

УДК 677.022.9

**ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ НА СВОЙСТВА ПРЯЖИ
ДВУХКОНДЕНСОРНОГО (ФРИКЦИОННОГО) СПОСОБА ПРЯДЕНИЯ**

**INFLUENCE OF MAIN FACTORS ON THE PROPERTIES
OF THE YARN OF A FRICTION METHOD OF SPINNING**

*В.В. ВОЛКОВ, И.И. ПРИВАЛОВ, А.В. ИВАНОВ, Е.Ю. ЮДИНА
V.V. VOLKOV, I.I. PRIVALOV, A.V. IVANOV, E.YU. YUDINA*

**(Зареченский технологический институт (филиал ПГТА,
Пензенская государственная технологическая академия)
(Zarechensk Technological Institute (the Branch of PSTA),
Penza State Technological Academy)**

E-mail: office@zti.pgta.ru

В статье выявлены основные факторы, влияющие на свойства сформированной пряжи, и установлена аналитическая зависимость для определе-

ния натяжения одиночной пряжи в процессе формирования двухконденсорным способом при помощи энергетического подхода.

The main factors influencing on the properties of the formed yarn are revealed and analytical dependence for definition of a single yarn tension in the process of forming by a double condenser method with the help of energy approach is determined herein.

Ключевые слова: формирование пряжи, двухконденсорный способ, энергетический баланс, аналитическая зависимость.

Keywords: yarn forming, a double condenser method, energy balance, analytical dependence.

Способ двухконденсорного формирования пряжи известен как наиболее производительный из всех реализованных на практике способов прядения [1]. Сущность его заключается в подаче дискретного потока волокон в зону формирования пряжи – клиновидный зазор между двумя вращающимися в одноименном направлении прядильными конденсорами с последующим выпуском готовой пряжи.

Оптимизация скоростных режимов производилась при получении армированной пряжи с комплексными синтетическими нитями в качестве сердечника [2], [3]. Однако преимущества двухконденсорного способа прядения, если сравнивать его с пневмомеханическим роторным способом, в полной мере должны проявиться при выработке традиционной одиночной пряжи.

Наряду с преимуществом в производительности двухконденсорный способ прядения имеет существенный недостаток – частые обрывы одиночной пряжи при выводе ее из зоны формирования. Для устранения указанного недостатка применим энергетический подход к процессу формирования пряжи, который ранее успешно применялся для анализа механики комплексной нити [4].

Достоинством энергетического метода в сравнении с методом исследования натяжения нити как механической системы является упрощение математического анализа, так как энергия является скалярной величиной, а напряжение – тензорной.

Поэтому появляется возможность учесть большее число факторов, влияющих на свойства пряжи.

Применение энергетического метода основано на законе сохранения энергии, который может быть сформулирован следующим образом: при переходе упругого тела (пряжи) под влиянием какой-либо нагрузки из недеформированного состояния в деформированное уравновешенное состояние суммарная работа, произведенная в этом процессе внешними и внутренними силами, равна нулю.

$$W + W_{\text{внут}} = 0, \quad (1)$$

где W – работа внешних сил (положительная при нагружении); $W_{\text{внут}}$ – работа внутренних сил (отрицательная при нагружении). Учитывая, что $W_{\text{внут}} = -U$, уравнение (1) заменяется равенством:

$$W=U, \quad (2)$$

где U – потенциальная энергия деформации.

Закон сохранения механической энергии справедлив при упругих деформациях, то есть подчиняющихся закону Гука. Поэтому принято допущение, состоящее в отсутствии пластических деформаций элементов пряжи при анализе состояния формируемой пряжи в короткий период времени Δt .

