

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ КРУЧЕНЫХ КОМПЛЕКСНЫХ НИТЕЙ

М.В. САХНИК, В.А. РОДИОНОВ, А.Б. СИДОРОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

При проектировании разрывной нагрузки P крученой комплексной нити за основу была принята формула [1]:

$$P = n\eta_p K_{p\alpha}, \quad (1)$$

$$K_{p\alpha} = -2,7 \cdot 10^{-5} \alpha^2 + 4,1 \cdot 10^{-3} \alpha + 1, \quad (2)$$

где p – разрывная нагрузка элементарной нити, Н; n – число элементарных нитей в комплексной; η_p – коэффициент использо-

вания разрывной нагрузки элементарной нити при разрыве комплексной некрученой нити, определяемый для комплексных нитей, выработанных из разного числа элементарных (от 5 до 80) с различным разрывным удлинением (от 15 до 40 %) по формуле:

$$\eta_p = 1,21n - 0,0434 \cdot (0,89 - 2,7 \cdot 10^{-3} \epsilon'); \quad (3)$$

$K_{p\alpha}$ – коэффициент изменения разрывной нагрузки комплексной нити в зависимости от коэффициента крутки α .

В формуле (1) был предложен коэффициент (2) изменения разрывной нагрузки для полипропиленовых (ПП) комплексных нитей небольших линейных плотностей (5...29 текс).

Из-за сложности определения разрывной нагрузки элементарных нитей и их количества и отсутствия данных в справочной литературе формула (1) преобразована в вид:

$$P = P_{исх} \eta_p K_{p\alpha} \quad (4)$$

Для того чтобы определить, как крутка влияет на разрывную нагрузку крученных ПП пленочных нитей разных линейных плотностей (34,67 и 92,5 текс) и насколько велико расхождение с фактической разрывной нагрузкой, был проведен расчет по формуле (4) с использованием коэффициента (2).

Исходя из сравнения расчетных данных с фактическими (экспериментальными) можно сделать вывод, что формула (4) с коэффициентом $K_{p\alpha}$ (2) не подходит для определения разрывной нагрузки крученных ПП комплексных нитей из-за большой разницы между фактической и теоретической разрывной нагрузкой, в отдельных случаях доходящей до 38%.

Формулы (1)...(3) не получили практического применения, так как показатели p и ϵ' элементарных нитей необходимо определять специально. Вследствие этого целесообразно исключить η_p и вместо p и ϵ' применять разрывную нагрузку $P_{исх}$ комплексных нитей.

Тогда формула (4) будет иметь следующий вид:

$$P = P_{исх} K_{p\alpha} \quad (5)$$

При расчете по формуле (5) разница между расчетными и экспериментальными

данными все равно велика и в отдельных случаях достигает 49%.

Вместо $K_{p\alpha}$ – коэффициента изменения разрывной нагрузки в зависимости от коэффициента крутки α – предлагается использовать коэффициент изменения разрывной нагрузки ПП комплексной нити в зависимости от величины крутки K_k , полученный в результате однофакторного планирования эксперимента (влияние величины крутки на абсолютную разрывную нагрузку ПП комплексной нити) [2].

Для нити 34 текс:

$$K_k = 1 + 17 \cdot 10^{-4} K - 4,2 \cdot 10^{-6} K^2, \quad (6)$$

для нити 67 текс:

$$K_k = 1 + 6,1 \cdot 10^{-4} K - 1,2 \cdot 10^{-6} K^2, \quad (7)$$

для нити 92,5 текс:

$$K_k = 1 + 1,4 \cdot 10^{-4} K - 0,95 \cdot 10^{-6} K^2, \quad (8)$$

где K – величина крутки, кр/м.

Данные по абсолютной разрывной нагрузке крученных ПП комплексных нитей линейных плотностей 34, 67 и 92,5 текс, полученные по формуле (5) с использованием коэффициентов (6)...(8), представлены в табл. 1.

Анализируя табл. 1, можно сделать вывод, что разница между фактической и расчетной разрывной нагрузкой, полученная в результате применения новых коэффициентов (6)...(8), меньше, чем при использовании коэффициента (2) по [1].

Предложенные коэффициенты изменения разрывной нагрузки (6)...(8) актуальны лишь для расчета используемых линейных плотностей. В связи с этим необходим универсальный коэффициент изменения разрывной нагрузки, который учитывал бы весь спектр предложенного ассортимента линейных плотностей.

