

**РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ НЕТКАНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ЛЬНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ
ПРОИЗВОДСТВ**

**DEVELOPMENT OF INNOVATIVE NON-WOVEN COMPOSITE MATERIALS USING
WASTE FROM FLAX PROCESSING INDUSTRIES**

Ю.М. Трещалин^{1,4}, М.Ю. Трещалин², С.Ю. Вавилова³
Yu. M. Treschalin^{1,4}, M.Yu. Treschalin², S.Yu. Vavilova³

¹Научно-исследовательский технологический центр

²Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

³Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, (г. Иваново)

⁴Ивановский государственный политехнический университет

¹R&D ScientificCenter

²Lomonosov Moscow State University

³Institute of Chemistry of solutions to them. G.A. Krestova (Ivanovo)

⁴Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: center@souzlegprom.ru, mtreschalin@mail.ru, vavilovasy@mail.ru

В статье изложены результаты исследований образцов инновационных нетканых материалов, разработанных на основе смеси коротких волокна льна, выделяемых из костры, и химических волокон (мононитей). Рассматривается структура различных смесовых композиций. Дается описание технологического процесса изготовления нетканого материала «Hollen».

Ключевые слова: нетканый материал, лен, костра, короткие волокна, смесовая композиция, сплошная среда, структура, технология, сепарация, измельчение.

The article presents the results of studies of innovative nonwovens samples developed on the basis of a mixture of short flax fibers extracted from fires and chemical fibers (monofilaments). The structure of various mixed compositions is considered. A description of the technological process of manufacturing non-woven material "Hollen".

Keywords: nonwoven material, flax, fire, short fibers, mixed composition, continuous medium, structure, technology, separation, grinding.

Применение льна для изготовления текстильных изделий весьма привлекательно и перспективно во многом благодаря таким свойствам, как: высокая гигроскопичность, долговечность, гипоаллергенность. Материалы, имеющие в своем составе лен, не накапливают статическое электричество, обладают хорошей терморегуляцией и антисептическим действием. Однако в настоящее время и «по ныне существующим технологиям из всего объема выращиваемой льнотресты полезно используется (в виде волокна) лишь 25-30%» [1].

Учитывая значительное количество отходов первичной переработки льна, целесообразно рассмотреть возможность разработки и создания инновационных нетканых материалов, включающих короткие волокна льна, выделяемые из костры. Своеобразным связующим в этом случае являются, например, химические волокна (мононити), которые при смешивании с коротким льноволокном образуют целостную сплошную среду. Такие смесовые композиции могут быть использованы для изготовления материалов, предназначенных, например, для теплоизоляции верхней одежды, размещаемой между внешним защитным тканевым слоем и подкладкой. Прочность такого текстильного изделия целевого назначения вполне достаточна для длительной эксплуатации т.к. на него практически не воздействуют какие-либо механические нагрузки

Необходимо отметить, получаемая смесь может быть:

- более или менее упругой (в зависимости от соотношения количеств химических и льноволокна);
- иметь невысокий коэффициент теплопроводности (за счет примеси льна);
- воздухопроницаемой в связи с высокой пористостью.

В результате были подготовлены образцы материалов для проведения лабораторных исследований (Таблица 2).

Таблица 1

Состав образцов материалов

Номер образца	Вид образца
1	Льняная пыль
2	Короткое льняное волокно
3	Разволокненные «Шарики» «Холлофайбер ПАФС»
4	Смесь: «Шарики» «Холлофайбер ПАФС» - 50%; короткое льняное волокно - 50%
5	Смесь: «Шарики» «Холлофайбер ПАФС» - 70%; короткое льняное волокно - 30%
6	Смесь: «Шарики» «Холлофайбер ПАФС» - 30%; короткое льняное волокно - 70%
7	Смесь: «Шарики» «Холлофайбер ПАФС» - 90%; короткое льняное волокно - 10%

Изучение микроструктуры полученных образцов проводилось в Институте химии растворов им. Г.А. Крестова РАН при помощи микроскопа Микромед-1, снабженного веб-камерой TOURTEK Photonics FMA050 5.1 MP (желтый фон на цветных снимках веб-камера дает по умолчанию).

