

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЛЬНОХЛОПКОВОЙ ПРЯЖИ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОГО СПОСОБА ФОРМИРОВАНИЯ

А.М. Науменко, Д.Б. Рыклин

УДК 677.021.166

РЕФЕРАТ

ЛЬНОХЛОПКОВАЯ ПРЯЖА, КОТОНИЗИРОВАННОЕ ЛЬНЯНОЕ ВОЛОКНО, ЧЕСАЛЬНАЯ МАШИНА, ЛЕНТОЧНАЯ МАШИНА, ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ПРЯДИЛЬНАЯ МАШИНА

Объектом исследования являются льнохлопковая пряжа и полуфабрикаты прядильного производства.

Целью работы является разработка технологии производства льнохлопковой пряжи.

Разработан технологический процесс производства льнохлопковой пряжи пневмомеханическим способом прядения, позволяющий в производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» вырабатывать пряжу линейной плотности 40 – 90 текс с вложением 40 – 75 % котонизированного льняного волокна для производства тканей бытового назначения.

Переработка льнохлопковых смесей на чесальной машине С 60 показала, что минимальные геометрические характеристики волокон смеси и высокое выравнивающее действие машины достигаются при частоте главного барабана 850 мин⁻¹ и скорости движения шляпочного полотна 330 мм/мин⁻¹.

Качественный анализ эффективности работы ленточной машины RSB-D 40 при переработке льнохлопковых лент различного состава линейной плотности 4,5 ктекс показал, что минимальная неровнота лент по линейной плотности достигается при числе сложений, равном 5 при содержании льняного волокна 50 %.

В результате оптимизации процесса формирования льнохлопковой пряжи линейной плотности 50 текс с вложением льняного волокна 50 % на пневмомеханической прядильной машине R 40 установлены рациональные параметры ее работы, обеспечивающие получение пряжи высокого качества, что способствует повышению эффективности процессов производства тканей на ее основе.

ABSTRACT

BLENDED FLAX/COTTON YARN; COTTONIZED FLAX FIBRE; CARD; DRAW FRAME; OPEN-END SPINNING MACHINE

The objective of this work was the development and optimization of technology blended flax/cotton OE-spun yarn.

The technological process of the manufacturing of OE-spun flax/cotton yarns of linear density 40 – 90 tex containing 40 – 75 % cottonized flax on the RUPTE «Orsha Linen Mill» was developed.

Processing of flax/cotton blends at the card C60 with the rotation speed of the cylinder 850 min⁻¹ and the flats speed 330 mm/min⁻¹ provided the minimal geometric characteristics of the fibers and low blends irregularity.

The minimal value of CVm of blended slivers (50 % cottonized flax/50 % cotton) is achieved with doubling of 5 slivers at the draw frame RSB-D 40.

The rational parameters of flax/cotton yarn 50 tex manufacturing at OE spinning machine R 40 were determined, thereby increasing the efficiency of fabrics production.

Республика Беларусь является одним из крупнейших производителей текстильной продукции в СНГ. В стране насчитывается свыше 200 предприятий текстильной промышленности. Основным источником сырья для текстильных предприятий является хлопковое волокно, объем импорта которого в 2012 г. превысил 12,1 тысяч тонн [1].

С 2010 г. отечественные текстильные предприятия столкнулись с ростом цены на импортируемое хлопковое волокно и вынуждены искать пути снижения затрат на приобретение сырья [2]. Единственным отечественным видом сырья, способным в значительной степени заменить хлопок, является лен.

Перспективным направлением повышения конкурентоспособности отечественной текстильной продукции на основе короткого льняного волокна является разработка технологических процессов производства льносодержащей пряжи пневмомеханическим способом прядения. Это позволит не только использовать короткое льняное волокно в качестве сырья для выработки одежных тканей, но и частично заменить импортируемые хлопковые и химические волокна. Для переработки короткого льняного волокна на хлопкопрядильном оборудовании его подвергают дополнительной обработке, называемой котонизацией, позволяющей уменьшить длину и линейную плотность волокна. Однако данный процесс лишь частично устраняет различия в свойствах хлопкового и льняного волокна, что приводит к их неравномерному распределению в полуфабрикатах и пряже и, как следствие, к снижению показателей качества выпускаемой продукции. Таким образом, одной из важнейших проблем, которую необходимо решить при разработке технологии льносодержащей пряжи, является повышение эффективности смешивания разнородных волокон.

