigma(\tau) d\tau \quad (1)$$

$$\sigma(t) = E\varepsilon(t) - E \int_0^t \tau(t-\tau) \varepsilon(\tau) d\tau \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  - деформация нитей;

$\sigma$  - напряжение нитей;

$E$  - мгновенный модуль упругости;

$t$  - время наблюдения;

$\tau$  - время, предшествующее моменту наблюдения;

$K(t-\tau)$  - функция влияния;

$\tau(t-\tau)$  - функция влияния.

Анализ поведения текстильных нитей показал, что при времени близком к нулю

$\frac{d\varepsilon}{dt} \rightarrow \infty$        $\frac{d\sigma}{dt} \rightarrow -\infty$   
при  $\sigma = \text{const}$ ;      , а при  $\varepsilon = \text{const}$  .

Этот факт позволяет выбирать в качестве функций влияния и сингулярные функции.

При решении многочисленных задач в качестве функций влияния используется экспоненциальное ядро. Но эти функции не описывают хорошо процессы в начальный период, где принимают конечное значение. В вышеперечисленных работах хорошие результаты дают слабосингулярное ядро Ржаницына А.Р.  $\tau(t)$  и его резольвента  $K(t)$ , полученная Колтуновым М.А.

Они имеют вид:

$$\tau(t) = A e^{-\beta t} t^{\alpha-1} \quad (0 < \alpha < 1; \beta > 0) \quad (3)$$

$$K(t) = \frac{e^{-\beta t}}{t} \sum \frac{[A \Gamma(\alpha)]^n}{\Gamma(n\alpha)} \quad (4)$$

где  $A, \alpha, \beta$  - параметры материала.

Для определения параметров А,  $\alpha$ ,  $\beta$  и мгновенного модуля упругости Колтунов М.А. разработал довольно точный метод логарифмических совмещений. Особенностью функций  $t(t)$  и  $K(t)$  является сложность взятия от них интегралов. Метод логарифмических совмещений удачно использовал в своей работе профессор Щербаков В.И. Однако этот метод довольно трудоемок.

Для приближенных расчетов профессор Николаев С.Д. предложил следующие формулы:

$$t_1^\alpha (\sigma_2 - \sigma_3) - t_2^\alpha (\sigma_1 - \sigma_3) + t_3^\alpha (\sigma_1 - \sigma_2) = 0 \quad (5)$$

$$E = \frac{\sigma_1 \alpha (\alpha + 1)}{\varepsilon \left[ (\alpha + 1)\alpha - A t_1^\alpha \right]} \quad (6)$$

$$A = \frac{\alpha (\alpha + 1)(\sigma_1 - \sigma_2)}{\sigma_1 (\alpha + 1) \left( t_2^\alpha - t_1^\alpha \right) + (\sigma_1 - \sigma_2) t_1^\alpha} \quad (7)$$

$$\beta = \frac{\sigma_4 - \sigma_1 + EA \varepsilon \left( \frac{t_4^\alpha - t_1^\alpha}{\alpha} \right)}{EA \varepsilon \left( \frac{t_4^{\alpha+1} - t_1^{\alpha+1}}{\alpha + 1} \right)} \quad (8)$$

Экспериментальные данные вязкоупругих параметров лавсановой, комплексной и хлопчатобумажной нитей получены из анализа кривых релаксации напряжения, полученных на универсальной разрывной машине ФП - 10. Доказано, что  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ , необходимо брать в пределах  $0 \leq t \leq 0,5$  минут, а  $t_4$  в пределах  $0,5 \leq t < 1$ .

Расчет проведен на ПЭВМ, использована программа "Evreka".

Данные расчета сведены в таблицу 1.

**Таблица 1.** Вязкоупругие параметры нитей

	$\alpha$	A	$\beta$	E, кг/мм <sup>2</sup>
X/б нить	0,106	0,0366	0,276	144,85
Лавсановая	0,070	0,0326	0,451	853,04
Комплексная	0,099	0,0383	0,467	409,90

По полученным данным вязкоупругих параметров нитей проведен расчет натяжения нитей по упругой и вязкоупругой модели с учетом фактора времени.

Натяжение нити по упругой модели определяем по формуле:

$$F = \sigma_y \cdot S \cdot 100$$

где  $\sigma_y$  - напряжение нити, кг/мм<sup>2</sup>;

S- площадь поперечного сечения нити, мм<sup>2</sup>.

Напряжение нити определяем по формуле:

$$\sigma_o = E \varepsilon ; (\text{кг}/\text{мм}^2) \quad (10)$$

где  $E$  - модуль упругости нити,  $\text{кг}/\text{мм}^2$ ;

$\varepsilon$  - деформация нити, %.

