

ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ВОЛОКНИСТОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ СТЕРЖНЕВОГО КОМПОНЕНТА АРМИРОВАННОЙ НИТИ

THE WAYS OF SOLVING THE PROBLEM OF REINFORCED THREAD ROD COMPONENT SLIDING ALONG THE FIBROUS COATING

Н.В. Ульянова, Д.Б. Рыклин*

Витебский государственный технологический университет

УДК 677.072:687.023

N. Ulyanova, D. Ryklin*

Vitebsk State Technological University

РЕФЕРАТ

АРМИРОВАННАЯ ПОЛИЭФИРНАЯ НИТЬ, ПОЛИЭФИРНОЕ ВОЛОКНО, КРУТКА, УКРУТКА, НЕРОВНОТА, ШВЕЙНЫЕ НИТКИ

Объект исследований – полиэфирные армированные нити линейной плотности 16,7 текс для швейных ниток ЛЛ и технологические процессы их производства.

Использованные методы – спектральный анализ неровноты продуктов прядения, методы математического планирования эксперимента и статистической обработки данных.

Результаты работы – определены направления повышения качества армированных нитей для швейных ниток торгового номера 35 ЛЛ.

Область применения результатов – текстильная промышленность.

Выводы – в результате выполненной работы определена сила нормального давления волокон оплетки на стержневой компонент армированной нити и сила трения, возникающая между комплексной нитью и покрытием в структуре армированной нити. Определена сила сопротивления волокон покрытия смещению при трении нити о нитепроводник.

Установлено влияние неровноты по линейной плотности покрытия на степень закрепления оплетки на поверхности комплексной нити. Получена зависимость удельной силы трения, возникающей между волокнами покрытия и комплексной нитью в слоях оплетки армированной нити линейной плотности 16,7 текс от нормированного значения линейной плотно-

ABSTRACT

CORE-SPUN POLYESTER YARNS, POLYESTER FIBER, TWIST, TWIST CONTRACTION, EVENNESS, SEWING THREADS

The work aimed at improving the quality indicators reinforced sewing thread LL.

As result of the work done, the force of normal pressure of the braid fibers on the core component of the reinforced yarn is determined. The frictional force between the complex filament and the coating in the structure of the reinforced yarn is calculated. The force of resistance of the coating fibers to the misalignment of the filament is calculated from the thread.

The influence of unevenness on the linear density of the coating on the degree of fastening of the braid on the surface of the complex filament is established. The dependence of the specific frictional force arising between the coating fibers and the complex filament in the braiding layers of the reinforced 16.7 tex fiber of the normalized value of the linear density of the filament is obtained. The nominal linear density of the filament is calculated in the most thinned place, taking into account the deviation of the linear density in the smaller direction.

* E-mail: ryklin-db@rambler.ru (D. Ryklin)

сти нити. Рассчитана нормированная линейная плотность нити в наиболее утоненном месте с учетом отклонения линейной плотности в меньшую сторону.

При широком ассортименте швейных ниток, представленном на рынке, наиболее перспективными являются армированные полиэфирные нитки, получившие торговое обозначение ЛЛ (лавсан-лавсановые). Однако при всех преимуществах данного вида ниток им свойственен дефект – наличие участков, на которых волокна покрытия слабо закреплены на поверхности комплексных нитей в структуре одиночных армированных нитей, предназначенных для производства швейных ниток ЛЛ.

Вследствие этого, определение способов устранения указанного дефекта является актуальной научно-практической задачей, на решение которой направлены исследования, представленные в данной статье.

Объектом исследований в работе являлись армированные полиэфирные нити линейной плотности 16,7 текс, применяемые для производства швейных ниток торгового обозначения 35 ЛЛ.

Ранее в ходе проведенных исследований [1] было установлено влияние таких факторов, как состав компонентов в армированной нити, количество и характер расположения волокон в покрытии сердечника, крутки нити на степень закрепления оплетки на комплексной нити. При этом было выдвинуто предположение о том, что сползание обкручивающего компонента вдоль стержневой нити возможно в том случае, если при огибании армированной нитью рабочих органов технологического оборудования на волокна действует сила трения большая, чем сила трения между комплексной нитью и волокнистым покрытием.

