

## Литература

1. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / Е.С. Босой [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 568 с.
2. Бойко, Л.И. Пути совершенствования приводов режущих аппаратов уборочных машин / Л.И. Бойко, Т.В. Бойко, И.В. Михалькевич. – Минск: БелНИИНТИ, 1990. – 56 с.
3. Механизм привода ножа: пат. Украины, МПК (2010) / Б.А. Белокопытов, П.И. Пекшев; заявитель открытое акционерное общество «Завод «Симферопольмаш». – № u5010717; заявл. 21.01.2008.; опубл. 27.05.2010. // Промислова власність. – Бюл. № 3.
4. Резник, Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник; под ред. С.И. Булатова. – М.: Машиностроение, 1975. – 312 с.
5. Полевецкий, К.А. Сельскохозяйственные машины и орудия / К.А. Полевецкий, А.Н. Карпенко. – М.: Ленинград, 1952. – 646 с.
6. Методические указания по балансировке жестких роторов (к ГОСТ 22061–76 «Машины и технологическое оборудование. Система классов точности балансировки. Основные положения. Введ. 01.07.1977.)) // ГОСТы, СНИПы, СанПиНы и др. [Электронный ресурс]. – 2008–2011. – Режим доступа: <http://base1.gostedu.ru/10/10761/>. – Дата доступа: 04.07.2011.
7. Машины для уборки и обработки зерновых культур / И.Н. Гуров [и др.]. – М.: Машиностроение, 1964. – 512 с.
8. Трубилин, Е.И. Машины для уборки сельскохозяйственных культур. – Е.И. Трубилин, В.А. Абликов. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – 27 с.
9. Состояние и перспективы развития нетрадиционных технологий уборки и обмолота зерновых культур: отчет о НИР / ВНИИГПЭ; Ю.Г. Смирнов, А.Р. Барсов, Г.В. Борисова, Л.В. Мантейфель. – М., 1988. – № IB646.

УДК 631.358:633.521

**И.Н. Дударев**

*(Луцкий национальный  
технический университет,  
г. Луцк, Украина)*

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УБОРКИ МАСЛИЧНОГО ЛЬНА И КОНСТРУКЦИИ СРЕДСТВ ДЛЯ ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ**

### **Введение**

В результате выращивания масличного льна в климатических условиях Западного Полесья Украины можно получить, кроме семян, до 40 ц/га соломы с содержанием волокна до 21,0...23,3% [1]. Солому масличного льна целесообразно перерабатывать на однотипное волокно, которое имеет широкий спектр использования [2]. Цель традиционных технологий уборки этой культуры – получение семян. Они не предусматривают сохранения стеблевой части льна в пригодном для последующей переработки виде с целью выделения волокна.

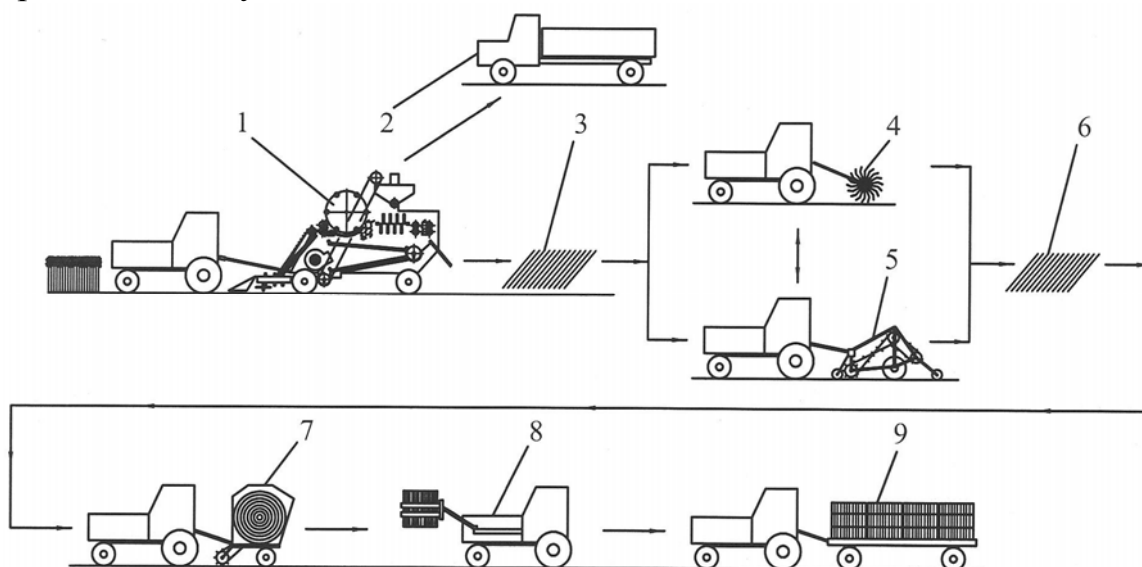
Во время разработки новой технологии уборки масличного льна необходимо учитывать, что основная составляющая урожая – это семена, а вторичная – льносолома. Поэтому необходимо обеспечить сохранение качественных показателей семян без их повреждения и потерь, а также подготовку стеблевой части урожая для получения волокна.

