

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ЛЬНЯНОЙ ПРЯЖИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО ПОВЫШЕНИЯ**THE ANALYSIS OF QUALITY OF FLAX YARN AND POSSIBILITIES OF ITS IMPROVING**

УДК 677.017.2/.7

**О.В. Прохоренко¹, С.С. Гришанова¹, А.Г. Коган^{1*},
Ю.С. Бакова²**¹ Витебский государственный технологический университет² РУПТП «Оршанский льнокомбинат»<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2019-13609>**A. Prakharenka¹, S. Hryshanava¹, A. Kogan^{1*},
Y. Bakava²**¹ Vitebsk State Technological University² RUPTP «Orsha Linen Mill»**РЕФЕРАТ**

ЛЬНЯНЫЕ ВОЛОКНА, МОКРОЕ ПРЯДЕНИЕ, УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ, НЕРОВНОТА, ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА, USTER TESTER 5

В статье рассматривается проблема повышения качества льняной пряжи средней линейной плотности.

Цель работы – исследовать и проанализировать качество двух образцов льняной пряжи 42 текс, полученных на технологических цепочках оборудования итальянской и китайской фирм, выявить недостатки технологического процесса получения льняной пряжи 42 текс и установить возможность улучшения ее показателей качества.

Результаты проведенных исследований установили, что льняная пряжа 42 текс, полученная на оборудовании разных производителей, имеет одинаковый уровень качества, характеризуемый высокими показателями неровноты как на коротких, так и на длинных отрезках, а также большим содержанием различных пороков. Определено, что основной проблемой в повышении качества пряжи средней линейной плотности является использование низкосортного сырья.

Предложен метод интенсификации мацерации льняного волокна при мокром способе пряжения, основанный на ультразвуковом кавитационном воздействии на волокно.

Установлен положительный эффект влияния ультразвука на льняное волокно при получении льняной пряжи на прядильной машине мокрым

ABSTRACT

FLAX YARN, RAW SPINNING, ULTRASOUND INFLUENC, IRREGULARITY, QUALITY INDEXES, USTER TESTER 5

The problem of quality improving of flax yarn is very important in the Republic of Belarus. The article is devoted to researching and analysis of normalized and non-normalized parameters of quality of flax yarn 42 tex, and to searching for the solution to the problem of yarn quality worsening. In the result of researches it was determined, that the main problem of quality improving of medium linear density yarn is the use of low grades of raw material. As a result of situation with raw material, it is impossible to significantly improve the grades used. As one of the solutions to the problem, proposed is the method of intensification of flax fiber maceration in the wet method of flax spinning based on ultrasonic cavitation. On the spinning machine, while moving in the water environment of the bath, the linen roving was subjected to ultrasonic action. As a result of this action, the pectin substances that glue the elementary fibers of flax were softened. The connection between the fibers was weakened, that provided better conditions for crushing the technical fiber into elementary ones and shifting the fibers in the drawing device. The positive effect of ultrasonic action on the flax fibers in the production of flax yarn on the spinning machine by wet method is determined, consisting in reducing of the yarn unevenness.

* E-mail: kogan-ag@rambler.ru (A. Kogan)

способом, заключающийся в снижении показателей неровноты пряжи.

Одним из основных факторов повышения эффективности производства льнопродукции является ее качество. Улучшить качество продукции, следовательно, сделать ее более конкурентоспособной. Современные методы исследования и лабораторное оборудование позволяют не только оценить качество пряжи, но и определить причины снижения тех или иных показателей качества [1].

Цель работы – исследовать и проанализировать качество двух образцов льняной пряжи линейной плотности 42 *текс*, полученных на технологических цепочках оборудования итальянской и китайской фирм, выявить недостатки технологического процесса получения льняной пряжи и установить возможность улучшения ее показателей качества.

Для производства обоих исследуемых образцов льняной пряжи используется льняная система прядения и мокрый способ формирования, но получены образцы на разных технологических цепочках оборудования.