Взаимодействие волокон покрытия со стержневым компонентом в структуре армированной нити рассматривалось на основе гипотезы о том, что волокна покрытия располагаются в виде концентрических слоев вокруг комплексной нити, то есть оси волокон представляют собой спирали постоянного радиуса.

Сила трения между волокнами и комплексной

нитью зависит от силы нормального давления на единицу длины одного волокна в слоях покрытия армированной нити q_{ci} в Н/мм , которое для волокон i -того слоя в работе [1] рассчитывалось по формуле

$$q_{ci} = \frac{(K_y \sqrt{1 + (\pi d_{APMH} \cdot K)^2} - 1) \cdot E \cdot S \cdot \sin^2 \beta_{ci}}{r_{ci}}, \quad (1)$$

где K_y – коэффициент укрутки армированной нити; d_{APMH} – диаметр армированной нити, мм ; K – крутка армированной нити, кр./м ; E – средний модуль продольной упругости полиэфирного волокна, Н/мм^2 ; S – площадь поперечного сечения полиэфирного волокна, мм^2 ; β_{ci} – угол наклона волокна к оси нити в i -том слое, $^\circ$; r_{ci} – расстояние от оси волокна до оси стержня в i -том слое, мм .

Установлено, что при формировании армированной нити комплексная нить испытывает силу нормального давления на единицу длины со стороны слоев волокон, равную $0,332 \text{ Н/мм}$.

Предположено, что сползание покрытия вдоль стержня возможно в том случае, если при огибании армированной нитью рабочих органов оборудования на волокна действует сила трения большая, чем удельная сила трения G , возникающая между волокнами покрытия и комплексной нитью, соответствующая значению $0,12 \text{ Н/мм}$:

$$G = q_{KH} \cdot f, \quad (2)$$

где f – коэффициент трения волокна о волокно (для полиэфирных волокон коэффициент f составляет $0,31 \div 0,42$) [2], для расчетов принимаем $f = 0,37$.

Однако в расчетах не учитывалась неровнота волокнистого покрытия по линейной плотности армированной нити. Тем не менее при формировании армированной нити данный фактор необ-

ходимо учитывать, так как неровнота покрытия оказывает влияние на линейную плотность нити, на прочность закрепления оплетки и, как следствие, на равномерность распределения волокон вдоль стержневого ее компонента.

Влияние нормированной линейной плотности участка армированной нити на удельную силу трения между покрытием и комплексной нитью в слоях оплетки армированной нити линейной плотности 16,7 текс графически представлено на рисунке 1.

На рисунке 1 τ – нормированное значение линейной плотности участка армированной нити, определяемое отношением:

$$\tau = T_{\text{АРМН}} / \bar{T}_{\text{АРМН}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{АРМН}}$ – линейная плотность участка армированной нити, текс; $\bar{T}_{\text{АРМН}}$ – средняя линейная плотность армированной нити, текс.

Следует отметить, что точкой *А* на графике обозначено нормированное значение номинальной линейной плотности армированной нити (16,7 текс в натуральном выражении). Точка

Б соответствует фактическому значению номинальной линейной плотности нити в наиболее утоненном месте с учетом отклонения линейной плотности в меньшую сторону на 25 % (12,5 текс в натуральном выражении).

Можно отметить, что зависимость содержит два прямолинейных участка:

1) участок, на котором $\tau \leq 0,88$, характеризуется неполным покрытием стержневой комплексной нити волокном;

2) участок, на котором $\tau \geq 0,88$, характеризуется наличием как минимум одного полного слоя волокон, покрывающих комплексную нить.

При этом нормированное значение линейной плотности армированной нити равно 0,88 в натуральном значении, соответствует ее линейной плотности 14,7 текс.