Фотографии нескольких образцов частиц льняной пыли, полученные при различном увеличении ($\times 40$, $\times 100$, $\times 400$) представлены на рисунке 1. Необходимо отметить, что «колечки» на некоторых снимках – это капли глицерина, которым смачиваются частицы льна для получения четкого изображения.

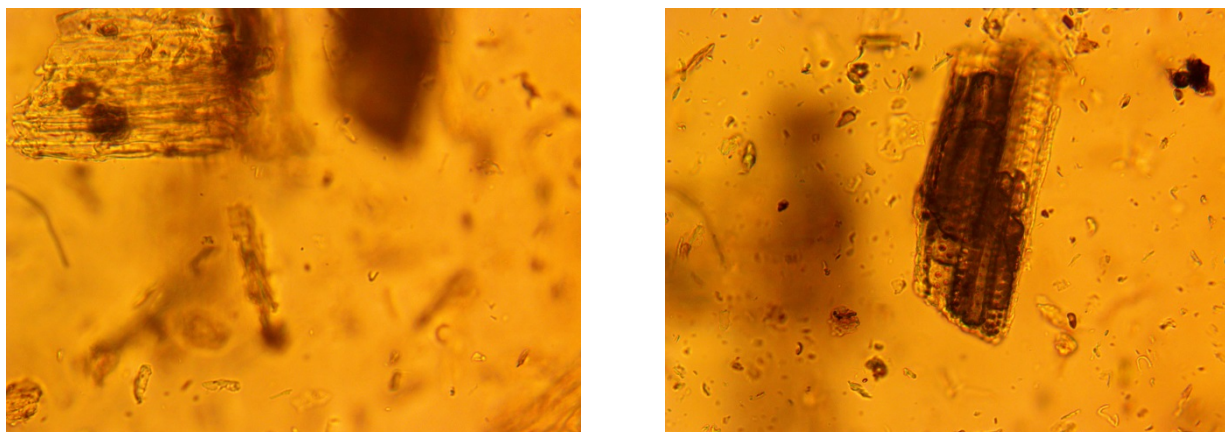


Рисунок 1 – Фотографии частиц измельченной костры с увеличением $\times 400$ (с погружением частиц в каплю глицерина).

Как видно на рисунках, частицы льняной пыли имеют форму неправильных многогранников с явно выраженными углами, а также шероховатую поверхность (Рисунок 2), что способствует эффективному сцеплению измельченной костры с хаотически взаимосвязанными химическими волокнами, например, разволокненными «шариками» «Холлофайбер ПАФС».