Внедрение новой технологии уборки масличного льна будет содействовать повышению рентабельности его выращивания, поскольку полученное сырье (семена, волокно, костра, полова) пригодно для комплексного безотходного использования.

## Основная часть

За основу новой технологии уборки масличного льна можно взять комбайновую технологию уборки льна-долгунца. Вместе с тем, масличный лен имеет анатомические и морфологические отличия от льна-долгунца, которые необходимо учитывать при разработке технологии уборки и технических средств для ее реализации.

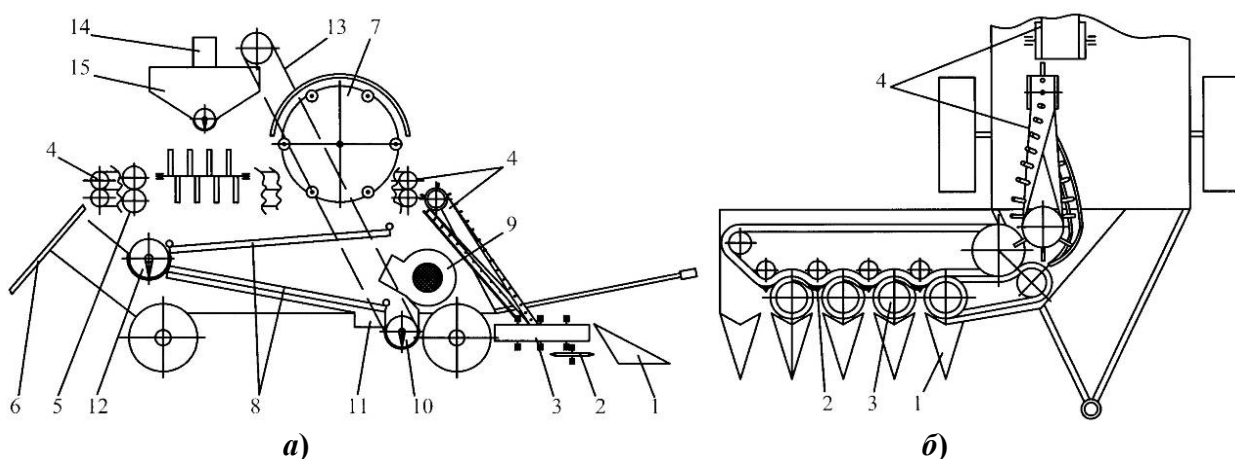
Технология уборки масличного льна [3], которая предлагается, предусматривает следующую последовательность технологических операций (рисунок 60). Льноуборочным комбайном 1 осуществляется срезание стеблей, формирование ленты параллельных стеблей и их обмолачивание. После обмолачивания ленту льносолумы плющат и расстилают на поле для вылежки. Параллельное размещение стеблей в ленте создает условия для эффективного их обмолота и проведения последующих технологических операций с ними. Плющение стеблей ускоряет процесс их превращения в тресту. После обмолачивания ленты выделенные семена проходят первичную очистку в комбайне и загружаются в транспортное средство 2, которым транспортируются в место последующей очистки и хранения. Во время вылежки ленты льносолумы 3 происходит ее оборачивание оборачивателем 5 и (или) вспушивание ворошилкой 4 с целью создания благоприятных условий для прохождения процесса вылежки 6. После вылежки льнотресту собирают рулонным пресс-подборщиком 7. Погрузчиком 8 рулоны загружают в транспортное средство 9 и доставляют на предприятие по переработке льна, где они сберегаются и перерабатываются. Все технологические операции после расстилания ленты льносолумы выполняются агрегатами, которые используются в технологии уборки льна-долгунца.



