

polyurethane soles. Strength properties of material decrease because of reduction of polymer molecular weight.

УДК 677.4.022

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КРУЧЕНИЯ ОГНЕТЕРМОСТОЙКИХ НИТЕЙ НА ОСНОВЕ ВОЛОКНА АРСЕЛОН-С

М.Н. Михалко, В.В. Садовский, В.Н. Докучаев

Обзор рынка огнетермостойких тканей для боевой одежды пожарных-спасателей (БОПС) показал, что в большинстве случаев для их получения применяется пряжа из штапельных волокон номекс, арселон-С, русар и др. [1, 2]. Предпочтение пряже, а не комплексным нитям, отдается в связи с тем, что ткани из пряжи обладают мягкостью, меньшей сминаемостью, хорошо сохраняют тепло. Кроме того, затраты на производство штапельного волокна примерно в 2 раза ниже затрат на выработку того же количества комплексных нитей. Даже с учетом затрат в прядильном производстве пряжа оказывается значительно дешевле комплексных нитей [3].

Вместе с тем известно, что одним из главных требований является стабильность и сохранение формы БОПС в процессе эксплуатационных воздействий [4]. Формоустойчивость — сложная комплексная характеристика, одним из критериев которой является жесткость применяемых материалов. Повышают жесткость и тем самым формоустойчивость тканей обычно путем применения при их выработке комбинированных нитей, состоящих из пряжи и более жестких комплексных нитей (например, комбинированная нить из пряжи арселон-С и комплексной нити русар [5]). Комплексные нити арселон-С в производстве огнетермостойких тканей ранее не применялись и в связи с этим технологические характеристики их получения исследованы не в полной мере.

Учитывая вышеизложенное, цель работы заключалась в оптимизации процесса кручения комплексных нитей арселон-С, рекомендованных для применения в производстве огнетермостойких тканей для БОПС.

Объектами исследования являлись крученые нити арселон-С, состоящие из двух комплексных нитей, линейной плотности 29,4 текс х 2. Нарботка нитей и оптимизация процесса их кручения осуществлялась на РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно». Исследования проведены с использованием математических методов планирования эксперимента [6]. Применен двухфакторный ортогональный центрально-композиционный план, где в качестве факторов были приняты: X_1 — крутка комплексной нити, кр/м; X_2 — крутка крученой нити, состоящей из двух комплексных нитей, кр/м.

Уровни и интервалы варьирования факторов X_1 и X_2 были установлены на основании анализа литературных источников, а также технических возможностей крутильного оборудования (тростильно-крутильной машины ТКД) (таблица 1).

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы		Уровни варьирования			Интервалы варьирования
		-1	0	+1	
Крутка комплексной нити, кр/м	X_1	160	210	260	50
Крутка крученой нити, состоящей из двух комплексных нитей, кр/м	X_2	100	140	180	40

В качестве критериев оптимизации были приняты основные механические и огнезащитные показатели крученых нитей, а также неравномерность показателей разрывных характеристик, которая оценивается коэффициентами вариации по относительной разрывной нагрузке и удлинению при разрыве. Совокупность этих показателей определяет качество огнетермостойких нитей и обеспечивает выпуск тканей необходимого уровня:

Y_1 — относительная разрывная нагрузка нити, P_o , сН/текс;

Y_2 — коэффициент вариации по относительной разрывной нагрузке, $C(P_o)$, %;

Y_3 — удлинение при разрыве, ρ , %;

Y_4 — коэффициент вариации по удлинению при разрыве, $C(\rho)$, %;

Y_5 — термостойкость, T , %.

Исследуемые показатели определялись в соответствии со стандартными методиками [7, 8]. Термостойкость нитей определяли отношением разрывной нагрузки нитей после прогрева в течение 25 ч при температуре 350 °С к их исходной разрывной нагрузке.

План и результаты эксперимента представлены в таблице 2. Обработка результатов эксперимента проводилась на ЭВМ с использованием прикладных программ.

Получены математические зависимости, с использованием которых можно прогнозировать значение показателей свойств Y_1 - Y_5 крученых нитей арселон-С при различных величинах крутки X_1 и X_2 :

$$Y_1 = 30,17 + 0,92X_1 + 0,66X_2 - 1,15X_1^2, \quad R^2 = 0,97; \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,75 - 0,55X_1 - 0,59X_2 + 1,01X_1^2 + 0,62X_2^2, \quad R^2 = 0,98; \quad (2)$$

$$Y_3 = 8,57 - 0,67X_1 + 1,05X_2 + 2,87X_1^2, \quad R^2 = 0,96; \quad (3)$$

$$Y_4 = 6,00 + 2,08X_1 - 3,40X_2 - 3,98X_1X_2 + 7,51X_1^2 + 5,90X_2^2, \quad R^2 = 0,99; \quad (4)$$