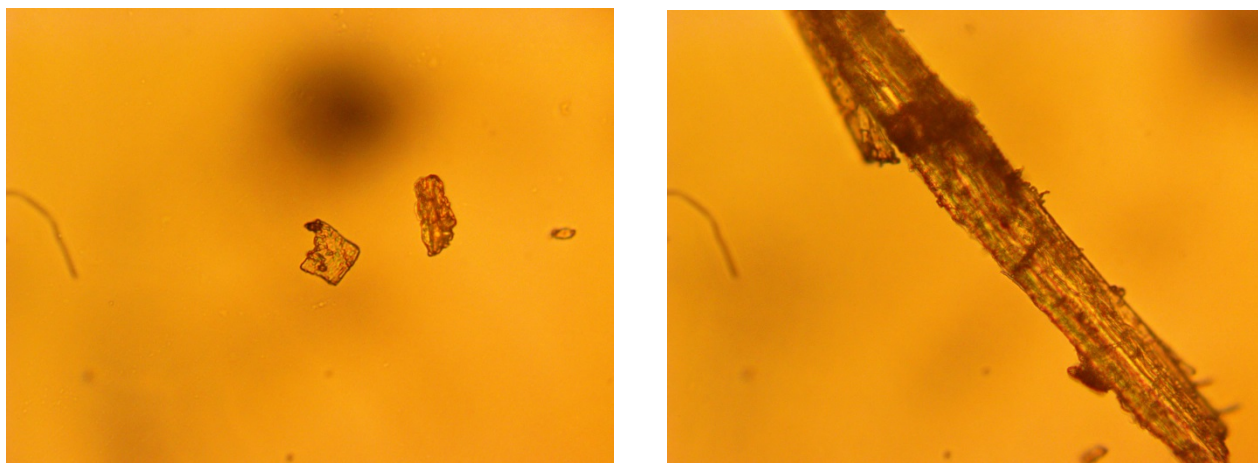


Рисунок 2 – Фотографии формы частиц измельченной костры с увеличением $\times 400$ (с погружением частиц в каплю глицерина).

Фракционный состав и размеры частиц определялись при помощи лазерного дифракционного анализатора размера частиц Analysette 22 Compact двух различных произвольно взятых образцов. Результаты измерений представлены на графиках (Рисунок 3).

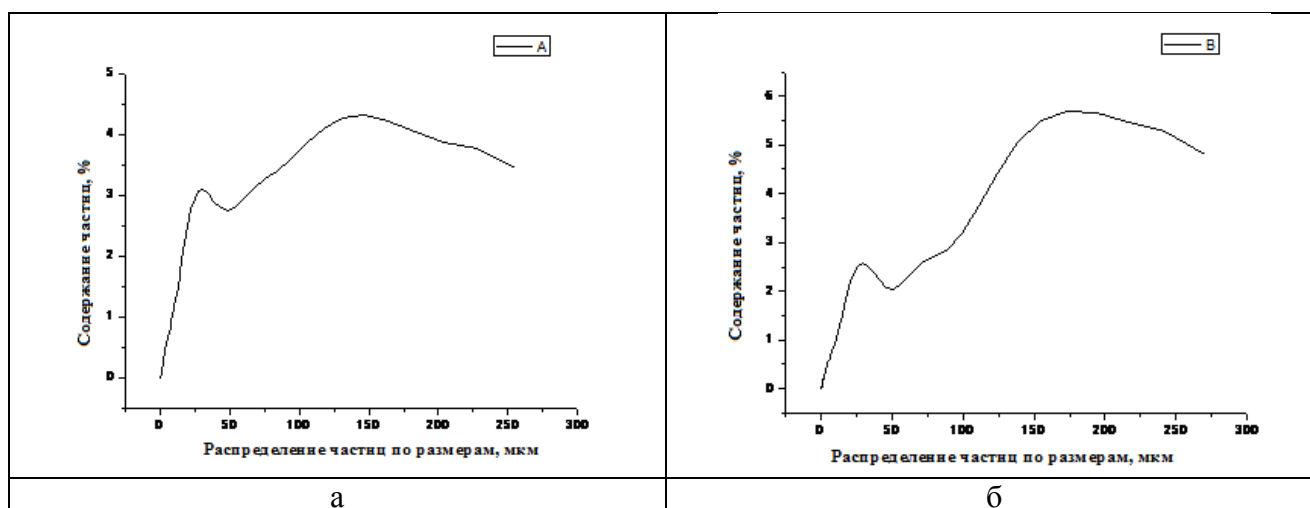


Рисунок 3 - Распределение частиц по размерам: а - средний размер 89,51 мкм диапазон изменения от 0,31 мкм до 300,74 мкм; б - средний размер 104,74 мкм диапазон изменения от 0,31 мкм до 300,74 мкм.

