

Моделирование модифицированного процесса самокручения

А.А. Телицын^а, И.А. Делекторская^б

¹Костромской государственной университет, Российская Федерация

E-mail: ¹info@kstu.edu.ru,

^аt.n.telicina@gmail.ru, ^бirina.delektorskaja@yandex.ru

Аннотация. В статье представлена технология использования аэродинамического самокрученного (СК) способа для выполнения операции трощения и кручения готовых нитей со скоростью не менее 200 м/мин. Исследование модели процесса показало возможность существенного влияния на первичную крутку компонентов путем использования несимметричной схемы расположения вьюрков. Показано, что применение несимметричного АКУ позволяет формировать СК-структуру из одинаковых компонентов при пониженном примерно на 10 % расходе сжатого воздуха.

Ключевые слова: блок вихревых камер, вьюрок, несимметричное аэродинамическое крутильное устройство, самокрученный продукт, угол между соединяемыми компонентами.

Modeling of the Modified Self-Twist Process

A. Telitsin^а, I. Delektorskaja^б

¹Kostroma State University, Russian Federation

E-mail: ¹info@kstu.edu.ru,

^аt.n.telicina@gmail.ru, ^бirina.delektorskaja@yandex.ru

Annotation. The article presents the technology of using an aerodynamic self-twisting method for performing the operation of crushing and torsion of finished threads at a speed of at least 200 m/min. The study of the process model showed it's possible to significantly affect the initial twist of the components by using an asymmetric arrangement of air-jet nozzles. It is shown that the use of asymmetric AKU allows to form a self-twisting structure from the same components at a reduced (about 10 %) flow rate of compressed air.

Key words: block of vortex cameras, air-jet nozzles, asymmetrical aerodynamic torsional device, self-twist product, the angle between the joint components.

Динамика формирования традиционного двухкомпонентного самокрученного (СК) продукта достаточно полно описана, например, в работах В.П. Хавкина [1], П.М. Мовшовича [2], Н.Б. Бабушкиной [3], М.И. Кокиша [4], Т.И. Дюкановой [5]. В настоящее время вопросами разработки новых, модифицированных способов формирования СК-продукта активно занимается лаборатория, созданная на базе Костромского государственного университета. Одной из решаемых задач стало создание самокруточного аэродинамического крутильно-формирующего устройства (АКУ), позволяющего использовать в качестве исходных компонентов готовые нити (пряжу), которые могут состоять из различных по природе волокон (хлопок, шерсть, лен, искусственные, химические) и иметь разную линейную плотность. Из этого следует, что проектируя такое АКУ, целесообразно обеспечить возможность кручения левого и правого компонентов с различной интенсивностью.

Все известные АКУ, реализующие в промышленных объемах процесс формирования самокрученной структуры, выполнены по схеме, которая может быть определена классификационным признаком «симметричная». Это означает, что длины зон кручения одиночных компонентов, образующих после соединения самокрученную структуру, одинаковы. Если одиночные компоненты однородны по своему составу и линейной плотности, то при воздействии на них одинаковыми крутящими моментами они приобретают за единицу времени равное число кручений.

На рисунке 1 показано расположение вьюрков в симметричном крутильном СК-устройстве. Для упрощения теоретических выкладок считаем, что соединительная камера отсутствует, то есть соединение стренг и их самораскручивание происходит без дополнительного воздействия на сдвоенную структуру. Этот процесс легко реализуется в серийном СК-блоке при отключении соединительной камеры от пневмосистемы.

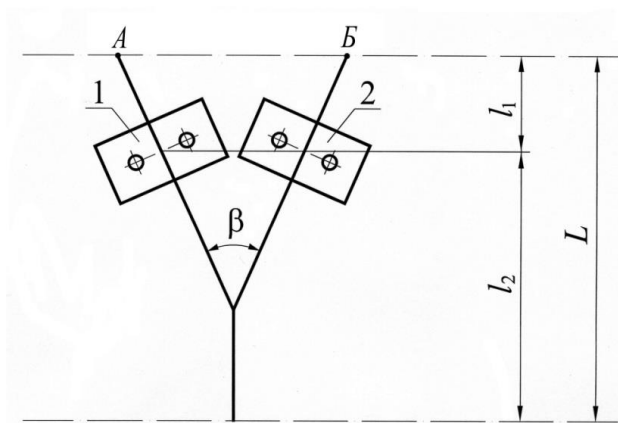


Рисунок 1 – Расположение вьюрков в симметричном крутильном устройстве

Позициями 1 и 2 на рисунке 1 обозначены вьюрки знакопеременной крутки с двумя сопловыми каналами;

