

УДК 677.494.742.3:66.085.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ  
ПОД ВЛИЯНИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**RESEARCH OF DESTRUCTION OF POLYPROPYLENE THREADS  
UNDER THE INFLUENCE OF UV-RADIATION**

*А.А. КУЗНЕЦОВ, И.В. ВОРОТИЛИНА*  
*A.A. KUZNETSOV, I.V. VOROTILINA*

(Витебский государственный технологический университет)  
(Vitebsk State Technological University)  
E-mail: irchen87@gmail.com

*В статье представлены основные результаты исследования деструкции полипропиленовых нитей под влиянием ультрафиолетового излучения. Разработан методологический подход к оценке степени деструкции полипропиленовых нитей, протекающей при ультрафиолетовом излучении.*

*The article presents the basic results of destruction of polypropylene threads under the influence of UV- radiation. The methodological approach to estimation of the degree of polypropylene threads destruction, proceeding under UV- radiation, has been developed.*

**Ключевые слова:** полипропиленовые нити, ультрафиолетовое излучение, деструкция, прочностные характеристики, светостабилизаторы.

**Keywords:** polypropylene threads, UV-radiation, destruction, strength characteristics, light stabilizers.

Целью исследований, представленных в данной работе, является проведение сравнительного анализа ПП нитей, выпускаемых различными производителями, по степени влияния ультрафиолетового излучения на их прочностные свойства, а также уточнение условий проведения соответствующего испытания.

При проведении комплекса экспериментальных исследований в качестве объектов использовались нити четырех различных производителей, предназначенные для переработки в качестве ворсовой основы ковровых покрытий, выпускаемых ОАО "Витебские ковры".

Испытания проводились в аккредитованной лаборатории Светлогорского ПО "Химволокно" с использованием климатической камеры (аппарата искусственной погоды, везерометр) QUV компании Q-Lab Corporation (США), оснащенной 8 УФ-лампами типа UVA-340 с удельной мощностью излучения  $0,68 \text{ Вт/м}^2 \text{ с}$  и длиной волны (295...365 нм).

Испытания проводились циклически: 4 ч облучения при температуре нагрева образцов  $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$  и 4 ч – без облучения при температуре нагрева образцов  $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ . До облучения и периодически в процессе облучения (с периодичностью 50 часов испытания) проводилась оценка показателей прочностных свойств ПП нитей с использованием разрывной машины Favigraph фирмы Textechno Herbert Stein GmbH & Co. KG (Германия). В качестве исследуемых показателей использовались: разрывная нагрузка элементарных волокон  $P_0$  (сН), удлинение при разрыве элементарных волокон  $\varepsilon_p$  (%), удельная разрыв-

ная нагрузка  $P_y$  (сН/текс), линейная плотность элементарных волокон  $T_\phi$  (дтекс).

Проведение полуциклового испытания на растяжение элементарных нитей осуществлялось при следующих условиях: расстояние между зажимами – 10 мм, продолжительность процесса растяжения нити до разрыва –  $(20 \pm 3)$  с, предварительная нагрузка – 200 мг, количество проб – 10. Некоторые результаты экспериментальных исследований влияния УФ-излучения на прочностные характеристики ПП нитей представлены в табл. 1.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что перерабатываемые на предприятии ПП нити существенно отличаются по стойкости к УФ-излучению. Отсутствие изменений в прочностных свойствах у ПП нити HS 210 текс (CANAN) обусловлено использованием высокоэффективных светостабилизаторов, в то время как резкое снижение разрывной нагрузки и разрывного удлинения у нити ПП HS 210 текс (TATtextile) и нити ПП Frize (Aracta) вызвано, вероятнее всего, недостаточной концентрацией или низкой эффективностью применяемого вещества.

Некоторый практический интерес представляют результаты, полученные для нитей BCF 260 текс (Filartion) и BCF 180 текс (Aracta). Для обеих нитей при стабильных значениях разрывной нагрузки наблюдается закономерное снижение относительного разрывного удлинения до некоторого критического значения, после которого скорость снижения удлинения существенно уменьшается.

Таблица 1

ПП нити	Продолжительность испытания, ч	Показатель			
		разрывное удлинение $\varepsilon_p$ , %	разрывная нагрузка $P_o$ , сН	удельная разрывная нагрузка $P_y$ , сН/текс	линейная плотность элементарной нити $T_\phi$ , дтекс
Нить ПП BCF 260 текс (Filartion)	0	166,4	44,0	25,0	17,7
	50	139,4	43,5	22,9	19,0
	100	118,7	43,4	22,6	19,2
	200	111,4	43,2	24,3	17,8
	500	93,4	43,0	25,2	17,1
Нить ПП BCF 180 текс (Aracta)	0	143,9	32,7	26,4	12,4
	50	109,2	32,6	26,1	12,5
	100	100,4	33,0	22,8	14,5
	200	95,3	32,8	23,4	14,0
	500	92,1	31,2	24,2	13,0
Нить ПП HS 210 текс (CANAN)	0	41,4	37,6	28,0	13,4
	50	39,8	36,9	14,4	25,7
	100	38,8	37,3	27,0	13,8
	200	37,8	36,2	26,2	13,8
	500	36,5	35,5	25,4	14,0
Нить ПП HS 210 текс (TATtextile)	0	45,2	38,3	26,8	14,3
	50	25,3	20,2	15,0	13,5
	100	14,2	16,3	12,3	13,3
	200	9,1	7,5	5,4	13,8
	500	8,3	6,8	5,2	13,2
Нить ПП Frize 260 текс (Aracta)	0	43,0	22,1	20,4	10,8
	50	30,4	19,0	19,8	9,6
	100	28,4	18,9	19,0	9,9
	200	27,3	18,1	18,2	10,0
	500	22,7	17,1	16,5	10,4

Проведем сравнительный анализ полученных результатов, предположив, что процесс накопления уровня структурных повреждений при воздействии ультрафиолетового излучения на ПП нити идентичен процессу накопления уровня повреждений в нестационарном процессе Пуассона.