Основываясь на полученных данных, можно констатировать, что частицы измельченной костры прочно удерживаются в межволоконном пространстве, сохраняя свои свойства. Этот аспект особенно важен при создании нетканых «инкубаторов» для выращивания рассады, т.к. внутри синтетического материала сохраняются органические питательные вещества, не вымываемые водой при поливе растений. Кроме того, в дальнейшем при проведении анализа нетканых материалов во взаимодействии с отходами льнопереработки, представляется целесообразным принимать размер измельченных частиц костры равным 97,125 мкм.

В результате изучения смеси коротких волокон льна и разволокненных «Холлофайбер ПАФС» установлено, что независимо от процентного содержания компонентов, смесовые композиции однородны по своему составу и, как следствие, являются изотропными сплошными средами (структура различных смесей дана на рисунках 4-6).

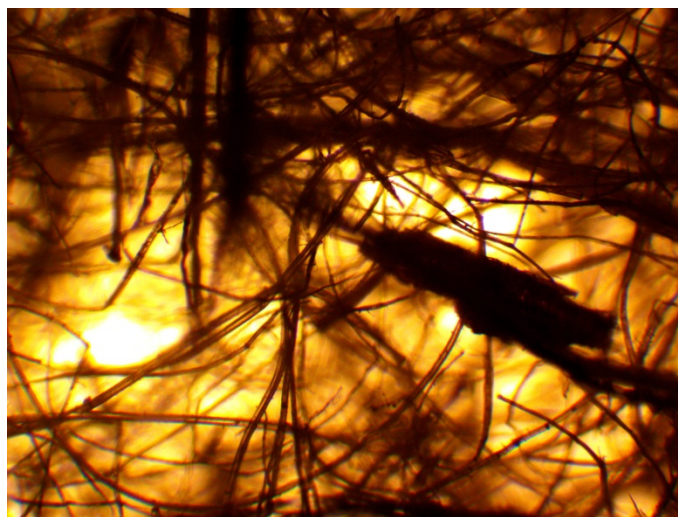


Рисунок 4 – Структура смесовой композиции волокон «Холлофайбер ПАФС» - 25% и короткого льняного волокна - 75% с увеличением $\times 40$.

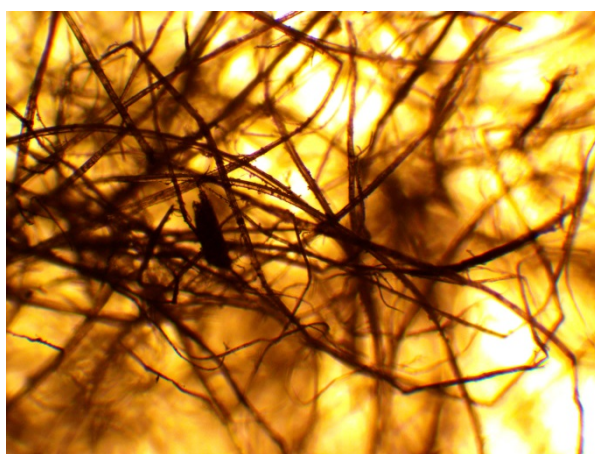


Рисунок 5 – Структура смесовой композиции волокон «Холлофайбер ПАФС» - 50% и короткого льняного волокна - 50% с увеличением $\times 40$.