К, кр/м	K_k	P_T, H	$P_{фак.}, H$	Рассогласование, %
ПП комплексная нить линейной плотности 34 текс				
100	1,128	21,43	18,46	13
200	1,172	22,27	18,62	16
300	1,132	21,51	17,53	18
400	1,008	19,15	15,99	16
500	0,800	15,20	11,13	26
ПП комплексная нить линейной плотности 67 текс				
100	1,049	36,34	35,13	3
200	1,074	37,20	34,00	8
300	1,075	37,24	37,81	1
400	1,052	36,44	32,95	9
500	1,005	34,81	33,23	4
ПП комплексная нить линейной плотности 92,5 текс				
100	1,005	62,61	63,60	1
150	1,000	62,30	63,03	1
200	0,990	61,68	62,43	1
250	0,976	60,80	62,15	2
300	0,956	59,56	60,40	1

Для того чтобы расчетные значения разрывной нагрузки P_T были близки к фактическим $P_{фак.}$, коэффициенты K_k следует рассчитывать по следующим формулам:

для 34 текс:

$$K_k = 1 + 4,33 \cdot 10^{-4} K - 2,38 \cdot 10^{-6} K^2, \quad (9)$$

для 67 текс:

$$K_k = 1 + 4,2 \cdot 10^{-4} K - 1,2 \cdot 10^{-6} K^2, \quad (10)$$

для 92,5 текс:

$$K_k = 1 + 4,1 \cdot 10^{-4} K - 0,95 \cdot 10^{-6} K^2. \quad (11)$$

В целях получения универсального коэффициента зависимости абсолютной разрывной нагрузки от величины крутки и линейной плотности будем считать, что

$$K_{кт} = 1 + (A + BT + CT^2) \cdot 10^{-4} K + (D + ET + FT^2) \cdot 10^{-6} K^2. \quad (13)$$

Для определения значений A, B, C, D, E, F мы располагаем двумя тройками значений (ABC) ; (DEF) и можем составить две системы уравнений для определения коэффициента $K_{кт}$.

Система уравнений при крутке в первой степени K имеет вид:

коэффициенты в формулах (9)...(11) перед K и K^2 зависят от линейной плотности и представляют собой многочлены степени не выше второй от линейной плотности. Необходимо ввести новые значения X и Y при K и K^2 , которые будут зависимыми от линейной плотности.

Предполагаем, что значение X при K имеет вид квадратичного уравнения (метод наименьших квадратов): $X = (A + BT + CT^2) \cdot 10^{-4}$. Аналогично предполагаем, что значение Y при K^2 имеет вид: $Y = (D + ET + FT^2) \cdot 10^{-6}$, где T – линейная плотность.

Уравнение имеет общий вид:

$$K_{кт} = 1 + XK + YK^2. \quad (12)$$

В результате получаем зависимость:

$$\begin{cases} A + B \cdot 34 + C \cdot 34^2 = 4,33, \\ A + B \cdot 67 + C \cdot 67^2 = 4,20, \\ A + B \cdot 92,5 + C \cdot 92,5^2 = 4,10. \end{cases}$$

По причине ненадежности данных, полученных для нити 67 текс, и с учетом незначительных изменений этого коэффициента

ента (порядка 5%) решено исключить данное уравнение и подбирать линейную зависимость этого коэффициента от линейной плотности.

Тогда система будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{cases} A + B \cdot 34 = 4,33, \\ A + B \cdot 92,5 = 4,10. \end{cases}$$

При решении систем уравнений использовали программное приложение "MathCad 2001". Решение этой системы дает: $A = 4,4$; $B = -3,9 \cdot 10^{-3}$.

$$K_{\text{кт}} = 1 + (4,4 - 3,9 \cdot 10^{-3} T) \cdot 10^{-4} K + (-4,6 + 0,08 T - 4,4 \cdot 10^{-4} T^2) \cdot 10^{-6} K^2. \quad (14)$$

Подставив коэффициент (14) в уравнение (5), получим новые данные по разрывной нагрузке для крученых ПП комплексных нитей соответствующих линейных плотностей, которые дают меньшую погрешность (до 6%).

ВЫВОДЫ

1. В результате однофакторного планирования эксперимента были получены коэффициенты изменения разрывной нагрузки ПП нити от значения их крутки.

2. Предложен универсальный коэффициент зависимости разрывной нагрузки от значений крутки и линейной плотности нити.

Для нахождения коэффициентов D, E и F имеем такую систему уравнений:

$$\begin{cases} D + E \cdot 34 + F \cdot 34^2 = -2,38, \\ D + E \cdot 67 + F \cdot 67^2 = -1,20, \\ D + E \cdot 92,5 + F \cdot 92,5^2 = -0,95. \end{cases}$$

Решив ее, получим: $D = -4,6$; $E = 0,08$; $F = -4,4 \cdot 10^{-4}$.

Подставляя полученные значения A, C, D, E, F в уравнение (13), получаем универсальный коэффициент зависимости разрывной нагрузки от величины крутки и линейной плотности:

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белицин М.Н.* Синтетические и искусственные нити. – М.: Легкая индустрия, 1976.
2. *Сахник М.В., Родионов В.А., Астахова Н.В., Паджеева А.В.* Оптимизация процесса кручения при выработке полипропиленовых швейных ниток малой линейной плотности / Тез. докл. Междунар. научн.-техн. конф.: Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2004). – Иваново, ИГТА, 2004.

Рекомендована кафедрой переработки химических волокон. Поступила 17.03.05