В данном случае принимаем деформацию  $\varepsilon = 1\%$ .

Площадь поперечного сечения нити определяем по формуле:

$$S = \frac{0,001\pi c^2 T}{4} (\text{мм}^2); \quad (11)$$

где  $c$  - коэффициент, зависящий от волокнистого материала;

$T$  - линейная плотность нити, текс.

Конечная формула для расчета натяжения нити по упругой модели имеет следующий вид:

$$F_o = \frac{\pi \varepsilon E \tilde{n}^2 T}{4} (\text{н}); \quad (12)$$

Формула натяжения нити по вязкоупругой модели имеет следующий вид:

$$F_{\hat{o}} = F_o \left[ 1 - \int_0^t \Gamma(\tau) d\tau \right] (\text{н}); \quad (13)$$

где  $\Gamma(\tau)$  - функция влияния, которая определяется по следующей формуле:

$$\int_0^t \Gamma(\tau) d\tau = A \left( \frac{t^\alpha}{\alpha} - \frac{\beta t^{\alpha+1}}{\alpha+1} \right) \quad (14)$$

Тогда формула натяжения нити по вязкоупругой модели выглядит следующим образом:

$$F_{\hat{o}} = \frac{1}{4} \pi \varepsilon E \tilde{n}^2 T \left[ 1 - A \left( \frac{t^\alpha}{\alpha} - \frac{\beta t^{\alpha+1}}{\alpha+1} \right) \right] \quad (15)$$

Результаты расчетов натяжения нитей сведены в таблицы 2, 3, 4.

**Таблица 2.** Лавсановая нить

Время $t$ , с	$\Gamma(\tau)$	$F_y$	$F_b$	$\frac{F_o - F_{\hat{o}}}{F_{\hat{o}}} \cdot 100$ , %
0	0	486,23	486,23	0
0,001	0,287	486,23	346,68	40,3
0,01	0,337	486,23	322,37	50,8
0,1	0,395	486,23	294,17	65,3
0,5	0,437	486,23	273,75	77,6

**Таблица 3.** Хлопчатобумажная нить

Время $t$ , с	$\Gamma(\tau)$	$F_y$	$F_b$	$\frac{F_o - F_{\hat{a}}}{F_{\hat{a}}} \cdot 100$ , %
0	0	88,36	88,36	0
0,001	0,166	88,36	73,69	19,9
0,01	0,212	88,36	69,63	26,9
0,1	0,270	88,36	64,50	37
0,5	0,317	88,36	60,35	46,4

**Таблица 4.** Комплексная нить

Время $t$ , с	$\Gamma(\tau)$	$F_y$	$F_b$	$\frac{F_o - F_{\hat{a}}}{F_{\hat{a}}} \cdot 100$ , %
0	0	221,35	221,35	0
0,001	0,195	221,35	178,19	24,2
0,01	0,245	221,35	167,11	32,5
0,1	0,307	221,35	153,40	44,3
0,5	0,354	221,35	142,99	54,8

Анализ таблиц 2, 3, 4 позволяет сделать вывод о том, что расчеты натяжения нитей по упругой и вязкоупругой модели отличаются на значительную величину, следовательно, для точности расчетов целесообразно использовать формулу натяжения нити, которая учитывает функцию влияния.

Таким образом, установлено, что при расчете натяжения нитей при перематывании необходимо учитывать вязкоупругую природу текстильных нитей; разница в расчетах по упругой и вязко-упругой моделях составляет при времени 0,001 с для лавсановой нити - 40%, для хлопчатобумажной нити - 20%, для комплексной нити - 25%.

### THE INVESTIGATION OF A THREADS TENSION IN THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF A REWINDING INTO ACCOUNT THEM VISCOELASTIC PARAMETRES

Nazarova M.V.

*Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University,  
Kamyshin, Russia*

In the article results research engineering on calculation of an optimum tension of threads or a yarn in the technological process of a rewinding into account them viscoelastic parameters are resulted. On the received experimental data of the viscoelastic parameters of threads calculation of a threads tension is carried out on elastic and viscoelastic model into account time factor.

The analysis of the data of calculation of a lavsan, complex and cotton threads tension, allows to draw a conclusion that calculations of a threads tension on elastic and viscoelastic model differ on considerable size, hence, for accuracy of calculations of optimum threads or a yarn tension in the technological process of a rewinding it is expedient to use the threads tension formula which considers function of influence of time.