

УДК 677.021

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГАРНИТУРЫ
НА СЛОЙ ВОЛОКНА**

С.Ю. КАПУСТИН, В.Д. ФРОЛОВ, Ф.Р. КАХРАМАНОВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

В настоящее время существующие гарнитуры в прядении длинноволокнистых материалов достаточно несовершенны. Их основные недостатки это: интенсивное механическое воздействие гарнитуры на волокно, что приводит к уменьшению его длины, зажгучиванию и значительному выделению в отходы, поэтому гарнитура быстро изнашивается и, как следствие, снижается прочность полуфабрикатов прядения.

Нами была разработана новая гарнитура [1], учитывающая специфику технологического процесса при производстве льноволокна.

При сравнительном анализе работы классической [2] и предложенной гарнитуры очевидно, что технологический процесс отличается только актом единичного взаимодействия гарнитуры с волокном.

Для проведения анализа делаем допущение о том, что слой волокна ведет себя как упругая масса до разъединения. Слой волокна, на который воздействует гарнитура, принимается плоским. Благодаря конструкции новой гарнитуры в каждом сечении, проведенном через ее ось, напряженное состояние, тензоры деформаций и другие параметры будут одинаковы.

Применяя гипотезу квазистационарности, все технологические воздействия гарнитуры на слой волокна представим как результат серий мгновенных движений,

считая, что радиус зоны воздействия в данный момент определяется формулой

$$R_c = h_0 \sqrt[3]{\frac{E}{\sigma_p}}, \quad (1)$$

где E – модуль упругости; h_0 – степень внедрения гарнитуры в слой волокна; σ_p – напряжение, возникающие в слое волокна.

Теперь определим степень силового воздействия на слой волокна, при этом делаем допущение, что сила взаимодействия элемента новой гарнитуры со слоем волокна увеличивается по линейному закону пропорционально степени воздействия, то есть:

$$P = \frac{\sum FS}{r^2 h_0}, \quad (2)$$

где $\sum F = F_g + F_{цб}$ [3]; F_g – сила тяжести; $F_{цб}$ – центробежная сила; S – площадь основания элемента гарнитуры; r – радиус гарнитуры.

При значениях P , когда гарнитура касается слоя волокна, в нем возникают лишь упругие деформации, и разрыв волокна будет минимальным, в отличие от классической гарнитуры, при воздействии острых

игл которой всегда существует зона интенсивного воздействия на волокно.

Таким образом, будем считать, что объем зоны воздействия гарнитуры на слой волокна в некоторый момент будет равен

$$V_c = \frac{2}{3} \pi R_c^3,$$

Учитываем, что процесс воздействия новой гарнитуры на слой волокна по физическому характеру аналогичен процессу воздействия для классической гарнитуры. Используя тот же метод, произведем расчет процесса воздействия новой гарнитуры. Чтобы найти степень внедрения воздействия новой гарнитуры, составим уравнение баланса энергии. Определим работу воздействия под действием суммы сил при внедрении одного элемента новой гарнитуры (рис. 1, где 1 – барабан лентоформирующей машины, 2 – элемент гарнитуры, 3 – слой волокна).

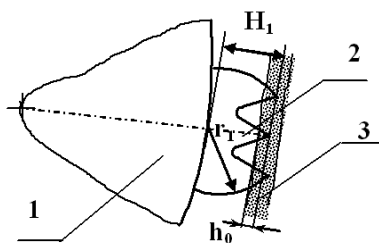


Рис. 1

Работа, произведенная силой P (2) за время внедрения на величину h_1 , которая примет следующий вид:

$$h_1 = h_0 \sqrt[3]{\frac{\sigma_p}{E}}; \quad (3)$$

где h_1 – максимальная степень внедрения гарнитуры в слой волокна, при этом энергия $A_{уд}$ будет равна:

$$A_{уд} = \int_0^{h_1} P_1 dh = \pi \frac{FSh}{r^2 h_0} \int_0^{h_1} h dh = \pi \frac{FS}{h_0 r^2} \frac{h_1^2}{2}.$$