Отличительные особенности двух вариантов исследованных технологических процессов представлены в таблице 1.

В вытяжном приборе, установленном на прядильной машине итальянской фирмы, разводка намного меньше, чем в вытяжном приборе китайской фирмы, что позволяет лучше контролировать волокна в процессе вытягивания и снизить количество неконтролируемых волокон. Но

при такой разводке не исключен преждевременный захват волокна (или мелких комплексов волокон) выпускной парой, что может способствовать образованию пороков пряжи. Увеличивает вероятность данного явления недостаточная расщепленность волокна в льняной ровнице. Комплексы плохо расщепленных коротких волокон увлекают за собой более длинные волокна, в результате в пряже образуются жгуты, непроряды, сукрутины (причем эти пороки имеют значительную длину более 20 *мм*).

В вытяжном приборе, установленном на прядильной машине китайской фирмы, между питающей и вытяжной парами помещено ремешковое устройство, содержащее транспортирующий ремешок, надетый на два вращающихся валика. Ремешок служит для контроля за движением волокон в зоне вытягивания. Однако наличие плохо расщепленных комплексов коротких волокон вызывает образование повышенной неровноты по линейной плотности пряжи, в том числе и из-за возникновения пороков пряжи.

В таблице 2 представлены сортировки для производства льняной пряжи линейной плотности 42 *текс*.

Образцы льняной пряжи, полученные на технологических цепочках оборудования итальянской и китайской фирм, были исследованы на физико-механические свойства. Полученные результаты в сравнении с требованиями ГОСТ 10078-85 «Пряжа чистольняная, льняная и льня-

Таблица 1 – Отличительные особенности цепочек технологического оборудования

Особенности технологии	Вариант 1	Вариант 2
Фирма-производитель оборудования	«Голден Игл» (Китай)	«Текстита» (Италия)
Количество переходов гребенных полей на льночесальной машине	21	18
Количество ленточных переходов	Шесть	Пять
Химическая обработка ровницы	Окислительная варка под давлением	Окислительная варка без давления
Используемый вытяжной прибор на прядильной машине	Однозонный с нижним ремешком, разводка 230 <i>мм</i>	Однозонный без ремешков, разводка 53 <i>мм</i>

ная с химическими волокнами. Общие технические условия» представлены в таблице 3.

Согласно требованиям ГОСТ 10078-85 «Пряжа чистольняная, льняная и льняная с химическими волокнами. Общие технические условия» все исследованные образцы льняной пряжи линейной плотности 42 *текс* соответствуют I сорту.

Определение класса чистоты по внешнему виду пряжи осуществляется обычно путем сравнения пряжи, намотанной на доску контрастного цвета (черного), с фотоэталоном. Этот метод до-

статочно субъективный. Поэтому для определения ненормированных показателей неровноты и пороков использовался многофункциональный прибор Uster Tester 5, который установлен на кафедре «Технология текстильных материалов» УО «ВГТУ».

В таблицах 4 и 5 представлены показатели неровноты по линейной плотности на отрезках разной длины и количество пороков исследованных образцов льняной пряжи, соответственно.

Показатели неровноты линейной плотности

Таблица 2 – Сортировки для производства льняной пряжи линейной плотности 42 *текс*

Сырье	Вариант 1	Вариант 2
Лен трепаный № 10	50 %	20 %
Лен трепаный № 11	50 %	80 %

Таблица 3 – Показатели качества льняной пряжи 42 *текс*

Наименование показателя	По ГОСТ для I сорта	Вариант 1	Вариант 2
Номинальная линейная плотность, <i>текс</i>	42	42	42
Кондиционная линейная плотность, <i>текс</i>	42	43,23	43,1
Процент отклонения кондиционной линейной плотности от номинальной	±4,5	2,9	2,6
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	не более 6,9	3,3	2,8
Относительная разрывная нагрузка, <i>сН/текс</i>	не менее 17,9–0,9 (для <i>СрЛ</i>) не менее 19,8–1,1 (для <i>СЛ</i>)	19,7	18,8
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	не более 22	14,4	13,2
Удлинение	-	2,2	1,4
Фактическая влажность, %	9	4,59	5,76
Сорт	I	I	I
Группа добротности		<i>СЛ</i>	<i>СрЛ</i>

