

# ПРОИЗВОДСТВО КОМБИНИРОВАННЫХ ШВЕЙНЫХ НИТОК И РАСЧЕТ ИХ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ

**В** настоящее время в общем объеме производимых швейных ниток 50% занимают комбинированные (армированные) нитки [1], обладающие высокими физико-механическими и термостойкими свойствами. Существующая в Республике Беларусь и странах СНГ технология получения таких ниток требует значительных затрат труда, электроэнергии и материальных ресурсов.

На кафедре ПНХВ ВГТУ разработана новая сокращенная технология производства комбинированных швейных ниток, позволяющая из классической цепочки технологического процесса исключить тростильные и кольцевые крутильные машины.

Крученые в два сложения комбинированные нити для швейных ниток получают на модернизированных прядильно-крутильных машинах ПК-100МЗ. Одна из стренг крученой нити формируется на прядильно-крутильной машине и представляет собой комбинированную нить, состоящую из комплексной химической нити, которая вводится под переднюю пару вытяжного прибора, и волокнистой мычки, полученной в результате утонения в вытяжном приборе ровницы. Вторая стренга – комбинированная нить, состоящая из комплексной химической нити и обвивающей ее волокнистой мычки – сматывается с установленного на полом веретене початка, полученного на кольцевой прядильной машине по известной технологии [2].

Для производства комбинированных швейных ниток

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой **А.Г. Коган**

К.т.н., доцент кафедры **Д.Б. Рыклин**

Аспирант кафедры **Н.Н. Бодяло**  
ПНХВ Витебского государственного технологического университета, Республика Беларусь

возможны различные комбинации комплексных химических нитей в сердечнике и волокон в оплетке в зависимости от их назначения. В массовом производстве одежды в основном используются комбинированные швейные нитки из полиэфирных комплексных нитей с оплеткой из хлопковых и полиэфирных волокон.

Для швейных ниток, испытывающих большие деформационные нагрузки в процессе шитья, большое значение имеют показатели их устойчивости к многократным деформациям растяжения и ударным нагрузкам, а также сопротивление сдвигу витков крутки. Многочисленные экспериментальные исследования и практический опыт показали, что деформации текстильных изделий на растяжение, изгибание и истирание в основном зависят от прочности пряжи [3], поэтому прогнозированию ее разрывной нагрузки уделяется особое внимание.

Нахождению зависимости между разрывной нагрузкой пряжи и физико-механическими свойствами исходных волокон и технологическими параметрами кручения посвящено большое число теоретических и экспериментальных работ ученых **А.Н. Соловьева, В.А. Усенко, А.Н. Ванчикова, А.Г. Когана, К.И. Корицкого** и др.

Прочность крученой нити можно подсчитать по формуле [4]:

$$R_{KR} = R_{KH} \cdot K_{УП} \quad (1)$$

где  $R_{KR}$  – относительная разрывная нагрузка крученой комбинированной нити, сН/тек;

$R_{KH}$  – относительная разрывная нагрузка одиночной комбинированной нити, сН/текс;

$K_{УП}$  – коэффициент упрочнения нити в кручении.

Для одиночных комбинированных нитей, вырабатываемых из комплексной химической нити, покрытой натуральными волокнами, относительную разрывную нагрузку можно рассчитать по формуле проф. **А.Г. Когана** [2]:

$$R_{К.Н.} = R_{ПР} + R_{К} \frac{100 - X_1}{100} \cdot \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}, \quad (2)$$

где  $R_{ПР}$  – относительная разрывная нагрузка пряжи, покрывающей комплексную нить, сН/текс;

$R_{К}$  – относительная разрывная нагрузка комплексной 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, %.

Для хлопкополиэфирных комбинированных нитей, когда пряжа, покрывающая комплексную нить, состоит из хлопкового волокна, относительная разрывная нагрузка подсчитывается по формуле А.Н. Соловьева [5].

Для теоретического анализа зависимости разрывных характеристик комбинированных нитей от свойств составляющих ее компонентов и установления возможности использования формулы (2) для расчета относительной разрывной нагрузки комбинированной одиночной нити для швейных ниток необходимо знать соотношения деформации различных по химическому составу волокон и комплексных нитей, а также процентное содержание каждого из компонентов.