$L = l_1 + l_2$ – расстояние между зажимами подающей и отводящей пар «цилиндр – нажимной валик», определяемое как общая длина зоны кручения и формирования;

l_1 – длина первой зоны кручения одиночного компонента (А или Б);

l_2 – длина второй зоны кручения одиночного компонента.

При приложении одинаковых по величине знакопеременных крутящих моментов к однородным компонентам А и Б абсолютные величины их круток во второй зоне кручения будут равны: $|K_{A2}| = |K_{B2}|$.

В том случае, если крутильное устройство планируется использовать для формирования пряжи или комбинированных нитей из разнородных компонентов [6], весьма продуктивно, может быть использован принцип несимметричности. Расположение вьюрков в несимметричном крутильном устройстве показано на рисунке 2. Рассмотрим схему формирования самокрученной структуры в несимметричном крутильном устройстве [11,13].

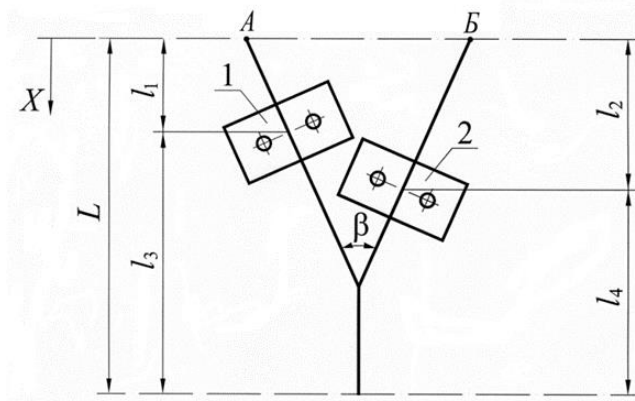


Рисунок 2 – Расположение вьюрков в несимметричном крутильном устройстве

Для достижения максимальной наглядности опишем процесс для случая, когда интенсивность кручения не зависит от уровня крутки, уже сообщенной компоненту. По предельной классификации [2] это соответствует кручению в механическом крутильном устройстве (МКУ).

С учетом допущений, принятых для МКУ в [2], уравнения баланса числа кручений компонентов А и Б в зонах длиной l_1, l_2, l_3, l_4 запишутся следующим образом [10,14]:

для компонента А:

$$l_1 \cdot \frac{dK_{A1}(x)}{dx} + K_{A1}(x) = \frac{n(x)}{V}, \quad (1)$$

$$l_3 \cdot \frac{dK_{A3}(x)}{dx} + K_{A3}(x) = -\frac{n(x)}{V} + K_{A1}(x), \quad (2)$$

для компонента Б:

$$l_2 \cdot \frac{dK_{B2}(x)}{dx} + K_{B2}(x) = \frac{n(x)}{V}, \quad (3)$$

$$l_4 \cdot \frac{dK_{B4}(x)}{dx} + K_{B4}(x) = -\frac{n(x)}{V} + K_{B2}(x), \quad (4)$$

где K_{A1} и K_{A3} – крутка компонента А соответственно в зонах длиной l_1 и l_3 ;

K_{B2} и K_{B4} – крутка компонента Б соответственно в зонах длиной l_2 и l_4 .

n – интенсивность кручения компонентов вьюрками.

V – линейная скорость движения компонентов.

Полученная система уравнений (1...4) может быть решена в изображениях по Лапласу относительно неизвестных значений круток [7], [8].

Мы не приводим здесь достаточно громоздкие преобразования. Они выполнялись в соответствии с рекомендациями, данными в [1], [2], [5].

Поскольку задачей нашего исследования является оценка эффективности применения несимметричных крутильных устройств, нас, в первую очередь, должны интересовать крутки одиночных компонентов А и Б в зонах длиной соответственно l_3 и l_4 . Для определения начальных условий воспользуемся допущениями и рассуждениями из работы [2]:

1) форма управляющего сигнала – серия идеальных прямоугольных импульсов;

2) конечные значения круток первого полупериода будут начальными значениями для второго полупериода, а конечные значения круток второго полупериода будут начальными для первого полупериода.