1 – льноуборочный комбайн; 2 – транспортное средство для семян; 3 – лента льносолумы; 4 – ворошилка лент; 5 – оборачиватель лент; 6 – лента льнотресты; 7 – рулонный пресс-подборщик; 8 – погрузчик рулонов; 9 – транспортное средство для рулонов льнотресты

**Рисунок 60 – Технология уборки масличного льна**

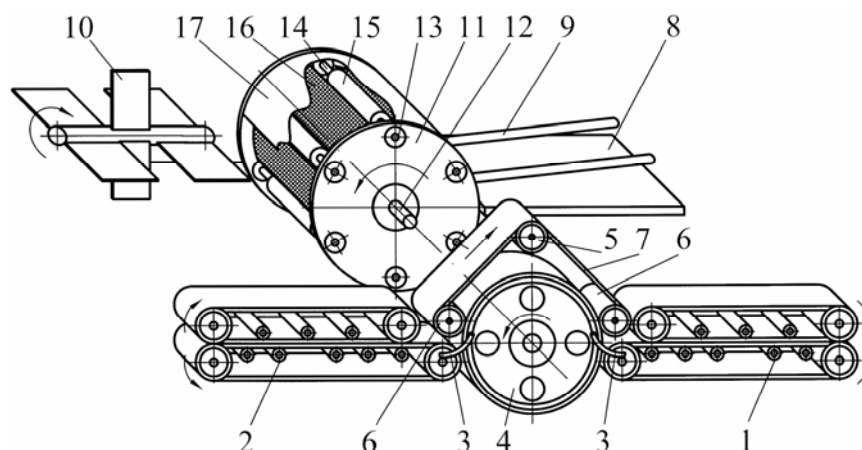
Для реализации технологии уборки масличного льна предлагается комбайн [4], который содержит уборочную часть, молотильную часть и часть для первичной очистки семян (рисунок 61). Уборочная часть состоит из делителей 1, которые формируют потоки стеблей, четырех секций резательного механизма 2 и транспортирующего механизма 3. Каждая секция сегментно-дискового резательного механизма размещена на выходе потока стеблей из пространства между делителями. Над секциями помещен транспортирующий механизм с направляющими. Комбайн также оборудован системой транспортеров 4 ленты льна, плющильными вальцами 5 для льносоломы и щитком 6 для расстила ленты льна. Молотильная часть комбайна состоит из устройства для обмолачивания ленты льна 7 и зажимных транспортеров. Часть для первичной очистки семян включает верхнее и нижнее решета 8, вентилятор 9, шнек семян 10, бункер половы 11, шнек вороха льна 12, элеватор семян 13, шнек для выгрузки семян 14 и бункер семян 15.



а) схема комбайна для уборки масличного льна; б) схема уборочной части комбайна  
 1 – делитель; 2 – резательный механизм; 3 – транспортирующий механизм; 4 – система транспортеров ленты льна; 5 – вальцы для плющения льносолом; 6 – щиток для рассти-  
 лания ленты льна; 7 – устройство для обмолачивания ленты льна; 8 – решета; 9 – вентиля-  
 тор; 10 – шнек семян; 11 – бункер половы; 12 – шнек вороха; 13 – элеватор семян;  
 14 – шнек выгрузки семян; 15 – бункер семян

**Рисунок 61 – Комбайн для уборки масличного льна**

Устройство для обмолачивания ленты льна состоит из транспортирующей и молотильной частей (рисунок 62). В состав транспортирующей части включены три зажимных транспортера 1, 2, один из которых дисковый 4. В местах перехода ленты стеблей между зажимными транспортерами установлены на-  
 правляющие 3. В состав молотильной части включены подающий стол 8, над которым предусмотрены направляющие 9, молотильный барабан и вал 10 с лопатками для доочистки ленты. Молотильный барабан состоит из двух вер-  
 тикальных дисков 11, между которыми на осях установлены вальцы 15 с про-  
 резиновой поверхностью. Между вальцами предусмотрены вставки 16, кото-  
 рые крепятся к дискам. Над барабаном установлена сплошная опорная по-  
 верхность 17, прорезиненная с внутренней стороны.