Наглядно видно, что с повышением нормированного значения линейной плотности армированной нити увеличивается удельная сила трения между волокнами оплетки и стержневым компонентом в ее структуре, что обеспечивает более прочное закрепление покрытия на комплексной нити.

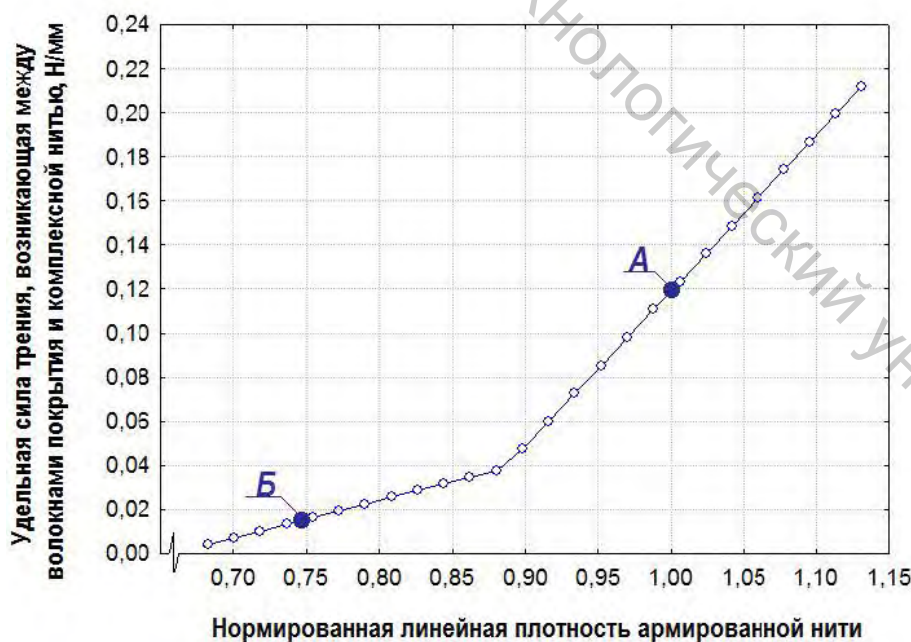


Рисунок 1 – Влияние нормированного значения линейной плотности участка армированной нити на удельную силу трения между покрытием и комплексной нитью

В результате обработки экспериментальных данных, получена зависимость удельной силы трения между волокнами покрытия и комплексной нитью в слоях оплетки армированной нити линейной плотности 16,7 текс от нормированного значения линейной плотности нити, которая имеет вид:

$$\begin{cases} G = 0,168 \cdot \tau - 0,111, & \text{если } \tau \leq 0,88, \\ G = 0,711 \cdot \tau - 0,589, & \text{если } \tau \geq 0,88, \end{cases} \quad (4)$$

Так как коэффициент детерминации $R^2 > 0,95$ ($R^2 = 0,98$) для данной системы уравнений, то полученную зависимость можно считать адекватной.

С учетом фактической неровноты по линейной плотности армированной нити можно отметить следующее. При уменьшении нормированного значения линейной плотности армированной нити до минимального значения 0,75 происходит снижение силы трения между покрытием и комплексной нитью примерно в 8 раз по сравнению с аналогичным показателем в армированной нити линейной плотности 16,7 текс.

Таким образом, одним из направлений повышения прочности закрепления волокнистого покрытия на поверхности комплексной нити является снижение неровноты покрытия по линейной плотности армированной нити.

Для выявления возможности сползания покрытия вдоль стержневого компонента в процессе формирования армированной нити определены значения силы трения, возникающей при ее взаимодействии с деталями кольцевой прядильной машины.

С целью определения силы трения армированной нити о нитепроводник, оказывающей сопротивление ее продвижению в процессе формирования, выполнялся расчет натяжения нити в вершине баллона (P) по формуле, предложенной в работах И. И. Мигушова [3].