Тогда, рассуждая аналогично [5], получаем:

$$\bar{K}_{A3}(t) = -\frac{2\gamma_3}{\gamma_3 - 1} \frac{\exp(-\alpha_3 \bar{t})[1 + \exp(-\alpha_3 \gamma_3)] - \exp(-\alpha_3 \gamma_3 \bar{t})[1 + \exp(-\alpha_3)]}{[1 + \exp(-\alpha_3)][1 + \exp(-\alpha_3 \gamma_3)]}, \quad (5)$$

$$\bar{K}_{B4}(t) = \frac{2\gamma_4}{\gamma_4 - 1} \frac{\exp(-\alpha_4 \bar{t})[1 + \exp(-\alpha_4 \gamma_4)] - \exp(-\alpha_4 \gamma_4 \bar{t})[1 + \exp(-\alpha_4)]}{[1 + \exp(-\alpha_4)][1 + \exp(-\alpha_4 \gamma_4)]}, \quad (6)$$

где $\gamma_3 = \frac{\ell_1}{\ell_3}$; $\gamma_4 = \frac{\ell_2}{\ell_4}$; $\alpha_3 = \frac{t_k}{\ell_1}$; $\alpha_4 = \frac{t_k}{\ell_2}$, [10,14]

\bar{t} – длина рассматриваемого участка компонента (аналог текущей координаты x согласно терминологии, принятой П.М. Мовшовичем в [2]);

t_k – длина полупериода крутки в самокрученной структуре;

Величины $\bar{K}_{A3}(t)$ и $\bar{K}_{B4}(t)$ представляют собой нормированные значения круток компонентов А и Б соответственно в зонах длиной ℓ_3 и ℓ_4 и по их величине можно судить об относительном уровне крутки реального продукта в этих зонах.

Для оценки возможностей несимметричного АКУ нами была выполнена разработка варианта блока вихревых камер для условий модернизации серийной прядильной самокруточной машины марки ПСК-225-ЛО, у которой расстояние между осями выпускного и тянущего валов (общая длина зоны кручения) составляет 160 мм.

В этой разработке значение величин, входящих в выражения (5) и (6), составили: $\gamma_3 = 0,524$; $\gamma_4 = 1,13$;

Величины $\bar{K}_{A3}(t)$ и $\bar{K}_{B4}(t)$ определялись из выражений (5) и (6) в конце первого полупериода крутки при $\bar{t} = t_k$. При этом длина полупериода крутки принималась равной 50, 90 и 130 мм (наиболее часто встречающиеся на практике значения).

Произведенные расчеты показывают, что за счет несимметричного расположения вьюрков отношение

$\left| \frac{\bar{K}_{B4}(t)}{\bar{K}_{A3}(t)} \right|$ составляет: 1,9 при $t_k = 50$ мм;
2,22 при $t_k = 90$ мм;
2,19 при $t_k = 130$ мм.

В графической форме результаты расчетов приведены на рисунке 3.

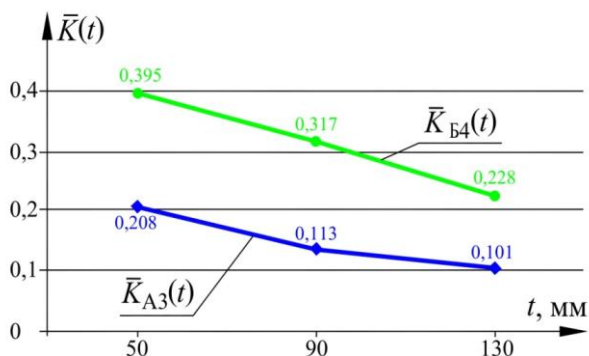


Рисунок 3 – Значение нормированной крутки одиночных компонентов

Используемая при моделировании процесса самокручения методика аналитической оценки эффективности различных типов АКУ [1, 2, 5] не позволяет определить фактические значения крутки продукта в натуральных единицах (кручений на единицу длины продукта). Она позволяет лишь назначить целесообразные соотношения длин зон кручения и более-менее грамотно «расставить» вьюрки на плите блока вихревых камер. Поэтому из рисунка 3 следует лишь то, что несимметричное расположение вьюрков позволяет повысить эффективность кручения компонента Б. Это дает возможность использовать в качестве компонента Б пряжу или нить, имеющую большую жесткость на кручение, чем компонент А. Или при одинаковых компонентах А и Б снизить давление сжатого воздуха в правом вьюрке. Однако в любом случае при разработке рабочей документации на несимметричное АКУ окончательное решение принимается по результатам эксперимента.