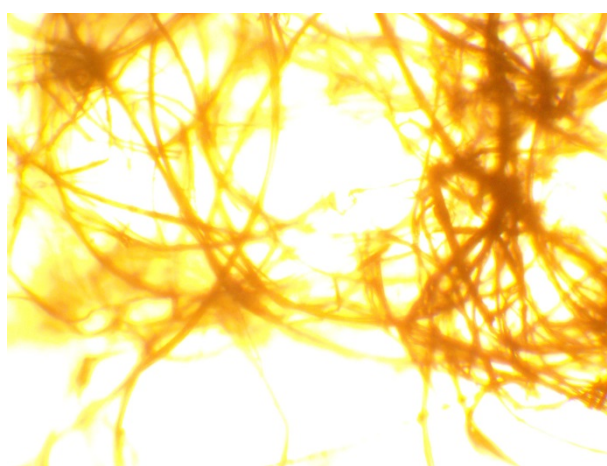
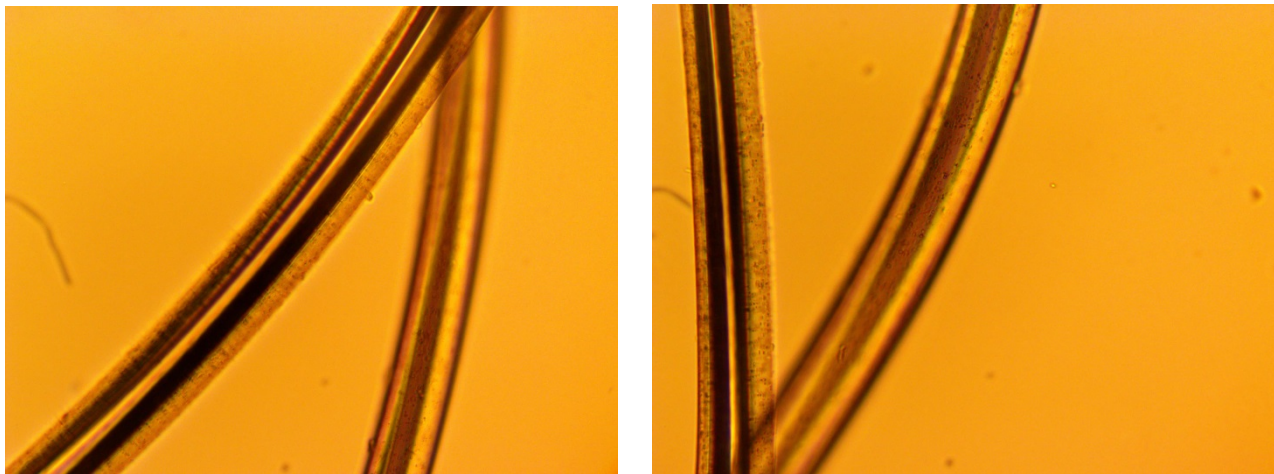


Рисунок 6 – Структура смесовой композиции волокон «Холлофайбер ПАФС» - 75% и короткого льняного волокна - 25% с увеличением $\times 40$.

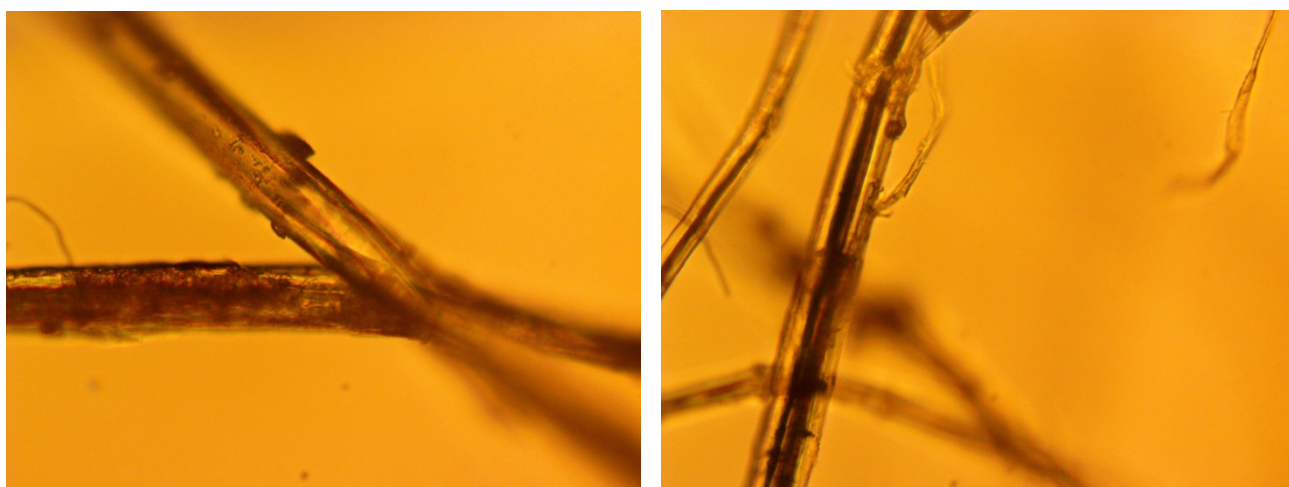
На снимках, независимо от процентного соотношения компонентов, четко наблюдается взаимозацепление льняных и химических волокон, что позволяет судить о