- 1, 2 – зажимные транспортеры; 3, 9 – направляющие; 4 – диск; 5, 6 – шкивы; 7 – ремень;  
 8 – стол; 10 – вал с лопатками; 11 – вертикальные диски; 12 – приводной вал;  
 13 – подшипниковые узлы; 14 – оси вращения валцов; 15 – валцы; 16 – вставки;  
 17 – опорная поверхность

**Рисунок 62 – Устройство для обмолачивания ленты масличного льна**

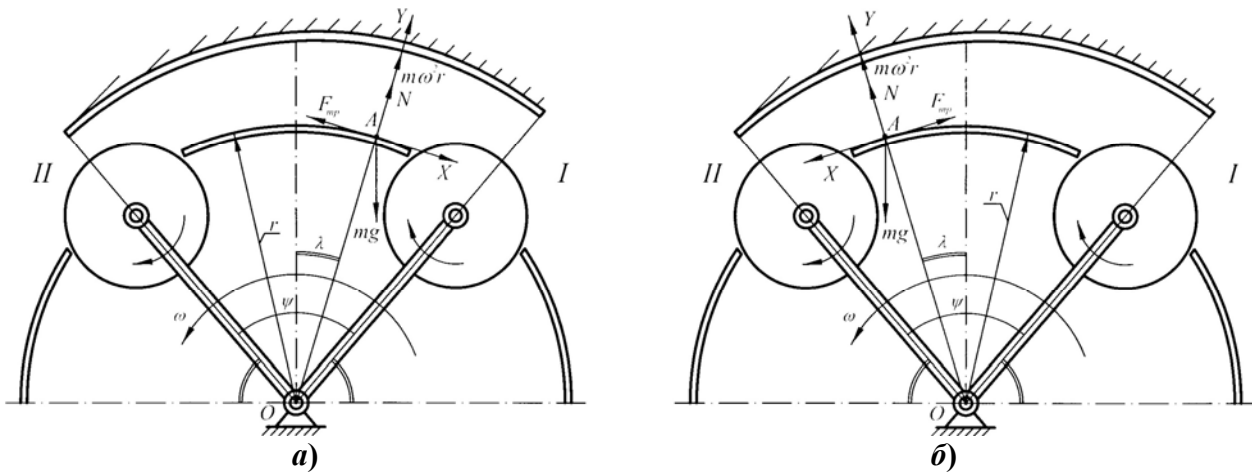
Семена и частицы семенного вороха масличного льна при обмолачивании ленты оказываются на вставках барабана. При вращении барабана семена и семенной ворох будут перемещаться поверхностью его вставок, что может приводить к накоплению частиц материала вблизи валцов и вызывать их заклинивание.

Определим значение предельного угла  $\lambda$  поворота барабана, при котором частица материала  $A$  (семена льна, семенной ворох льна), находящаяся на вставке барабана, останется в состоянии относительного покоя, то есть не будет скользить вниз. Это возможно при условии, когда все силы, которые действуют на частицу во время вращения барабана, будут взаимно уравновешены. Рассмотрим равновесие частицы материала на вставке барабана в двух положениях (рисунок 63): первый случай – частица размещена на вставке в первой половине рабочей зоны барабана (в пределах опорной поверхности), квадрант  $I$ ; второй случай – частица размещена на вставке во второй половине рабочей зоны барабана, квадрант  $II$ . Рабочая зона барабана определяется углом  $\psi$  обхвата опорной поверхностью барабана. На частицу материала в двух случаях действуют: сила тяжести  $mg$  (где  $m$  – масса частицы материала, кг;  $g$  – ускорение свободного падения,  $m/c^2$ ), направленная по вертикали вниз; сила реакции  $N$  поверхности вставки барабана, направленная по радиусу  $OA$ ; сила трения  $F_{тр}$ , направленная по касательной к поверхности вставки; центробежная сила инерции переносного движения  $m\omega^2 r$  (где  $\omega$  – угловая скорость вращения барабана,  $рад/c$ ;  $r$  – внешний радиус вставки барабана,  $m$ ), направленная по радиусу  $OA$ .