Ранее при переработке льносодержащих смесей на пневмомеханических прядильных машинах ППМ-120 и BD-200RN наблюдалась высокая обрывность пряжи и ухудшение ее качества. Это было связано с повышенной линейной плотностью и жесткостью льняного волокна по сравнению с хлопком, который традиционно перерабатывается на машинах указанных моделей [3]. При использовании данных пневмомехани-

ческих машин для производства льнохлопковой пряжи линейной плотности 25 – 50 текс вложение льняного волокна не превышало 10 – 25 %.

Установка линии фирм «Темафа» (Германия) и «Rieter» (Швейцария) на РУПТП «Оршанский льнокомбинат» в 2010 году создала необходимые условия для разработки нового технологического процесса переработки короткого льняного волокна и производства пряжи с вложением льна более 50 % [4]. Отечественное короткое льняное волокно характеризуется высокой засоренностью и неравномерностью по геометрическим свойствам по сравнению с зарубежными аналогами. Поэтому заправочные параметры, предложенные иностранными производителями оборудования, не всегда позволяют достичь требуемого качества пряжи при переработке белорусского льна. Следовательно, для разработки технологического процесса производства льносодержащей пряжи необходимо было определить рациональные параметры работы оборудования с учетом качества получаемых полуфабрикатов и пряжи.

На основе анализа сырьевой базы отечественных текстильных предприятий и требований к свойствам льнохлопковой пряжи в качестве исходного сырья выбрано короткое льняное волокно номера 4 и хлопковое волокно 5 типа I сорта, имеющее класс засоренности «средний», которое характеризуется высоким коэффициентом зрелости, что позволяет обеспечить достаточную прочность пряжи средней линейной плотности.

При анализе свойств короткого льняного волокна, поступающего на РУПТП «Оршанский льнокомбинат», установлено, что его средняя длина составляет 220 – 270 мм, что на порядок выше средней длины хлопкового волокна. Для создания возможности переработки короткого льняного волокна на хлопкопрядильном оборудовании его подвергают котонизации.

С целью определения характеристик котонизации, получаемого из короткого волокна номера 4, проведена переработка и исследование процесса котонизации трех партий короткого льняного волокна, полученного от различных поставщиков, на линии фирм «Темафа» и «Rieter» в условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат». Достигнутые значения показателей качества

котонина представлены в таблице 1. Установлено, что в результате переработки короткого льна его средняя линейная плотность и средняя длина снизились в 5 – 6 раз. Геометрические и физико-механические характеристики котонина из различных партий различаются на 15 – 35 %, следовательно, волокна от различных поставщиков значительно отличаются по показателям качества. Полученное волокно соответствует требованиям, которые установлены ТУ-8112-001-00302238-96.

Технологический процесс производства льнохлопковой пряжи разрабатывался применительно к современному хлопкопрядильному оборудованию, установленному на РУПТП «Оршанский льнокомбинат» (рисунок 1).

В соответствии с технологическим процессом хлопок и лен до осуществления процесса смешивания перерабатываются отдельно. Котонизированное льняное волокно отбирается из кип с помощью кипоразрыхлителя UNIfloc A11 и транспортируется по пневмопроводу к предварительному очистителю UNIClean B12, на котором происходит их разрыхление в свободном состоянии. Затем клочки поступают на смесовую машину UNImix B71, где происходит эффективное перемешивание котонизированного волокна разных партий, что способствует выравниванию смеси по составу. Окончательная очистка волокна происходит на очистителе UNIflex B60. Хлопок подается в камеру питателя B34 RZK, в которой происходит его первичное разрыхление. Далее клочки обрабатывается в очистителе UNIflex B60, где происходит их обеспыливание,