Таким образом, применение крутильного устройства, выполненного по несимметричной схеме, позволяет весьма существенно влиять на крутильную способность левого и правого вьюрков за счет регулирования длин первых и вторых зон кручения.

В процессе разработки был достигнут еще один немаловажный эффект: за счет несимметричного расположения вьюрков удалось уменьшить значение угла β (см. рис. 1 и 2), что при использовании в качестве компонентов А и Б готовых нитей может позволить наиболее полно использовать первичную крутку компонентов при формировании сдвоенной структуры и уменьшить длину «нулевых зон».

С целью проверки приведенных выше теоретических положений нами были проведены технологические испытания несимметричного АКУ при формировании СК-продукта из готовых нитей.

Данная технология может оказаться весьма перспективной, особенно в условиях значительного сокращения в РФ количества текстильных комбинатов полного цикла. В тоже время имеющиеся предложения на рынке готовой пряжи и нитей позволяют при помощи только самокруточной машины формировать комбинированную пряжу на паковках массой до 2,5 кг. Количество компонентов в СК-пряже может быть и большим, чем 2. Достигается это либо прямым формированием стренги из нескольких нитей, либо введением второго перехода, когда в качестве исходных компонентов на второй машине используется комбинированная СК-пряжа, сформированная на первой машине.

Преимуществом самокруточной машины по сравнению с тростильно-крутильными кольцевыми и машинами двойного кручения является высокая скорость процесса. Эта скорость может значительно превышать 200 м/мин, достигнутую при формировании пряжи из ровницы на машинах ПСК-225-ШГ2. Дело в том, что если питающим продуктом является пряжа, прошедшая перемотку на мотальном автомате, обрывность при формировании СК-продукта в виде комбинированной нити практически отсутствует и скорость процесса ограничивается только техническими параметрами самой машины. После модернизации машины ПСК-225-ШГ2 на ней возможно получение комбинированной нити, состоящей из готовой пряжи, соединенной с предварительно натянутой эластановой составляющей. Полученная комбинированная нить используется в качестве уточной в ткачестве [11, 12].

В качестве исходных компонентов нами были выбраны следующие виды готовой пряжи, произведенной на кольцевых прядильных машинах.

Пряжа № 1 (одиночная). Состав: хлопок, линейная плотность 25 текс.

Пряжа № 2 (крученая). Состав: хлопок, линейная плотность 25 текс x 2.

Пряжа № 3 (одиночная). Состав: лен котонизированный 60 %, хлопок 30 %, лавсан 10 %. Линейная плотность 36 текс.

Нарабатывались образцы трех видов СК-продукта:

- СК-1, сформированный из двух исходных пряж № 1;
- СК-2, сформированный из исходных пряж № 1 и № 2;
- СК-3, сформированный из двух исходных пряж № 3.

Следует обратить внимание на то, что исходные компоненты в продукте СК-2 отличаются по линейной плотности (25 текс и 50 текс), тогда как в продуктах СК-1 и СК-3 оба компонента одинаковы. В качестве контрольного крутильно-формирующего устройства использовалось симметричное АКУ, серийной машины ПСК-225-ШГ-2. Нарработка всех образцов производилась на скорости выпуска 200 м/мин, при рабочем давлении в сопловых каналах камер 0,09 МПа и значении нагона в зоне кручения 8,6 %. Угол сдвига фаз крутки во всех случаях принимался равным 0°, поскольку предполагалось, что при использовании в качестве исходного компонента готовой пряжи (а не волокнистой мычки) необходимая прочность СК-продукта будет обеспечена без дополнительного уплотнения стренг в нулевых зонах путем смещения фаз крутки.

В таблице 1 приведены результаты полцикловых испытаний на прочность исходных компонентов.