Таблица 4 – Показатели неровноты линейной плотности на отрезках разной длины

Коэффициент вариации по массе отрезков, %	1 см	1 м	3 м	5 м	10 м
Вариант 1	32,17	12,39	9,68	8,0	5,72
Вариант 2	29,48	10,01	7,89	6,8	5,32

исследованных образцов льняной пряжи на отрезках длиной от 1 м до 10 м находятся практически на одном уровне. Однако на отрезках 1 см большую неровноту по линейной плотности имеет образец, выработанный на китайском оборудовании фирмы «Голден Игл». Льняная пряжа, полученная на китайском оборудовании, также имеет большее количество утонений, однако количество утолщений обоих образцов пряжи

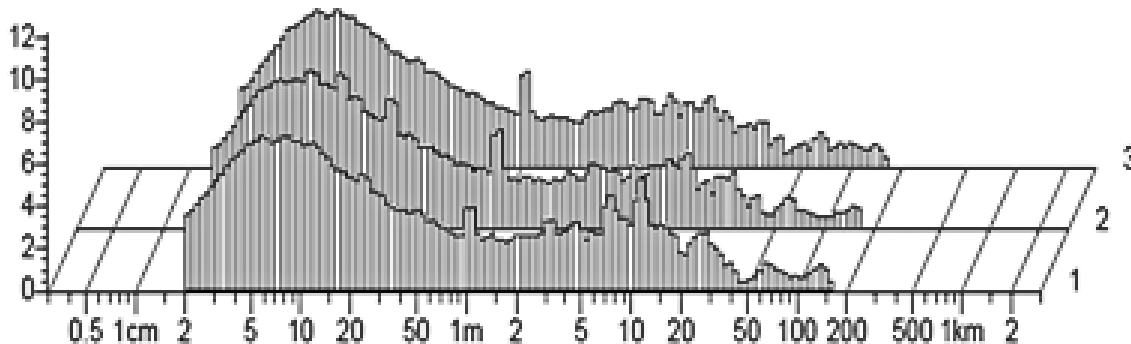
практически одинаковое. Количество непсов на уровне +200 % и +280 % у обоих образцов пряжи приблизительно одинаковое, а на уровне +140 % наблюдается повышение непсов у пряжи, полученной на оборудовании итальянской фирмы «Текстита».

На рисунке 1 представлены спектрограммы неровноты по линейной плотности исследованных образцов льняной пряжи.

Таблица 5 – Результаты исследования пороков образцов льняной пряжи

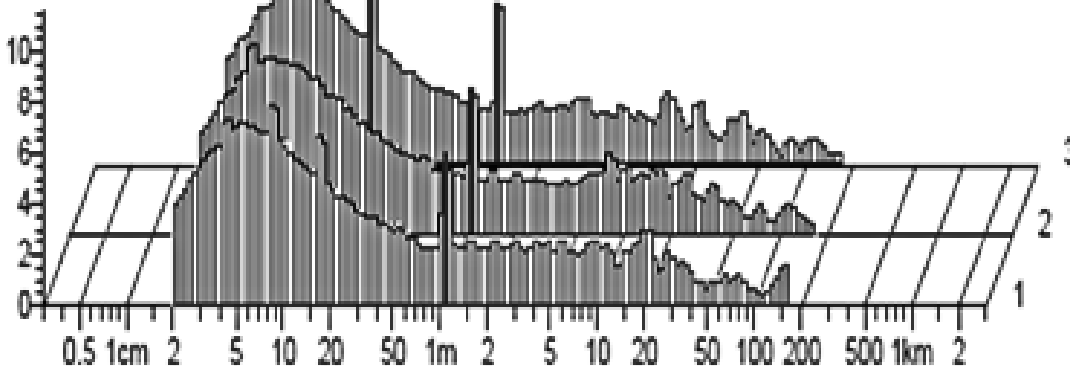
Количество местных пороков на 1 км пряжи	Утонения		Утолщения		Непсы		
	-40%	-50%	+35%	+50%	+140%	+200%	+280%
Вариант 1	7470	3405	5507	3291	8731	3824	1592
Вариант 2	6490	2312	5318	3009	10250	4131	1536