Сила трения армированной нити о нитепроводник F_f , H , рассчитывалась с учетом формулы Л. Эйлера:

$$F_f = P \cdot (1 - e^{-\mu \varphi}) = T_{\text{армн}} \cdot 10^{-6} \cdot \omega_6^2 \cdot \left\{ R_M^2 + \left[\frac{H_6}{\arcsin \left(\frac{R_K}{R_M} \right)} \right]^2 \right\} \cdot (1 - e^{-\mu \varphi}), \quad (6)$$

где $T_{\text{армн}}$ – линейная плотность армированной нити, текс; ω_6 – угловая скорость бегунка, c^{-1} ; H_6 – высота баллона, m ; R_K – радиус кольца, m ; R_M – максимальный радиус баллона, m ; μ – коэффициент трения нити о нитепроводник; φ – угол обхвата нитью нитепроводника, *рад*.

Угол обхвата нитью нитепроводника φ в радианах, определялся как:

$$\varphi = \varphi_1 + (90 - \varphi_2) \cdot \quad (7)$$

Для угла наклона армированной нити к горизонту до нитепроводника φ_1 в радианах применялась формула [4, с. 139, формула (III.11)]:

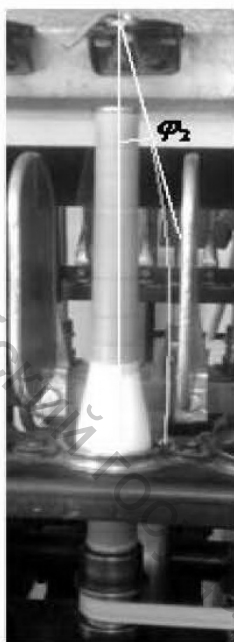
$$\varphi_1 = \arcsin \frac{Ar + H \sqrt{A^2 + H^2 - r^2}}{A^2 + H^2}, \quad (8)$$

где A – расстояние от середины нитепроводника до оси переднего цилиндра вытяжного прибора (горизонтально) замерялось на прядильной машине, для расчетов принималось $A = 75 \text{ мм}$; r – радиус переднего цилиндра вытяжного прибора составляет $12,5 \text{ мм}$; H – расстояние от нитепроводника до оси переднего цилиндра вытяжного прибора (вертикально), *мм*.

Параметры формы баллона определялись по фотографиям, полученным при формировании различных участков прядильного початка (рисунок 2).

Для оценки возможности смещения волокнистого покрытия вдоль комплексной нити в структуре армированной нити при трении ее о нитепроводник определена сила сопротивления покрытия смещению (F_2), по следующей предложенной формуле:

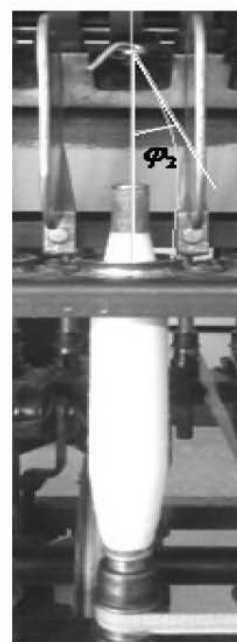
$$F_2 = G \cdot \frac{l_B \cdot \left(1 - \frac{H \cdot T_B}{T_{\text{ВП}}} \right)}{2}, \quad (9)$$



а) гнездо початка



б) тело початка



в) верхний конус

Рисунок 2 – Фотографии баллонирующей армированной нити при разных условиях наработки прядильного початка

где l_B – длина волокна, мм; H – ворсистость армированной нити; T_B – линейная плотность волокна, текс.

В результате расчетов установлено, что сила сопротивления смещению участка покрытия средней линейной плотности составила 2,1 Н. Из анализа расчетных значений силы трения армированной нити о нитепроводник (рисунок 3) следует, что сила сопротивления волокон покрытия смещению существенно превышает силу трения нити о нитепроводник в процессе наработки початка, что исключает возможность сползания волокнистого покрытия.

