

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.605-611>
УДК 677.11:017.46



Оценка делимости модифицированного льняного волокна для определения его качества

© 2023. Е. А. Пашин¹ ✉, А. В. Орлов²

¹ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Кострома, Российская Федерация,

²ФГБОУ ВО Костромской государственный университет, г. Кострома,
Российская Федерация

Проблема импортозамещения хлопка для производства текстильных материалов обеспечивает актуальность направления, связанного с получением модифицированного льняного волокна (МЛВ). Его использование перспективно в текстильной промышленности при прядении в смеси с хлопком или иными волокнами в производстве нетканого материала и биокмпозитов, где МЛВ применяют как армирующий наполнитель. В связи с этим существующие стандартные методы оценки параметров качества МЛВ требуют совершенствования в части определения показателей технологической ценности для прогнозирования изменчивости структуры волокон при их переработке. В частности, установленное на практике уменьшение длины и тонины МЛВ на этапах его подготовки к прядению требует учета степени изменения этих показателей по отношению к исходному состоянию. По результатам исследований предложено способ оценки делимости МЛВ в процессе его переработки посредством скользящего изгиба относительно закругленных рабочих кромок, имитирующего технологические воздействия, имеющие место на практике. Применение неизменных режимов обработки и параметров рабочих органов обеспечивает уменьшение тонины волокна (T) на величину $\Delta = T_{\text{исх}} - T_{\text{коп}}$. При исходном показателе тонины $0,109...0,135$ мкм значение характеристики Δ – разная ($\approx$ от $0,010$ до $0,098$ мкм). Предложено оценку делимости волокон осуществлять по величине $D = \Delta \cdot 100 / T_{\text{исх}}$. При экспериментальной проверке нового способа оценки делимости с использованием волокна разного качества, выработанного на предприятиях Тверской области и Удмуртской Республики, выявлено изменение величины D в пределах от $0,10...0,15$ до $7,30...7,70$ %. Установлено, что предложенный способ с применением стандартного показателя «тонина волокна» позволяет учитывать степень межволоконных связей, исходя из общепризнанных причин их формирования. Использование этого метода позволяет дифференцировать промышленные партии МЛВ по их делимости при воздействии на них сил равной интенсивности, возникающих посредством скользящего изгиба.

Ключевые слова: испытание, лубяное волокно, модифицированное волокно, котонин, длина, скользящий изгиб, дробление, утонение, тонина, делимость

Благодарности: исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда (проект № 23-26-00147). Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Пашин Е. А., Орлов А. В. Оценка делимости модифицированного льняного волокна для определения его качества. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(4):605-611.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.605-611>

Поступила: 09.03.2023

Принята к публикации: 27.07.2023

Опубликована онлайн: 30.08.2023

Estimating splitting capability of modified flax fiber during quality control

© 2023. Evgenij L. Pashin¹ ✉, Alexander V. Orlov²

¹Kostroma State Agricultural Academy, Kostroma, Russian Federation,

²Kostroma State University, Kostroma, Russian Federation

The existing problem of cotton import substitution ensures the relevance of modified flax fiber production. Modified flax fiber has potential uses in textile manufacturing when mixed with cotton or similar fibers in order to produce non-woven textile materials, as well as armature for biocomposite materials. As such, it is necessary to alter the existing methods of determining modified flax fiber quality in order to pick new quality metrics corresponding to the changes to fiber's structure during

processing. In particular, average thickness and length of the modified flax fiber suffer a degree of reduction during fiber's preparation for spinning, which needs to be measured and taken into account. As the result of the research there was proposed the way to estimate the fractioning quotient of modified flax fiber via sliding bending against rounded edges imitating the effects of actual fiber processing. When working parameters and edge geometry are constant, fiber thickness is reduced by $\Delta = Torig - Tres$. For fiber with thickness $Torig$ in range of 0.109 to 0.135 micrometers the value of Δ differs from approximately 0.010 to 0.098 micrometers. It was suggested to estimate the fractioning quotient according to value of $D = 100 \cdot \Delta / Torig$. During experimental testing of this method using various quality fiber produced in Tver region and Udmurtia Republic the value of D was varying from 0.10...0.15 % to 7.3...7.7 %. It has been established that the suggested method with the use of standard indicator «fiber thickness» enables to take into account the strength of inter-fiber connections according to the currently accepted theory of their formation. Applying this method makes it possible to differentiate full-scale shipments of modified flax fiber using sliding bending stress performed under identical conditions.