CV, %



а

CV, %



б

Рисунок 1 – Спектрограммы исследованных образцов льняной пряжи, полученной на оборудовании различных фирм: а – «Голден Игл», б – «Текстита»

При анализе спектрограммы образца пряжи, полученной на оборудовании китайской фирмы, пиков, однозначно подтверждающих наличие периодической неровноты, не выявлено. Однако на всех трех повторностях спектрограммы видны всплески на длине волн $1\text{ м} - 1,2\text{ м}$, что предупреждает о большой вероятности появления периодической неровноты пряжи при накоплении определенных факторов (износ и (или) загрязнение валика в питающей паре вытяжного прибора).

На спектрограммах неровноты льняной пряжи, полученной на оборудовании итальянской фирмы, обнаружены пики, которые подтверждают наличие периодической неровноты (так как пики на длине волны $1,2\text{ м}$ выявлены на всех трех повторностях спектрограммы). Пик на длине волны 30 см появился на одной повторности спектрограммы и связан с неполадками одного конкретного выпуска на прядильной машине.

На основании проведенного анализа спектрограмм и исследования состояния прядильных машин установлено следующее: периодические колебания линейной плотности пряжи, полученной на оборудовании итальянской фирмы, связаны с неполадками в питающей паре вытяжного прибора (предположительно с износом покрытия валиков в питающих парах вытяжных приборов, а также с наличием загрязнений, прилипающих к валикам и цилиндрам питающей пары). Эти же причины являются предпосылками для возникновения периодических колебаний линейной плотности пряжи, полученной на оборудовании китайской фирмы.

В таблице 6 представлены показатели ворсистости исследованных образцов льняной пряжи.

Значения ворсистости исследованных образцов и среднего квадратического отклонения ворсистости находятся на низком уровне и отличаются незначительно.

В результате анализа экспериментальных данных установлено, что качество исследован-

ных образцов льняной пряжи, полученных на оборудовании китайской и итальянской фирм, находится на одном уровне. Большое количество пороков в образцах льняной пряжи **42 текс** связано, прежде всего, с невысоким качеством исходного сырья [2–3], а также неполадками в вытяжных приборах прядильных машин. Анализ спектрограмм подтверждает отсутствие технических проблем на приготовительном оборудовании.

Исследования неровноты полуфабрикатов по переходам обеих технологических цепочек оборудования показали, что значения их показателей качества полностью соответствуют требованиям нормативно-технической документации для 1 сорта.

Кроме того, как показала практика РУПТП «Оршанский льнокомбинат», усиление контроля за техническим состоянием прядильно-приготовительного оборудования и за чисткой машин во время смены значительно не оказывает существенного влияния на уровень качества производимой пряжи из-за низкого качества исходного сырья. Таким образом, именно качество сырья является главной проблемой, определяющей характеристики вырабатываемой пряжи.

Согласно типовым нормам для производства пряжи линейной плотности **42 текс** должен использоваться трепаный лен № 12 и № 13. Однако трепаный лен, который поступает с заводов первичной обработки, в большинстве случаев характеризуется номерами № 10 и № 11. Давать рекомендации по улучшению используемых сортровок в этом случае бессмысленно. В силу сложившейся сырьевой ситуации необходимо искать новые способы переработки низкосортного сырья. Проведенные исследования и оптимизация работы прядильно-приготовительного оборудования, как правило, не дают высоких результатов по снижению неровноты и пороков льняной пряжи при выработке ее из заниженных сортровок [4–5]. Низкое качество

Таблица 6 – Показатели ворсистости исследуемых образцов льняной пряжи

	Ворсистость	Среднее квадратическое отклонение ворсистости
Вариант 1	2,60	0,99
Вариант 2	2,42	0,82

отечественного трепаного льна связано с высоким одревеснением льнотресты и, как следствие, большим содержанием нецеллюлозных веществ в волокне. Высокое содержание склеивающих веществ и малая способность к дроблению волокна дестабилизируют процесс вытягивания на прядильной машине, увеличивается неровнота пряжи и количество различных по величине пороков.