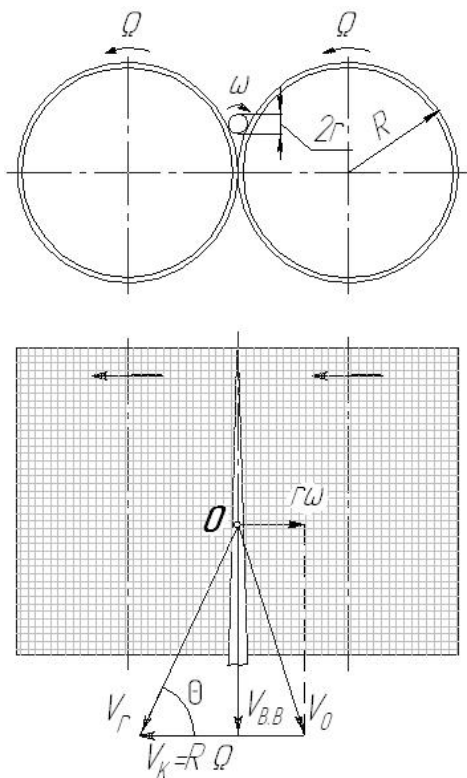


Рис. 1

В качестве исходной базы для анализа используем точку O на поверхности формируемой пряжи (рис. 1 – схема формирования пряжи двухконденсорным способом), которая движется с абсолютной скоростью V_0 . Согласно схематичному изображению вида сверху прядильного устройства (нижняя часть рис.1) справедливо следующее равенство:

$$V_0 = \sqrt{V_{B,B}^2 + (r\omega)^2}, \quad (3)$$

где $V_{B,B}$ – скорость выпуска пряжи (выпускных валиков); произведение $r\omega$ – линейная скорость поверхности формирующейся пряжи на ее радиусе r , являющимся эффективным радиусом конуса волокнистой ленточки.

Угловая скорость вращения ω , рад/с, может быть выражена следующим выражением:

$$\omega = \frac{\pi V_{B,B} K}{30}, \quad (4)$$

где $V_{B,B}$ – скорость выпуска, м/мин; K – число кручений на один метр пряжи.

Абсолютная скорость V_K точки на прядильном конденсоре, находящемся в контакте со скручиваемой пряжей, определяется равенством:

$$V_K = R\Omega, \quad (5)$$

где R – радиус конденсора; Ω – угловая скорость конденсора.

Определим величину и направление скорости V_r , являющейся относительной скоростью поверхности пряжи и конденсора в исходной общей точке O . С учетом показанных на рис. 1 векторов скоростей \vec{V}_0 и \vec{V}_K будет справедливо следующее равенство:

$$\vec{V}_r = \vec{V}_0 + (-\vec{V}_K). \quad (6)$$

Из того же рисунка следует:

$$V_r = \sqrt{(R\Omega - r\omega)^2 + V_{B,B}^2}. \quad (7)$$

Очевидно, что направление силы трения, определяемое углом θ , может быть рассчитано по любому из следующих выражений:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \theta &= \frac{V_{B,B}}{R\Omega - r\omega}, \\ \sin \theta &= \frac{V_{B,B}}{\sqrt{(R\Omega - r\omega)^2 + V_{B,B}^2}}, \\ \cos \theta &= \frac{R\Omega - r\omega}{\sqrt{(R\Omega - r\omega)^2 + V_{B,B}^2}}. \end{aligned} \quad (8)$$

В реальных условиях формирования пряжи линейная скорость поверхностей конденсоров значительно больше окружной скорости поверхности пряжи (в 10 раз и более). По этой причине, с учетом незначимости влияния компонента $r\omega$, получим:

$$V_r = \sqrt{R^2\Omega^2 + V_{B,B}^2}, \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \theta &= \frac{V_{B,B}}{R\Omega}, \\ \sin \theta &= \frac{V_{B,B}}{\sqrt{R^2\Omega^2 + V_{B,B}^2}}, \\ \sin \theta &= \frac{R\theta}{\sqrt{R^2\Omega^2 + V_{B,B}^2}}. \end{aligned} \quad (10)$$

В процессе формирования пряжи затрачивается энергия и должен выполняться закон сохранения энергии. Следствием расхода энергии является возникновение двух сил, а именно – натяжение волокон и сила трения между формируемой пряжей и конденсором. Действие сил трения происходит в двух направлениях: вдоль движения пряжи и перпендикулярно оси пряжи (наиболее полезный компонент).

Пусть dW_1 представляет работу, осуществляемую силой P – натяжение пряжи на выходе:

$$dW_1 = P V_{В.В.} dt. \quad (11)$$

Допустим, что удельная распределенная на единицу длины сила трения является функцией давления Q и коэффициента трения f в паре конденсор - формируемая пряжа, то есть $f_{уд} = f(f, Q)$.

Работа dW_2 , производимая осевым компонентом удельной силы трения за интервал времени dt , определяется равенством:

$$dW_2 = (f_{уд} L \sin \theta) V_{В.В.} dt, \quad (12)$$

где L – эффективная длина прядильного конденсора.