В таблице 2 представлены результаты испытаний СК-продукта, сформированного из готовых нитей в симметричном АКУ машины ПСК-225-ШГ-2, используемом в прядильном производстве Суворовского текстильного комбината.

Таблица 1 – Результаты испытаний исходных компонентов

Вид пряжи	Среднее значение разрывной нагрузки, сН	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %
Пряжа № 1	212	8,5	10,4
Пряжа № 2	550	11,0	9,8
Пряжа № 3	317	8,8	32,0

Таблица 2 – Результаты испытаний СК-продукта, полученного в симметричном АКУ

Вид СК-продукта	Исходные компоненты		Среднее значение разрывной нагрузки, сН	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	Коэффициент сохранения прочности, K _p
	Левая стренга	Правая стренга				
СК-1	Пряжа № 1	Пряжа № 1	262	5,24	20,2	0,62
СК-2	Пряжа № 1	Пряжа № 2	571	7,6	18,4	0,73
СК-3	Пряжа № 3	Пряжа № 3	396	5,5	20,1	0,62

В таблице 3 представлены результаты испытаний СК-продукта, сформированного из готовых нитей в несимметричном АКУ.

Коэффициенты сохранения прочности, приведенные в таблице 2 и 3 представляют собой отношение прочности СК-продукта к суммарной прочности составляющих его исходных компонентов.

Анализ результатов испытаний СК-продукта показывает, что симметричное АКУ представляется менее пригодным для трощения и кручения готовых нитей. Это можно объяснить тем, что большие значения угла между соединяемыми компонентами приводят к потере крутки продукта и увеличению длины нулевых зон (табл. 2). Применение

несимметричного АКУ, обеспечивающего наименьший угол между соединяемыми компонентами, позволяет в значительной степени

стабилизировать процесс. Об этом свидетельствуют значительно меньшие значения коэффициентов вариации по разрывной нагрузке (табл. 3).

Таблица 3 – Результаты испытаний СК-продукта, полученного в БВК несимметричного АКУ

Вид СК-продукта	Исходные компоненты		Среднее значение разрывной нагрузки, сН	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	Коэффициент сохранения прочности, К _р
	Левая стренга	Правая стренга				
СК-1	Пряжа № 1	Пряжа № 1	299	5,98	13,7	0,70
СК-2	Пряжа № 1	Пряжа № 2	602	8,02	5,0	0,79
СК-3	Пряжа № 3	Пряжа № 3	402	5,60	9,8	0,63

Однако необходимо дать ответ еще на один вопрос: должно ли давление сжатого воздуха в левом и правом вьюрках несимметричного АКУ быть одинаковым? Авторами было сделано предположение, что в БВК несимметричного АКУ интенсивность раскручивания правой стренги в относительно более короткой зоне от правого вьюрка до точки соединения компонентов (рис. 2) чрезмерно велика, что может привести к повреждению стренги из-за потери крутки в течение соответствующих полупериодов. Для проверки этого предположения был наработан образец СК-пряжи при сниженном рабочем давлении в правом вьюрке (поз. 2 на рис. 2).

В ходе эксперимента давление в левом вьюрке было сохранено на уровне 0,09 МПа, а давление в правом вьюрке устанавливалось на четырех уровнях: 0,08, 0,07, 0,06 и 0,05 МПа.

Наилучшие показатели СК-продукта были получены при давлении в правом вьюрке, равном 0,06 МПа. Результаты испытаний СК-продукта, полученного в БВК несимметричного АКУ при уменьшенном давлении в правом вьюрке приведены в таблице 4. Приведенные в ней данные получены при следующих режимах:

- длина периода крутки 180 мм;
- угол сдвига фаз крутки 0°;
- нагон в зоне кручения 8,6 %;
- давление сжатого воздуха в левом вьюрке 0,09 МПа;
- давление сжатого воздуха в правом вьюрке 0,06 МПа;
- скорость выпуска СК-пряжи 200 м/мин.