Для производства пряжи высокого качества необходимо стабилизировать и сделать более закономерным процесс вытягивания на прядильной машине. Однако конструкции вытяжных приборов современных прядильных машин для льна не могут обеспечить в полной мере оптимальный процесс вытягивания для производства высококачественной льняной пряжи при использовании низкосортного сырья. Так как одним из главных условий закономерного движения волокон в вытяжных приборах является полная и интенсивная мацерация веществ, соединяющих элементарные льняные волокна и их комплексы в составе технического льняного волокна.

Для решения данной проблемы предложен метод интенсификации мацерации льняного волокна при мокром способе льнопрядения, основанный на ультразвуковом кавитационном воздействии. Исследованию применения ультразвука высокой интенсивности в промышленности посвящено достаточно много работ [6–9]. В работах [6–7] экспериментально доказано положительное влияние ультразвуковых волн в водной среде на процесс мацерации льняных волокон при относительно низкой (комнатной) температуре.

Для исследования влияния ультразвука на льняное волокно и качественные показатели полученной пряжи при мокром способе льнопрядения

был проведен предварительный эксперимент, для которого в условиях прядильного цеха РУПТП «Оршанского льнокомбината» создан лабораторный стенд, состоящий из кольцевой прядильной машины ПМ-88-Л5, ультразвуковой ванны, а также специального кронштейна с питающим барабаном. Режим обработки льняной ровницы в ультразвуковой ванне: температура 35 °С, длительность обработки 30 с, мощность воздействия 100 Вт.

В ультразвуковой ванне ровница смачивается в растворе эмульсии, в результате чего происходит размягчение пектиновых веществ, которые склеивают элементарные волокна льна. Связь между волокнами ослабевает, что обеспечивает лучшие условия для дробления технического волокна на элементарные и сдвиг последних в вытяжном приборе. Во время нахождения в водной среде ванны ровница подвергалась ультразвуковому воздействию. Затем из этой ровницы выработывалась пряжа линейной плотности 42 *текс* на кольцевой прядильной машине ПМ-88-Л5. Также для сравнения были наработаны образцы пряжи на разных прядильных машинах без применения ультразвукового излучения.

В первую очередь были исследованы прочностные характеристики полученных образцов льняной пряжи. Результаты представлены в таблице 7.

Сравнение пряжи по полученным значениям прочностных характеристик не выявило значительной разницы между полученными образцами.

Исследование показателей неровноты наработанных образцов пряжи проводилось в лаборатории кафедры «Технология текстильных материалов» УО «ВГТУ» с использованием многофункционального измерительного прибо-

Таблица 7 – Показатели прочностных характеристик исследуемых образцов льняной пряжи

Прядильная машина	Разрывная нагрузка, сН/текс	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %
«Голден Игл» без ультразвука	18,56	16,2
«Текстита» без ультразвука	18,41	15,5
ПМ-88-Л5 без ультразвука	18,25	16,7
ПМ-88-Л5 с ультразвуком	18,21	16,2

ра Uster Tester 5.

Сравнение показателей неровноты проводили с использованием градиента внешней неровноты, так как именно этот показатель наиболее объективно позволяет осуществлять сравнение между собой образцов пряжи, полученных по различным технологиям (с использованием разного оборудования или по разным технологическим режимам), а также и разного исходного сырья [10].

