

## Характеристика лубяного сырья для использования в техническом текстиле

Л. А. Чурсина, О. А. Горач<sup>а</sup>, В. П. Базык  
Херсонский национальный технический университет, Украина  
<sup>а</sup>olga\_gorach@ukr.net

*Аннотация.* В данной статье приведена характеристика лубяного сырья, пригодного для использования в техническом текстиле. Исследовано содержание луба в стеблях соломы льна масличного по всей длине стебля. Подано графическое изображение проведенных исследований. Определено, что нижняя и верхняя части стебля имеют минимальное содержание луба и при комбайновом способе сбора остаются на поле для дальнейшего запахивания, а продуктивная часть стебля – середина – может использоваться для получения волокна и дальнейшей переработки с целью изготовления товаров технического назначения.

*Ключевые слова:* лен масличный, солома, луб, технический текстиль.

## Characteristics of Bast Crop for Use in Technical Textile

L. Chursina, O. Gorach<sup>a</sup>, V. Bazyk  
Kherson National Technical University, Ukraine  
<sup>a</sup>olga\_gorach@ukr.net

*Abstract.* The article gives a description of the bast crop used in technical textiles. The content of the fiber in the stalks of oil flax along their length was studied. Graphical representation of the research results is presented. It has been determined that both lower and upper parts of the stem have a minimal amount of bast crop and, in the combine harvesting method, remain on the field for further spitting, and the productive part of the stem, a vertex, can be used for fiber production and further processing into technical products.

*Keywords:* oil flax, stalks, lob, technical textiles.

Лен масличный – ценная техническая культура многостороннего использования. Его ботаническое название *Linum usitatissimum* означает «быстро созревающий». Из всех сельскохозяйственных масличных культур это растение является наиболее высокопродуктивным, поэтому в последнее время в Украине в значительной степени изменилась структура ее посевных площадей [1, 2]. Самые большие площади, отведённые под лен масличный, сосредоточены в Херсонской, Николаевской, Одесской и Запорожской областях. Тенденцию к расширению в Украине посевных площадей, отведенных под лен масличный, можно объяснить тем, что он является главным источником сырья для увеличения производства технического масла и характеризуется отличными биологическими и хозяйственными свойствами: высокой сухостойкостью; скороспелостью – созревает в конце июля и убирается сразу же после злаковых культур, когда уменьшается нагрузка на зерноуборочную технику; технологичностью при выращивании – обычный однорядный способ посева, коробочки устойчивы к растрескиванию, не полегают. Кроме того, он являет-

ся хорошим предшественником под озимые, высокобелковым кормом для животных, имеет высокую урожайность семян – до 20 ц/га, высокую товарную цену на международном рынке [3].

Сегодня Министерство аграрной политики и продовольствия Украины внесло в Государственный Реестр растений, пригодных для распространения в Украине на 2017 год, 16 сортов льна масличного. Большой ассортимент различных сортов льна масличного выращивается в Государственном предприятии «Опытное хозяйство Асканийское» Института орошаемого земледелия НААН Украины, расположенном на территории Херсонской области в селе Тавричанка Каховского района. Названное опытное хозяйство «Асканийское» является крупнейшим производителем льна масличного в Херсонской области и Национальной академии аграрных наук Украины. Лен масличный здесь выращивают с 1999 г. Сначала под эту культуру было отведен участок площадью всего 10 га, а в 2016 году в Украине было занято под посевы льна масличного уже 66,8 тыс. га [3].

Селекционерами Института масличных культур

УААН создан конвейер сортов масличного льна технического направления с различными периодами вегетации, которые характеризуются высоким содержанием масла до 47–50 % и потенциальной урожайностью семян до 30 ц/га. Лучшими сортами льна масличного, которые занесены в Реестр сортов растений Украины, являются Эврика, Лирына, Айсберг, Дебют, Южная ночь, Орфей, также широко используются сорта Оранжевый, Симпатик, Водограй, Надежный, Золотистый, Кивика, Оригинал, Светлозар, Либра, Версаль [4].