Таблица 4 – Результаты испытаний СК-продукта, полученного в БВК несимметричного АКУ при уменьшенном давлении в правом вьюрке

Вид СК-продукта	Исходные компоненты		Среднее значение разрывной нагрузки, сН	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	Коэффициент сохранения прочности, К _р
	Левая стренга	Правая стренга				
СК-1	Пряжа № 1	Пряжа № 1	334	6,6	10,1	0,79
СК-2	Пряжа № 1	Пряжа № 2	641	8,2	5,4	0,81
СК-3	Пряжа № 3	Пряжа № 3	461	6,4	8,8	0,73

Заметим, что соотношение рабочих давлений сжатого воздуха в левом и правом вьюрке составляет: 0,09 МПа / 0,06 МПа = 1,5.

Обратимся теперь к рисунку 3. Для длины полупериода крутки, равной 90 мм (наш случай), соотношение значений нормированной крутки правого К_{Б4}(t) и левого К_{А3}(t) компонентов составляет К_{Б4}(t) / К_{А3}(t) = 0,317/0,143 = 2,22.

Можно заметить, что соотношение давлений сжатого воздуха в левом и правом вьюрке БВК несимметричного АКУ может быть рекомендовано приблизительно равным квадратному корню из соотношения нормированных круток правого и левого одиночных компонентов.

Разумеется, эту рекомендацию следует воспринимать как ориентировочную, иллюстрирующую лишь саму возможность использования результатов теоретических исследований. Подбор режимов формирования комбинированной СК-пряжи должен производиться экспериментально под каждое сочетание исходных компонентов. А уже после этого может быть сделана попытка получения аналитических выражений.

Полученный нами результат позволяет также отметить, что БВК несимметричного АКУ позволит уменьшить расходы на производство сжатого воздуха за счет возможности снижения рабочего давления в правом вьюрке.

ВЫВОДЫ

1. Технология использования СК-способа для выполнения операции трощения и кручения готовых нитей реализована на практике.
2. В качестве крутильно-формирующего устройства рекомендуется использование несимметричного АКУ.
3. Применение несимметричного АКУ позволяет формировать СК-структуру из одинаковых компонентов при пониженном примерно на 10 % расходе сжатого воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Динамика основных процессов прядения. Ч. 3 : Кручение, натяжение, обрывность, смешивание / Л. Н. Гинзбург [и др.]. – Москва : Легкая индустрия, 1976. – 224 с.
2. Мовшович, П. М. Самокруточное прядение / П. М. Мовшович. – Москва : Легпромбытиздат, 1985. – 248 с.
3. Бабушкина, Н. Б. Теоретическое и экспериментальное исследование процесса самокручения, создание конструкции и определение параметров основных рабочих органов самокруточной прядильной машины : диссертация канд. техн. наук / Н. Б. Бабушкина. – Москва, 1974. – 185 с.
4. Кокиш, М. И. Разработка и внедрение устройств для получения самокрученной пряжи способом совмещенного формирования и кручения : диссертация канд. техн. наук / М. И. Кокиш. – Кострома, 1989. – 153 с.
5. Дюканова, Т. И. Разработка технологии получения самокрученной пряжи способом совмещенного формирования и кручения : диссертация канд. техн. наук. – Кострома, 1989. – 167 с.
6. Телицын, А. А. О новой концепции развития самокруточного способа прядения / А. А. Телицын, Н. И. Филатова, С. К. Миндовский // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995. – № 4. – С. 116.
7. Диткин, В. А. Интегральное преобразование и операционное исчисление / В. А. Диткин, А. П. Прудников. – Москва : Наука, 1974.
8. Романовский, П. И. Ряды Фурье. Теория поля. Аналитические и специальные функции. Преобразование Лапласа : учебное пособие для студентов вузов / П. И. Романовский. – 5-е изд., доп. – Москва : Наука, 1973. – 336 с.
9. Телицын, А. А. Влияние траектории движения стренг в БВК на прочность СК-пряжи / А. А. Телицын [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 6 (366). – С. 195–199.
10. Телицын, А. А. Конструирование самокруточного оборудования второго поколения : монография / А. А. Телицын, Н. И. Филатова, И. А. Делекторская ; М-во образования и науки Российской Федерации, Костромской гос. технол. ун-т. – Кострома: Изд-во Костромского гос. технол. ун-та, 2014. – 139 с.
11. Патент РФ № 2228397. Устройство для формирования композитных нитей аэродинамическим способом / А. А. Телицын, И. А. Делекторская, М. В. Королев ; заявитель и патентообладатель Костромской гос. технол. ун-т ; приоритет от 25.02.2003.
12. Влияние эластичных комбинированных самокрученных нитей на анизотропию усадки льносодержащих тканей / М. Л. Королева [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 1. – С. 18–20.
13. Телицын, А. А. Аэродинамическое самокруточное прядение. Обзор новых разработок / А. А. Телицын // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 2 (362). – С. 83–88.
14. Telitsyn, A. A. Specifics of forming a self-twisted product in asymmetrical torsion device / A. A. Telitsyn, I. A. Delektorskaya // *Fibres and Textile in Eastern Europe*. – 2014. – № 3. – P. 58–60.
15. Гапонова, Т.А. Исследование водопоглощения полшерстяных камвольных тканей в зависимости от их волокнистого состава и структуры/ Т.А. Гапонова, В.В. Садовский, Л.О. Братченко// Вестник Витебского государственного технологического университета . – 2019. – № 2(37). – С. 21.

