

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ПРОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОЙ УГЛЕРОДНОЙ НИТИ

**Е.Г. Замостоцкий , Н.В. Скобова , А.Г. Коган**

На кафедре «Прядения натуральных и химических волокон» УО «Витебский государственный технологический университет» разработан способ получения комбинированных углеродных нитей, который осуществляется на прядильно-крутильном оборудовании. Структура и свойства вырабатываемых комбинированных нитей зависят от вида и свойств покрывающих компонентов, направления и величины крутки, толщины стержневой нити, а также величины покрытия комплексной углеродной нити волокнистым слоем.

Для дальнейшей переработки полученной нити в ткани и трикотажные полотна необходимо быстро и точно варьировать различными ее физико-механическими характеристиками. В связи с этим под руководством проф. Когана А.Г. разработана методика расчета основных характеристик комбинированных углеродных нитей: линейной плотности, диаметра, относительной разрывной нагрузки, крутки и прочности прикрепления волокон наружного слоя (мычки) к сердечнику.

Линейная плотность комбинированной пряжи, полученной на прядильной машине, определяется так же, как и для крученой нити:

$$T_{\text{комб}} = (T_{\text{угл}} + T_{\text{мычки}} + T_{\text{прикр}}) \cdot K_y, \quad (1)$$

где  $T_{\text{комб}}$  - линейная плотность комбинированной нити, текс;

$T_{\text{угл}}$  - линейная плотность углеродной комплексной нити;

$T_{\text{мычки}}$  - линейная плотность покрытия (мычки);

$T_{\text{прикр}}$  - линейная плотность прикручиваемой нити;

$K_y$  - коэффициент укрутки, принимаем 0,98.

Процентное содержание компонентов в комбинированной углеродной нити определяется по формуле

$$Z = \frac{T_{\text{комп}}}{T_{\text{комб.нить}}} \cdot 100, \quad (2)$$

где  $Z$  - процентное содержание компонентов в пряже, %;

$T_{\text{комп}}$  - линейная плотность компонента (углеродная, прикручивающая, мычка);

Расчет количества волокон, покрывающих углеродную нить, определяется следующим образом.

Углеродная комплексная нить по выходе из вытяжного прибора должна быть полностью покрыта волокном (мычкой) (рис. 1).

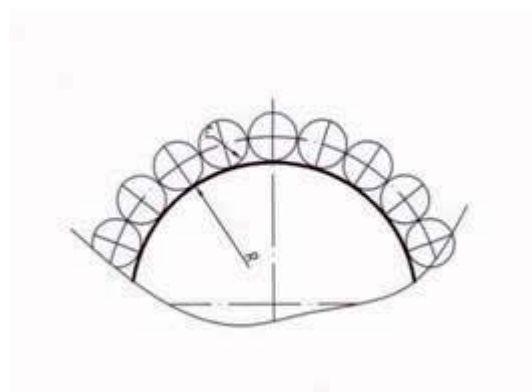


Рисунок 1 - Расположение волокон покрытия в комбинированной нити

Углеродная нить, находясь в середине волокнистой мычки, закручивается совместно с волокнами в направлении крутки  $Z$ , а прикручивающая нить обвивает комплексную с круткой  $S$  и закрепляет волокна мычки на комплексной.

$$n = \frac{\pi}{\arcsin \left( \frac{\sqrt{T_{\text{в}} / \gamma_{\text{в}}}}{\sqrt{T_{\text{угл}} / \gamma_{\text{угл}}}} \right)} \quad (3)$$

где,  $T_{\text{в}}$  - линейная плотность волокна покрытия;

$T_{\text{угл}}$  - линейная плотность углеродной комплексной нити;

$\gamma_{\text{в}}$  - средняя плотность волокна;

$\gamma_{\text{угл}}$  - средняя плотность углеродной нити.

При расчете по приведенной формуле количество волокон, покрывающих углеродную нить, равняется 92 шт.

Расчет диаметра комбинированной углеродной нити определяется следующим образом

Диаметр пряжи во многом определяет условия проектирования из нее готовых изделий. Диаметр комбинированной нити можно рассматривать как цилиндр (рис.2.), заключенный в цилиндр и обкрученный прикручиваемой нитью.