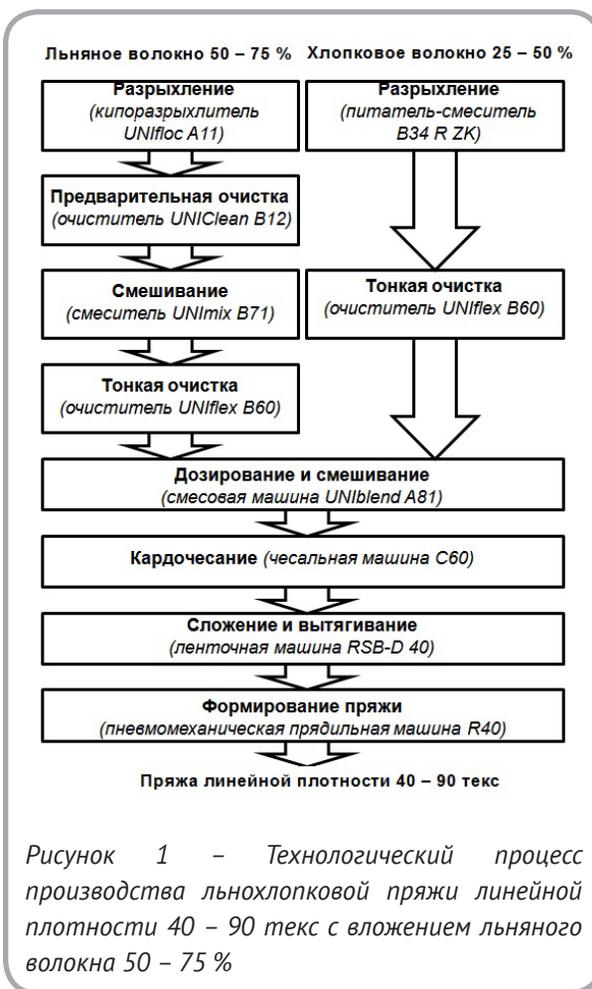


Рисунок 1 – Технологический процесс производства льнохлопковой пряжи линейной плотности 40 – 90 текс с вложением льняного волокна 50 – 75 %

разрыхление, выделение сорных примесей.

Для смешивания хлопковых и льняных волокон используется машина UNIBlend A81, которая обеспечивает постоянный состав смеси за счет точного дозирования компонентов. На чесальной машине C60 формируется льнохлопковая

Таблица 1 – Показатели котонизированного льняного волокна

Свойства котонина	Поставщик льняного волокна		
	Горецкий льнозавод	Дубровенский льнозавод	Пружанский льнозавод
Линейная плотность, текс	1,52	1,53	1,47
Средняя длина, мм	44,88	37,52	36,43
Штапельная длина, мм	50,80	42,98	41,09
Разрывная нагрузка, сН	30,17	29,24	25,80
Относительное разрывное удлинение, %	17,93	17,70	23,82

Примечание: данные получены с помощью прибора «Textechno Fibrotest» в условиях лаборатории первой фабрики РУПТП «Оршанский льнокомбинат»

лента, которая затем выравнивается и утоняется в процессе переработки на ленточной машине RSB-D 40. Формирование пряжи осуществляется на пневмомеханической прядильной машине R 40.

С целью определения зависимости качественных характеристик льнохлопковой пряжи от процентного содержания льняного волокна проведена наработка и исследование опытных партий пряжи:

- 1) льнохлопковая пряжа линейной плотности 32 – 62 текс с содержанием котонина 65 %;
- 2) льнохлопковая пряжа линейной плотности 32 – 50 текс с содержанием котонина 50 %.

В результате предварительной апробации установлено, что для стабильной переработки в ткачестве льнохлопковая пряжа должна иметь относительную разрывную нагрузку не менее 6 сН/текс и относительное разрывное удлинение – не менее 5 %. Указанное требование выполняется при условии, что в сечении льнохлопковой пряжи содержатся в среднем не менее 100 хлопковых волокон, что соответствует разработанным рекомендациям по выбору состава льносодержащей пряжи.