Момент кручения, создаваемый тангенциальной составляющей этой силы трения, может быть представлен как $\eta f_{уд} L \cos \theta$. Работа, производимая моментом кручения, равна:

$$dW_3 = (\eta f_{уд} L \cos \theta) r \omega dt. \quad (13)$$

Численная величина коэффициента η , который вводится для учета неравенства

$$P^2 - 2E_y \pi r^2 P - E_y \pi r^2 \left(2\eta f_{уд} L \omega \frac{r}{V_{В.В.}} \cos \theta + 2f_{уд} L \sin \theta - V_{В.В.}^2 T \right) = 0. \quad (18)$$

С целью упрощения уравнения (18) вводим обозначение:

$$\Psi_1 = E_y \pi r^2$$

$$\Psi_2 = 2\eta f_{уд} L \omega \frac{r}{V_{В.В.}} \cos \theta + 2f_{уд} L \sin \theta - V_{В.В.}^2 T.$$

условий контакта волокон волокнистой ленточки с поверхностью прядильного конденсора, находится в пределах $0 < \eta < 1$.

Потенциальная энергия, которая накапливается в пряже при ее осевом смещении:

$$dU_1 = \frac{1}{2} (T V_{В.В.} dt) V_{В.В.}^2 = \frac{1}{2} V_{В.В.}^3 T dt, \quad (14)$$

где T – линейная плотность пряжи.

Как указывалось, допускаем, что закон Гука имеет силу в Δt – короткий период времени. Упругая сила dU_2 , поглощенная пряжей при ее деформации, выражается равенством [4]:

$$dU_2 = \frac{1}{2} \frac{P^2 (V_{В.В.} dt)}{E_y \pi r^2}, \quad (15)$$

где E_y – модуль упругости пряжи; P – натяжение пряжи.

Допустим, мы имеем установившуюся систему, тогда в соответствии с равенством (2) для рассматриваемого случая формирования пряжи справедливо записать следующее равенство:

$$dW_1 + dW_2 + dW_3 = dU_1 + dU_2. \quad (16)$$

Подставляя уравнения (11)...(15) в уравнение (16) имеем:

$$P V_{В.В.} dt + f_{уд} V_{В.В.} L (\sin \theta) dt + \eta f_{уд} L (\cos \theta) r \omega dt = \frac{1}{2} V_{В.В.}^3 T dt + \frac{1}{2} \frac{P^2 V_{В.В.} dt}{E_y \pi r^2}. \quad (17)$$

Разделив обе части равенства (17) на $V_{В.В.} dt$ и преобразовав, получим следующее уравнение:

Уравнение (18) примет вид:

$$P^2 - 2\Psi_1 P - \Psi_2 \Psi_1 = 0. \quad (19)$$

Решая это квадратное уравнение, получаем:

$$P = \Psi_1 + \sqrt{\Psi_1^2 + \Psi_1 \Psi_2},$$

или после преобразования:

$$P = \Psi_1 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{\Psi_2}{\Psi_1}} \right). \quad (20)$$

Окончательно получаем:

$$P = \pi r^2 E_y \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2\pi C_{y,d} L_w \frac{1}{V_{B,B}} \cos \theta + 2C_{y,d} L_w \sin \theta - V_{B,B}^2}{\pi r^2 E_y}} \right). \quad (21)$$

ВЫВОДЫ

На основе энергетического баланса в процессе формирования пряжи выявлены основные факторы, влияющие на свойства пряжи, и установлена аналитическая зависимость для определения натяжения одиночной пряжи в процессе формирования двухконденсорным способом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Переработка аппаратных смесей на фрикционных прядильных машинах DREF-2 и DREF-3//ЭИ. Текстильная промышленность. – 1988, № 19.

2. Севостьянов А.Г., Привалов И.И. Оптимизация скоростных режимов при формировании армированной пряжи двухконденсорным (фрикционным) способом прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №6.С.19...22.

3. Волков В.В., Иванов А.В., Привалов И.И. Способ получения армированной пряжи и устройство для его осуществления // Патент РФ № 2119980 D 02 G 3/36, 3/32; заявлено 31.12.1996; опубликовано 10.10.1998.

4. Матуконис А.В. Строение и механические свойства неоднородных нитей. – М.: Легкая индустрия, 1971.

Рекомендована кафедрой инженерной и компьютерной графики. Поступила 01.07.11.