

СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНОПЛИ В ОДНОТИПНУЮ ПЕНЬКУ

Басова Н. В., Новиков Э. В., Безбабченко А. В., Хомитов А. С., Поселенов Д. Д.

Реферат. Техническая конопля как источник пеньки – ценное промышленное сырье. В современных условиях технологические линии ее первичной переработки должны производить однотипную пеньку с различными характеристиками в зависимости от требований к свойствам готового волокна. Цель работы – обосновать схему переработки технической конопля с учетом характеристик пеньки. Сравнивали 5 линий первичной переработки, включающие отечественное льняное оборудование (мяльную машину М-110Л2, дезинтеграторы ДЛВ-2 и трясильные машины с нижним гребенным полем ТГ-135Л) в разных сочетаниях. В качестве сырья использовали техническую коноплю из Пензенской области, убранную весной. Масса одной горсти – 100 г, плотности загрузки – 0,5 кг/м, повторность – трехкратная. Сырье загружали в каждую машину вручную. После первичной переработки инструментальными методами определяли сорт и характеристики пеньки по ГОСТ 9993-2014. Разработана схема линии первичной переработки технической конопля в виде спутанной массы стеблей различной длины, которая позволяет производить однотипную пеньку с различными значениями технологических характеристик. Для производства однотипной пеньки со средней массодлиной волокна 142...144 мм, массовой долей костры 1,6...2,2 %, средневзвешенной линейной плотностью 11...12 текс линия должна включать мяльную машину, дезинтегратор, две трясильные машины; при характеристиках соответственно 235 мм, 7...8 % и 12...13 текс – дезинтегратор и две трясильные машины; 219 мм и 15...16 %, 18...19 текс – мяльную и две трясильные машины. Использование изученного набора оборудования обеспечивает снижение капитальных затрат, в сравнении с линиями других производителей, в 3...4 раза, затрат на электроэнергию – до 40 %.

Ключевые слова: техническая конопля, первичная переработка, пенька однотипная, технологические линии, выход волокна, массовая доля костры, средняя массодлина волокна, линейная плотность.

Введение. Пенька из технической конопля – это ценное сырье, востребованное при производстве веревок, канатов, шпагатов, шнуров, сердечников стальных тросов, тканей технического и специального назначения. По гигроскопическим, антистатическим и физико-механическим свойствам техническая конопля близка к льноволокну, поэтому ее используют при изготовлении одежды, постельного белья и композиционных материалов [1, 2].

Благодаря широкому спектру применения конопляного сырья ежегодное увеличение числа перерабатывающих его компаний за рубежом составляет 20 % [3]. В США, где сейчас выращивают не более 5000 га конопля, предполагают увеличить площадь ее посевов до 40000 га [4]. Для России переработка технической конопля – стратегически важное направление экономики [5, 6].

В качестве коноплесырья более 75 % российских предприятий первичной переработки используют массу поломанных стеблей (стеблей неполной длины), перепутанных с волокном из-за частичной механической обработки в поле. Ее убирают зерновыми или специализированными комбайнами, перерабатывают в однотипное (короткое) волокно высокого качества, из которого производят однотипную пеньку – основное сырье для текстильных и технических изделий [7].

Более 80 % российских заводов для переработки технической конопля используют устаревшее оборудование, поскольку современные линии стоят очень дорого. Посевные площади технической конопля ежегодно возрастают и для уменьшения зависимости от импортного

оборудования необходимо расширять применение отечественных линий [8, 9]. При этом они должны производить однотипную пеньку с различными характеристиками.

Цель работы – сравнение российских линий первичной переработки льна для подбора оптимальной технологической схемы производства однотипной пеньки из спутанной массы технической конопля.

Условия, материалы и методы исследований. Для первичной переработки коноплесырья в виде спутанной массы поломанных стеблей можно использовать льнооборудование [10, 11]. Это оборудование малозатратно, надежно и эффективно, его уже используют на Украине для переработки технической конопля [12].