Анализируя графики, представленные на рисунке 2, можно отметить, что получение льнохлопковой пряжи с вложением льняного волокна 50 % возможно при линейной плотности пряжи не менее 40 текс. Получение пряжи линейной плотности более 80 текс возможно без вложения хлопкового волокна, так как волокон в сечении пряжи достаточно для обеспечения стабильного процесса ее формирования. При производстве пряжи линейной плотности 50 текс максимальное допустимое вложение льняного волокна составляет 65 %.

Необходимо отметить, что требуемые характеристики пряжи могут быть достигнуты только при равномерном распределении разнородных волокон, так как льняное и хлопковое волокна значительно отличаются по геометрическим и механическим свойствам. В связи с этим при разработке технологического процесса производства смешанной пряжи необходимо уделить внимание исследованиям процессов, эффективность которых оказывает существенное влияние на равномерность распределения разнородных волокон в полуфабрикатах и пряже.

В исследуемой технологической цепочке оборудования процессы дозирования и смешивания компонентов осуществляются на смесовой машине UNblend A 81. Для оценки эффективности процесса смешивания разнородных волокон в смесовой машине исследованы образцы льнохлопкового настила двух составов на питании чесальной машины С60 (таблица 2). Результаты исследования свидетельствуют о том, что фактическое содержание компонентов в смеси отличается от заданного на 0,2 – 0,3 %, фактическая неровнота смешивания в 1,12 – 1,22 раза больше минимально возможной, что подтверждает высокую эффективность процесса смешивания на машине UNblend A 81.

Дальнейшее перемешивание компонентов на уровне единичных волокон осуществляется в процессе переработки льнохлопковой смеси на чесальной машине С60. В разрабатываемой технологии данная машина кроме традиционных для нее функций осуществляет также расщепление льняных волокон.

Для повышения эффективности переработки льнохлопковой смеси на чесальной машине проведено исследование влияния частоты вращения главного барабана в диапазоне от 550 до 940 мин⁻¹ и скорости движения шляпок в диапазоне от 210 до 360 мм/мин⁻¹ на качественные характеристики получаемых льнохлопковых лент линейной плотности 6 ктекс с вложением 50 % льняного волокна при скорости выпуска 125 м/мин. Указанные параметры оказывают существенное влияние на выравнивающее и сме-



Рисунок 2 – Рекомендации по выбору максимальной доли льняного волокна в льнохлопковой пряже (β) от ее линейной плотности T

Таблица 2 – Характеристики льнохлопковых смесей

Показатель		Состав 1		Состав 2	
		лён	хлопок	лён	хлопок
Содержание компонента, %	номинальное	50	50	77	23
	фактическое	49,8	50,2	76,7	23,3
Неровнота смешивания компонентов, %	фактическая	8,6		10,7	
	минимально возможная	7,7		8,8	

шивающее действие машины, а также на геометрические характеристики волокон компонентов и их процентное содержание в чесальной ленте (рисунок 3 а). В результате проведенных исследований впервые установлен диапазон изменения коэффициента перехода волокон на съемный барабан K_c (коэффициент съема) при переработке смесей с высоким содержанием льняного волокна на шляпочной чесальной машине (рисунок 3 б). При увеличении частоты вращения главного барабана наблюдается снижение коэффициента съема с 23 до 16 %. Исследование неровноты смешивания проводилось с использованием специально разработанной методики и запатентованного комплекса технических средств [5].

Установлено, что минимальные геометрические характеристики волокон смеси и высокая эффективность выравнивания продукта по составу достигаются при следующих параметрах работы чесальной машины С60:

- частота главного барабана 850 мин⁻¹;
- скорость движения шляпочного полотна

330 мм/мин⁻¹.

Согласно разработанной технологии чесальные льнохлопковые ленты поступают на ленточные машины с целью распрямления и параллелизации волокон, а также выравнивания продуктов по линейной плотности и составу.

