

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛЬНЯНОЙ ПРЯЖИ,
ПОЛУЧЕННОЙ КЛЕЕВЫМ СПОСОБОМ**

**INVESTIGATION OF THE PROPERTIES OF LINEN YARN
OBTAINED BY THE ADHESIVE METHOD**

П.Н. РУДОВСКИЙ¹, И.С. БЕЛОВА¹, Н.С.КУЗНЕЦОВА², С.В. ПАЛОЧКИН³

P.N. RUDOVSKY, I.S. BELOVA, N.S.KUZNETSOVA, S.V. PALOCHKIN

(¹ Костромской государственной университет,

*² Военная академия радиационной, химической и биологической защиты
им. маршала Советского Союза С.К. Тимошенко,*

³ Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана)

(¹ Kostroma State University,

*² Military Academy of Radiation, Chemical and Biological Protection
named after Marshal of the Soviet Union S.K. Timoshenko*

³ Bauman Moscow State Technical University)

E-mail: pavel_rudovsky@mail.ru, belova_irina44@mail.ru, leto044@yandex.ru, palnigs@mail.ru

Традиционные способы прядения льна с использованием кручения имеют низкую производительность. Применение вьюрковых прядильных машин позволяет повысить производительность оборудования и труда, однако получаемая пряжа имеет низкую прочность. Предлагается использовать упрочнение вьюрковой пряжи за счет пропитки клеевыми составами. В статье представлены методика и результаты экспериментов по упрочнению льняной вьюрковой пряжи клеевым способом. В качестве клеящего состава предложено использовать ПВА, ПВС, крахмал и серицин – природный клей, содержащийся в оболочке кокона тутового шелкопряда. Проведен сравнительный анализ физико-механических свойств полученных образцов пряжи. Произведены замеры линейной плотности и неровноты по линейной плотности, относительной разрывной нагрузки, изучены характеристики спектрограмм неровноты пряжи. На основе полученных данных сделан вывод о целесообразности клеевого упрочнения пряжи с целью использования ее в ткачестве.

Traditional spinning methods using torsion have become unproductive. The use of reel spinning machines makes it possible to increase the productivity of equipment and labor, but the resulting yarn has low strength. It is proposed to use hardening due to impregnation with adhesive compounds. The article presents materials for conducting an experiment with the purpose of strengthening flax reel yarn by the adhesive method. As an adhesive, it is proposed to use PVA, PVS, starch and sericin – a natural glue contained in the shell of a silkworm. A comparative analysis of the physical and mechanical properties of the obtained yarn samples was carried out. Measurements of linear density and unevenness by linear density, relative breaking load were made, the characteristics of spectrograms were studied. Based on the data obtained, the conclusion is made about the positive result of the use of adhesive methods of yarn production in order to strengthen the finished product.

Ключевые слова: льняная вьюрковая пряжа, клеевой метод упрочнения, пропитка связующим, серицин, прочность и качество пряжи.

Keywords: linen reel yarn, adhesive hardening method, binder impregnation, sericin, yarn strength and quality.

Введение

Традиционные способы формирования льняной ровницы на классических ровничных машинах и выработки льняной пряжи на кольцевых прядильных машинах, связанные с использованием кручения, имеют низкую производительность [1]. Решению этой проблемы посвящен ряд исследований [2...5] по разработке бескруточных технологий получения льняной ровницы и льняной пряжи. Однако анализ их результатов показал, что вместе с ростом скорости выпуска продукта уменьшается его прочность. Поэтому при выработке пряжи бескруточным способом вопрос ее прочности требует особого внимания.