Keywords: testing, bast fiber, modified flax fiber, cottonin, length, sliding bending, fractioning, thinning, thickness, fractioning capability

Acknowledgements: this research has been subsidized by Russian scientific foundation (project No. 23-26-00147).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Pashin E. L., Orlov A. V. Estimating splitting capability of modified flax fiber during quality control. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2023;24(4):605-611. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.4.605-611>

Received: 09.03.2023

Accepted for publication: 27.07.2023

Published online: 30.08.2023

Проблема импортозамещения хлопка для производства текстильных материалов обеспечивает актуальность направления, связанного с получением модифицированного льняного волокна (далее МЛВ)¹, иногда называемого котонином². Его использование возможно при прядении в смеси с хлопком или иными волокнами для получения пряжи, в производстве нетканого материала и биокomпозитов с волокнистым наполнителем [1, 2, 3].

Начиная с первой половины прошлого века, в связи дефицитом хлопка, в СССР активно проводились работы по разработке различных технологий котонизации [4, 5]. Ряд из них в настоящее время применяют в производстве [6, 7]. С использованием получаемого МЛВ для практики предложены процессы изготовления смесовых пряж [8, 9].

Однако до сих пор существуют различные мнения относительно требуемых показателей, полноценно характеризующих качество МЛВ как сырья для текстильных производств. Указывается на необходимость совершенствования методов исследования длины и линейной плотности волокон [10, 11]. Отмечается значительная погрешность при определении указанных показателей действующему стандарту³.

Из анализа опубликованных результатов исследований по использованию МЛВ при

производстве смесовой пряжи, следует необходимость учёта его свойств, отличающихся от свойств волокон, с которыми они смешиваются [7, 8, 12]. Важной является оценка неровноты геометрических параметров волокон, от которой зависит номер получаемой пряжи. Этот факт вытекает из известной формулы Мартиндейла [4, с. 76]. Исследователями выявлена значимая корреляция между длиной и линейной плотностью волокон, что позволяет проводить оценку одного из этих показателей по величине другого.

Указана необходимость контроля показателей структуры волокнистых комплексов котонина, характеризующих её изменение в процессе переработки перед прядением [7, 11, 13, 14]. Такой вывод следует из выявленного снижения до 30 % их линейной плотности и длины МЛВ на этапах его подготовки к прядению. По мере выполнения подготовительных операций наблюдается рост доли волокон «пуховой» группы и, как следствие, потеря таких волокон до 50...60 % от их исходной массы. Эти особенности переработки МЛВ связаны не только с параметрами работы машин, но и с качеством исходного волокнистого сырья.

Таким образом, важна оценка показателей качества МЛВ, которые определяют пригодность волокнистых комплексов к их переработке на этапах подготовки к прядению.

¹ГОСТ Р 53483-2009. Волокно льняное модифицированное суровое. Методы испытаний. М.: Стандартинформ, 2010. 12 с. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293821/4293821745.pdf>

²Ирхен А. К. Котонизация. М.: Гизлегпром, 1934. 160 с.

³Шитик Е. В. Разработка и исследование процессов пневмомеханического прядения при выработке хлопкольняной пряжи: автореф. дисс...канд. техн. наук. Иваново: ИВГТА, 1998. 23 с.

Причинами снижения длины и линейной плотности (тонины) исходных волокнистых комплексов МЛВ и образование волокон «пуховой группы» является их продольно-поперечное дробление, вплоть до размеров элементарных волокон. Это объясняется особенностями строения и структуры МЛВ [4, 5]. Волокнистые комплексы состоят из совокупности связанных между собой природной «склейки» элементарных волокон, смещенных по длине по отношению друг к другу. Устойчивость таких комплексов к упомянутому дроблению в процессе их переработки, очевидно, будет определяться степенью «склейки», то есть силами межволоконных связей. Снижение их величины и утонение волокнистых комплексов при сохранении желаемой длины является основной задачей предварительной обработки котонина-сырца [4].