Для определения влияния процентного вложения компонентов на эффективность переработки смесей на ленточной машине проведены исследования неровноты по линейной плотности льнохлопковых лент с вложением 35 %, 50 % и 65 % льняного волокна. Линейная плотность чесальных лент составляла 6 ктекс, линейная плотность ленты, получаемой на выпуске ленточной машины – 4,5 ктекс. Результаты исследований представлены на рисунках 4 и 5.

Анализируя полученные результаты можно отметить, что минимальная неровнота по линейной плотности льносодержащей ленты достигается при равном процентном содержании компонентов (50 % льняного волокна и 50 % хлопкового волокна). Этот факт подтверждает теоретический вывод о том, что с увеличением

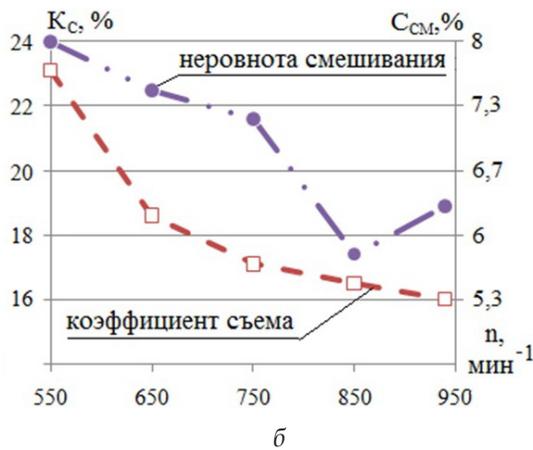
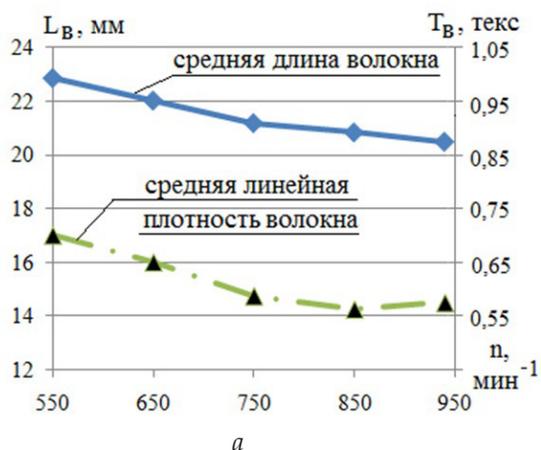
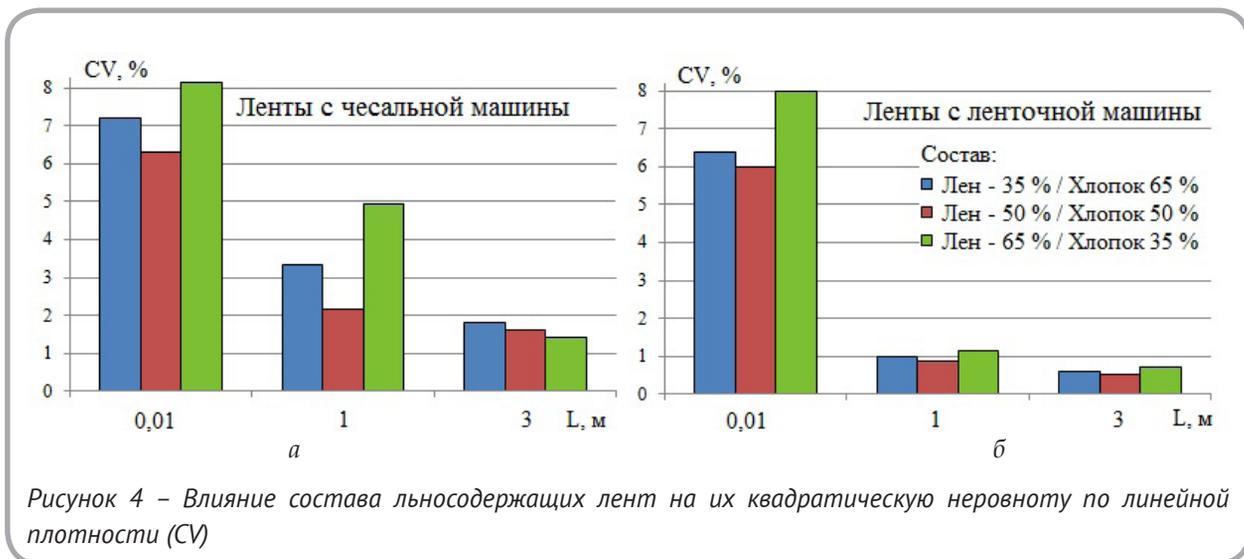