В Украине по семенам имеется переработка на масло в небольших объемах, а другая часть семян экспортируется. Стебли масличного льна совсем не перерабатываются, а сжигаются на полях. Исследования, проведенные в Херсонском национальном техническом университете (ХНТУ) показали, что в стеблях масличного льна находятся в достаточном объеме волокна, близкие по строению с коротким волокном льна-долгунца. Данная работа посвящена исследованиям по выявлению пригодности волокон льна масличного для производства изделий технического назначения.

Применение волокон льна масличного в изготовлении технического текстиля различного функционального назначения предусматривает детальное изучение их физико-механических характеристик, которые зависят от параметров технологического процесса первичной обработки тресты и входных характеристик стеблей этой культуры.

Для проведения экспериментальных исследований по определению качества волокна льна масличного, пригодного для использования в техническом текстиле, были отобраны три сорта льна масличного – Эврика, Лирына, Айсберг, значительно отличающихся между собой технологическими характеристиками. Эти сорта были выращены в почвенно-климатических условиях Полесья Украины на полях частной агрофирмы «Заря», расположенной на территории Житомирской области в селе Стремигород Коростенского района.

Сорт Эврика в Реестре сортов растений Украины с 2004 г., создан Институтом орошаемого земледелия НААН Украины. Сорт создан методом гибридизации с последующим индивидуально-семейным отбором. Назначение сорта: получение масла для продовольственных и технических нужд и шрота для кормления животных. Высота растения – 57–62 см. Стебель округлый, толщиной 3–4 мм, который разветвляется в нижней и верхней частях. Продолжительность вегетационного периода – 81 день. Соцветие – зонтико-видная кисть длиной 25–32 см. Плод – округлая коробочка с 7–10 семенами. Семена коричневого цвета. Масса 1000 семян 7–8 г. Устойчив к полеганию, растрескиванию коробочек и осыпанию семян. Сорт стабильный по урожайности. Среднестойкий к вредителям и болезням, пригоден для всех зон выращивания. Урожайность семян составляет 28,8 ц/га. Содержание масла в семенах 39,4 %.

Сорт Айсберг в Реестре сортов растений Украины

с 2001 г.; создан Институтом масличных культур УААН методом индуцированного мутагенеза путем облучения гамма-лучами семян сорта Циан. Высота растений – 54–57 см, продолжительность вегетационного периода составляет 86–88 дней. Сорт выделяется устойчивостью к засухе, устойчив к полеганию растений. В полевых опытах Института земледелия южного региона УААН (2004 г.) урожайность по семенам составляла 20,8–21,8 ц/га.

Сорт Лирына в Реестре сортов растений Украины с 2002 г., создан немецким оригинатором «Дойче Заатферделунг АГ». Сорт интенсивного типа использования. Высокий стабильный урожай – 25–29 ц/га. Вегетационный период – 107–128 дней. Большое количество коробочек с семенами обеспечивает высокие урожаи даже при низкой плотности растений. Высота растений 58–78 см. Масса 1000 семян – 5,6–7,2 г. Масличность – 44,3–46,1 %. Равномерное созревание растений. Рекомендуемая зона для выращивания: лесостепь, степь.

Показатели качества соломы определяли при нормированной влажности 19 %, которая достигалась путем высушивания пробы до постоянной массы. Оценку качества льняной соломы осуществляли инструментальными методами за ГОСТ 28285-89 «Солома льняная. Требования при заготовках». Выход луба определяли весовым методом.

Определение содержания луба осуществляли методом взвешивания проб после промина их на лабораторной мялке МЛ-5, точность определения 0,1 % с последующим округлением. Для этого стебли пропускали через мялку 5–6 раз, а потом отряхивали вручную до прекращения выделения костры. Данную операцию проводили до тех пор, пока содержание костры в лубе не превышало 10 %. Остальную костру отделяли вручную.