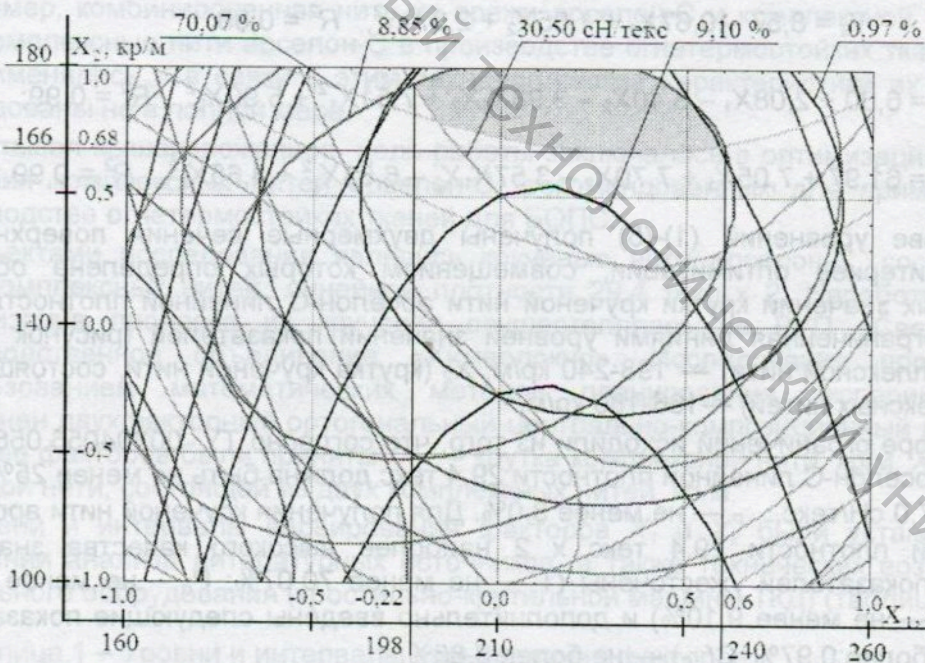
$$Y_5 = 61,97 + 7,05X_1 + 7,70X_2 - 3,57X_1X_2 - 6,53X_1^2 + 4,65X_2^2, \quad R^2 = 0,99. \quad (5)$$

На основе уравнений (1)-(5) получены двухмерные сечения поверхностей отклика критериев оптимизации, совмещением которых определена область оптимальных значений крутки крученой нити арселон-С линейной плотности 29,4 текс х 2, ограниченная линиями уровней значений показателей (рисунок 1): X_1 (крутка комплексной нити) — 198-240 кр/м; X_2 (крутка крученой нити, состоящей из двух комплексных нитей) — 166-180 кр/м.

При выборе ограничений исходили из того, что согласно ТУ 00204056.056-1997 [8] Т нити арселон-С линейной плотности 29,4 текс должна быть не менее 25%, P_o — не менее 27,0 сН/текс, ρ — не менее 3,0%. Для получения крученой нити арселон-С линейной плотности 29,4 текс х 2 наиболее высокого качества значения указанных показателей ужесточены (T — не менее 70,07%; P_o — не менее 30,50 сН/текс, ρ — не менее 9,10%) и дополнительно введены следующие показатели: $C(P_o)$ — не более 0,97%; $C(\rho)$ — не более 8,85%.

Таблица 2 — План и результаты эксперимента по исследованию влияния крутки на свойства нитей арселон-С линейной плотности 29,4 текс х 2

№ опыта	Матрица планирования опытов		Рабочая матрица		Выходные параметры				
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂	Y ₁ относительная разрывная нагрузка нити, P ₀ , сН/текс	Y ₂ коэффициент вариации по относительной разрывной нагрузке, C (P ₀), %	Y ₃ удлинение при разрыве, p, %	Y ₄ коэффициент вариации по удлинению при разрыве, C (p), %	Y ₅ термостойкость, T, %
1	-1	-1	160	100	27,84	3,68	10,8	17,79	41,11
2	+1	-1	260	100	28,95	2,63	9,2	29,92	61,67
3	-1	+1	160	180	28,33	2,43	12,5	17,58	65,39
4	+1	+1	260	180	30,72	1,06	13,0	13,78	71,68
5	-1	0	160	140	28,13	2,11	13,2	10,75	47,96
6	+1	0	260	140	30,16	1,2	10,6	14,88	63,43
7	0	-1	210	100	29,23	1,65	7,9	13,22	60,93
8	0	+1	210	180	30,92	0,88	8,9	9,18	72,83
9	0	0	210	140	30,36	0,98	8,8	7,41	61,45



- термостойкость, %;
- относительная разрывная нагрузка нити, сН/текс;
- коэффициент вариации по относительной разрывной нагрузке, %;
- удлинение при разрыве, %;
- коэффициент вариации по удлинению при разрыве, %.