На рисунке 2 представлены совмещенные градиенты внешней неровноты льняной пряжи, полученной с использованием и без ультразвукового воздействия на прядильной машине ПМ-88-Л5, а также пряжи, полученной без использования ультразвука на прядильных машинах китайского и итальянского производства.

Градиент неровноты волокнистого продукта самого низкого качества располагается выше, чем градиент, построенный для более качественного продукта.

На рисунке 2 видно, что градиент неровноты на коротких отрезках пряжи 42 *текс*, полученной с использованием ультразвукового излучения, находится ниже остальных градиентов. Из этого следует, что пряжа, полученная с использованием ультразвука, наиболее равномерная

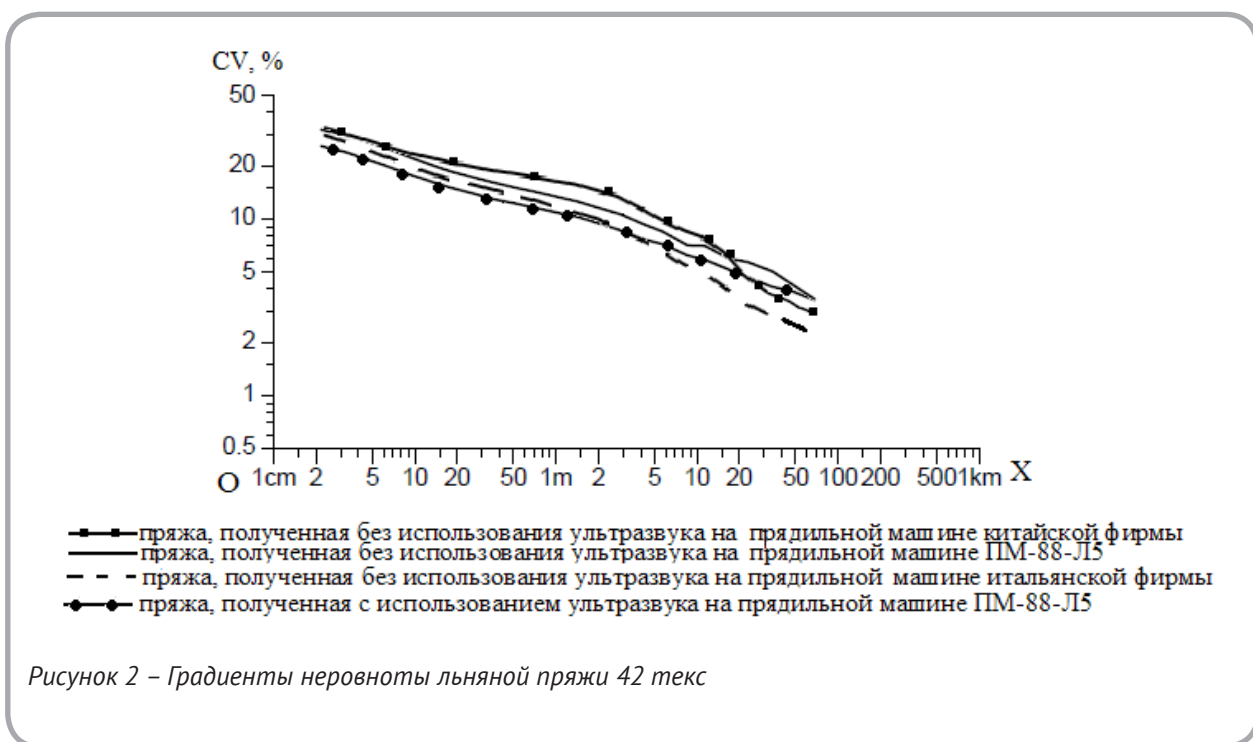
по линейной плотности на коротких отрезках из всех исследованных образцов.