Содержание луба в соломе (С) в процентах определяли по формуле

$$C = \frac{100 \times M_1}{M_2}, \quad (1)$$

где  $M_1$  – масса луба, г;  $M_2$  – масса соломы, г.

В лабораториях кафедры товароведения, стандартизации и сертификации (ХНТУ) были проведены детальные исследования по определению физико-механических характеристик волокнистой части стеблей соломы льна масличного. На рисунке 1 приведены результаты проведенных исследований по определению содержания луба в стеблях соломы исследуемых сортов льна масличного: Эврика, Лирына, Айсберг поэтапно через каждые 5 см стебля. Для этого стебли соломы после тербления разрезались на участки по 5 см, начиная от комля и заканчивая вершинной частью и в каждом отрезке, определялось содержание луба (рис. 1).

Для наглядности результаты исследования по содержанию луба по длине стебля различных сортов льна масличного представлены на диаграммах (рис. 2–4).

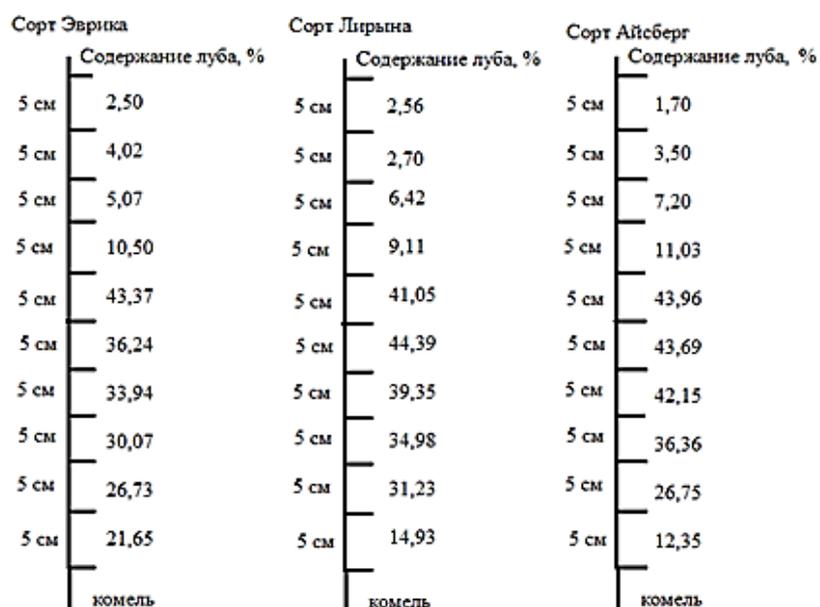


Рисунок 1 – Содержание луба по длине стебля исследуемых сортов льна масличного «Эврика», «Лирьна», «Айсберг»