Рисунок 3 – Зависимость характеристик льнохлопковой ленты от частоты вращения главного барабана



разницы в доленом содержании разнородных волокон повышается неравномерность их распределения в волокнистых продуктах [6], что ведет к снижению стабильности технологических процессов их переработки.

При переработке чесальной ленты на ленточной машине коэффициент вариации по линейной плотности на отрезках длиной 1 м уменьшился в 2,3 – 4,2 раза, что свидетельствует о высокой эффективности работы авторегулятора вытяжки. Неровнота на отрезках длиной 3 м также уменьшилась в 1,8 – 3,2 раза. Неровнота на коротких отрезках изменилась незначительно. Полученный результат свидетельствует о том, что использование ленточной машины позволяет снизить неровноту ленты по линейной плотности на отрезках длиной более 1 м. При этом

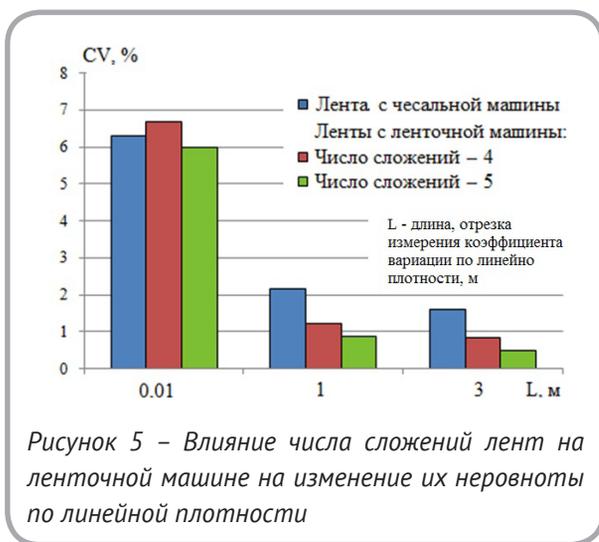
выравнивающий эффект повышается с увеличением числа сложений (рисунок 5).

Представленные данные свидетельствуют о том, что минимальной неровнотой по линейной плотности обладает лента с вложением 50 % льна (рисунок 4), что соответствует ранее полученным результатам моделирования. Минимальная неровнота лент по линейной плотности достигается при числе сложений, равном 5 (рисунок 5).

В результате предварительных экспериментов процесса формирования льнохлопковой пряжи на пневмомеханической прядильной машине определены рациональные значения частоты вращения прядильной камеры 45 000 – 47 000 мин⁻¹ и частоты вращения дискретизирующего барабанчика 8000 – 8500 мин⁻¹. Однако полученная при указанных режимах льнохлопковая пряжа характеризовалась повышенной неровнотой по разрывной нагрузке (13,8 %) и линейной плотности на коротких отрезках (22,8 %).

Среди факторов, снижающих стабильность процесса формирования пряжи, можно выделить высокое содержание пыли и наличие жестких волокон, а также обрыв волокон в процессе дискретизации.

Для повышения эффективности процесса пневмомеханического прядения льносодержащих смесей проведены исследования процессов сороудаления на прядильной машине R40. Количество выделяемых отходов на машине регулируется степенью разряжения в сороотводящем



канале. При высокой интенсивности процесса сороудаления в отходы попадают прядомые волокна, а при низкой интенсивности в прядильную камеру поступает большее количество сорных примесей.