Изучали 5 вариантов технологических линий, в состав которых входили разные сочетания таких машин для переработки льна (рисунок 1), как мяльная машина М-110Л2 (М), дезинтегратор ДЛВ-2 (Д), трясильная машина ТГ-135Л с нижним гребенным полем (Т):

- I – Д+Т+Т;
- II – Д+Д+Т+Т;
- III – М+Т+Т;
- IV – М+Д+Т+Т;
- V – М+Д+Д+Т+Т.

В качестве сырья выступала техническая конопля, собранная в Пензенской области. Влажность коноплесырья перед переработкой должна составлять 12...14 % [13, 14], в наших исследованиях она была равна 12 %. Средний диаметр поломанных стеблей был равен 4,8...5,6 мм, максимальный диаметр – 8,6 мм.

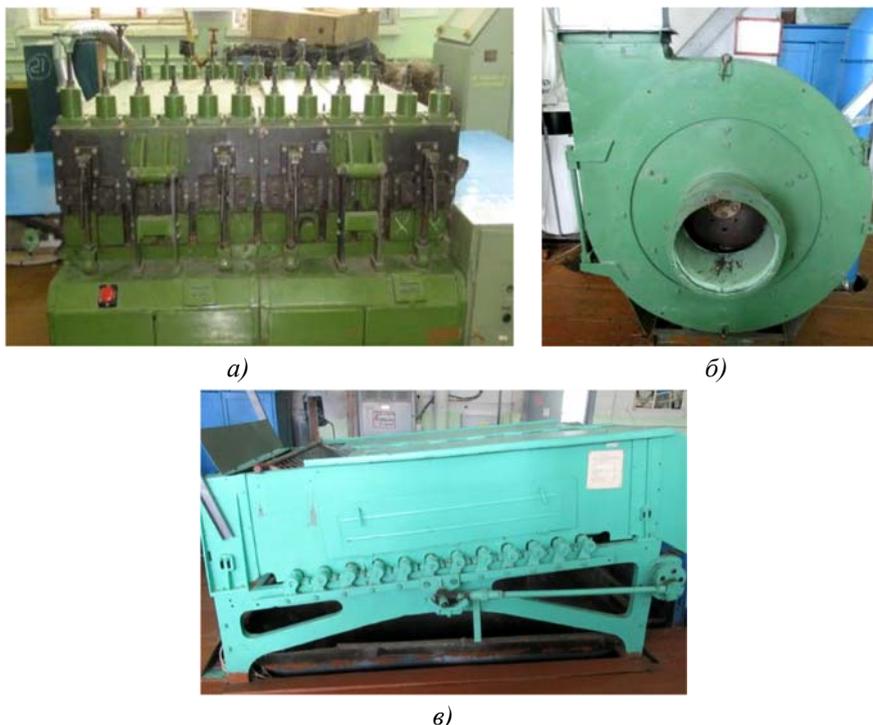


Рисунок 1 – Машины, входящие в состав исследуемых линий:
 а – машина мяльная М-110Л2; б – дезинтегратор ДЛВ-2; в – машина трясыльная ТГ-135Л

На каждой линии перерабатывали коноплесырье массой 100 г при плотности загрузки 0,5 кг/м. Загружали его в машины вручную.

Использовали следующие режимы работы оборудования:

мяльная машина М-110Л2 – стандартный набор валцов, скорость движения материала – 45 м/мин;

дезинтегратор Д – 1000 об./мин;

трясыльная машина ТГ-135Л – частота качаний игольчатых валиков 230 об./мин (стандартный режим).

Сорт и характеристики выработанной пеньки определяли инструментальными методами по ГОСТ 9993-2014.