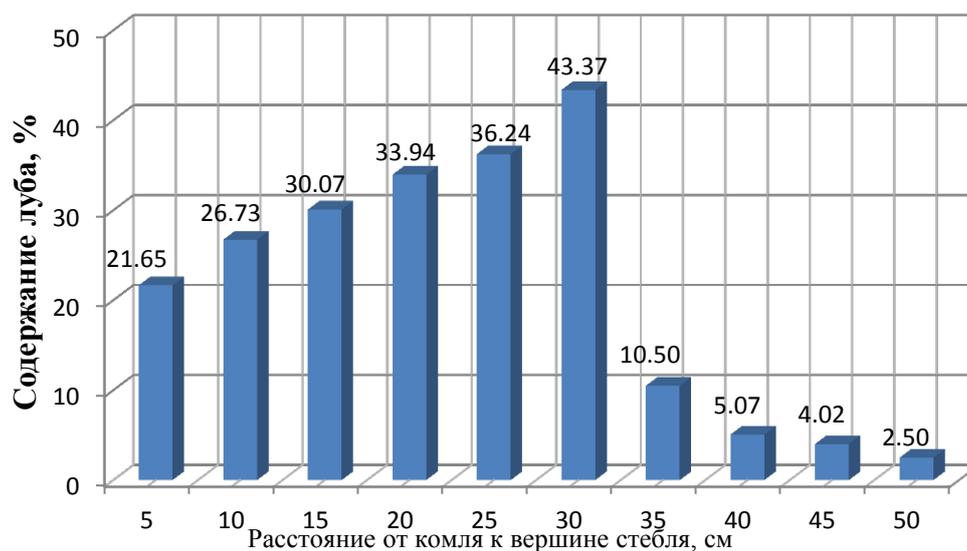


Рисунок 2 – Содержание луба по длине стебля сорт «Эврика»

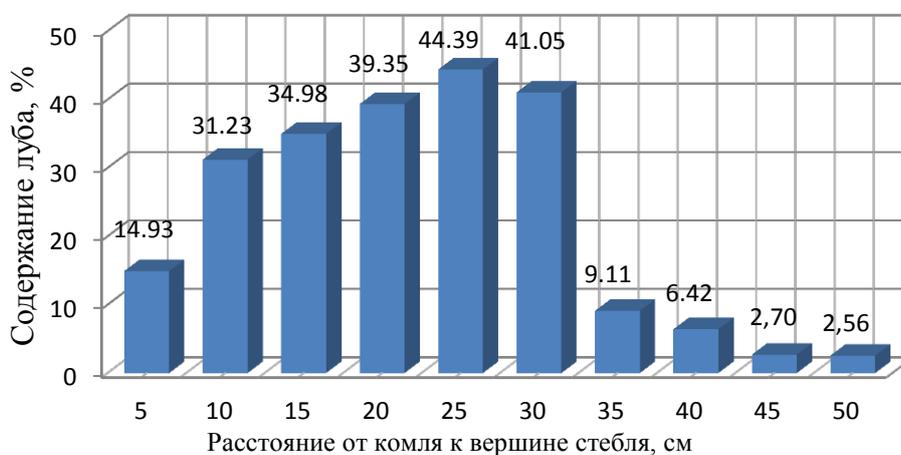


Рисунок 3 – Содержание луба по длине стебля сорт «Лирьна»

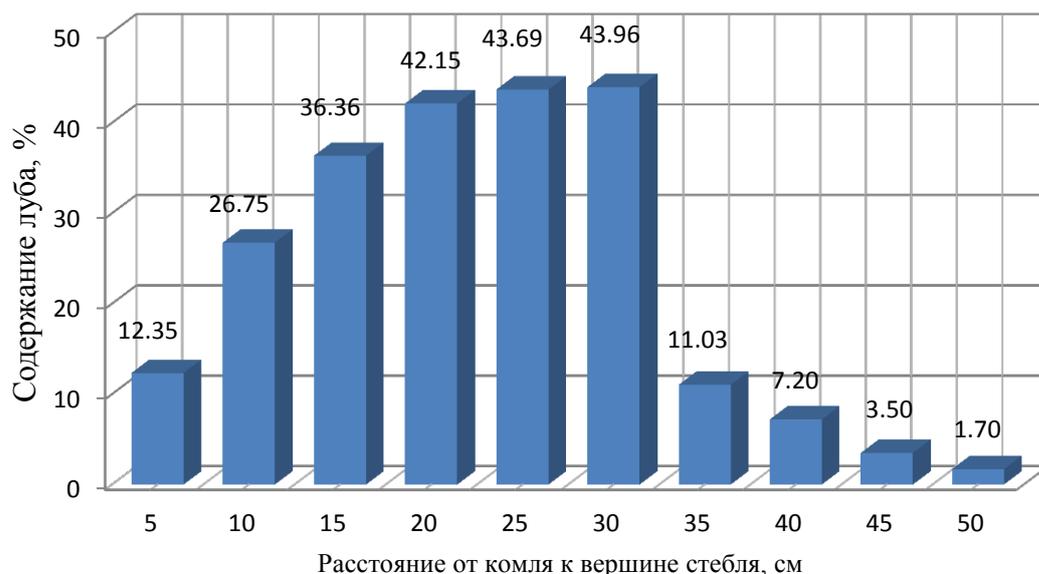


Рисунок 4 – Содержание луба по длине стебля сорт «Айсберг»