Существует значительный экспериментальный материал по упрочнению бескруточной пряжи клеевыми способами, суть которых состоит в том, что мычку или ровницу пропитывают некоторым связующим. Анализ существующих клеевых способов формирования пряжи показал, что опыты с проклеиванием пряжи без действительной крутки с целью упрочнения готовой продукции дают положительные результаты [6...7]. Однако пряжу, не имеющую крутки, в процессе формирования необходимо высушивать. Сушка является весьма энергоемким процессом, который делает выпуск пряжи экономически невыгодным. Как по-

казали предварительные эксперименты, сочетание вьюркового способа получения льняной пряжи с клеевым упрочнением является перспективным направлением, сочетающим положительные качества обоих способов [5]. Применение природного клеящего состава на основе серицина открывает новые возможности для упрочнения вьюрковой пряжи путем ее проклейки.

Существующие клеевые способы основаны на применении экологически неблагоприятных клеевых растворов, таких как ПВА, ПВС и КМЦ. После получения пряжи клеевой состав из нее необходимо удалять в процессе отделки. Если в качестве связующего использовать серицин – природный клей, содержащийся в оболочке кокона тутового шелкопряда, то удаление клеящего состава не требуется. Имеется опыт использования серицина как основного элемента шликты [8], [9]. Были проведены эксперименты по сравнению сил адгезии ПВА, ПВС и серицина [10]. Силы адгезии у ПВА почти в три, а у ПВС в восемь раз выше, чем у серицина. Однако силы адгезии нельзя рассматривать как основной фактор при выборе клеевого состава для упрочнения пряжи.

С одной стороны, при выборе концентрации клеящего состава для проведения экспериментов по получению упрочненной

вьорковой пряжи исходили из того, что количество клея в составе пряжи должно быть минимальным. С другой стороны, учитывалась особенность технологии получения серицина из отходов переработки коконов, не позволяющая получать растворы с концентрацией более 6%. Сравнение сил адгезии серицина со значениями разрывной нагрузки волокон показывает, что эти величины одного порядка. Поэтому для получения пряжи клеевым способом в качестве максимальной была выбрана концентрация серицина 6%. При использовании ПВА и ПВС использовались растворы с меньшими концентрациями.

Методы

Для экспериментальной проверки технологии упрочнения вьюрковой льняной пряжи использовались растворы ПВА, поливинилового спирта (ПВС), серицина и крахмала. Выработка пряжи производилась на прядильной машине модульного типа марки МПБ-1 с двумя выпусками.

При проведении экспериментального исследования в качестве исходного сырья была выбрана льняная ровница окислительной варки линейной плотности 600 текс, которая хранилась в высушенном виде [11].

Были приготовлены клеевые растворы ПВА, ПВС, серицина и крахмала в малых концентрациях (не более 6 %) по четыре образца для каждого вида клеящего вещества. Перед прядением катушки с ровницей в течение суток замачивались в клеевом растворе. Катушка для выработки контрольного варианта пряжи замачивалась в воде.

При проведении эксперимента на прядильной машине были установлены следующие параметры: давление во вьюрке 0,3 МПа, вытяжка 10, скорость наматывания 40 м/мин. Далее производилась наработка пряжи в количестве 500 г для каждого варианта.

После выработки экспериментальные образцы пряжи высушивались естественным образом. Перед проведением испытаний они в течение трех суток выдерживались в климатической камере при нормальных условиях.

Для полученных вариантов пряжи производились замеры:

– линейной плотности и неровноты пряжи по линейной плотности согласно ГОСТ 6611.1–73 "Нити текстильные. Метод определения линейной плотности",

– относительной разрывной нагрузки и неровноты по разрывной нагрузке по ГОСТ 6611.2-73 "Нити текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве",

– спектра неровноты и количества пороков на приборе КЛА-2.

Результаты и обсуждения

В табл. 1 приведены значения удельной разрывной нагрузки полученной вьюрковой пряжи из ровницы с пропиткой клеевыми растворами ПВА, ПВС, серицина и крахмала различной концентрации, а также соответствующие значения для контрольного образца.