На основании анализа проведенных исследований планируется проведение серии экспериментов для подтверждения и усиления эффекта от воздействия ультразвука на волокно в ровнице и оптимизации параметров работы ультразвуковой установки.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что образцы льняной пряжи линейной плотности 42 *текс*, полученные по льняной системе на оборудовании разных производителей, имеют одинаковый уровень качества, характеризуемый высокими показателями неровноты как на коротких, так и на длинных отрезках, а также большим содержанием различных пороков. Оптимизация работы прядильно-приготовительного оборудования и усиление контроля за технологическими режимами производства, как правило, не дают значительных результатов по снижению неровноты и пороков льняной пряжи при выработке ее из заниженных сортровок.

2. Установлено, что основной проблемой в повышении качества пряжи средней линейной плотности является использование низкосортного сырья. В сложившейся сырьевой ситуации



необходимо искать новые способы переработки низкосортного сырья.

3. Предложен метод интенсификации мацерации льняного волокна при мокром способе льнопрядения, основанный на ультразвуковом кавитационном воздействии на волокно. Установлен положительный эффект влияния ультразвука на льняное волокно при получении льняной пряжи на прядильной машине мокрым способом, заключающийся в снижении показателей неровноты пряжи.

4. Для усиления полученного положительно-го эффекта требуется установить и оптимизировать основные параметры процесса мацерации волокна с использованием ультразвукового кавитационного воздействия при производстве льняной пряжи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алисеевич, С. О., Гришанова, С. С., Конопатов, Е. А., Коган, А. Г. (2011), Повышение качества льняной пряжи средних линейных плотностей, *Тезисы докладов 44 научно-технической конференции преподавателей и студентов университета*, Витебский государственный технологический университет, 2011, С. 159.
2. Гришанова, С. С. (2011), Анализ свойств отечественного льноволокна, используемого для производства пряжи средних линейных плотностей, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2011, № 1 (20), С. 29–33.
3. Гришанова, С. С., Жидкевич, В. П., Медвецкий, С. С. (2017), Исследование качественных и количественных показателей льнотресты и льноволокна, полученных из разных селекционных сортов льна-долгунца, *Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности*, 2017, Т. 38, № 4, С. 65–70.
4. Гришанова, С. С., Конопатов, Е. А., Коган, А. Г., Алисеевич, С. О. (2011), Исследование эффек-

REFERENCES

1. Aliseevich, S. O., Hryshanava, S. S., Konopatov, E. A., Kogan, A. G. (2011), Improving the quality of linen yarn average linear density [Povyshenie kachestva l'njanoy prjazhi srednih linejnyh plotnostej], *Abstracts of 44 scientific and technical conf. teachers and university students*, Vitebsk State Technological University, 2011, p. 159.
2. Hryshanava, S. S. (2011), The analyze of properties of domestic flax fibers used for manufacturing of yarns of medium linear density [Analiz svojstv otechestvennogo l'novolokna, ispol'zuemogo dlja proizvodstva prjazhi srednih linejnyh plotnostej], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2011, № 1 (20), pp. 29–33.
3. Hryshanava S. S., Zhidkevich V. P., Medveckij, S. S. (2017), Study of qualitative and quantitative indicators of flax and flax fiber obtained from different breeding varieties of flax [Issledovanie kachestvennyh i kolichestvennyh pokazatelej l'notresty i l'novolokna, poluchennyh iz raznyh selekcionnyh sortov l'na-dolgunca], *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija legkoj*