Исследования проводили в лабораторных условиях в трехкратной повторности. Рассчитывали среднюю арифметическую (S), стандартную ошибку (s), среднеквадратичное отклонение (σ), абсолютную и относительную гарантийные ошибки. На основании величины абсолютной ошибки опыта определяли доверительные интервалы, по которым рассчитывали статистическую значимость различий значений характеристик пеньки, произведенной на разных линиях. Данные обрабатывали с помощью однофакторного дисперсионного анализа в программе Microsoft Office Excel.

Анализ и обсуждение результатов исследований. В ходе исследований было установлено, что по мере увеличения числа машин в составе технологической линии выход волокна, значение которого может изменяться от 26 до 35 %, снижается. Включение в линию I второго дезинтегратора (линия II) снижало

выход однотипной пеньки на 9 % ($p \leq 0,05$), мяльной машины (линия IV) – на 3 %, мяльной машины и второго дезинтегратора (линия V) – на 5 % (см. табл.).

Меньшее снижение выхода волокна при использовании мяльной машины М-110Л2 объясняется тем, что в ней происходит подготовка сырья к трепанию – разрушение связей волокна с древесиной. Это сокращает потери при последующей переработке. Кроме того, добавление в состав линии мяльной машины уменьшает средневзвешенную линейную плотность волокна на 35 % ($p \leq 0,05$) и позволяет производить однотипную пеньку с более низким содержанием костры, по сравнению с линиями I и II.

Однотипная пенька с показателями качества, соответствующими 3 сорту, была изготовлена на линиях III, IV и V. Пенька с линий IV и V была близкой по характеристикам, при этом затраты на приобретение оборудования для линии IV будут ниже, что снизит себестоимость волокна.

В качестве основной для производства однотипной пеньки можно рекомендовать линию IV. Она позволяет получать однотипную пеньку с разрывной нагрузкой 20 кгс, массовой долей костры менее 5 %, средней массой длиной волокна 144 мм, средневзвешенной линейной плотностью 11,6 текс и долей волокон в массе от 125 до 275 мкм 40 % (рисунок 2).

Кроме того, процесс переработки технической конопли на линии IV можно менять в зависимости от требуемых характеристик волокна:

Таблица – Характеристики произведенной однотипной пеньки

| Показатель | Линия | | | | | ГОСТ 9993- 2014 |
|--|-------|------|-----|------|------|-----------------|
| | I | II | III | IV | V | |
| Влажность однотипной пеньки, % | 12 | | | | | не более 16 |
| Выход однотипной пеньки, % | 35 | 26 | 34 | 32 | 30 | – |
| s | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,3 | 0,8 | |
| σ | 1,1 | 1,0 | 1,0 | 0,5 | 1,3 | |
| Разрывная нагрузка скрученной ленточки*, кгс | 12 | 8 | 24 | 20 | 24 | 31...17 |
| s | 0,5 | 1,0 | 1,2 | 0,9 | 1,2 | |
| σ | 2,7 | 4,0 | 6,5 | 4,4 | 5,9 | |
| Массовая доля костры*, % | 16,0 | 10,8 | 7,7 | 2,2 | 1,7 | 10...16 |
| s | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,03 | 0,03 | |
| σ | 0,7 | 0,5 | 0,3 | 0,06 | 0,06 | |
| Содержание «лапы», % | 0,3 | 0,0 | 0,7 | 0,0 | 0,0 | 4...7 |
| Сорт однотипной пеньки | – | – | 3 | 3 | 3 | 1...3 |
| Средняя массодлина волокна*, мм | 219 | 115 | 235 | 144 | 142 | – |
| s | 5,1 | 2,8 | 5,1 | 3,4 | 1,7 | |
| σ | 8,9 | 4,9 | 8,8 | 6,0 | 3,0 | |
| Средневзвешенная линейная плотность*, текс | 19 | 16 | 13 | 12 | 11 | – |
| s | 0,4 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | |
| σ | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | |

* результаты значимо отличаются ($p \leq 0,05$) для каждой линии, по сравнению с другими линиям

для производства однотипной пеньки с высоким содержанием длинных волокон нужно исключить дезинтегратор, фактически получая линию III;

для производства материалов и изделий, не требующих низкой массовой доли костры и (или) высокой разрывной нагрузки, следует убрать мяльную машину. В результате получим линию I.