Анализ проведенных результатов исследований по определению содержания луба по длине стебля показали, что наибольшее содержание луба по длине стебля находится в пределах от 5 до 30 см от комля, т. е. в средней части стебля исследуемых сортов льна масличного. Так, для сорта «Эврика» среднее значение луба составляет – 34,07 %, для сорта «Лирына» – 38,20 %, для сорта «Айсберг» – 38,58 %. Минимальное содержание луба находится в нижней части стебля от 5 см от комля, и в среднем для исследуемых сортов льна масличного составляет для сорта «Эврика» – 21,65 %, для сорта «Лирына» – 14,93 %, для сорта «Айсберг» – 12,35 %, и в вершинной части – в среднем для исследуемых сортов составляет для сорта «Эврика» – 5,52 %, для сорта «Лирына» – 5,20 %, для сорта «Айсберг» – 5,86 %, что в среднем составляет 5,53 %.

Сегодня в Украине при уборке льна масличного используются высокопроизводительные зерноуборочные комбайны общего назначения, стебли соломы после тербления закачиваются в рулоны [5]. Скашивание стеблей и обмолот семян осуществляют комбайнами, после созревания семян в стадии желтой спелости. По результатам проведенных исследований можно заключить, что при комбайновой уборке льна масличного остается самая продуктивная по содержанию луба часть стебля, т. е. срединная часть. В среднем для исследуемых сортов льна масличного содержание луба составляет – 30,25–36,95 %, следовательно, неориентированная масса стеблей льна масличного представляет собой ценное сырье с высоким содержанием волокна.

Из работ отечественных и зарубежных ученых известно, что наибольшее применение волокна льна масличного известно в композиционных материалах. В некоторых северных странах (Финляндия, Норвегия, Германия) посевы льна ориентируют на промышленное использование волокна в композиционных материалах. Учеными во всем мире, в частности,

Langer E. (Германия), Kathleen VDV. (Бельгия), Ton-That MT, Denault J. (Канада), Mieleniak B., Bagley C., d'Anselme T., Guyader J. (США), Pallesen (Дания), Зеленецкий С. (Россия) успешно проводятся исследования по модификации природных волокон для получения полимерных композиционных материалов с натуральными волокнами в качестве наполнителей, но теоретические основы изготовления полимерных композиционных материалов, армированных натуральными волокнами в них не изложены [2, 6–8].

Проведенные исследования по изучению физико-механических свойств волокна льна масличного показывают, что волокно льна масличного по длине подобно хлопковому волокну. Однако волокно льна масличного имеет очень низкую прочность – 4,2–5,0 даН, что показывает невозможность его использования в чистом виде для получения пряжи. По нашему мнению, целесообразно такое волокно применять в качестве армирующего материала в композиционных материалах для получения ваты и целлюлозы [9].

Для определения пригодности этого волокна для изготовления изделий технического назначения в композиционных материалах нами были проведены исследования в условиях предприятия ГП «Пластмасс» ООО «ТД Пластмасс-Прилуки» (г. Прилуки Черниговской области). Для этого были изготовлены экспериментальные образцы композиционных материалов, в которых в качестве наполнителя использовали волокно льна масличного. Подробно были исследованы физико-механические свойства волокна, полученного из луба, и проведен сравнительный анализ физико-механических характеристик с хлопковым волокном, которое на сегодня используется в качестве наполнителя для производства композиционных материалов на указанном выше предприятии. Исследование физико-механических характеристик льняного волокна осуществляли по ГОСТ 5015:2008 «Волокно льняное короткое. Технические условия» и ГОСТ 9394-76 «Волокно льняное короткое. Техниче-