Подставив h_1 из формулы (3), найдем, что

$$A_{уд} = \frac{\pi}{2} \frac{\sum FSh_0 \sqrt[3]{\frac{\sigma_p^2}{E}}}{r^2}. \quad (4)$$

Затраченная энергия (4) пошла на упругие деформации волокна и его разрыхление. Так как максимальное напряжение в слое волокна равно σ_p , то работа воздействия выглядит так:

$$A_p = \frac{\pi}{3} \frac{\sigma_p^2}{E} h_0^3, \quad (5)$$

а энергия упругих деформаций:

$$A_y = \int_Q \frac{E}{2} \gamma_i^2 dq, \quad (6)$$

где Q – вся область упругих деформаций; q – элементарный объем; γ_i – интенсивность деформаций.

Делаем следующее допущение: воздействие элемента новой гарнитуры и классической аналогично.

Действительно, и в том, и в другом случае интенсивность деформаций γ_i определяется из плоскодеформированного состояния.

Поэтому в случае внедрения элемента гарнитуры зависимость γ_i от расстояния имеет вид:

$$\gamma_i = \frac{h_0^3 k^3}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}}. \quad (7)$$

Как было принято, радиус зоны воздействия элемента новой гарнитуры определяется выражением (1).

Интенсивность деформаций в любой точке пространства можно найти по формуле

$$\gamma_i = \frac{h_0^3 k^3}{\sqrt{(x^2 + y^2 + z^2)^3}}. \quad (8)$$

Исходя из этого выражение (6) принимает вид:

$$A_y = \frac{Ek^6 h_0^6}{2} \int_Q \frac{dx dy dz}{(x^2 + y^2 + z^2)^3}. \quad (9)$$

Для вычисления интеграла, входящего в формулу (9), введем сферические координаты:

$$\int_Q \frac{dx dy dz}{(x^2 + y^2 + z^2)^3} = \int_{h_0}^{\infty} \int_0^{\pi} \int_0^{2\pi} \frac{\rho^2 d\rho d\varphi d\theta}{\rho^6} = \int_{h_0}^{\infty} \frac{d\rho}{\rho^4} \int_0^{\pi} d\varphi \int_0^{2\pi} d\theta = -\frac{\pi^2}{3\rho^3} \Big|_{h_0}^{\infty} = \frac{\pi^2}{3h_0^3}.$$

Таким образом, энергия упругих деформаций волокна будет равна:

$$A_y = \frac{Ek^6 h_0^6}{2} \frac{\pi^2}{3h_0^3} = \frac{\pi^2}{6} Ek^6 h_0^3. \quad (10)$$

На границе зоны разъединения волокна $\gamma_i = \gamma_p$ согласно формуле (7) γ_i равно k^3 , с

другой стороны, $\gamma_p = \frac{\sigma_p}{E}$. Таким образом,

получим, что $k^6 = \left(\frac{\sigma_p}{E}\right)^2$.

Подставив это значение в (10), имеем

$$A_y = \frac{\pi^2}{6} \frac{\sigma_p^2}{E} h_0^3. \quad (11)$$

Таким образом, полная энергия воздействия и упругих деформаций будет равна

$$A_0 = A_p + A_y = \left(\frac{\pi^2}{6} + \frac{\pi}{3}\right) \frac{\sigma_p^2}{E} h_0^3. \quad (12)$$

Произведя дальнейшие преобразования, определим степень единичного внедрения элемента гарнитуры:

$$\frac{\sum FSh_0^3 \sqrt{\frac{\sigma^2}{E}}}{r^2} = \frac{\pi^2}{3} \left(\frac{\pi}{2} + 1\right) \frac{\sigma_p}{E} h_0^3.$$

$$x = \rho \cos \theta \sin \varphi; \quad y = \rho \sin \theta \sin \varphi; \\ z = \rho \cos \theta.$$

Подставив эти величины в (9), получим

Проводя преобразования, окончательно получим формулу

$$h_0 = \sqrt{3} \frac{1}{\pi r} \sqrt{\frac{\sum FE}{\sigma_p}} \sqrt[6]{\frac{E}{\sigma_p}} \sqrt{\frac{S}{\left(\frac{\pi}{2} + 1\right)}}. \quad (13)$$