Началом подвижных координат будем считать точку  $A$  и направим ось  $AX$  перпендикулярно к радиусу  $OA$  в направлении возможного перемещения частицы, а ось  $AU$  – параллельно. Чтобы частица находилась в равновесии, сумма

проекций сил на оси  $AX$  и  $AY$  должна быть равна нулю. Таким образом, уравнения равновесия для двух случаев будут иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} mg \sin \lambda - F_{mp} &= 0; \\ m\omega^2 r + N - mg \cos \lambda &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$



а) частица материала размещена на вставке в квадранте  $I$ ;  
б) частица материала размещена на вставке в квадранте  $II$

**Рисунок 63 – Расчетная схема вставок молотильного барабана**

По первому уравнению системы (1) определим силу  $N$ , учитывая, что  $F_{mp} = fN$ :

$$N = \frac{mg \sin \lambda}{f}, \quad (2)$$

где  $f$  – коэффициент трения семенного вороха льна по поверхности вставки барабана.

Поскольку коэффициент трения равен  $f = \operatorname{tg} \varphi$  (где  $\varphi$  – угол трения семенного вороха льна по поверхности вставки барабана, град.), соответственно, из уравнения (2) получим:

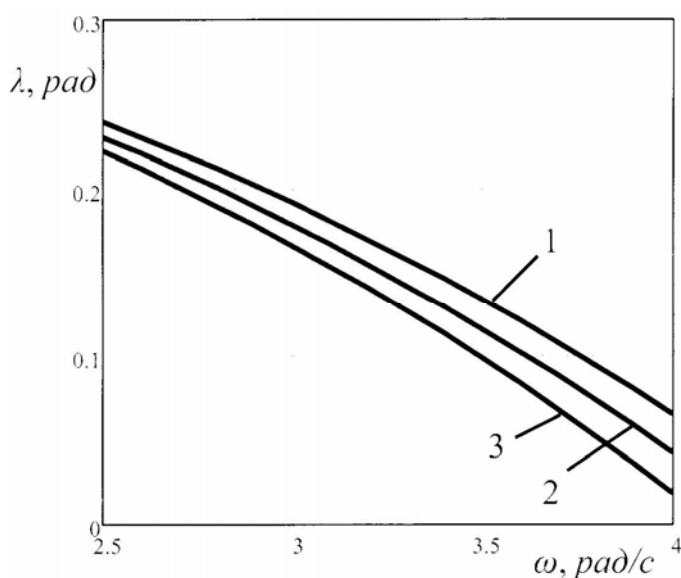
$$N = \frac{mg \sin \lambda \cos \varphi}{\sin \varphi}. \quad (3)$$

Подставляя значение силы  $N$  во второе уравнение системы (1), после преобразований получим:

$$\begin{aligned} m\omega^2 r &= mg \left( \frac{\cos \lambda \sin \varphi - \sin \lambda \cos \varphi}{\sin \varphi} \right) = mg \frac{\sin(\varphi - \lambda)}{\sin \varphi}; \\ \sin(\varphi - \lambda) &= \frac{\omega^2 r \sin \varphi}{g}, \end{aligned} \quad (4)$$

откуда

$$\lambda = \varphi - \arcsin \left( \frac{\omega^2 r \sin \varphi}{g} \right). \quad (5)$$



- 1 – внешний радиус вставки барабана  $r = 0,5$  м;  
 2 – внешний радиус вставки барабана  $r = 0,54$  м;  
 3 – внешний радиус вставки барабана  $r = 0,58$  м

**Рисунок 64 – Графические зависимости предельного угла  $\lambda$  от угловой скорости вращения молотильного барабана  $\omega$  при  $\varphi = \pi/9$**