Рисунок 2 - Схема комбинированной углеродной нити

Диаметр внутреннего цилиндра соответствует диаметру углеродной комбинированной нити. А диаметр внешнего цилиндра соответствует диаметру комбинированной пряжи. Диаметр прикручиваемой нити в этом расчете не учитываем. Толщина покрытия равна половине разности между диаметрами пряжи и углеродной комбинированной нити. Если принять, что  $t$  - толщина покрытия,  $D$  - диаметр комбинированной нити и  $d$  - диаметр сердечника, то

$$\frac{D - d}{2} = t. \quad (4)$$

Масса покрытия

$$m_1 = \left( \frac{D^2 \pi}{4} - \frac{d^2 \pi}{4} \right) \cdot l \cdot \gamma_1. \quad (5)$$

Тогда

$$D = \sqrt{\frac{4m_1}{\pi \cdot l \cdot \gamma_1} + d^2}, \quad (6)$$

Где

$$\frac{m_1}{l} = \frac{T}{1000}, \quad (7)$$

где  $\gamma_1$  - средняя плотность волокон покрытия, г/см<sup>3</sup>.

Масса углеродной комплексной нити

$$m_{\text{угл}} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \cdot \gamma_{\text{угл}}, \quad (8)$$

$$d^2 = \frac{4 \cdot T_{\text{угл}}}{\pi \cdot \gamma_{\text{угл}} \cdot 1000}, \quad (9)$$

где  $\gamma_{\text{угл}}$  - объемная плотность сердечника, г/см<sup>3</sup>;

$T_{\text{угл}}$  - линейная плотность углеродной нити, текс.

Подставляя в формулу (6) последнее выражение, получим

$$D = \sqrt{\left( \frac{4T_{\text{е}}}{\pi \cdot \gamma_{\text{е}}} + \frac{4T_{\text{угл}}}{\pi \cdot \gamma_{\text{угл}}} \right) \frac{1}{1000}} = 0,0357 \sqrt{\frac{T_{\text{е}}}{\gamma_{\text{е}}} + \frac{T_{\text{угл}}}{\gamma_{\text{угл}}}}. \quad (10)$$

Определение фактической крутки.

Фактическую крутку можно определить по формуле

$$K_{\text{ф}} = K_{\text{расч}} \left( 0,927 - \frac{5,3 - 0,01 \cdot K_{\text{расч}}}{77} e^{(-4,5 - 0,01 \cdot K_{\text{расч}})} \right), \quad (11)$$

где  $K_{\text{расч}} = \frac{\alpha \cdot 100}{\sqrt{T_{\text{комб.нить}}}}$  - расчетная крутка, кр/м.

Разрывная нагрузка комбинированной пряжи зависит от разрывной нагрузки полиэфирного волокна (покрытия), разрывной нагрузки углеродной нити и

разрывной нагрузки прикручиваемой нити, а также от отношения их разрывных удлинений [2].

Относительную разрывную нагрузку комбинированной пряжи можно определить по следующим формулам:

$$P' = P_{np} + P_{угл} \cdot \frac{100 - x_1}{100} \cdot \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}, \quad (12)$$

$$P_{кн} = P' + P_{прикр} \cdot \frac{100 - x}{100} \cdot \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}, \quad (13)$$

где  $P_{кн}$  - относительная разрывная нагрузка комбинированной пряжи, сН/текс;

$P'$  - относительная разрывная нагрузка углеродной нити и пряжи покрытия, сН/текс;

$P_{прикр}$  - относительная разрывная нагрузка прикручиваемой нити, сН/текс;

$P_{np}$  - относительная разрывная нагрузка пряжи покрытия, покрывающей комплексную нить, сН/текс;

$P_{угл}$  - относительная нагрузка углеродной нити, сН/текс;

$x_1$  - доля по массе менее растяжимого компонента;

$\frac{100 - x_1}{100}$  - доля по массе более растяжимого компонента;

$\varepsilon_1$  - разрывное удлинение менее растяжимого компонента, %;

$\varepsilon_2$  - разрывное удлинение более растяжимого компонента, %.

Пряжа, покрывающая комплексную углеродную нить, состоит из полиэфирного волокна, поэтому ее относительную разрывную нагрузку подсчитывают по формуле Усенко [3]:

$$P_{np} = P_{\varepsilon} \left( 1 - 0,0375 \cdot H_o - \frac{2,8}{\sqrt{\frac{T}{T_{\varepsilon}}}} \right) \cdot \left( 1 - \frac{7,83}{l_{ум}} \right) \cdot \beta \cdot k \quad (14)$$

где  $P_{\varepsilon}$  - удельная разрывная нагрузка волокна, сН/текс;

$H_o$  - удельная неровнота пряжи, характеризующая качество технологического процесса,  $H_o = 2,5$ ;

$T, T_{\varepsilon}$  - линейная плотность соответственно пряжи и волокна, текс;

$l_{ум}$  - штапельная длина волокна,  $l_{ум} = 37,5 \text{ мм}$ ;

$\beta$  - коэффициент, учитывающий влияние равномерности волокна по длине,  $\beta = 1$ ;

$k$  - коэффициент, учитывающий влияние крутки, определяется разностью  $\alpha_m - \alpha_{кр}$ .