Результаты проведенных экспериментальных исследований опытных образцов пряжи при различной интенсивности сороудаления показаны в таблице 3. Установлено, что минимальная неровнота по свойствам и составу пряжи, а также ее максимальная разрывная нагрузка достигаются при средней интенсивности сороудаления.

В результате проведенных исследований достигнуты высокие качественные показатели пряжи, удовлетворяющие требованиям ТУ ТБ 300051814.187-2003 [7]. Установленные рациональные значения параметров работы оборудования были использованы при разработке технологического регламента производства льносодержащей пряжи, который утвержден и применяется на РУПТП «Оршанский льнокомбинат».

Опытная проработка льнохлопковой пряжи линейной плотности 50 текс с вложением льняного волокна 50 % проводилась на РУПТП «Оршанском льнокомбинате» в ткань бельевую артикула 09С583 ШР полотняного переплетения на станках СТБУД. Результаты исследования показателей качества тканей, полученных

из исходной пряжи и пряжи после оптимизации, представлены в таблице 4.

Можно отметить, что в результате оптимизации процесса формирования льнохлопковой пряжи существенных изменений в физико-механических показателях ткани не установлено. Однако за счет повышения равномерности пряжи по линейной плотности и составу обрывность по основе снизилась на 15 %, по утку – на 25 %, что подтверждает эффективность проведенных исследований.

ВЫВОДЫ

1. Разработан технологический процесс производства льносодержащей пряжи пневмомеханическим способом прядения, позволяющий в производственных условиях РУПТП «Оршанский льнокомбинат» вырабатывать пряжу линейной плотности 40 – 90 текс с вложением 40 – 75 % котонизированного льняного волокна для производства тканей бытового назначения в соответствии с разработанным технологическим регламентом.

2. Исследование эффективности переработки льнохлопковых смесей на чесальной машине С60 установлено, что при частоте главного барабана 850 мин⁻¹ и скорости движения шляпочного полотна 330 мм/мин⁻¹ достигаются минимальные геометрические характеристики

Таблица 3 – Показатели качества опытных партий льнохлопковой пряжи линейной плотности 50 текс с вложением льняного волокна 50 %

Показатель		Интенсивность сороудаления		
		низкая	средняя	высокая
Неровнота, по линейной плотности, %	на отрезках длиной 1 см	21,8	21,6	22,1
	на отрезках длиной 1 м	5,4	5,2	5,1
Неровнота смешивания на отрезках длиной 50 м, %		3,7	3,3	4,2
Количество утонений (- 50 %) на 1 км		187	194	231
Количество утолщений (+ 50 %) на 1 км		1738	1624	1738
Количество непсов (+ 280 %) на 1 км		1773	1556	1838
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс		7,6	8,0	7,7
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %		8,2	8,1	10,2
Относительное разрывное удлинение, %		5,9	6,1	6,1

Таблица 4 – Характеристика ткани артикула 09С583 ШР

Наименование показателя	Значение показателя	
	Опытная ткань (после оптимизации)	Базовый вариант (до оптимизации)
Число нитей на 10 см по основе	180	
Число нитей на 10 см по утку	119	
Поверхностная плотность ткани, г/м ²	195	194,6
Уработка, %	9,4	9,5
Усадка, %	1,6	1,67
Обрывность основы, обр./м. п.	0,6	0,8
Обрывность утка, обр./м. п.	0,9	1,03
Разрывная нагрузка, сН	313	312,7

волокон смеси и высокое выравнивающее действие машины, что способствует получению более равномерной ленты.

3. Качественный анализ эффективности работы ленточной машины RSB-D 40 при переработке льнохлопковых лент различного состава линейной плотности 4,5 ктекс показал, что минимальная неровнота лент по линейной плотности достигается при числе сложений, равном 5 при содержании льняного волокна 50 %.