Степень связности волокон зависит от совокупности факторов, доминирующим из которых является способность к расщеплению (делимости) лубяных пучков, составляющих техническое волокно^{4, 5, 6}. При условии постоянной интенсивности и длительности механических воздействий при обработке льнотресты, а в последующем и технического волокна, делимость его волокнистых комплексов определяется биологической спелостью стеблей льна, а также степенью их вылежки или вымочки при получении тресты. Дополнительно к этому на связность волокон между собой в сортах льна также оказывает влияние диаметр и зона по длине стебля⁷. Из этого следует, что степень связности волокнистых комплексов МЛВ не является постоянной и зависит от свойств исходного льняного сырья.

Подтверждением такому заключению являются результаты белорусских исследователей [7], установивших, что геометрические и физико-механические характеристики котонина, доставленного из разных льносеющих регионов, имеют существенные различия, достигающие 15-35 %.

Однако в системе методов испытания параметров качества МЛВ по действующему ГОСТ Р 5348-2009⁸ не предусмотрен учёт способности МЛВ делиться на более тонкие комплексы. Такое положение дел не позволяет прогнозировать изменение его структуры при переработке к моменту поступления волокна в зону прядения. Этот недостаток снижает эффективность проектирования и организации производства пряжи необходимого качества, с учетом исходных свойств перерабатываемого сырья.

Из этого следует важность разработки метода оценки делимости волокон как характеристики, требующей учета при определении качества МЛВ в целях его стандартизации и управления процессом переработки.

Цель исследований – разработка методических основ оценки делимости модифицированного льняного волокна для прогнозирования возможного снижения его линейной плотности и длины в процессе последующей обработки.

Новизна исследований – разработка инструментального метода, позволяющего контролировать способность льняных модифицированных комплексов к делимости (поперечно-продольному дроблению) на основе имитации технологических воздействий, преобладающих при переработке волокна в условиях текстильного производства.

Материал и методы. Льняное волокно, различающееся по свойствам, было получено из стеблей, убранных в несколько фаз биологической спелости, а также посредством приготовления тресты с различным показателем отделяемости волокна от древесины по ГОСТ 24383-89⁹. Для этого выращенные в условиях полевого опыта Костромской ГСХА стебли льна-долгунца сорта Томский 16 были убраны в два срока – в фазы «зеленая спелость» и «перестой». В стеблях льна при таких условиях формируется техническое волокно с различной степенью связи между элементарными волокнами за счет разной лигнификации, связывающих их срединных пластинок¹⁰. Для увеличения контраста

⁴Ордина Н. А. Структура лубоволокнистых растений и её изменение в процессе переработки. М.: Легкая индустрия, 1978. 127 с.

⁵Гребенкин А. Н. Взаимосвязь структуры, свойств и технологии диспергирования лубоволокнистого сырья в ультразвуковых и гидродинамических полях: дис ... д-ра техн. наук. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2003. 290 с.

⁶Пашин Е. Л., Пашина Л. В. Агропромышленные технологии производства льна. Ч.3. Производство тресты: учебное пособие. Кострома: КГТУ, 2004. 155 с.

⁷Городов В. В., Лазарева С. Е., Лунев И. Я. и др. Испытания лубоволокнистых материалов. М.: Легкая индустрия, 1969. 208 с.

⁸ГОСТ Р 53483-2009. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293821/4293821745.pdf>

⁹ГОСТ 24383-89. Треста льняная. Требования при заготовках. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998. 20 с.

URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294829/4294829888.pdf>

¹⁰Тихвинский С. Ф. Улучшение качества прядильного льна. Л.: Колос, 1978. 112 с.

по степени связи волокон из стеблей соломы каждой партии льна приготовили «недодежалую» стланцевую тресту и тресту с «нормальной вылежкой»¹¹. Степень вылежки контролировали по показателю «отделяемость», определяемому по ГОСТ Р 53143-2008¹².