ские условия» [10–11]. Сравнительные характеристики качественных показателей волокна льна масличного

и хлопкового показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические показатели волокна льна масличного и хлопкового волокна

| Физико-механические характеристики        | Волокно       |           |
|---|---------------|-----------|
|   | лен масличный | хлопок    |
| Длина волокон, мм                         | 33–55         | 35–50     |
| Относительная разрывная нагрузка, сН/текс | 6–8           | 24–36     |
| Относительное разрывное удлинение, %      | 2,0–2,3       | 7,0–9,0   |
| Линейная плотность, текс                  | 0,60–1,20     | 0,66–0,22 |
| Нормированная влажность, %                | 8,5–15,0      | 8,5       |

Известно, что основным показателем адгезии волокну наполнителя к фенолформальдегидным смолам является смачиваемость. Поэтому вначале использовали луб масличного льна без предварительной подготовки. К сожалению, не подготовленный луб не имел адгезии к фенолформальдегидной смоле. Его смачиваемость была равна 6–7 г, в то время как смачиваемость хлопкового наполнителя составляет

120 г. По нашему мнению, низкая смачиваемость льняного луба объясняется высоким содержанием восковых веществ в льняном волокне, что подтверждается сравнительными данными по химическому составу хлопкового волокна, луба и волокна льна масличного. В таблице 2 приведен химический состав хлопкового волокна, луба и волокна льна масличного.

Таблица 2 – Химический состав хлопкового волокна, луба и волокна льна масличного

| Наименование волокон                | Процентное содержание, % |        |        |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------|--------|--------------------------|
|                                     | целлюлоза                | лигнин | пектин | восковые вещества и зола |
| Хлопок                              | 96,13                    | –      | 1,20   | 1,75                     |
| Луб масличного льна                 | 67,33                    | 2,09   | 12,18  | 18,20                    |
| Волокно масличного льна после варки | 98,46                    | 1,54   | следы  | –                        |

Для освобождения волокна льна масличного от восковых веществ перед применением масличного льна как наполнителя для изготовления композиционных материалов была проведена его отварка на лабораторном варочном аппарате. Смачиваемость полученного волокна после отварки равнялась 118 г. Таким образом, полученное волокно использовалось как наполнитель с фенол-формальдегидной смолой для

изготовления композиционных материалов. Качество полученных фенопластов, армированных волокном льна масличного, проверялось согласно ТУ У25.2-32512498-001-2004 «Маса пресувальна фенольна». Показатели качества фенопластов марки У1-301-07, армированных хлопковым волокном и волокном льна масличного, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Качественные показатели полученных фенопластов марки У1-301-07, армированных волокном льна масличного и хлопковым волокном

| Наименование показателей качества  | Показатели качества фенопластов армированных               |                  |                    |
|--|--|------------------|--------------------|
|  | нормированные показатели качества                          | льняным волокном | хлопковым волокном |
| Цвет   | (от светло-коричневого до темно-коричневого) не однотонный | соотв.           | соотв.             |
| Внешний вид отпрессованных образцов фенопласта                                   | (без вздутий, трещин, раковин)                             | соотв.           | соотв.             |
| Ударная вязкость по Шарпи на образцах без надреза, кДж/м <sup>2</sup> , не менее | 8,8 (9,0)  | 10,40            | 12,38              |
| Изгибающее напряжение Мпа (кг/см <sup>2</sup> ) не менее                         | 58,8 (600)   | 30,1             | 692                |

Результаты проведенного анализа качества полученных композиционных материалов показали, что ударная вязкость по Шарпи составляет – 10,40 кДж/м<sup>2</sup>, что превышает нормированный показатель качества, а прочность при изгибе фенопласта составила – 30,1 МПа, т. е. меньше нормированного показателя качества, что объясняется низкой прочностью волокна льна масличного.