Однако представленный расчет выполнялся для армированной нити средней линейной плотности 16,7 текс. В реальных условиях при формировании армированной нити неизбежна неровнота покрытия по линейной плотности, которая влияет на общее число в нем волокон. Уменьшение числа волокон в покрытии ведет к снижению силы трения между компонентами в армированной нити. Это в свою очередь влияет на степень закрепления волокнистого покрытия на поверхности

стержневой нити, приводящее впоследствии к сползанию оплетки. В связи с этим стала задача рассчитать минимальную линейную плотность армированной нити.

Рассмотрим случай, когда в процессе наработки армированной нити линейной плотности 16,7 текс на участке контакта ее с нитепроводником сила трения о нитепроводник F_1 будет равна минимальной удельной силе трения между волокнами покрытия и комплексной нитью G_{min} , то есть будет выполняться условие:

$$F_1 = F_{2min} = G_{min} \cdot \bar{L} \quad (10)$$

Выразим минимальную удельную силу трения между покрытием и комплексной нитью в структуре армированной нити:

$$G_{min} = \frac{F_1}{L} \quad (11)$$

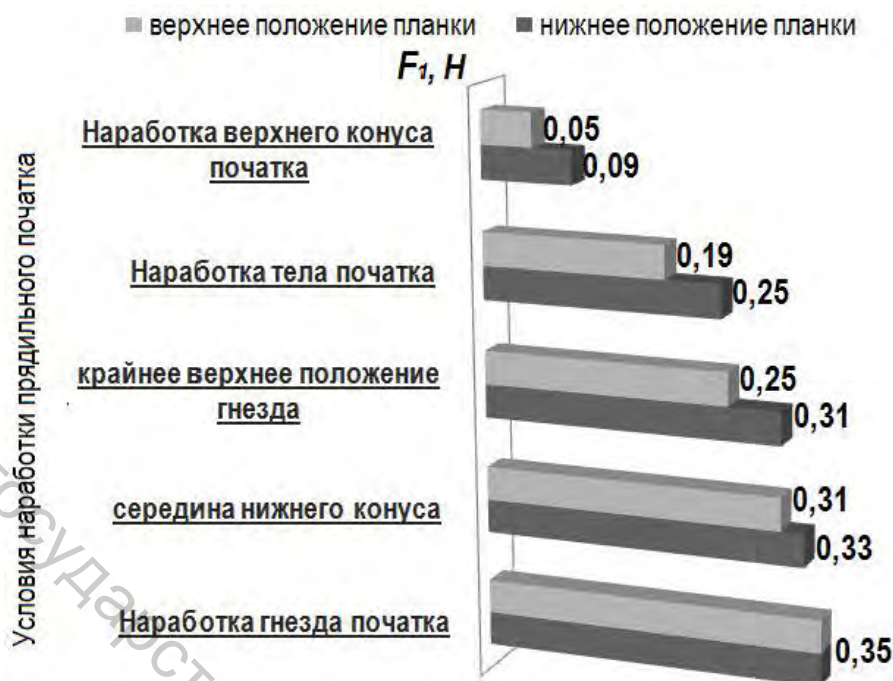


Рисунок 3 – Расчетные значения силы трения армированной нити о нитепроводник

Для расчета номинальной линейной плотности нити в наиболее утоненном месте с учетом отклонения линейной плотности в меньшую сторону армированной нити линейной плотности 16,7 текс применим ранее полученную зависимость (4).

Для определенной минимальной удельной силы трения между волокнами покрытия и комплексной нитью можно рассчитать следующие значения параметров: нормированную минимальную линейную плотность армированной нити; отклонение линейной плотности армированной нити; минимальную линейную плотность армированной нити; отклонение минимальной линейной плотности армированной нити от среднего значения (таблица 1).

Анализируя представленные в таблице 1 данные, можно отметить, что наибольшая вероятность сползания волокнистого покрытия вдоль стержневого компонента армированной нити возникает при нижнем положении кольцевой планки.