Таблица 1

Вид пропитки и концентрация	Линейная плотность, текс	Коэффициент вариации по линейной плотности, %	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	
Контроль	64	5,3	11,59	19,6	
Концентрация ПВА, %	1	64,2	4,5	12,3	19,02
	3	64,5	5,1	14,1	19,3
	5	65,1	4,9	14,9	19,1
	6	65,5	4,7	15,9	18,7
Концентрация серицина, %	2	64,5	6	13,05	20,6
	3	64,8	5,5	14,1	19,8
	5	65,6	5,4	14,9	18,7
	6	66	5,1	15,4	18,8
Концентрация ПВС, %	1	65	5,3	11,9	20,3
	1,5	65,4	5,8	12,3	19,8
	2	66	6	13,41	21,3
	3	67	5,4	14,3	20,1

Концентрация крахмала, %	1	64,6	5,3	12,03	19,29
	1,5	65	5,5	12,7	19,03
	2	66	6	13,1	19,1
	3	67	5,8	14,03	20,2

Из данных в табл. 1 видно, что с ростом концентрации клеевых растворов несколько возрастает линейная плотность пряжи. Это связано с тем, что некоторое количество клея после выработки и высушивания пряжи остается в ее составе. Вследствие того, что линейная плотность для разных вариантов отличается, сравнивать их по абсолютной разрывной нагрузке некорректно.

Сравнение проводилось по удельной разрывной нагрузке, значения которой приведены в таблицах. Согласно этим данным пропитка любым из испытанных клеевых растворов приводит к росту удельной разрывной нагрузки.

Введение клеящего состава в ровницу приводит не только к изменению прочности пряжи, но и влияет на протекание процес-

сов формирования пряжи. Так, установлено, что при концентрациях растворов ПВС и крахмала более 3% происходит налипание мычки на валик первой линии вытяжного прибора. Это ведет к повышенной обрывности. Поэтому эксперимент при концентрациях более 3% с этими клеящими составами не проводился. При использовании серицина и ПВА такое явление не наблюдалось.

В табл. 2 проведено сравнение прочности пряжи с контрольным вариантом (замачивание водой без клеящего состава) и показателями льняной кольцевой пряжи мокрого прядения группы ОЛ первого сорта по ГОСТ 10078–85 [1], при изготовлении которой катушки с ровницей были пропитаны клеящим раствором серицина в концентрации 6 %.

Таблица 2

Параметры сравнения	Контрольный вариант (без пропитки ровницы)	Кольцевая пряжа ОЛ по ГОСТ 10078–85
Линейная плотность, текс	64	64...200
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	5,3	6,2
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	11,59	14,8 ± 0,8
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	19,6	19

Таким образом, результаты исследований показали, что пропитка ровницы клеевым раствором привела к увеличению прочности готовой пряжи. Удельная разрывная нагрузка контрольного образца значительно ниже соответствующего показателя для кольцевой пряжи мокрого прядения группы ОЛ первого сорта.

При пропитке ровницы растворами ПВА и серицина в концентрации 3% удельная разрывная нагрузка достигает значений соответствующих кольцевой пряже. При увеличении концентрации клея до 6% прочность готового продукта повышается примерно на 35% при использовании в качестве связующего раствора ПВА и примерно

на 28% при использовании раствора серицина, что сравнимо с показателями кольцевой пряжи мокрого прядения группы СрЛ первого сорта. Пряжа, полученная с использованием пропитки раствором ПВА, получилась достаточно жесткой. Этот фактор может повлиять на процесс переработки пряжи в ткачестве и вязании, а также на качество готовой продукции.

Применение в качестве пропитки ровницы растворов ПВС и крахмала также привело к увеличению прочности наработанной пряжи. При использовании 3%-ных растворов показатель удельной разрывной нагрузки сравним с соответствующим показателем кольцевой пряжи мокрого пряде-

ния первого сорта группы ОЛ. Таким образом, применение данных клеевых растворов позволило повысить прочность пряжи примерно на 22%.