Таким образом, схема переработки коноплесырья для производства однотипной пеньки с разными технологическими характеристиками может выглядеть следующим образом (рисунок 3).

Для производства однотипной пеньки со средней массодлиной волокна ниже 145 мм лучше всего подходит линия IV, а при необходимости ее увеличения на 75...90 мм – линии I и III. Для выпуска однотипной пеньки со средней линейной плотностью 13 текс целесо-

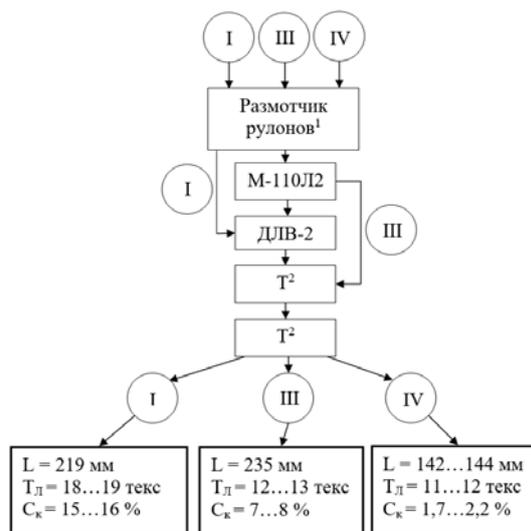


Рисунок 3 – Схема переработки коноплесырья для получения однотипной пеньки с разными значениями технологических характеристик в зависимости от состава линии (номера схем указаны в соответствии с табл.): L – средняя массодлина волокна; T_л – средневзвешенная линейная плотность; C_к – массовая доля костры. ¹подходят льняные рулоноразмотчики любой марки, так как они не воздействуют на волокно и не влияют на его характеристики; ²кроме ТГ-135Л, использованной в исследовании, пригодны ТЛ-135, ТН-112, Т-150 и другие подобные – их отличия не влияют на обескостривание волокна.

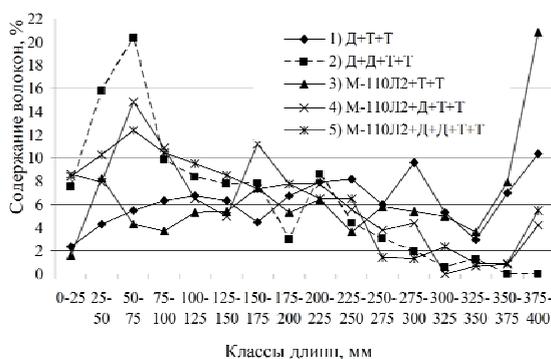


Рисунок 2 – Содержание волокон разных классов длин в однотипной пеньке в зависимости от использованной линии переработки.

образно использовать линии III и IV, а для ее увеличения на 5...7 текс – линию I. Содержание костры будет наименьшим в однотипной пеньке с линии IV, наибольшим – на линии I.

Выход однотипной пеньки на 50 % опреде-

ляет состав технологической линии и на 50 % другие факторы (режим работы оборудования, сорт, качество сырья и др.). Массовая доля костры в однотипной пеньке зависит от состава технологического оборудования на 90 %, линейная плотность – на 10 %. Предложенная схема позволяет снизить капитальные затраты, по сравнению с линией производства ОАО «Завод им. Г. К. Королева» и линией франко-германского производства Temaфа + Charle, в 3...4 раза, затраты на электроэнергию – на 40 %.