Так были получены партии с различной потенциальной делимостью МЛВ. Наилучшая делимость ожидается у волокон, полученных из стеблей, убранных в фазе «зеленая спелость» и из тресты – в фазе «нормальная вылежка».

После выделения из тресты волокнистой составляющей в виде трепаных волокон их прочесывали и получали МЛВ с использованием метода нарезания¹³.

Для механической обработки модифицированного волокна с целью оценки его делимости (поперечно-продольного дробления) использовали способ скоростного скользящего изгиба волокнистых комплексов относительно закругленных кромок, перемещающихся рабочих органов в закрытой камере. Целесообразность применения этого способа для расщепления лубяных волокон в продольно-поперечном направлении установлена ранее [5].

Оценку степени делимости волокон проводили по величине относительной разности размеров поперечника волокон, определяемого до и после механического воздействия. Использование такой оценки обусловлено её взаимосвязью с показателем расщепленности лубяных волокон, который связан с их линейной плотностью. Косвенно линейную плотность оценивали по тонине волокон, используя стандартные методы испытаний на основе гравиметрического¹⁴ или автоматизированного анализа по ГОСТ Р 53484-2022¹⁵.

Предложенный инструментальный метод оценки делимости МЛВ заключается в следующем. От анализируемой партии МЛВ отбирают пробу волокон определенной длины и массы, которую делят на две равные части (массой 30 мг). По первой части пробы определяют тонину волокна ($T_{исх}$) по стандартной методике (ГОСТ Р 53484-2022). Вторую часть пробы помещают в рабочую зону специального лабо-

раторного устройства, где реализуется процесс скоростного скользящего изгиба волокон в течение 5 с при неизменной интенсивности воздействий. Форма рабочей зоны – полый цилиндр высотой 0,07 м, имеющий внутренний диаметр 0,055 м. На внутренней стенке камеры по ее высоте диаметрально расположены два выступа с трехугольным сечением для циклического изменения траектории перемещения волокон вдоль стенки камеры. Обработка волокна осуществляется посредством его взаимодействия с рабочими органами в виде изогнутых под углом $\pi/2$ пластин длиной 0,05 м с закругленными кромками ($r = 0,75$ мм) и вращающимися с угловой скоростью 210 рад/с.

После обработки пробы волокна определяют тонину ($T_{кон}$). Относительное уменьшение этого показателя представляет искомую характеристику – делимость МЛВ. Расчет делимости волокон (D , %) проводили по формуле:

$$D = (T_{исх} - T_{кон}) \cdot 100 / T_{исх}.$$

Результаты и их обсуждение. С использованием изложенных методов исследования была решена задача по выявлению влияния факторов «фазы биологической спелости льна» и «степень вылежки тресты» на величину делимости МЛВ. Результаты представлены на рисунке 1.

Из полученных данных следует хорошее согласование фактических значений делимости МЛВ с ожидаемыми, исходя из общепризнанных представлений об изменении межволоконных связей в льняных комплексах, полученных из стеблей, отличающихся по биологической спелости и степени вылежки тресты. С применением дисперсионного анализа установлены статистически доказуемые при 95%-ной вероятности различия делимости между уровнями указанных факторов. Наиболее делимым оказалось МЛВ, полученное из волокна, выделенного из тресты нормальной вылежки, исходные стебли для получения которой убраны с поля в фазу «зеленая спелость». Худшая делимость формируется в стеблях «перестоя» с получением недодежалой тресты.

¹¹Пашин Е. Л., Пашина Л. В. Указ.соч.

¹²ГОСТ Р 53143-2008. Треста льняная. Требования при заготовках. М.: Стандартинформ, 2009. 17 с.
URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/481/48196.pdf>

¹³Рыжов А. И., Живетин В. В., Винтер Ю. А. Котонизация льняного волокна методом нарезания. Текстильная промышленность. 1996;(5):25-26.

¹⁴Кобляков А. И., Кукин Г. Н., Соловьев А. Н. и др. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению. М., Легпромбытиздат, 1986. 344 с.