Стоит заметить, что после высушивания паковок с готовой пряжей слипания витков не происходило. Предварительная клеевая пропитка ровницы не ухудшила процесс сматывания пряжи с прядильной паковки [9]. Это можно объяснить тем, что при прохождении через пневматический вьюрок пряжа интенсивно обдувается воздухом и в значительной степени высушивается. При использовании в качестве связующего растворов ПВС и крахмала полученная пряжа отличалась многочисленными внешними пороками: шишковатостью, заметными от-

резками утолщения и утонения. При применении серицина наработанная пряжа получилась более ровной и гладкой.

С целью изучения характеристик неровноты полученной пряжи были проведены исследования на автоматизированном лабораторном комплексе КЛА-М. Было обследовано по 4 отрезка длиной 6 м всех образцов наработанной пряжи с учетом концентрации и вида клеевого раствора, используемого для пропитки ровницы. На основе полученных данных были изучены характеристики неровноты по линейной плотности, построены спектрограммы наработанной пряжи. В табл. 3 представлены полученные средние характеристики спектрограмм.

Т а б л и ц а 3

Концентрация раствора	Коэффициент вариации CV, %	Общая дисперсия, CV ²	Дисперсия 12...400 мм
Контрольный образец			
-	30,59	935,89	890,48
ПВА			
6%	31,56	996,03	898,22
5%	33,75	1139,06	902,69
3%	31,49	991,62	897,4
1%	30,37	922,33	893,2
Серицин			
6%	30,07	904,2	880,6
5%	31,18	972,19	873,3
3%	30,3	918,09	870,2
2%	30,7	942,49	890,27
ПВС			
3%	46,64	2175,45	2038,73
2%	41,95	1759,9	1673,36
1,50%	41,43	1716,54	1645,08
1%	40,79	1663,77	1583,35
Крахмал			
3%	43,86	1923,87	1805,81
2%	43,34	1878	1782,62
1,50%	41,95	1759,89	1584,46
1%	40,35	1548,36	1508,75

Характеристики спектрограмм (коэффициент вариации, общая дисперсия, дисперсия 12...400 мм) выше у образцов льняной пряжи, полученной с применением пропитки растворами ПВС и крахмала. Это свидетельствует о большей неровноте готового продукта. Показатели качества, полученные на КЛА-М, лучше у пряжи, выработанной с применением растворов ПВА и серицина.

Заметим, что в сравнении с контрольным образцом пропитка ровницы клеевым раствором привела к увеличению общего количества пороков. Из данных, приведенных в табл. 3, видно, что с ростом концентрации клеящего вещества, используемого для пропитки ровницы, возрастает среднее количество пороков. При использовании ПВС наблюдаемое количество дефектов выше, чем при использовании других видов

клеящего вещества. Пропитка ровницы растворами ПВА и серицина привела к увеличению среднего количества пороков примерно на 10...34%, в зависимости от концентрации. Применение крахмала увеличило долю пороков на 20...60%. При использовании ПВС это показатель вырос почти в 2 раза по сравнению с контрольным образцом. Наличие пороков может привести к росту обрывности в ткачестве и влияет на внешний вид и качество готовой продукции.

ВЫВОДЫ

1. Анализ и сравнение физико-механических свойств образцов наработанной пряжи позволяет сделать вывод о положительном результате применения клеевых способов производства пряжи с целью упрочнения готового продукта.

2. Применение растворов ПВА, ПВС и крахмала приводит к повышению показателей прочности получаемой пряжи, однако при этом наблюдается увеличение пороков внешнего вида и неровноты пряжи.

3. Использование в качестве пропитки раствора серицина дает такие преимущества, как упрочнение пряжи без ухудшения внешнего вида и физико-механических показателей, а также экологичность получаемого продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прядение льна и химических волокон: Справочник / Под ред. Л.Б. Карякина и Л.Н. Гинзбурга. – М.: Легпромбытиздат. 1991.

2. *Телицын А.А.* Развитие технологий процесса самокручения текстильных материалов и создание оборудования для их реализации: Дис. ... докт. техн. наук. – Кострома, 2000.

3. *Палочкин С.В.* Разработка технологии формирования и переработки некрученой обвитой льняной ровницы: Дис. ... докт. техн. наук. – М., 2002.