### Выводы

На основе обобщения результатов исследований теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность применения волокна льна масличного для производства композиционных материалов. Впервые проведен анализ по определению содержания луба по всей длине стебля. Определено, что при комбайновой уборке льна масличного оста-

ся самая продуктивная по содержанию луба часть стебля, т. е. срединная часть.

В среднем для исследуемых сортов льна масличного составляет 30,25–36,95 %. Следовательно, неориентированная масса стеблей льна масличного представляет собой ценное сырье с высоким содержанием волокна. Однако луб льна масличного не имеет адгезии к фенолформальдегидным смолам, что объясняется высоким содержанием в его химическом составе восковых веществ. Для повышения адгезии льняного волокна нами рекомендована предварительная отварка перед использованием его как наполнителя. После отварки смачиваемость волокна повышается, что делает возможным использование такого волокна как наполнителя в изготовлении фенолформальдегидных смол.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная служба статистики Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ukrstat.gov.ua/>. – 05.04.2018.
2. Живетин, В. В. Масличный лён и его комплексное развитие / В. В. Живетин, Л. Н. Гинзбург. – Москва : ЦНИИЛКА, 2000. – 389 с.
3. Зерно Херсонщины 2009. Лен масличный. Технология выращивания : научно-методические рекомендации / В. Л. Никищенко [и др.]. – Херсон : Институт земледелия южного региона УААН, ОАО «Херсонская городская типография», 2009. – 12 с.
4. Каталог сортов и гибридов масличных культур. – Запорожье : УААН Институт масличных культур, 2009. – С. 20–31.
5. Тихосова, Г. А. Научное обоснование технологии и оборудование для углубленной механической обработки тресты льна масличного / Г. А. Тихосова, Т. М. Головенко, А. В. Князев // Вестник Хмельницкого национального университета. – 2011. – № 3. – С. 125–129.
6. Mieleniak, B. Low-cost "Compak" board based on vegetable fiber / B. Mieleniak // Wood Bas. Pan. Int. – 1985. – № 1. – P. 8.
7. Bagley, C. Properties of Flax Fibre-Reinforced Composite Materials / C. Bagley, T. d'Anselme, J. Guyader // Works of INF. – 1997. – P. 385–386.
8. Kathleen, V. D. Research on the use of flax as reinforcement for thermoplastic pultruded composites / V. D. Kathleen // The 1-st Nordic Conference on flax and hemp processing. – 1998. – P. 7.
9. Бойко, Г. А. Товароведческая оценка смешанной пряжи с волокнами льна масличного для трикотажных изделий : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Г. А. Бойко. – Херсон, 2014. – 20 с.
10. ГОСТ–9394–76. Волокно льняное короткое. Технические условия. – Введ. 1976-03-09. – Москва : Изд-во стандартов, 1978. – 7 с.
11. ДСТУ 5015: 2008. Волокно льняное короткое. Технические условия. – Введ. 2008-12-06. – Москва : Госпотребстандарт Украины, 2009. – 10 с.

### REFERENCES

1. State statistics service of Ukraine [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.ukrstat.gov.ua/>. – 05.04.2018.
2. Zhivetin, V. Oilseed flax and its complex development / V. Zhivetin, L. Ginsburg. – Moscow : TSNIILKA, 2000. – 389 p.
3. Grain Of Kherson Region 2009. Flax oil. The technology of growing : scientific-methodical recommendations / V. Nikitenko [et al.]. – Kherson : Institute of agriculture of the southern region of UAAN, JSC Kherson city printing house, 2009. – 12 p.
4. Catalog of varieties and hybrids of oilseeds. – Kiev : the Ukrainian Academy of agrarian Sciences Institute of oil crops, 2009. – S. 20–31.
5. Tikhonova, G. Scientific substantiation of technology and equipment for deep mechanical processing of flax trusts / G. Tikhonova, T. Golovenko, A. Knyazev // Bulletin of Khmelnytsky national University. – 2011. – № 3. – P. 125–129.
6. Mieleniak, B. Low-cost «Compak» board based on vegetable fiber / B. Mieleniak // Wood Bas. Pan. Int. – 1985. – № 1. – P. 8.