По гистограмме отклонения масс отрезков, представленной на рисунке 4, видно, что отклонение линейной плотности покрытия в меньшую

сторону для армированных нитей средней линейной плотности 16,7 текс составляет 25 % или 4,2 текс. Тогда минимальная линейная плотность армированной нити с учетом неровноты равна $16,7 - 4,2 = 12,5$ текс.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что вероятность сползания волокнистого покрытия вдоль комплексной нити в структуре армированной нити с учетом неровноты по линейной плотности возможна на этапе наработки гнезда прядильного початка, при отклонении линейной плотности армированной нити в меньшую сторону на 22–25 %. По гистограмме отклонений масс отрезков опытного варианта армированной нити, представленной на рисунке 4, видно, что слабое закрепление волокон на поверхности комплексной нити, возможно, менее чем на 1 % участков армированной нити, в связи с чем на следующем этапе работы необходимо проведение работ, направленных на полное устранение причин их возникновения.

Аналогичным путем определено натяжение армированной нити у бегунка. Установлено, что при минимальной линейной плотности покрытия на данном участке вероятность его сполза-

Таблица 1 – Расчетные значения параметров

Условия наработки прядельного початка		Минимальная удельная сила трения между волокнами покрытия и комплексной нитью G_{min} , Н/мм	Нормированная минимальная линейная плотность армированной нити τ_{min} , текс	Отклонение линейной плотности армированной нити Δ , текс	Минимальная линейная плотность армированной нити $T_{ARMH min}$, текс	Отклонение минимальной линейной плотности армированной нити от среднего значения, %
Наработка гнезда початка						
Крайнее нижнее положение гнезда (нижний конус) (точка O_1)						
Положение планки	нижнее	0,020	13,0	3,7	14,7	-22
Середина нижнего конуса (точки O_2, O_3)						
Положение планки	нижнее	0,019	12,9	3,8	14,8	-23
	верхнее	0,017	12,8	3,9	14,9	-24
Крайнее верхнее положение гнезда (конец наматывания гнезда) (точки O_4, O_5)						
Положение планки	нижнее	0,017	12,8	3,9	14,9	-24
	верхнее	0,014	12,5	4,2	15,2	-25
Наработка тела початка (точки O_6, O_7)						
Положение планки	нижнее	0,014	12,4	4,3	15,3	-26
	верхнее	0,011	12,1	4,6	15,6	-28
Наработка верхнего конуса початка (точки O_8, O_9)						
Положение планки	нижнее	0,005	11,6	5,1	16,1	-31
	верхнее	0,003	11,3	5,4	16,4	-32

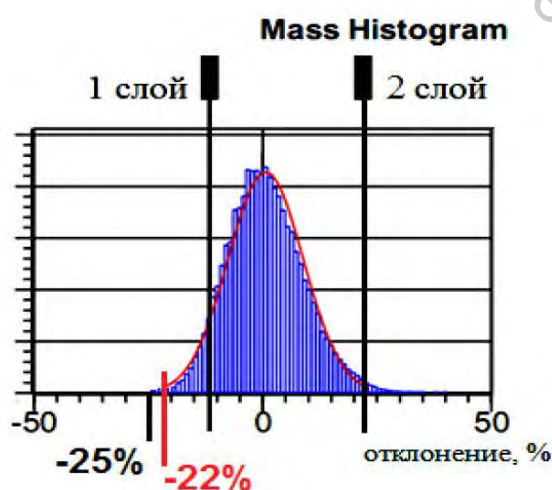


Рисунок 4 – Гистограмма отклонения масс отрезков армированной нити 16,7 текс, полученная в результате тестирования на приборе UsterTester 5

ния вдоль комплексной нити исключается.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить следующие направления повышения прочности закрепления покрытия на поверхности комплексной нити в структуре армированной нити:

- снижение неровноты волокнистого покрытия по линейной плотности;
- повышение коэффициента трения между волокнами покрытия и комплексной нитью.

Снижение неровноты волокнистого покрытия по линейной плотности армированной нити было достигнуто путем обработки исходного сырья и вырабатываемых нитей текстильно-вспомогательными веществами [5]. Это способствовало выравниванию силы трения по длине волокон и нитей, повысило сцепляемость между волокнами покрытия и комплексной нитью, а также улучшило качество поверхности нити.