4. *Смирнова С.Г.* Влияние технологических режимов формирования бескруточной ровницы на ее способность к переработке в прядении: Дис. ... канд. техн. наук. – Кострома, 2010.

5. *Кузнецова Н.С.* Развитие высокопроизводительной технологии получения льняной пряжи мокрого прядения для трикотажного производства: Дис. ... докт. техн. наук. – Кострома, 2019.

6. *Рудовский П.Н., Белова И.С.* Анализ и перспективы клеевых способов формирования пряжи

// Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2019, № 1-1. С. 186...189.

7. *Рудовский П.Н., Белова И.С.* Технология получения льняной пряжи путем совмещения вьюрочного способа со способом PAVENA // В сб.: Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование Междунар. научн.-техн. симпозиума "Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина" на Международном Косыгинском Форуме-2019 "Современные задачи инженерных наук". – М., 2019. С. 194...196.

8. *Ишматов А.Б., Рудовский П.Н., Яминова З.А.* Применение серицина для шлихтования основ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 6. С. 98...102.

9. *Ишматов А.Б., Яминова З.А., Рудовский П.Н.* Обоснование режимов получения серицина в виде порошка для приготовления шлихты // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, № 6. С. 79...83.

10. *Рудовский П.Н., Белова И.С.* Выбор клеящего состава для выработки пряжи клеевым способом // Технологии и качество. – 2021, №4 (54). С.43...46.

11. *Кириллова Е.С., Рудовский П.Н., Соркин А.П.* Влияние срока хранения увлажненной бескруточной ровницы на ее качество // Вестник Костромского го. технолог. ун-та. – 2006, № 13. С. 14...15.

REFERENCES

1. Spinning flax and chemical fibers: Handbook / Edited by L.B. Karyakin and L.N. Ginzburg. – M.: Legprombytizdat. 1991.

2. *Telitsyn A.A.* Development of technologies for the process of self-twisting textile materials and the creation of equipment for their implementation: Dis. ... doct. technical sciences. – Kostroma, 2000.

3. *Palochkin S.V.* Development of technology for the formation and processing of untwisted wrapped linen roving: Dis. ... doct. technical sciences. – M., 2002.

4. *Smirnova S.G.* The influence of technological modes of forming a spinless roving on its ability to process in spinning: Dis. ... candidate of Technical Sciences. – Kostroma, 2010.

5. *Kuznetsova N.S.* Development of high-performance technology for producing wet-spinning flax yarn for knitting production: Dis. ... doct. technical sciences. – Kostroma, 2019.

6. *Rudovsky P.N., Belova I.S.* Analysis and prospects of adhesive methods of yarn formation // Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (SMARTEX). – 2019, №1-1. P. 186...189.

7. *Rudovsky P.N., Belova I.S.* Technology of producing flax yarn by combining the reel method with the PAVENA method. In the collection: Energy-efficient environmentally friendly technologies and equipment. collection of scientific papers of the International Scien-

tific and Technical Symposium "The second International Kosygin Readings dedicated to the 100th anniversary of the Kosygin Russian State University" at the International Kosygin Forum-2019 "Modern problems of Engineering Sciences". – M., 2019. P. 194...196.

8. Ishmatov A.B., Rudovsky P.N., Yaminova Z.A. The use of sericin for dressing the bases // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2012, № 6. P. 98...102.

9. Ishmatov A.B., Yaminova Z.A., Rudovsky P.N. Justification of the modes of obtaining sericin in the form of powder for the preparation of dressing // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2015, № 6. P. 79...83.

10. Rudovsky P.N., Belova I.S. The choice of an adhesive composition for the production of yarn by the adhesive method // *Technologies and quality*. – 2021, №4 (54). P. 43...46.

11. Kirillova E.S., Rudovsky P.N., Sorkin A.P. The effect of the shelf life of moistened spineless roving on its quality // *Bulletin of Kostroma State Technological University*. – 2006, № 13. P. 14...15.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин КГУ. Поступила 15.08.22.