Рисунок 1 — Совмещение двухмерных сечений поверхностей отклика критериев оптимизации для выбора оптимальных условий процесса кручения нитей арселон-С

На рис. 1 видно, что при указанных значениях круток P_0 составит не менее 30,5 сН/текс, $C(P_0)$ — не более 0,97%, ρ — не менее 9,1%, $C(\rho)$ — не более 8,9%, T — не менее 70,1%.

При указанных оптимальных значениях входных факторов произведена экспериментальная наработка нити арселон-С линейной плотности 29,4 текс x 2 (таблица 3). Физико-механические свойства полученных нитей: P_0 — 30,53 сН/текс, $C(P_0)$ — 0,88%, ρ — 12,4%, $C(\rho)$ — 8,8%, T — 73,8%.

Отклонение фактических и расчетных значений не превышает 5%, что свидетельствует о достоверности полученных математических моделей и возможности применения их на практике. Значения показателей свойств нитей соответствуют предъявляемым требованиям, а процесс кручения не вызывает затруднений.

Таблица 3 — Расчетные и фактические значения свойств выработанной нити арселон-С

Наименование показателя	Значение	
	расчетное	фактическое
Крутка комплексной нити, кр/м	210	212
Крутка крученой нити, состоящей из двух комплексных нитей, кр/м	180	178
Относительная разрывная нагрузка нитей, P_0 , сН/текс	30,83	30,53
Коэффициент вариации по относительной разрывной нагрузке нитей, $C(P_0)$, %	0,78	0,88
Удлинение при разрыве, ρ , %	11,82	12,4
Коэффициент вариации по удлинению при разрыве, $C(\rho)$, %	8,5	8,8
Термостойкость, T , %	74,32	73,8

Полученные при рекомендованных значениях крутки нити 29,4 текс x 2 в сочетании с пряжей линейной плотности 29 текс x 2 на основе волокна арселон-С использовались в экспериментальной наработке огнестойких тканей трех видов переплетений, а для сравнения набивались ткани из этих же волокон с применением пряжи по основе и по утку (таблица 4).

Таблица 4 — Жесткость экспериментальных огнестойких тканей

Вид переплетения	Плотность ткани		Структура нитей		Жесткость, сН·см ²	
	по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку
Саржа 2/2	280	189	Пр	Пр	172,2	153,3
			Пр	Н	249,1	462,5
Креповое	280	184	Пр	Пр	215,2	200,7
			Пр	Н	228,8	758,9
Неправильный атлас	280	184	Пр	Пр	343,0	108,8
			Пр	Н	357,8	555,8

Примечание. В таблице приняты следующие сокращения: Пр — пряжа линейной плотности 29 текс x 2 на основе волокна арселон-С, Н — нить линейной плотности 29,4 текс x 2 на основе волокна арселон-С.

Из НПБ 161-97 [9] известно, что жесткость при изгибе материалов, применяемых для производства специальной защитной одежды, должна быть не более 830 сН·см².

Как видно из таблицы 4, жесткость экспериментальных тканей составляет 172,2-357,8 сН·см² по основе и 108,8-555,8 сН·см² по утку, что соответствует предъявляемым требованиям к материалам данного типа. Применение крученых нитей, полученных при рекомендованных режимах, позволило получить ткани с более высокой жесткостью по сравнению с тканями, выработанными по обеим системам из пряжи. Это объясняется большей жесткостью экспериментальных крученых нитей по сравнению с жесткостью пряжи, что позволит повысить формоустойчивость изделий из них.

ВЫВОДЫ

Выявлены зависимости между значениями показателей свойств крученых нитей арселон-С, состоящих из двух комплексных нитей, линейной плотностью 29,4 текс 2 и величинами их первичной и вторичной круток, позволяющие определять значения показателей свойств нитей при различных величинах крутки.

Установлено, что лучшим комплексом потребительских свойств обладают нити, полученные при следующих величинах крутки: комплексной нити — 198-240 кр/м; крученой нити, состоящей из двух комплексных нитей, — 166-180 кр/м.

Огнетермостойкие ткани, выработанные с применением крученых нитей, соответствуют предъявляемым требованиям и имеют большую жесткость, чем ткани, выработанные по обеим системам из пряжи, что позволит повысить формоустойчивость БОПС.