По гистограмме, представленной на рисунке 5, установлено, что отклонение линейной плотности армированной нити в меньшую сторону составило 20 % от среднего значения.

Доказано, что проведенные мероприятия полностью исключают вероятность сползания покрытия в процессе формирования армированных полиэфирных нитей. По результатам тестирования армированных нитей также можно

отметить, что на их поверхности на 77 % сократилось число крупных неспов (+200 %), а число неспов (+280 %) уменьшилось в 2,25 раза. Существенно снизилась ворсистость нитей с 5,34 до 3,88 [6].

Уменьшение линейной плотности волокон покрытия также оказывает влияние на снижение неровноты волокнистого покрытия по линейной плотности и на трение волокон и нитей. Однако волокна малой линейной плотности в Беларуси не производятся, что не позволяет реализовать данное направление. При этом выпуск полиэфирных волокон меньшей линейной плотности может быть рекомендован текстильным предприятиям в качестве перспективного сырья.

Сформированные одиночные армированные полиэфирные нити были переработаны в ассортимент швейных ниток торгового номера 35 ЛЛ (таблица 2).

Для оценки пошивочных свойств армированных швейных ниток торгового номера 35 ЛЛ была осуществлена их промышленная апробация. Специалисты-технологи отмечают, что швейные нитки указанной структуры по технологическим свойствам удовлетворяют требованиям предприятий швейной промышленности, обеспечивают качественное ниточное соединение, низкую обрывность ниток и пригодны

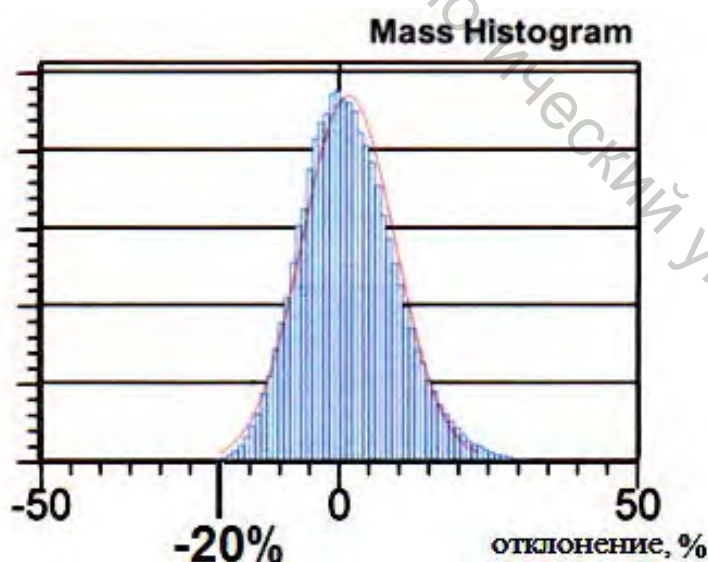


Рисунок 5 – Гистограмма отклонений масс отрезков армированных нитей линейной плотности 16,7 текс

Таблица 2 – Показатели качества армированных швейных ниток 35 ЛЛ

Наименование параметра	Фактические значения	Требования ГОСТ 6309-93 [7]
Фактическая линейная плотность, текс	36,0	$34,5 \pm 6$
Разрывная нагрузка, сН	1596	не менее 1450
Относительное удлинение при разрыве, %	19,0	не более 22,0
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	3,9	не более 7,5
Неравновесность ниток	2,1	не более 3 витков

для пошива широкого ассортимента швейных изделий из различного ассортимента текстильных материалов на высокоскоростном швейном оборудовании.

Таким образом, в результате выполненной работы определено, что существенное влияние на закрепление волокнистого покрытия на стержневой нити оказывает его неровнота по линейной плотности, а также условия формирования армированной нити. Примененный подход может быть использован при разработке технологических процессов производства комбинированных нитей различных структур.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований предложено математическое описание структуры одиночной армированной нити для изготовления швейных ниток ЛЛ, позволившее рассчитать силу давления полиэфирных волокон покрытия на комплексную нить, определяющую сопротивление волокон смещению вдоль армированной полиэфирной нити на различных ее участках в процессе формирования на кольцевой прядильной машине и переработки в крутильно-ниточном производстве.