¹⁵ГОСТ Р 53484-2022. Лен трепаный. Технические условия. М., Стандартинформ, 2021. 20 с.
URL: <https://rags.ru/gosts/gost/77947/?ysclid=lkjweax4r2434117879>

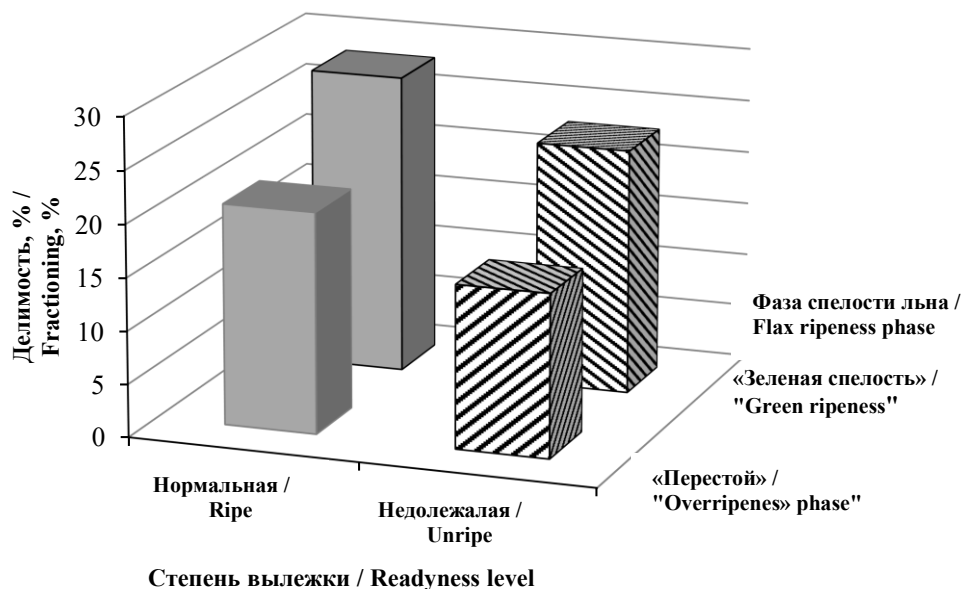


Рис. 1. Изменение показателя «делимость волокна» в зависимости от биологической спелости стеблей льна и степени вылежки тресты /

Fig. 1. The change of «fractioning ability» indicator depending on the ripeness of the flax stems and readiness level of the retted straw

Для проверки предложенного метода оценки делимости МЛВ провели сравнительное изучение этого показателя (Д, %) с использованием четырёх партий МЛВ (КЛК1...КЛК4), выработанного на Кашинском льнокомбинате (Тверская обл.) и трех партий (Шар1...Шар3) – на Шарканском льнозаводе (Удмуртия). Партии волокна имели разное качество, обусловленное

условиями получения сырья. Применительно к каждой партии определили тонины волокна и величину коэффициента вариации по этому показателю в виде отношения значений среднего квадратического отклонения с среднему арифметическому (рис. 2). После этого провели расчет показателя делимости (Д, %). Полученные результаты представлены на рисунке 3.