4. В результате оптимизации процесса

формирования льнохлопковой пряжи линейной плотности 50 текс с вложением льняного волокна 50 % на пневмомеханической прядильной машине R 40 установлены рациональные параметры ее работы, обеспечивающие получение пряжи высокого качества, что способствует повышению эффективности процессов производства тканей на ее основе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт Национального статистического комитета Республики Беларусь (2014), режим доступа: <http://belstat.gov.by/homep/ru/indicators/TT100I11.pdf> (дата доступа 15.01.2014).
2. Samoa, P. (2012), *Forecasts for global commodities: industrial raw materials*, Economist Intelligence Unit, London, 2012, 113 p.

REFERENCES

1. Official site of the National Statistical Committee of the Republic of Belarus [Ofitsialnyiy sayt Natsionalnogo statisticheskogo komiteta Respubliki Belarus] (2014), available at: <http://belstat.gov.by/homep/ru/indicators/TT100I11.pdf>. (accessed 05.01.2014)
2. Samoa, P. (2012), *Forecasts for global commodities: industrial raw materials*, Economist Intelligence Unit, London, 2012, 113 p.

3. Звездочкина, О.В., Рыклин, Д.Б., Романовский, А.Г. (2009), Технологический процесс производства многокомпонентной льнодержательной пряжи, Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности, *Сборник материалов международной научной конференции*, Витебск, 2009, С. 46 – 48.
4. Васильев, Р.А., Рыклин, Д.Б. (2011), Изменение свойств льняного волокна в технологическом процессе производства чистольняной пряжи пневмомеханическим способом прядения, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2011, № 20, С. 15 – 23.
5. Науменко, А.М., Рыклин, Д.Б., Джежора, А.А. (2010), Разработка диэлектрического метода оценки эффективности смешивания компонентов при производстве хлопкольнайной пряжи, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2010, № 18, С. 69–74.
6. Карпеня, А.М. (2007), Технология нетканых материалов технического назначения с использованием волокнистых отходов, *Автор. дисс. ... канд. техн. наук*, Витебск, 2007, 28 л.
7. *Пряжа из лубяных волокон и их смесей с натуральными и химическими волокнами*, ТУ ТБ 300051814.187–2003, Служба сертификации и стандартизации РУПТП «Оршанский льнокомбинат», Орша, 2013, 20 с.
3. Zvezdochkina, O.V., Ryklin, D.B., Romanovskiy, A.G. (2009), The technological process of flax-containing multicomponent yarn [Tehnologicheskij protsess proizvodstva mnogokomponentnoy lnosoderzhatschey pryazhi], *New developments in engineering and technology for textile and light industry, Sourcebook of the International scientific conference*, Vitebsk, 2009, pp. 46 – 48.
4. Vasilev, R.A., Ryklin, D.B. (2011), Changing the properties of flax fiber in the process of production flax rotor yarn [Izmenenie svoystv lnyanogo volokna v tehnologicheskom protsesse proizvodstva chistolnyanoy pryazhi pnevmomehanicheskim sposobom pryadeniya], *Bulletin of Vitebsk State Technological University*, 2011, № 20, pp. 15 – 23.
5. Navumenka, A.M., Ryklin, D.B., Dzhezhora, A.A. (2010), Development dielectric method of evaluating the effectiveness of mixing components in the flax/cotton yarn [Razrabotka dielkometricheskogo metoda otsenki effektivnosti smeshivaniya komponentov pri proizvodstve hlopkolnyanoy pryazhi], *Bulletin of Vitebsk State Technological University*, 2010, № 18, pp. 69–74.
6. Karpenya, A.M. (2007), *Technology technical nonwovens with using fibrous waste* [Tehnologiya netkanyih materialov tehnicheskogo naznacheniya s ispolzovaniem voloknistyih othodov], *Author. diss. ... cand. tehn. sciences*, Vitebsk, 2007, 28 p.
7. *Yarn made of bast fibers and their blends with natural and man-made fibers* [Pryazha iz lubyanyih volokon i ih smesey s naturalnyimi i himicheskimi voloknami], ТУ ТБ 300051814.187–2003, Service certification and standardization RUPTE "Orsha Linen Mill", Orsha, 2013, 20 p.

Статья поступила в редакцию 02. 03. 2015 г.