Выводы. Для первичной переработки технической конопли в виде спутанной массы стеблей различной длины в однотипную пеньку в качестве основной целесообразно исполь-

зовать линию (схему) из следующего оборудования российского производства: размотчик рулонов, мьяльная машина М-110Л2, дезинтегратор ДЛВ-2 и две трясильные машины ТГ-135Л (ТЛ-135, ТН-112, Т-150 и др.).

Изменяя ее состав – добавляя или убирая мьяльную машину или дезинтегратор, можно производить однотипную пеньку с длиной волокна 142...235 мм, линейной плотностью 11...19 текс и массовой долей костры 1,7...16,0 %.

Сведения об источнике финансирования. Работа выполнена по государственному заданию НИОКТР № 0477–2019–0005 при финансовой поддержке Минобрнауки РФ.

Литература

1. Универсальная линия для переработки льна и пеньки в различные виды готовой продукции / А. В. Безбабченко, Э. В. Новиков, М. М. Ковалев и др. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 1 (361). С. 54–58.
2. Бойко Г. А., Тихосова А. А., Кутасов А. В. Исследование физико-механических свойств конопляного котонина // Материалы и технологии. 2018. № 2 (2). С. 14–17. doi: 10.24411/2617-149X-2018-12002.
3. Наумов О. Б. Розвиток текстильної промисловості та її сировинної бази: монографія. Херсон: Олдиплюс, 2004. 393 с.
4. Cherney J. H., Small E. Industrial Hemp in North America: Production, Politics and Potential // Agronomy. 2016. Vol. 6. No. 4. Pp. 58. doi:10.3390/agronomy6040058.
5. Понажев В. П., Рожмина Т. А., Павлова Л. Н. Высокопродуктивные сорта конопли и их особенности // Лен и конопля: сорта, технологии, экономика: научные разработки ВНИИЛ. Тверь: Твер. гос. ун-т. 2015. С. 54–55.
6. Морыганов А. П. Отечественное целлюлозное волокно – перспективное сырье для российской текстильной промышленности // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. № 4 (376). С. 44–49.
7. Исследование линий для переработки технической конопли в однотипную и штапелированную пеньку / Е. Н. Королева, Э. В. Новиков, А. В. Безбабченко и др. // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. Вып. 3 (175). С. 85–91.
8. Басова Н. В., Новиков Э. В., Безбабченко А. В. Анализ линий переработки технической конопли // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 4 (33). С. 54–61.
9. О коноплеводстве и технико-экономический анализ линий для переработки промышленной конопли в однотипное волокно / Н. В. Басова, Э. В. Новиков, И. В. Ущаповский и др. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 2 (380). С. 58–63.
10. Павловский Е. П., Внуков В. Г. Дезинтегратор для отделения костры от отходов трепания // Льняное дело. 1998. № 3. С. 38–40.
11. Носов А. Г., Вихарев С. М., Дроздов В. Г. Влияние влажности на вероятностные параметры распределения штапельной длины отходов трепания при обработке в дезинтеграторе // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 3. С. 40–42.
12. Лук'яненко П. В. Комплексна економічна оцінка збирання та переробки трести конопель, отриманої за новою технологією // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2012. № 39. С. 97–101.
13. Правила технической эксплуатации пенькозаводов. Глухов: ВНИИ лубяных культур, 1991. 119 с.
14. Суметов В. А. Сушка и увлажнение лубоволокнистых материалов: учебник для вузов. М. Легкая индустрия, 1980. 336 с.

Сведения об авторах:

Басова Наталья Владимировна – научный сотрудник, e-mail: n.basova@fncl.ru
 Новиков Эдуард Валерьевич – ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, e-mail: edik1@kmtn.ru
 ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Россия
 ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет», г. Кострома, Россия
 Безбабченко Александр Владиславович – старший научный сотрудник, e-mail: fnc_1k44@mail.ru
 ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Россия
 Хомитов Абуали Сафаралиевич – магистрант
 ФГБОУ ВО «Костромской государственной университет», г. Кострома, Россия
 Поселенов Дмитрий Дмитриевич – сотрудник, e-mail: ddp89@inbox.ru
 Ассоциация коноплеводов АРКО, г. Москва, Россия.