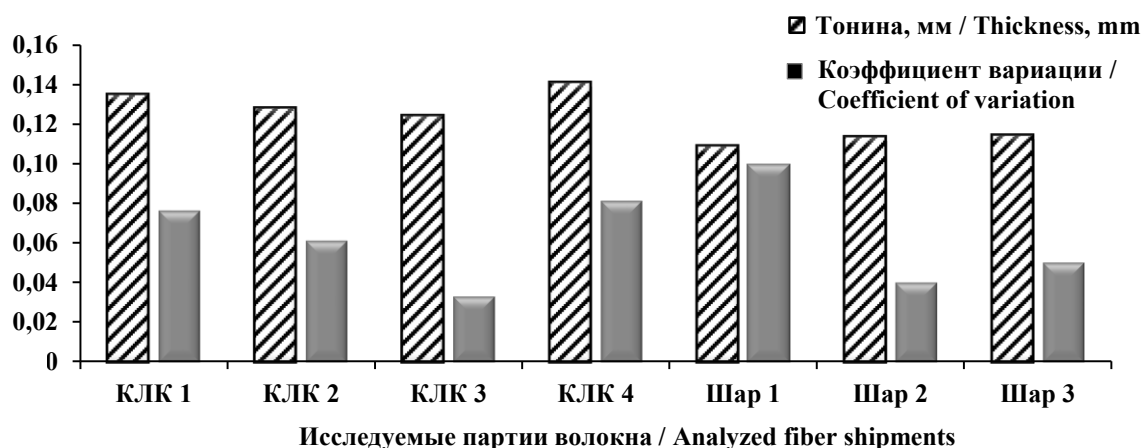


Рис. 2. Тонина и уровень её вариации у исходных партий МЛВ /

Fig. 2. Thickness and its variation for original shipments of MFF

Из полученных результатов следуют различия по показателю «делимость волокна» у исследуемых партий МЛВ. Установлено, что между исходной тониной волокна и показателем делимости существует положительная

корреляционная связь, подтвержденная статистически значимым (при $P = 95\%$) коэффициентом корреляции, равным 0,62. Из этого следует, что волокна с повышенными размерами сечения подвержены дроблению под действием механи-

ческих воздействий в большей степени, чем тонкие. Однако такая тенденция не обязательна. Так, например, сравнивая волокно партий КЛК2 и КЛК3, несмотря на сходство их исходной тонины (соответственно 0,129 и 0,124 мм), их делимость оказалась разной – 7,7 и 1,8 %. Это свидетельствует о том, что МЛВ второй партии

в процессе подготовки к прядению будут в большей степени подвержены укорочению и утонению, что важно для организации технологического процесса. Сходный вывод можно сделать применительно к МЛВ партий Шар2 и Шар3, у которых при равной исходной тонине волокон их делимость оказалась разной.

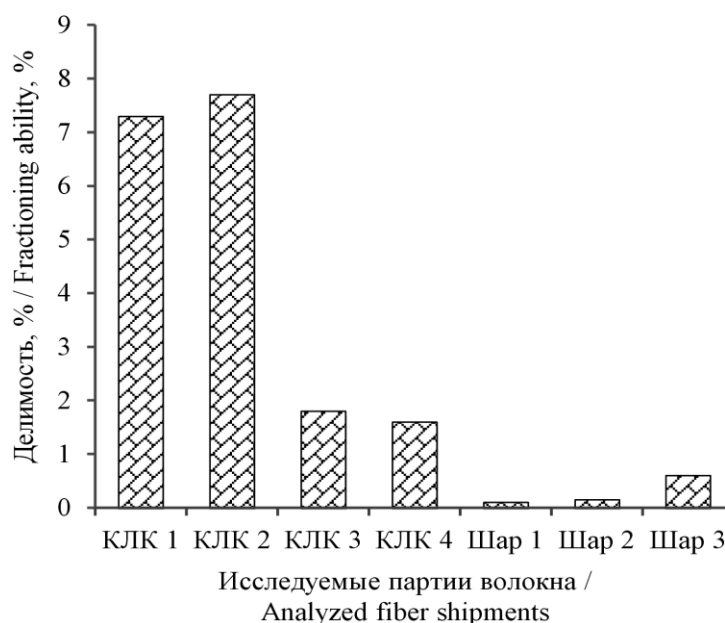


Рис. 3. Величина показателя «делимость волокна» у исследуемых партий МЛВ /

Fig. 3. Fractioning values of the analyzed fiber shipments of MFF

Выводы. 1. Существующие стандартные методы оценки показателей качества МЛВ требуют совершенствования в части определения характеристик технологической ценности для прогнозирования изменения структуры волокон при их переработке.

2. Установленное на практике уменьшение длины и тонины МЛВ на этапах его подготовки к прядению требует учета показателя, характеризующего степень изменения этих параметров по отношению к исходному состоянию волокон.