7. Bagley, C. Properties of Flax Fibre-Reinforced Composite Materials / C. Bagley, T. d'Anselme, J. Guyader // Works of INF. – 1997. – P. 385–386.
8. Kathleen, V. Research on the use of flax as reinforcement for thermoplastic pultruded composites / V. Kathleen // The 1-st Nordic Conference on flax and hemp processing. – 1998. – P. 7.
9. Boyko, G. Merchandising evaluation of blended yarns with flax fibers for knitwear : avtoreferat dissertation ... kand. tekhn. nauk / G. Boyko. – Kherson, 2014. – 20 p.
10. GOST-9394-76. Flax fiber short. Technical conditions. – Int. 1976-03-09. – Moscow : Publishing House of standards, 1978. – 7 p.
11. DSTU 5015: 2008. Flax fiber short. Technical conditions. – Int. 2008-12-06. – Moscow : Gosptrestandart Of Ukraine, 2009. – 10 p.

#### SPISOK LITERATURY

1. Gosudarstvennaja sluzhba statistiki Ukrainy [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa : <http://www.ukrstat.gov.ua/>. – 05.04.2018.
2. Zhivetin, V. V. Maslichnyj ljon i ego kompleksnoe razvitie / V. V. Zhivetin, L. N. Ginzburg. – Moskva : TSNIILKA, 2000. – 389 s.
3. Zerno Hersonschiny 2009. Len maslichnyj. Tehnologija vyraschivanija : nauchno-metodicheskie rekomendatsii / V. L. Nikishenko [i dr.]. – Herson : Institut zemledelija juzhnogo regiona UAAN, OAO «Hersonskaja gorodska-ja tipografija», 2009. – 12 s.
4. Katalog sortov i gibridov maslichnyh kul'tur. – Zaporozh'e : UAAN Institut maslichnyh kul'tur, 2009. – S. 20–31.
5. Tihosova, G. A. Nauchnoe obosnovanie tehnologii i oborudovanie dlja uglublennoj mehanicheskoy obrabotki tresty l'na maslichnogo / G. A. Tihosova, T. M. Golovenko, A. V. Knjazev // Vestnik Hmel'nitskogo natsional'nogo universiteta. – 2011. – № 3 – S. 125–129.
6. Mieleniak, B. Low-cost «Compak» board based on vegetable fiber / B. Mieleniak // Wood Bas. Pan. Int. – 1985. – № 1. – S. 8.
7. Bagley, C. Properties of Flax Fibre-Reinforced Composite Materials / C. Bagley, T. d'Anselme, J. Guyader // Works of INF, 1997. – S. 385–386.
8. Kathleen, V. D. Research on the use of flax as reinforcement for thermoplastic pultruded composites / V. D. Kathleen // The 1-st Nordic Conference on flax and hemp processing. – 1998. – S. 7.
9. Bojko, G. A. Tovarovedcheskaja otsenka smeshanoj prjazhi s voloknami l'na maslichnogo dlja trikotazhnyh izdelij : avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk / G. A. Bojko. – Herson, 2014. – 20 s.
10. GOST-9394-76. Volokno l'njanoe korotkoe. Tehnicheskie uslovija. – Vved. 1976-03-09. – Moskva : Izd-vo standartov, 1978. – 7 s.
11. DSTU 5015: 2008. Volokno l'njanoe korotkoe. Tehnicheskie uslovija. – Vved. 2008-12-06. – Moskva : Gosptrestandart Ukrainy, 2009. – 10 s.

Статья поступила в редакцию 14.11.2017