Формула (2) справедлива в том случае, когда процентное содержание комплексной нити составляет менее 30% от массы комбинированных нитей [2]. В этом случае при растяжении комбинированной нити на величину  $\varepsilon_1$  происходит ее разрыв под действием силы  $P_{РАЗР}$ , которая превышает разрывную нагрузку более растяжимого компонента, и равна

$$P_{РАЗР} = P_1 + P_2 \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}, \quad (3)$$

где  $P_1$  и  $P_2$  – соответственно, разрывные нагрузки менее растяжимого и более растяжимого компонентов в комбинированной нити, сН.

Если  $P_{РАЗР} < P_2$ , что характерно для комбинированных нитей с небольшим процентным содержанием хлопкового покрытия, после разрыва менее растяжимого компонента растяжение нити продолжится до величины  $\varepsilon_2$  и тогда прочность нити будет равна

$$P_{РАЗР} = P_2. \quad (4)$$

Так как комбинированные хлопкополиэфирные нити для швейных ниток содержат более 60% комплексной нити, следовательно, за разрывную нагрузку таких нитей следует считать разрывную нагрузку крученой комплексной нити  $P_{К.К.}$ , которую можно определить по формуле

М.Н. Белицина [6]:

$$P_{К.К.} = P_{К} \cdot K_{Р} \quad (5)$$

где  $P_{К}$  – разрывная нагрузка комплексных некрученых нитей, сН;  $K_{Р}$  – коэффициент, учитывающий влияние крутки на разрывную нагрузку крученой нити.

Для полиэфирных нитей М.Н. Белицин предлагает определять коэффициент  $K_{Р}$  по следующей эмпирической формуле:

$$K_{Р} = -1,52 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha_T^2 + 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_T + 0,98. \quad (6)$$

После подстановки формулы (6) в формулу (5) и дополнительных преобразований получили формулу для определения относительной разрывной нагрузки комбинированной хлопкополиэфирной нити для швейных ниток:

$$R_{К.Н.} = R_{К} \cdot \frac{T_{К}}{T_{К.Н.}} \cdot (-1,52 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha_T^2 + 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_T + 0,98), \quad (7)$$

где  $R_{К.Н.}$  и  $R_{К}$  – относительные разрывные нагрузки комбинированной и комплексной нитей соответственно, сН/текс;  $T_{К.Н.}$  и  $T_{К}$  – линейные плотности комбинированной и комплексной нитей, текс.

При выводе формулы (2) принято, что разрывное удлинение волокна меньше, чем комплексной химической нити. Это справедливо для хлопкополиэфирных нитей, однако при выработке комбинированных полиэфирных нитей для швейных ниток используются полиэфирные волокна и комплексные полиэфирные нити, обладающие удлинением при разрыве соответственно 36 и 17–18%. Таким образом, необходимо несколько видоизменить формулу (2) с учетом данного обстоятельства.

Для комбинированных полиэфирных нитей, когда разрывное удлинение волокнистого покрытия больше разрывного удлинения стержневого компонента, и разрывная нагрузка этих нитей может быть рассчитана по формуле (3).

Таким образом, для комбинированных полиэфирных нитей разрывную нагрузку можно определить по формуле:

$$P_{К.Н.} = P_{ПР} \frac{\varepsilon_{К}}{\varepsilon_{ПР}} + P_{К.К.} \quad (8)$$

где  $P_{ПР}$  – разрывная нагрузка пряжи, сН;  $\varepsilon_{К}$  и  $\varepsilon_{ПР}$  – разрывные удлинения комплексной нити и пряжи соответственно, %.

После преобразований получаем формулу для расчета относительной разрывной нагрузки комбинированной полиэфирной нити:

$$R_{К.Н.} = R_{ПР} \cdot \frac{T_{ПР}}{T_{К.Н.}} \cdot \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} + R_{К.К.} \cdot \frac{T_{К}}{T_{К.Н.}}, \quad (9)$$

где  $R_{ПР}$  – относительная разрывная нагрузка пряжи, сН/текс;  $T_{ПР}$  – линейная плотность пряжи, текс.