Список использованных источников

1. Русецкий, Ю. Г. Технология получения огнетермостойкой пряжи и тканей специального назначения: автореф. дис. ... канд. техн. Наук : 05.19.02 / Ю. Г. Русецкий ; ВГТУ. — Витебск, 2002. — 22 с.
2. Медвецкий, С. С. Возможность использования волокна «русар» для боевой одежды пожарных-спасателей / С. С. Медвецкий, М. А. Терентьев // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сб. тез. докл. IV междунар. науч.-практ. конф., Минск, 6-8 июня 2007 г.: в 3 т. / НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций ; редкол.: Э. Р. Бариев [и др.]. — Минск, 2007. — Т.2. — С. 311-313.
3. Особенности свойств и переработки химических волокон / под ред. В. А. Пакшвера. — М.: Химия, 1975. — 424 с.
4. Чубарова, З. С. Методы оценки качества специальной одежды / З. С. Чубарова. — М.: Легпромбытиздат, 1988. — 160 с.
5. Алахова, С. С. Новая технология получения огнетермостойких нитей / С. С. Алахова, С. С. Медвецкий, А.Г. Коган // Научный альманах. Специальный выпуск журнала "Текст. пром.-ть". — 2005. — №7-8. — С. 21-23.
6. Михалко, М. Н. Формирование потребительских свойств огнетермостойких полиоксадиазольных нитей и тканей на их основе для боевой одежды пожарных-спасателей на этапе производства : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.19.08 / М. Н. Михалко ; БГЭУ. — Минск, 2009. — 21 с.
7. Нити текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве : ГОСТ 6611.2-73. — введ. 1973-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 1973. — 8 с.
8. Нить техническая оксалоновая. Технические условия : ТУ РБ 00204056.056-1997. — введ. 1997-20-04. — Светлогорск: РУП "СПО "Химволокно", 1997. — 6 с.
9. Специальная защитная одежда пожарных от повышенных тепловых воздействий. Общие технические требования. Методы испытаний : НПБ 161-97. — введ. 1997-01-12. — М.: ВНИИПО МВД России, 1997. — 37 с.

Статья поступила в редакцию 28.04.2010 г.

SUMMARY

We applied the method of mathematical planning of experiment and a graphic method to determine the area of optimum values of twist of 29.4 tex 2 linear density Arselon-C thread.

The possibility of increasing rigidity of fire-thermo-resistant fabrics has been shown while using twisted threads in a welf in comparison with the fabrics developed on a warp and on a welf from a yarn.

УДК 677.04

РОССИЙСКИЙ РЫНОК ГЕОТЕКСТИЛЯ И ГЕОСИНТЕТИКИ: ОСОБЕННОСТИ, МАСШТАБЫ, ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Г.К. Мухамеджанов, Ю.Я. Тюменев, О.Г. Мухамеджанова, Ю.В. Назарова

В настоящее время на российском рынке существует более 100 типов и структур геосинтетики, объемы потребления ГМ с каждым годом увеличиваются, а области их применения расширяются. Методы испытаний ГМ разнообразны в зависимости от областей применения, назначения и типов. Так, например, на методы испытаний ГМ действуют 90 стандартов ISO и EN, которые пересматриваются и совершенствуются через каждые 5 лет.

Прямое применение стандартов на методы испытаний ГМ затрудняется отсутствием соответствующих приборов и испытательной базы. Поэтому у нас действуют только 6 национальных стандартов на методы испытаний ГМ, гармонизированных со стандартами ISO. Работы по гармонизации национальных стандартов на методы испытаний ГМ со стандартами ISO и EN ведутся крайне медленно, хотя темпы и объемы производства и применения геосинтетики из года в год расширяются.

Ключевые слова: георешетки, геосетки, геокомпозиты в армогрунтовом строительстве в качестве армирующих элементов

СОСТОЯНИЕ РОССИЙСКОГО РЫНКА ГЕОСИНТЕТИКИ

Нетканые полотна и изделия из них наиболее востребованы на российском рынке и широко используются в отечественной практике дорожного, мостового, трубопроводного, промышленно-гражданского и гидротехнического строительства. Так называемые геосинтетические и геотекстильные (ГМ) материалы относятся к сектору технического текстиля и почти 90 % представляют собой нетканые материалы, доля которых на внутреннем и мировом рынке постоянно возрастает [1].

Это объясняется, прежде всего, очевидными технико-экономическими преимуществами технологии производства нетканых материалов: высокой производительностью технологического оборудования, позволяющего вырабатывать полотна шириной до 6,0 м (при сшиве 2-х полотен и до 12 м), разнообразием способов и технологии производства, используемого ассортимента исходного сырья, включающего также получаемое путем переработки полиэтилентерефталэфых бутылок вторичное волокно; быстрой окупаемостью капиталовложений и, следовательно, привлекательностью для инвесторов.

Актуальность применения ГМ в различных областях строительства особенно возросла в связи с увеличением стоимости традиционно используемых материалов (песка, щебня, гравия и др.), повышением транспортных расходов, а также огромными масштабами строительства и ремонта автомобильных и железных дорог, магистральных нефте-, газопроводов, мостов и искусственных сооружений в России. Росту рынка ГМ способствует осознание проектировщиками и строителями