- тивности чесания трепаного льна на разных льночесальных машинах, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2011, № 1 (20), С. 33–38.
5. Алисеевич, С. О., Гришанова, С. С., Коган, А. Г. (2011), Определение оптимальных параметров работы ленточных машин для производства пряжи средних линейных плотностей, Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности, *Материалы международной научной конференции*, Витебск, 2011. С. 20–22.
 6. Сергеев, К. В., Жуков, В. И. (2011), К вопросу об ультразвуковом воздействии как факторе интенсификации мацерационной способности волокна при мокром способе прядения льна, *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, 2011, № 5 (334), С. 47–49.
 7. Сергеев, К. В., Жуков, В. И. (2012), Снижение неровноты по линейной плотности и упрочнение льняной пряжи с помощью применения ультразвуковых колебаний в процессе мокрого прядения льна, *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, 2012, № 4 (340), С. 61–64.
 8. Титова, У. Ю., Сергеев, К. В., Воеводин, П. Н. (2010), Повышение мацерационной способности льняного волокна с помощью ультразвука, *Научные труды молодых ученых КГТУ*, Кострома, 2010, № 11, С. 32–36.
 9. Хмелев, В. Н., Сливин, А. Н., Барсуков, Р. В., Цыганок, С. Н., Шалунов, А. В. (2010) *Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности*, Бийск, Издательство Алтайского государственного технологического университета, 2010, 203 с.
 10. Рыклин, Д. Б., Медвецкий, С. С. (2017), *Оценка качества текстильных нитей и полуфабрикатов с использованием приборов Uster Tester*, Витебск, УО «ВГТУ», 2017, 168 с.
 - promyshlennosti – Proceedings of higher educational institutions. Light industry technology*, 2017, vol. 38, № 4, pp. 65–70.
 4. Hryshanava, S. S., Konopatov, E. A., Kogan, A. G., Aliseevich, S. O. (2011), Investigation of the effectiveness of a tattered carding flax carding machines of different brands [Issledovanie jeffektivnosti chesaniya trepanogo l'na na raznyh l'nochesal'nyh mashinah], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2011, № 1 (20), pp. 33–38.
 5. Aliseevich, S. O., Hryshanava, S. S., Kogan, A. G. (2011), Determination of the optimal parameters of the tape machines for the production of yarn average linear density [Opredelenie optimal'nyh parametrov raboty lentochnyh mashin dlja proizvodstva prjazhi srednih linejnyh plotnostej], *New in technology and technology of textile and light industry, Materials of the international scientific conference*, Vitebsk, 2011, pp. 20–22.
 6. Sergeev, K. V., Zhukov, V. I. (2011), On the issue of ultrasonic influence as the factor of an intensification of maceration ability of a fiber under a wet method of flax spinning [K voprosu ob ul'trazvukovom vozdejstvii kak faktore intensifikacii maceracionnoj sposobnosti volokna pri mokrom sposobe prjadenija l'na], *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of higher educational institutions. Textile industry technology*, 2011, № 5 (334), pp. 47–49.
 7. Sergeev, K. V., Zhukov, V. I. (2012), Decrease of irregularity along linear density and strengthening of linen yarn with the help of using ultrasound vibrations in the process of raw flax spinning [Snizhenie nerovnoty po linejnoj plotnosti i uprochnenie l'njanoy prjazhi s pomoshh'ju primenenija ul'trazvukovyh kolebanij v processe mokrogo prjadenija l'na], *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti – Proceedings of higher educational institutions. Textile industry*

technology, 2012, № 4 (340), С. 61–64.

8. Titova, U. Y., Sergeev, K. V., Voevodin, P. N. (2010), Increased maceration ability of flax fiber using ultrasound [Povyshenie maceracionnoj sposobnosti l'njanogo volokna s pomoshh'ju ul'trazvuka], *Nauchnye trudy molodyh uchenyh KGTU – Scientific works of young scientists of KSTU*, Kostroma, 2010, № 11, pp. 32–36.
9. Khmelev, V. N., Slivin, A. N., Barsukov R. V., Tsyganok, S. N., Shalunov, A. V. (2010), *Primenenie ul'trazvuka vysokoj intensivnosti v promyshlennosti* [The use of high-intensity ultrasound in industry], Biysk, Altai State Technical University, 2010, p. 203.
10. Ryklin, D. B., Medvecrij, S. S. (2017), *Ocenka kachestva tekstil'nyh nitej i polufabrikatov s ispol'zovaniem priborov Uster Tester* [Quality assessment of textile yarns and semi-finished products using Uster Tester devices], Vitebsk, EI «VSTU», 2017, 168 p.

Статья поступила в редакцию 17. 04. 2019 г.