3. Предложенный метод оценки делимости МЛВ с применением стандартного показателя «тонина волокна» учитывает степень межволоконных связей, исходя из общепризнанных причин их формирования. Использование предложенного метода позволяет дифференцировать промышленные партии МЛВ по их делимости при воздействии на них сил равной интенсивности, возникающих посредством скользящего изгиба.

Список литературы

1. Плеханов А. Ф., Битус Е. И., Виноградова Н. А., Першукова С. А., Братченя Ю. В. Инновационные технологии нетканых материалов. Полимерные материалы. Изделия. Оборудование. Технологии. 2009;(2):30-34.
2. Раговина С. З., Прут Э. В., Берлин А. А. Композиционные материалы на основе синтетических полимеров, армированных волокнами природного происхождения. Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2019;61(4):291-315. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2308112019040084> EDN: CNONAV
3. Лаврентьева Е. П., Санина О. К., Белоусов Р. О. Глубокая переработка лубяных волокон – путь к возрождению национальных традиций России. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2022;(3):130-139. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49341491> EDN: GLLRRJ
4. Живетин В. В., Рыжов А. И., Гинзбург Л. Н. Моволен (модифицированное волокно льна): монография. М.: РосЗИТЛП, ЦНИИЛКА, 2000. 205 с.
5. Пашин Е. Л., Смирнова Т. Ю., Разин С. Н. Совершенствование технологии механической модификации льна: монография. Кострома: Всероссийский НИИ по переработке лубяных культур, 2004. 140 с.
6. Дорофеев В. В., Разумеев К. Э., Захаров В. Н., Лаврентьева Е. П., Дьяченко В. В., Бубнов Г. Г., Семенов А. В. Применение мембранного варианта ударно-волновой модификации короткого льняного волокна в хлопчатобумажной промышленности. Швейная промышленность. 2014;(2):15-18. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21800835> EDN: SJBTON
7. Науменко А. М., Рыклин Д. Б. Разработка технологии льнохлопковой пряжи пневмомеханического способа формирования. Вестник Витебского государственного технологического университета. 2015;(1(28)):86-94. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23601232> EDN: TWMCQX
8. Нестеренко Л. В., Чурсина Л. В., Кобельчук М. М. Расширение ассортимента смешанной пряжи с использованием модифицированного льняного волокна. РЖ: Лёгкая промышленность 12Б. 2004;(5):4.

9. Симонян В. О. Проблемы и перспективы развития рынка льняного котонина. Текстильная промышленность. 2006;(1-2):11-13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9219251> EDN: HTTJLT
10. Кузьмина Т. О., Чурсина Л. А., Тихосова А. А. Качество и стандартизация модифицированных льняных волокон: монография. Херсон: Олди-Плюс, 2009. 416 с.
11. Ларин И. Ю. Исследование повреждаемости льняного котонина в процессах хлопкопрядения. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2011;(2):32-33. Режим доступа: https://tp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/11/331_8.pdf
12. Лаврентьева Е. П. Переработка хлопкольняных смесей на хлопчатобумажном оборудовании. Текстильная промышленность. 1994;(2):16-19.
13. Васильев Р. А., Рыклин Д. Б. Исследование технологического процесса производства льняной пряжи с вложением регенерированного волокна. Вестник Витебского государственного технологического университета. 2012;(1(22)):25-33. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20505294> EDN: RGSQTN
14. Карев А. С., Чешкова А. В. Способ твердофазной ферментной котонизации низкосортного льняного волокна. Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: мат-лы XI Междун. научн.-практ. семинара SMARTEX. Иваново: издание Ивановской государственной текстильной академии, 2008. С. 40-43.