SCHEME FOR PROCESSING INDUSTRIAL HEMP INTO THE SAME TYPE FIBER

Basova N.V., Novikov E.V., Bezbabchenko A.V., Khomitov A.S., Poselenov D.D.

Abstract. Industrial hemp as a source of fiber is a valuable industrial raw material. In modern conditions, the lines of its primary processing should produce the same type of fiber with different characteristics, depending on the re-

quirements for the properties of the finished fiber. The purpose of the work is to substantiate the scheme for processing industrial hemp based on the characteristics of hemp. Five primary processing lines were compared, including domestic flax equipment (M-110L2 grinding machine, DLV-2 disintegrators, and TG-135L shaker machines with a lower comb field). As raw materials the industrial hemp from Penza region, harvested in the spring, was used. The mass of one handful is 100 g, the loading density is 0.5 kg/m, the twist is three times. Raw materials were loaded into each machine manually. After primary processing by instrumental methods, hemp grade and characteristics were determined according to GOST 9993-2014. The scheme of the line for primary processing of industrial hemp in the form of tangled mass of stems of various lengths, which allows the production of the same type of hemp with different values of technological characteristics, has been developed. For the production of the same type of hemp with an average mass length of fiber 142 ... 144 mm, a mass fraction of bonfire of 1.6 ... 2.2%, a weighted average linear density of 11 ... 12 tex, the line should include a pulping machine, a disintegrator, two shaking machines; with characteristics respectively 235 mm, 7 ... 8% and 12 ... 13 tex - a disintegrator and two shaking machines; 219 mm and 15 ... 16%, 18 ... 19 tex - pulley and two shaking machines. Using the studied set of equipment provides a reduction in capital costs, in comparison with the lines of other manufacturers, by 3 ... 4 times, energy costs - up to 40%.

Key words: industrial hemp, primary processing, hemp of the same type, production lines, fiber yield, mass fraction of bonfire, average mass length of fiber, linear density.