Для новой гарнитуры степень воздействия

$$h_{0H} = \sqrt{3} \frac{1}{\pi r_1} \sqrt{\frac{\sum FE}{\sigma_p}} \sqrt[6]{\frac{E}{\sigma_p}} \sqrt{\frac{\pi(a^2 + 2r_1 h)}{\left(\frac{\pi}{2} + 1\right)}}, \quad (14)$$

где r_1 – радиус новой гарнитуры.

Для классической гарнитуры степень воздействия

$$h_{0KL} = \sqrt{3} \frac{1}{\pi r_2} \sqrt{\frac{\sum FE}{\sigma_p}} \sqrt[6]{\frac{E}{\sigma_p}} \sqrt{\frac{\pi r_2 (r_2 + 1)}{\left(\frac{\pi}{2} + 1\right)}}, \quad (15)$$

где r_2 – радиус классической гарнитуры.

Производя сравнение воздействия новой и классической гарнитур, вводим величину W – она аналогична для обоих случаев воздействия:

$$W = \sqrt{3} \sqrt{\frac{\sum FE}{\sigma_p}} \sqrt[6]{\frac{E}{\sigma_p}}.$$

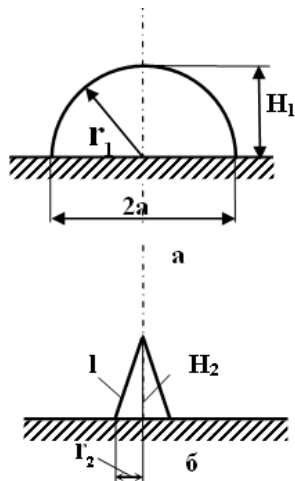


Рис. 2

Делаем допущение, что волокно, закрепленное на новой гарнитуре, при механическом воздействии принимает форму шарового сегмента [4] (рис.2-а). Тогда подставим конкретные числовые значения для данного типа гарнитур [1]: $S = \pi(a^2 + 2r_1H_1)$; S – площадь сегмента; H_1 – высота сегмента (20 мм); r_1 – радиус (20 мм); a – основание сегмента (35 мм).

Классическую гарнитуру аппроксимируем прямым круговым конусом [4] (рис.2-б) и подставим конкретные числовые значения для данного типа гарнитур [2]: $S = \pi r_2(r_2 + l)$; S – площадь конуса; r_2 – радиус основания (1,5 мм); H_2 – высота (9,5 мм); $l = \sqrt{r_2^2 + H_2^2}$ – образующая.

Следовательно степень воздействия для новой гарнитур:

$$h_{0H} = \frac{a}{\pi r_1} \sqrt{\frac{2r_1H_1}{1,5}} W = 9,12W \quad (16)$$

и соответственно для классической гарнитур:

$$h_{0КЛ} = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{r_2 + l}{1,5}} W = 0,86W. \quad (17)$$

ВЫВОДЫ

Воздействие новой гарнитур на слой волокна будет происходить более интенсивно, но при условиях, меньше разрушающих волокно, так как учитывается специфика технологического процесса. При этом улучшаются физико-механические показатели волокна, и, как следствие происходит повышение прочностных характеристик полуфабрикатов пряжедения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ № 2283376. Гарнитура чесальных барабанов для переработки длиноволокнистых материалов. – Оpubл. 2006. Бюл. №25.
2. Справочник по пряжедению льна. Фридман Б.Н. и др. / Под ред. С.В. Тарасова. – М.: Легкая индустрия, 1979.
3. Капустин С.Ю. Усовершенствование технологий в процессе очистки длиноволокнистых материалов на лентоформирующей машине в составе поточной линии ПЛ-I-КЛ: Дис...канд. техн. наук. – Иваново, 1992.
4. Краткий физико-технический справочник / Под ред. К.П. Яковлева. – Т. 1. Математика. Физика. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1960.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 01.12.08.