механической прочности полученных материалов. Такой эффект достигается за счет оплетения спутанными тонкими (диаметр 17-20 мкм) и извитыми полыми полиэфирными мононитями (Рисунок 7) более крупных льноволокна (диаметр 300-350 мкм), изображенных на Рисунке 8, которое происходит при разволокнении и дальнейшем перемешивании волокнистого состава в сепараторе. Также большое влияние на целостность исследуемых структур оказывает шероховатость поверхности элементов льняной составляющей.



а б

Рисунок 7 – Волокна «Холлофайбер ПАФС»: а - с увеличением $\times 400$; б - с увеличением $\times 100$ (с погружением частиц в каплю глицерина).



а б

Рисунок 8 – Короткие льняные волокна: а - с увеличением $\times 400$; б - с увеличением $\times 400$ (с погружением частиц в каплю глицерина)

Смесовая композиция из разволокненных «Холлофайбер ПАФС» и короткого льняного волокна, получившая название «Нетканый материал «Hollen»», может успешно использоваться в качестве теплоизолирующей прослойки верхней одежды, для наполнения подушек и одеял и т.п. Следует отметить, что сочетание полиэфирных и льняных волокон позволит спальным изделиям обладать преимуществами, которые имеют каждый из указанных компонентов в отдельности (Таблица 3) [2 - 9].

Преимущества наполнения подушек и одеял материалом
«Холлофайбер ПАФС» и льняным волокном

«Холлофайбер ПАФС»:	Лен:
<p>- обладает высокой воздухопроницаемостью, гипоаллергенностью, антистатичностью, лёгкостью и мягкостью;</p> <p>- не впитывает посторонние запахи и не накапливает влагу;</p> <p>- не поддерживает жизнедеятельность паразитов.</p>	<p>- не заводятся микроорганизмы, исключено появление пылевых клещей, не боится моли и гниения;</p> <p>- не вызывает раздражения и оказывает благотворное влияние на организм человека во время сна;</p> <p>- снижает токсичность гамма-лучей и нормализует радиационный фон;</p> <p>- обладает высокой воздухопроницаемостью, гипоаллергенностью, терморегуляцией, антисептическими свойствами;</p> <p>- облегчает боли в суставах и позвоночнике, нормализует сон при остеохондрозе и ревматизме, укрепляет иммунитет.</p>

Технология изготовления нетканого материала «Hollen» предполагает использование принципа центробежного выделения короткого волокна из костры с последующим его смешиванием с химическим волокном.

Принцип создания материала заключается в следующем.