Процесс Пуассона будет считаться нестационарным, если вероятность появления одного события в интервале  $(\tau, \tau + \Delta\tau)$  будет зависеть от выбора расположения интервала на оси времени и определяться уравнением:

$$P_i(\tau, \tau + \Delta\tau) = \frac{c}{b} \left( \frac{\tau}{b} \right)^{c-1}, \quad (1)$$

где  $c$  – параметр стационарности процесса Пуассона (если  $c=1$ , то процесс Пуассона – стационарный);  $b$  – коэффициент пропорциональности.

Интегральная функция распределения нестационарного процесса Пуассона  $F(\tau)$ , определяющая вероятность того, что одно событие произойдет до времени  $\tau$ , имеет следующий вид:

$$F(\tau) = 1 - P_0(\tau) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{\tau}{b} \right)^c \right]. \quad (2)$$

У рассматриваемых образцов ПП нитей происходит закономерное снижение относительного разрывного удлинения элементарных нитей при увеличении времени испытания [1].

Тогда, применительно к разрывному удлинению элементарных нитей ПП нитей, по аналогии с соотношением (2) можно записать:

$$\frac{\varepsilon_{po} - \varepsilon_p(\tau)}{\varepsilon_{po} - \varepsilon_{кр}} = F(\tau) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{\tau}{b} \right)^c \right], \quad (3)$$

где  $\varepsilon_{po}$  – значение разрывного удлинения э.н., определенное до начала процесса испытания, %;  $\varepsilon_p(\tau)$  – текущее значение разрывного удлинения э.н. в момент времени  $\tau$ , %;  $\varepsilon_{кр}$  – критическое значение разрывного удлинения, %.

Обозначив

$$\frac{1}{b^c} = M,$$

математическую модель (2) удобно представить в виде:

$$\frac{\varepsilon_{po} - \varepsilon_p(\tau)}{\varepsilon_{po} - \varepsilon_{кр}} = 1 - \exp[-M\tau^c], \quad (4)$$

или

$$\varepsilon_p(\tau) = (\varepsilon_{po} - \varepsilon_{кр}) \exp[-M\tau^c] + \varepsilon_{кр}, \quad (5)$$

где  $\theta(\tau)$  – значение уровня структурных повреждений как функции времени испытания;  $M$  – темповый параметр моделей (в случае стационарности процесса Пуассона величина, обратная времени испытания, при котором текущее снижение относительного разрывного удлинения меньше максимально возможного в  $e$  раз для данного образца нити), 1/ч.

Для оценки параметров разработанных математических моделей (4), (5) обработка результатов экспериментальных исследований производилась с использованием математического статистического пакета "Statistica for Windows". Численные значения параметров математических моделей (4), (5) взаимосвязи относительного разрывного удлинения элементарных ПП нитей и времени воздействия УФ-излучения, представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование исследуемых образцов ПП нитей	$\varepsilon_p$ , %	$\varepsilon_{кр}$ , %	$M$ , 1/ч	$c$	Величина достоверности $R^2$
Нить ПП BCF 260 текс (Filartion)	166,4	93,4	0,02	0,84	0,99
Нить ПП BCF 180 текс (Aracta)	143,9	92,1	0,08	0,69	0,99
Нить ПП HS 210 текс (CANAN)	41,4	36,5	0,02	0,83	0,99
Нить ПП HS 210 текс (TATtextile)	45,2	8,3	0,01	1,21	0,99
Нить ПП Frize260 текс (Aracta)	43,0	22,7	0,23	0,38	0,97

Использование соотношения (4) позволяет провести анализ интенсивности процесса накопления уровня структурных повреждений элементарных нитей ППН при воздействии УФ излучения:

$$I_{\theta}(\tau) = \frac{d\theta}{d\tau} = \frac{M\tau^{c-1}}{\tau \exp(M\tau^c)}. \quad (6)$$

Предложенный в работе методологический подход к оценке интенсивности процесса деструкции, протекающей при УФ-облучении, может быть использован при оценке качества различных полимерных материалов, подвергающихся воздействию света длительное время.

## В Ы В О Д Ы

Установлено, что полипропиленовые нити, выпускаемые различными производителями, существенно отличаются по степени влияния ультрафиолетового излучения на прочностные свойства, изменение которых свидетельствует о возникновении структурных повреждений в нити, а также различной концентрации светостабилизаторов в волокнообразующем полимере.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кузнецов А.А., Ольшанский В.И. Оценка и прогнозирование механических свойств текстильных нитей. – Витебск: ВГУ, 2004. С. 225.

Рекомендована кафедрой автоматизации технологических процессов и производств. Поступила 28.05.12.