REFERENCES

1. The dynamics of the main spinning processes. Part 3: Torsion, tension, breakage, mixing / L. N. Ginzburg [and etc.]. – Moscow : Light Industry, 1976. – 224 p.
2. Movshovich, P. M. Self-spinning / P. M. Movshovich. – Moscow : Legprombytizdat, 1985. – 248 p.
3. Babushkina, N. B. Theoretical and experimental study of the process of self-torsion, creating a design and determining the parameters of the main working bodies of a self-spinning spinning machine : dis cand. tech. sciences / N. B. Babushkina. – Moscow, 1974. – 185 p.
4. Kokish, M. I. Development and implementation of devices for obtaining self-rolled yarn by the method of combined formation and torsion : diss ... cand. tech. sciences / M. I. Kokish. – Kostroma, 1989. – 153 p.
5. Dyukanova, T. I . Development of technology for producing self-rolled yarn by the method of combined formation and torsion : dis ... cand. tech. sciences / T. I. Dyukanova. – Kostroma, 1989. – 167 p.

6. Telitsyn, A. A. About the new concept of self-spinning spinning/ A. A. Telitsyn, S. K. Mindovsky, N. I. Filatova // *Izv. universities. Technology text. Industry.* – 1995. – № 4. – 116 p.
7. Ditkin, V. A. Integral Transformation and Operational Calculus / V. A. Ditkin, A. P. Prudnikov. – Moscow : Nauka, 1974.
8. Romanovsky, P. I. Fourier Series. Field Theory. Analytical and special functions. Laplace transform / P. I. Romanovsky. – Moscow : Science, 1973. – 336 p.
9. Telitsyn, A. A. The influence of the trajectory of the strands in BVK on the strength of SK yarn / A. A. Telitsyn [and etc.] // *Izv. Universities. Technology of the textile industry.* – 2016. – № 6 (366). – P. 195–199.
10. Telitsyn A. A. Design of self-twisting equipment of the second generation : monograph / A. A. Telitsyn, N. I. Filatova, I. A. Delektorskaya. – Kostroma : Publishing House of the Kostroma State Technological University, 2014. – 190 p.
11. Patent RF N 2228397. Device for the formation of composite yarns in an aerodynamic way / A. A. Telitsyn, I. A. Delektorskaya, M. V. Korolev ; заявитель i patentoobladatel Kostromskoj gos. Tehnol. un-t ; opubl. 02.25.2003.
12. Koroleva, M. L. The effect of elastic combined self-twisted threads on the anisotropy of shrinkage of flax-containing fabrics / M. L. Korolev [and etc.] // *Izv. Universities. Technology of the textile industry.* – 2009. – № 1. – P. 18–20.
13. Telitsyn, A. A. Aerodynamic spinning spinning. Review of new developments / A. A. Telitsyn // *Izv. Universities. Technology of the textile industry.* – 2016. – № 2 (362). – P. 83–88.
14. Telitsyn, A. A. Specifics of forming a self-twisted product in asymmetrical torsion device / A. A. Telitsyn, I. A. Delektorskaya // *Fibres and Textile in Eastern Europe.* – 2014. – № 3. – P. 58–60.
15. Gaponova, T. A. Investigation of water absorption of woolen worsted fabrics depending on their fiber composition and structure/ T. A. Gaponova, V. V. Sadovsky, L. O. Bratchenya// *Bulletin of the Vitebsk state technological University.* – 2019. - № 2(37). - P. 21.