Разработан метод расчета минимального количества волокон в сечении покрытия армированной полиэфирной нити, обеспечивающего надежное закрепление волокон на поверхности комплексной нити, что предотвращает их сползание и образование местных пороков в процессе производства армированных швейных ниток ЛЛ.

Установлено, что для предотвращения сползания волокнистого покрытия вдоль стержневого компонента армированной нити в процессе ее формирования целесообразно осуществлять работы, направленные на снижение неровноты покрытия по линейной плотности и на повышение коэффициента трения между волокнами покрытия и комплексной нитью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ульянова, Н.В., Рыклин Д.Б., Коган, А.Г. (2015), Влияние основных факторов на связь и распределение полиэфирных волокон оплетки на синтетическом стержне армированной нити, *Известия Вузов. Технология легкой промышленности*, 2015, № 2, С. 43–48.
2. Кукин, Г.Н., Соловьев, А.Н., Кобляков, А.И. (1989), *Текстильное материаловедение (волокна и нити)*, Москва, 352 с.
3. Мигушов, И.И. (1980), *Механика текстильной нити и ткани*, Москва, 160 с.
4. Усенко, В.А. (1987), *Производство крученых и текстурированных химических нитей (теория процессов, технология кручения и текстурирования химических нитей, оборудование)*, Москва, 352 с.
5. Ульянова, Н.В., Рыклин Д.Б. (2015), Освоение новых текстильно-вспомогательных веществ для повышения качества армированных швейных ниток, *Известия Вузов. Технология легкой промышленности*, 2015, № 4, С. 83–88.
6. Uster Statistics. Application Handbook Textile Technology (2013), Uster, 210 с.
7. ГОСТ 6309-93. Нитки швейные хлопчатобумажные и синтетические. Технические условия – Введ. 1996 – 01 – 01.

REFERENCES

1. Ulyanova, N.V., Ryklin, D.B., Kogan, A.G. (2015), Influence of main factors on the communication and distribution of polyester fiber braid on a synthetic rod reinforced thread [Vliyanie osnovnykh faktorov na svyaz' i raspredelenie polijefirnykh volokon opletki na sinteticheskom sterzhne armirovannoj niti], *Izvestija vysshikh uchebnykh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology*, 2015, № 2, pp. 43–48.
2. Kukin, G.N., Soloviev, A.N., Koblyakov, A.I. (1989), *Tekstil'noe materialovedenie (volokna i niti)* [Textile material science (fiber and yarn)], Moscow, 352 p.
3. Megushow, I.I. (1980), *Mehanika tekstil'noj niti i tkani* [Mechanics of a textile thread and fabric], Moscow, 160 p.
4. Usenko, V.A. *Proizvodstvo kruchenykh i teksturirovannykh himicheskikh nitej (teorija processov, tehnologija kruchenija i teksturirovaniya himicheskikh nitej, oborudovanie)* [Production of twisted and textured filament yarn (the theory of processes, technology and torsion texturing filaments, equipment)], Moscow, 352 p.
5. Ulyanova, N.V., Ryklin, D.B. (2015), Development of new textile auxiliaries for improving the quality of reinforced sewing thread [Osvoenie novykh tekstil'no-vspomogatel'nykh veshhestv dlja povysheniya kachestva armirovannykh shvejnykh nitok], *Izvestija vysshikh uchebnykh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology*, 2015, № 4, pp. 83–88.
6. Uster Statistics. Application Handbook Textile Technology (2013), Uster, 210 с.
7. Standard 6309-93. *Nitki shvejnye hlochatobumazhnye i sinteticheskie. Tehnicheskie uslovija* [Cotton and synthetic threads for sewing. Specifications], Vved. 1996 – 01 – 01.

Статья поступила в редакцию 03. 03. 2017 г.