References

1. A universal line for processing flax and hemp into various types of finished products. [Universalnaya liniya dlya pererabotki lna i penki v razlichnye vidy gotovoy produktsii]. / A.V. Bezbabchenko, E. V. Novikov, M. M. Kovalev and others. // *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti. - News of universities. Technology of the textile industry*. 2016. № 1 (361). P. 54–58.
2. Boyko G.A., Tikhosova A.A., Kutasov A.V. Investigation of the physico-mechanical properties of hemp cottonin. [Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv konoplyanogo kotonina]. // *Materialy i tekhnologii. - Proceedings and technologies*. 2018. № 2 (2). P. 14–17. doi: 10.24411/2617-149X-2018-12002.
3. Наумов О. Б. Розвиток текстильної промисловості та її сировинної бази: монографія. Херсон: Олди-плюс, 2004. 393 с.
4. Cherney J. H., Small E. Industrial Hemp in North America: Production, Politics and Potential // *Agronomy*. 2016. Vol. 6. No. 4. P. 58. doi:10.3390/agronomy6040058.
5. Ponazhev V. P., Rozhmina T. A., Pavlova L. N. *Vysokoproduktivnyye sorta konopli i ikh osobennosti*. // *Len i konoplya: sorta, tekhnologii, ekonomika: nauchnyye razrabotki VNIL*. [Highly productive hemp varieties and their features. // Flax and hemp: varieties, technologies, economics: scientific developments of VNIIL]. Tver: Tver. gos. un-t. 2015. P. 54–55.
6. Moryganov A. P. Domestic cellulose fiber - a promising raw material for the Russian textile industry. [Otechestvennoe tsellyuloznoe volokno – perspektivnoe syrye dlya rossiyskoy tekstilnoy promyshlennosti]. // *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti. - News of Universities. Technology of the textile industry*. 2018. № 4 (376). P. 44–49.
7. *Issledovanie liniy dlya pererabotki tekhnicheskoy konopli v odnotipnyuyu i shtapelirovannuyu penku*. // *Maslichnyye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskyy byulleten Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kultur*. (The study of lines for processing industrial hemp in the same type and stapled hemp. / E. N. Koroleva, E. V. Novikov, A. V. Bezbabchenko and others // Oilseeds. Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds). 2018. Issue 3 (175). P. 85–91.
8. Basova N. V., Novikov E. V., Bezbabchenko A. V. Analysis of processing lines for technical hemp. [Analiz liniy pererabotki tekhnicheskoy konopli]. // *Innovatsii v selskom khozyaystve. - Innovations in agriculture*. 2019. № 4 (33). P. 54–61.
9. About hemp breeding and technical and economic analysis of lines for processing industrial hemp into the same type fiber. [O konoplevodstve i tekhniko-ekonomicheskoy analiz liniy dlya pererabotki promyshlennoy konopli v odnotipnoe volokno]. / N.V. Basova, E.V. Novikov, I.V. Uschapovskiy and others. // *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti. - University proceedings. Technology of the textile industry*. 2019. № 2 (380). P. 58–63.
10. Pavlovskiy E.P., Vnukov V.G. *Dezintegrator dlya otdeleniya kostry ot otkhodov trepaniya*. // *Lnyanoe delo*. [Disintegrator for separating bonfires from rubbing waste. // Flax business]. 1998. № 3. P. 38–40.
11. Nosov A.G., Vikharev S.M., Drozdov V.G. *Vliyaniye vlazhnosti na veroyatnostnyye parametry raspredeleniya shtapelnoy dliny otkhodov trepaniya pri obrabotke v dezintegratore*. // *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti*. [Influence of humidity on the probabilistic distribution parameters of staple lengths of scuffing waste during processing in a disintegrator. // News of Universities. Technology of the textile industry]. 2013. № 3. P. 40–42.
12. Lukianenko P. V. Kompleksna ekonomichna ocinka zbirannya ta pererobki tresti konopel, otrimanoi za novoyu tekhnologiyeyu [Complex economic assessment of harvesting and processing of hemp trusts obtained by new technology] // *Міжвузівський збірник «Наукові нотатки»*. Луцьк, 2012. № 39. P. 97–101.
13. *Pravila tekhnicheskoy ekspluatatsii penkozavodov*. [Rules for the technical operation of hedge plants]. Glukhov: VNII lubyanykh kultur, 1991. P. 119.
14. Sumetov V.A. *Sushka i uvlazhnenie lubovoloknistykh materialov: uchebnik dlya vuzov*. [Drying and moistening of bast-fiber materials: a textbook for universities]. M. Legkaya industriya, 1980. P. 336.

Authors:

Basova Natalya Vladimirovna - researcher, e-mail: n.basova@fncl.ru
 Novikov Eduard Valerievich - leading researcher, Ph.D. of Technical Sciences, e-mail: edik1@kmtnt.ru
 Federal scientific center of fibre crops, Tver, Russia
 Kostroma State University, Kostroma, Russia
 Bezbabchenko Aleksandr Vladislavovich - senior researcher, e-mail: fnc_lk44@mail.ru
 Federal scientific center of fibre crops, Tver, Russia
 Khomitov Abuali Safaralievich - undergraduate
 Kostroma State University, Kostroma, Russia
 Poselenov Dmitriy Dmitrievich – an employee, e-mail: ddp89@inbox.ru
 Association of hemp-growers ARKO, Moscow, Russia

Acknowledgements.

This work was performed according to the state assignment of R & d No. 0477-2019– 0005 with the financial support of the Ministry of education and science of the Russian Federation.