SPISOK LITERATURY

1. Dinamika osnovnyh processov prjadenija. Ch. 3 : Kruchenie, natjazhenie, obryvnost', smeshivanie / L. N. Ginzburg [i dr.] – Moskva : Legkaja industrija, 1976. – 224 s.
2. Movshovich, P. M. Samokrutochnoe prjadenie / P. M. Movshovich. – Moskva : Legprombytizdat, 1985. – 248 s.
3. Babushkina, N. B. Teoreticheskoe i jeksperimental'noe issledovanie processa samokruchenija, sozdanie konstrukcii i opredelenie parametrov osnovnyh rabochih organov samokrutochnoj prjadil'noj mashiny : dissertacija kand. tehn. nauk / N. B. Babushkina. – Moskva, 1974. – 185 s.
4. Kokish, M. I. Razrabotka i vnedrenie ustrojstv dlja poluchenija samokruchenoj prjazhi sposobom sovmeshhennogo formirovanija i kruchenija : dissertacija kand. tehn. nauk / M. I. Kokish. – Kostroma, 1989. – 153 s.
5. Djukanova, T. I. Razrabotka tehnologii poluchenija samokruchenoj prjazhi sposobom sovmeshhennogo formirovanija i kruchenija : dissertacija kand. tehn. nauk. – Kostroma, 1989. – 167 s.
6. Telicyn, A. A. O novej koncepcii razvitija samokrutochnogo sposoba prjadenija / A. A. Telicyn, N. I. Filatova, S. K. Mindovskij // *Izvestija vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 1995. – N 4. – C. 116.
7. Ditkin, V. A. Integral'noe preobrazovanie i operacionnoe ischislenie / V. A. Ditkin, A. P. Prudnikov. – Moskva : Nauka, 1974.
8. Romanovskij, P. I. Rjady Fur'e. Teorija polja. Analiticheskie i special'nye funkcii. Preobrazovanie Laplasy : uchebnoe posobie dlja studentov vtuzov / P. I. Romanovskij. – 5-e izd., dop. – Moskva : Nauka, 1973. – 336 s.
9. Telicyn, A. A. Vlijanie traektorii dvizhenija streng v BVK na prochnost' SK-prjazhi / A. A. Telicyn [i dr.] // *Izvestija vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2016. – № 6 (366). – S. 195–199.
10. Telicyn, A. A. Konstruirovanie samokrutochnogo oborudovanija vtorogo pokolenija : monografija / A. A. Telicyn, N. I. Filatova, I. A. Delektorskaja ; M-vo obrazovanija i nauki Rossijskoj Federacii, Kostromskoj gos. tehnol. un-t. – Kostroma : Izd-vo Kostromskogo gos. tehnol. un-ta, 2014. – 139 s.
11. Patent RF № 2228397. Ustrojstvo dlja formirovanija kompozitnyh nitej ajerodinamicheskim sposobom / A. A. Telicyn, I. A. Delektorskaja, M. V. Korolev ; заявитель i patentoobladatel' Kostromskoj gos. tehnol. un-t ; prioritet ot 25.02.2003.
12. Vlijanie jelastichnyh kombinirovannyh samokruchenyh nitej na anizotropiju usadki l'nosoderzhashhih tkanej / M. L. Koroleva [i dr.] // *Izvestija vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2009. – № 1. – S. 18–20.
13. Telicyn, A. A. Ajerodinamicheskoe samokrutochnoe prjadenie. Obzor novyh razrabotok / A. A. Telicyn // *Izvestija vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti.* – 2016. – № 2 (362). – S. 83–88.
14. Telitsyn, A. A. Specifics of forming a self-twisted product in asymmetrical torsion device / A. A. Telitsyn, I. A. Delektorskaya // *Fibres and Textile in Eastern Europe.* – 2014. – № 3. – P. 58–60.
15. Gaponova, T.A. Issledovanie vodopogloshcheniya polusherstyanyh kamvol'nyh tkanej v zavisimosti ot ih voloknistogo sostava i struktury/ T.A. Gaponova, V.V. Sadovskij, L.O. Bratchenya// *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta.* – 2019. – № 2(37). – S. 21.

Статья поступила в редакцию 1.12.2019