Костра в заданном количестве поступает при помощи транспортера в цилиндрическую приемную камеру сепаратора, которая после этого автоматически закрывается сверху крышкой, снабженной пластиковой сеткой с ячейкой не более 0,2×0,2 мм и патрубком, соединенным с системой пневмотранспорта. Затем включается двигатель сепаратора, вращающий ножи, расположенные в нижней части камеры. Спустя время, необходимое для отделения волокнистой составляющей, двигатель останавливается, крышка приподнимается и при помощи вытяжного вентилятора волокно извлекается из камеры удерживаясь на пластиковой сетке всасываемым воздушным потоком. Следует отметить, что благодаря сетке происходит удаление мелкой льняной пыли из волокнистой массы. Посредством трехпозиционного автоматического регулятора положения, крышка с находящимся на ней волокном перемещается к смесителю (вторая позиция) и плотно прижимается к верхней его части, имеющей такие же геометрические размеры, как и у сепаратора. Вентилятор выключается и льняное волокно под действием силы тяжести попадает в камеру смешения, где уже находятся «шарики» «Холлофайбер ПАФС», загружаемые туда при помощи механического или аэродинамического дозирующего устройства. Перемешивание и разволокнение осуществляется вращающимися ножами в заданном режиме работы смесителя. По окончании процесса, сформированная волокнистая масса, аналогично извлечению из сепаратора, удерживается на сетке крышки всасывающей пневмотранспортной системой и регулятором положения переносится к транспортерной ленте (третья позиция), на которую после отключения вентилятора, укладывается полученная смесь и создается волокнистый холст. Крышка автоматически возвращается на приемную камеру сепаратора (первая позиция) и цикл повторяется.

Дальнейшее скрепление холста может осуществляться иглопробиванием, каландрированием, прошиванием или иными способами изготовления нетканого материала, предназначенного для теплоизоляции одежды.

В случае целевого применения материала «Hollen» для наполнения подушек, объем камеры смешения целесообразно иметь равным объему чехла (наволочки), что позволит оптимизировать процесс получения готового изделия.

Следует отметить, что выделение короткого льняного волокна в сепараторе неразрывно связано с системой переработки твердых частиц костры, оставшихся в приемной камере после пневмоудаления волокнистой массы.

Удаление из сепаратора и транспортирование твердых частиц в измельчитель также осуществляется воздушным потоком. Синхронно с перемещением льноволокна в смеситель автоматически, одновременно с установкой крышки на смесительную камеру, на верхнюю часть приемной камеры сепаратора опускается и плотно прижимается крышка пневмотранспортной системы отходов. После этого включается вращающийся на 360 градусов подвижный патрубок пневмоуборки остатков костры внутри приемной камеры сепаратора.

Твердые частицы костры через систему воздухопроводов направляются в осадочный бункер, в котором вследствие значительного уменьшения скорости движения воздуха наиболее крупные частицы под действием силы тяжести оседают на дне, представляющим собой постоянно движущийся транспортер и далее направляются в фильтр-камеру, где задерживаются тканевыми фильтрами, препятствующими выбросу запыленного воздуха в атмосферу.

Транспортер перемещает костру в камеру измельчителя, который может иметь различное технологическое исполнение: шаровая мельница, устройство с быстро вращающимися ножами и т.п.

Полученные микрочастицы костры, также, как и пыль с поверхности фильтров, далее смешиваются с химическими волокнами (мононитями) для использования в сельском хозяйстве.

Твердые частицы льна из бункера без измельчения могут использоваться для мульчирования почвы, наполнения пористого пространства нетканых материалов для выращивания различных растений и корнеплодов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://rustm.net/catalog/article/2117.html>
2. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://textiletrend.ru/netkanyie/naturalnyie-nm/napolnitel-iz-lna.html>
3. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://dekoriko.ru/odeyala/lnyanye/>
4. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://academr.ru/zdorove/chto-takoe-polijefirnoe-volokno-v-podushke>
5. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://gidpotkanyam.ru/dlya-postelnogo-belya.html>
6. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://textile.life/home/pillow/chem-nabit-podushku-delaem-svoimi-rukami-v-domashnih-usloviyah-gid-po-vyboru-materiala.html>
7. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://vyboroved.ru/but-i-uyut/1010-luchshie-apolniteli-dlya-podushek.html>
8. Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://postelmix.ru/info/nabit-podushku.html>
9. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://fb.ru/article/269257/kakoy-luchshe-apolnitel-dlya-odeyala-vidyi-i-razlichiya>