References

1. Plekhanov A. F., Bitus E. I., Vinogradova N. A., Pershukova S. A., Bratchenya Yu. V. Innovative technologies of nonwovens. *Polimernye materialy. Izdeliya. Oborudovanie. Tekhnologii*. 2009;(2):30-34. (In Russ.).
2. Ragovina S. Z., Prut E. V., Berlin A. A. Composite materials based on synthetic polymers reinforced with natural fibers. *Vysokomolekulyarnye soedineniya. Seriya A = Polymer Science. Series A*. 2019;61(4):291-315. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.1134/S2308112019040084>
3. Lavrenteva E. P., Sanina O. K., Belousov R. O. The deep processing of bast fibers as the way to the revival of the national traditions of Russia. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2022;(3):130-139. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49341491>
4. Zhivetin V. V., Ryzhov A. I., Ginzburg L. N. Movolen (modified flax fiber): monograph. Moscow: RosZITLP, TsNIILKA, 2000. 205 p.
5. Pashin E. L., Smirnova T. Yu., Razin S. N. Improving the technology of mechanical modification of flax: monograph. Kostroma: *Vserossiyskiy NII po pererabotke lubyanykh kul'tur*, 2004. 140 p.
6. Dorofeev V. V., Razumeev K. E., Zakharov V. N., Lavrenteva E. P., Dyachenko V. V., Bubnov G. G., Semenov A. V. Application of membrane options of shockwave modification short flax fiber in cotton industry. *Shveytnaya promyshlennost'*. 2014;(2):15-18. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21800835>
7. Naumenko A. M., Ryklin D. B. Development of technology blended flax/cotton oespun yarn. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2015;(1(28)):86-94. (In Belarus.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23601232>
8. Nesterenko L. V., Chursina L. V., Kobelchuk M. M. Expansion of the assortment of mixed yarn using modified flax fiber. *RZh: Legkaya promyshlennost' 12B*. 2004;(5):4. (In Russ.).
9. Simonyan V. O. Development of linen cottonin market problems and prospects. *Tekstil'naya promyshlennost'*. 2006;(1-2):11-13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9219251>
10. Kuzmina T. O., Chursina L. A., Tikhosova A. A. Quality and standardization of modified flax fibers: monograph. Kherson: *Oldi-Plyus*, 2009. 416 p.
11. Larin I. Yu. Research of damageability of linen cottonized fibers while cotton spinning processes. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2011;(2):32-33. (In Russ.). URL: https://tp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/11/331_8.pdf
12. Lavrenteva E. P. Processing of cotton blends by cotton equipment. *Tekstil'naya promyshlennost'*. 1994;(2):16-19. (In Russ.).
13. Vasilyev R. A., Ryklin D. B. Research of flax yarn technology with adjunction of regenerated fibers wastes. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2012;(1(22)):25-33. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20505294>
14. Karev A. S., Cheshkova A. V. Method of solid-phase enzyme cottonization of low-grade flax fiber. Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials: Proceedings of the 11th International Scientific and practical seminar SMARTEX. Ivanovo: *izdanie Ivanovskoy gosudarstvennoy tekstil'noy akademii*, 2008. pp. 40-43.

Сведения об авторах

✉ Пашин Евгений Львович, доктор техн. наук, профессор, профессор кафедры «Технические системы в АПК», ФГБОУ ВО «Костромская государственная сельскохозяйственная академия», Учебный городок, д. 34, пос. Караваяево, Костромской р-н, Костромская обл., Российская Федерация, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5871-874X>, e-mail: evgpashin@yandex.ru

Орлов Александр Валерьевич, кандидат техн. наук, доцент кафедры «Информационные системы и технологии», ФГБОУ ВО Костромской государственный университет, ул. Дзержинского, д. 17, г. Кострома, Костромская область, Российская Федерация, 156005, e-mail: info@ksu.edu.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4995-3393>

Information about the authors

✉ Evgenij L. Pashin, DSc in Engineering, professor, professor at the Department of Technical Systems in Argo-Industrial Complex, Kostroma State Agricultural Academy, Uchebny Gorodok, 34, Karavaevo, Kostroma district, Kostroma region, Russian Federation, 156530, e-mail: van@ksaa.edu.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5871-874X>, e-mail: evgpashin@yandex.ru

Alexander V. Orlov, PhD in Engineering, associate professor at the Department of Information Systems and Technologies, Kostroma State University, Dzerzhinsky str., 17, Kostroma, Kostroma region, Russian Federation, 156005, e-mail: info@ksu.edu.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4995-3393>

✉ – Для контактов / Corresponding author