ТАБЛИЦА 1

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ РАЗРЫВНАЯ НАГРУЗКА КОМБИНИРОВАННЫХ НИТЕЙ

Вид комбинированной нити	хлопкополиэфирная		полиэфирная	
	Линейная плотность комбинированной нити, текс	16,7	21,5	16,7
Линейная плотность волокна, текс	0,133	0,133	0,08	0,08
Линейная плотность комплексной полиэфирной нити, текс	11,3	13,8	11,3	13,8
Разрывное удлинение пряжи (волокна), %	7	7	36	36
Разрывное удлинение комплексной полиэфирной нити, %	18	17,5	18	17,5
Относительная разрывная нагрузка волокна, сН/текс	31,6	31,6	55,9	55,9
Относительная разрывная нагрузка комплексной полиэфирной нити, сН/текс	65,2	63	65,2	63
Крутка, кр/м	750	750	750	750
Расчетная относительная разрывная нагрузка комбинированной нити, сН/текс	44,6	41,6	49,3	48,0
Фактическая относительная разрывная нагрузка комбинированной нити, сН/текс	41,6	40,5	47,6	45,8
Отклонение расчетной относительной разрывной нагрузки комбинированной нити от фактической, %	4,5	2,6	3,4	4,6

В том случае, когда пряжа, покрывающая комплексную нить, состоит из полиэфирных штапельных волокон, ее относительная разрывная нагрузка рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{ПР}} = R_B \cdot K \quad (10)$$

где  $R_B$  – относительная разрывная нагрузка волокон, сН/текс;  $K$  – коэффициент использования разрывной нагрузки волокон в пряже.

Для определения коэффициента  $K$  можно воспользоваться формулой А.Н. Ванчикова [2]:

$$K = 1,16\eta_0 - 68,5\sqrt{T_B} / (\alpha_T \sqrt[3]{T_{\text{ПР}}}) - 0,00859\sqrt{\alpha_T / T_{\text{ПР}}}, \quad (11)$$

где  $\eta_0$  – коэффициент, равный для полиэфирных волокон 1.

В развернутом виде формула для определения относительной разрывной нагрузки комбинированной полиэфирной нити имеет следующий вид:

$$R_{\text{К.Н.}} = R_B \left[ 1,16 - \frac{68,5\sqrt{T_B}}{\alpha_T \sqrt[3]{T_{\text{ПР}}}} - 0,00859\sqrt{\frac{\alpha_T}{T_{\text{ПР}}}} \right] \frac{T_{\text{ПР}} \cdot \varepsilon_1}{T_{\text{К.Н.}} \cdot \varepsilon_2} + R_K \left( -1,52 \cdot 10^{-5} \alpha_T^2 + 1,6 \cdot 10^{-3} \alpha_T + 0,98 \right) \frac{T_K}{T_{\text{К.Н.}}} \quad (12)$$

Следует отметить, что разработанные методики не противоречат полученной ранее формуле (2), а уточняют и приводят ее в соответствие с современным уровнем развития технологии и результатами теоретических и экспериментальных исследований.

Для проверки разработанных моделей определения относительных разрывных нагрузок комбинированных хлопкополиэфирных и полиэфирных нитей был проведен эксперимент. На кольцевой прядильной машине

были наработаны комбинированные нити для швейных ниток различных составов и линейных плотностей. В таблице 1 приведены значения расчетной и фактической относительных разрывных нагрузок комбинированных нитей.

Результаты расчета относительной разрывной нагрузки комбинированных хлопкополиэфирных и полиэфирных нитей по разработанным методикам хорошо согласуются с опытными данными, и разница между ними не превышает  $\pm 5\%$ , что является достаточным для ориентировочных расчетов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Полушкин А.А. Нитки, нити «Петронити»/ ЛегпромБизнесДиректор, 2001, №7, с. 16.
2. Коган А.Г. Производство комбинированной пряжи и нити/ А.Г. Коган. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 143 с.
3. Прядение химических волокон: Учеб. для вузов/ В.А. Усенко, В.А. Родионов, Б.В. Усенко и др.; Под ред. В.А. Усенко. – М.: РИО МГТА, 1999. – 472 с.
4. Корицкий, К.И. Инженерное проектирование текстильных материалов/ К.И. Корицкий. – М.: Легкая индустрия, 1971. – 352 с.
5. Прядение хлопка и химических волокон (проектирование смесей, приготовление холстов, чесальной и гребенной ленты): Учебник для вузов/ И.Г. Борзунов, К.И. Бадалов, В.Г. Гончаров и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 376 с.
6. Белицин, М.Н. Синтетические нити (структура, свойства, методы расчета)/ М.Н. Белицин. – М.: Легкая индустрия, 1970. – 192 с.