Коэффициент критической крутки  $\alpha_{кр}$  определяют по формуле Усенко В.А.:

$$\alpha_{кр} = \frac{527 \sqrt[6]{25 + \frac{1000}{T}}}{\sqrt[3]{l_{ум}} \cdot \sqrt[4]{\frac{1000}{T_6}}} \quad (15)$$

Коэффициент крутки табличный  $\alpha_m = 33,6$ .

Коэффициент  $k$  определяют по таблице в литературном источнике [3]

Коэффициент  $k$  принимаем равным 1.

Прочность прикрепления волокон наружного слоя (мычки) к сердечнику (углеродной нити) или способность слоя сохранять свою первоначальную структуру и положение при испытаниях нитей на трение и в дальнейшей эксплуатации изделий из этих нитей – одна из важнейших характеристик комбинированных нитей [4].

Теоретически прочность прикрепления определяется по формуле

$$F = \eta_6 \cdot P_n + \left( 1 + K_1 \left( 1 + \frac{l}{\eta_6 (l - 2l_x)} \right) \cdot K \right), \quad (16)$$

где  $\eta_6$  - коэффициент, учитывающий, что игольчатый зажим не обеспечивает полного обрыва всех волокон, попавших в зажим, составляет примерно 0,154;

$l$  - длина волокна, мм;

$K$  - крутка, кр/м;

$l_x$  - длина скольжения, вычисляется по формуле

$$l_x = \frac{\lg \left( \frac{4\pi^2 \cdot f \cdot P_6 \cdot R_c \cdot K^2}{q} + 1 \right)}{4\pi^2 \cdot f \cdot R_c \cdot \lg e \cdot K^2}, \quad (17)$$

где  $f$  - коэффициент трения, составляет примерно 0,24;

$P_6$  - прочность одиночного волокна;

$q$  - сила сцепления, действующая на 1 мм волокна;

$$R_c = \sqrt{\frac{R^2 + r^2}{2}}, \quad (18)$$

где  $R$  и  $r$  - соответственно радиусы наружного слоя и сердечника;

$K_1$  - коэффициент, учитывающий сырьевой состав, вычисляется по формуле:

$$K_1 = \frac{\pi \cdot r \cdot H \cdot f}{1 + \frac{R}{r}}, \quad (19)$$

где  $H$  - длина рабочей части игольчатого зажима ( $H=30$ мм);  
 $P_n$  - прочность наружного слоя, вычисляется по формуле

$$P_n = \frac{T_n}{T_\sigma} P_\sigma \left( 1 - \frac{2 \cdot l_x}{l} \right), \quad (20)$$

где  $P_\sigma$  - прочность одиночного волокна;  
 $T_n$  и  $T_\sigma$  - линейные плотности соответственно мычки (60 текс) и  
 волокна (0,17 текс).

По результатам теоретических исследований проведен сравнительный анализ полученных значений с фактическими показателями, представленный в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика теоретических и экспериментальных данных

Характеристика	Теоретические значения	Экспериментальные значения	Отклонение, $\Delta$ , %
Линейная плотность комбинированной пряжи, текс	135,8	136	1
Разрывная нагрузка пряжи, сН/текс	28,03	25,3	10
Диаметр пряжи, мм	2,5	2,3	8
Крутка, кр/м	320	316	1,25
Прочность прикрепления волокнистого слоя, сН	750	800	6,2

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что разность между рассчитанными и фактическими характеристиками невелика. Следовательно, данную методику можно рекомендовать для расчета основных показателей комбинированных углеродных нитей.

#### Список использованных источников

1. Коган А.Г. Производство комбинированной пряжи и нити/ А.Г.Коган.- М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.-с. 143
2. Коган А.Г. Новое в технике прядильного производства/ Учебное пособие/ А.Г.Коган, Д.Б. Рыклин, С.С. Медвецкий// Витебск: УО «ВГТУ», 2005 – с.195
3. Проектирование прядильных производств/ Учебное пособие/ А.Г.Коган, Л.Е. Соколов, А.А. Баранова и др.// Витебск: УО «ВГТУ», 2001 – с.210
4. Чулков В.П. О прочности прикрепления волокнистого слоя к металлической жиле армированных нитей./ В.П Чулков //Известия высших учебных заведений. «Технология текстильной промышленности. 1998г. №4 с.22-25.

#### SUMMARY

Article is devoted to the calculate method of physical-mechanical characteristics of combined carbonic yarn: breaking tenacity, lengthening, diameter, density, twisting and durability fastening of outsides fibers with core. Ascertained, that difference between calculated and factice characteristics is insignificant.