С помощью выражения (5) построены графические зависимости  $\lambda(\omega)$  при разных значениях  $r$  (рисунок 64). Анализ графических зависимостей показывает, что значение предельного угла  $\lambda$  значительно меньше угла  $\psi/2$ . Поэтому при вращении барабана частицы семенного вороха и семена будут перемещаться вставками по направлению к вальцам. Если в квадранте I негативного влияния от накопления семенного вороха вблизи вальцов наблюдаться не будет, что обусловлено направлением их вращения, то в квадранте II накопление семенного вороха вблизи вальцов может привести к их заклиниванию в результате затягивания вороха в

зазор между вальцами и вставками барабана. Для устранения этого недостатка необходимо на вставках барабана предусмотреть накопительные ячейки для семян и семенного вороха льна. Наличие накопительных ячеек также уменьшит повреждение семян, которое возможно в результате многократного действия вальцов. Ячейки необходимо размещать на вставке со стороны входа вставки в рабочую зону молотильного барабана.

### Заключение

1. Обоснована технология уборки масличного льна, которая обеспечит возможность получения семян и льнотресты, пригодной для выделения однотипного волокна, без потерь и с сохранением качественных показателей. Предложенная технология уборки масличного льна обеспечивает комплексное безотходное использование этой культуры.

2. Предложена конструкция комбайна для уборки масличного льна, которая позволяет обеспечить уборку льна с одновременным его обмолотом и очисткой семян; кроме того, при уборке происходит формирование ленты плющеной льносолумы с параллельно размещенными стеблями, что создает благоприятные условия для последующих технологических операций.

3. По результатам теоретических исследований предложено на вставках барабана устройства для обмолачивания ленты масличного льна предусмотр-

реть накопительные ячейки для семян и семенного вороха льна, наличие которых уменьшит повреждение семян и упростит эксплуатацию устройства.

05.07.11

### Литература

1. Сай, В.А. Удосконалення технології збирання і первинної переробки стеблової частини льону олійного: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01 / В.А. Сай. – Луцьк, 2011. – 137 с.
2. Живетин, В.В. Масличный лен и его комплексное развитие / В.В. Живетин, Л.Н. Гинзбург. – М.: ЦНИИЛКА, 2000. – 389 с.
3. Dudarev, I. Reasoning of technology and design parameters of oil flax harvesting machines / I. Dudarev, R. Kirchuk // INMATEH – Agricultural engineering. – Vol. 33, No. 1/2011. – Bucharest, 2011. – P. 37-42.
4. Комбайн для збирання олійного льону: пат. 93019 Україна, МПК7 A01D45/00, A01D34/00, A01F11/00 / І.М. Дударєв; заяв. 08.10.2009; опубл. 27.12.2010 // Промислова власність. – Бюл. № 24.

УДК 677.021

**В.М. Изоитко, Е.В. Кислов,  
И.Е. Бобровская, А.А. Юшкевич**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации  
сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА МЯТЬЯ ЛЬНОТРЕСТЫ КРУПНОРИФЛЕННЫМИ ВАЛЬЦАМИ

#### Введение

Мяльная машина, входящая в поточную линию выработки длинного льноволокна, предназначена для разрушения конструкции стебля и подготовки его к дальнейшей обработке на трепальной машине с целью выделения волокна.

Для обеспечения эффективного мятья должны быть нарушены связи между волокном и древесиной с одновременным сохранением прочности волокна в процессе частичного освобождения его от костры и других неволокнистых примесей.

От того, как подготовлен сырец (промятый слой льнотресты) при мятье, в значительной степени зависит сложность и эффективность его последующей обработки в трепальной машине, а следовательно, выход и качество длинного льноволокна.

В последние годы в связи с переходом на механизированную уборку характеристика льнотресты, идущей на переработку, значительно изменилась в части растянутости слоя в рулоне, нарушения параллельности стеблей и сцепленности в комлевой и вершинной частях слоя стеблей. Требуется другие подходы к процессу мятья такой тресты, в частности усовершенствование формы рабочих органов и режимов работы оборудования.

В настоящее время на льнозаводах республики, в основном, используются мяльные машины марок М-110-Л и М-110-Л2 производства ОАО «Завод им. Г.К. Королева» (Россия). Эти машины не отвечают современным требованиям к переработке льнотресты. Отсутствие фиксации слоя в процессе его