

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ОБМОЛАЧИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ЭЛАСТИЧНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ В ЛИНИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА «VAN DOMMELE»

В. А. ЛЕВЧУК, М. В. ЦАЙЦ

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: baa\_bgd@tut.by

(Поступила в редакцию 20.01.2021)

Уборка и первичная переработка льна-долгунца является основополагающими процессами в технологии производства льняного волокна и получения семян. Имеющиеся недостатки механизированных технологий уборки и первичной переработки льна-долгунца, связанные со стремлением полностью механизировать данные процессы и увеличить производительность труда, способствовали созданию комбинированной технологии (сочетание обмолота лент льна в полевых условиях и в линии первичной переработки). Ее применение возможно при наличии полного комплекса машин и оборудования, необходимых для существующих технологических операций, что приводит к росту ресурсоемкости и эксплуатационных затрат. В осваиваемой в Республике Беларусь заводской технологии уборки и первичной переработки льна-долгунца обмолот (очес) коробочек осуществляется в линиях первичной переработки льна Van Dommele, Cheh Flax Mashinery или Depoortere. В данных линиях первичной переработки используются гребневые очесывающие аппараты с присущими им недостатками.

В статье приводятся результаты проведенных производственных испытаний разработанного в УО БГСХА обмолочивающего устройства с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки льна фирмы «Van Dommele». В результате испытаний установлено, что по сравнению с серийным гребневым рабочим органом увеличивается степень обмолота лент льна с 82 до 98,8 %, происходит снижение энергозатра на дальнейшую переработку льновороха, а также снижение травмирования и микро-повреждений семян с 1,5 до 1 %, снижение общих потерь семян с 3 до 0,9 %, повреждение стеблей, влияющее на выход длинного волокна – с 5 до 1,9 % и отход стеблей в путаницу – с 4 до 2 %.

**Ключевые слова:** лен, обмолочивающее устройство, очесывающее устройство, коробочки льна, семена льна, ворох льна, обмолот, очес, лента льна, линия первичной переработки льна.

Harvesting and primary processing of fiber flax are fundamental processes in the technology of production of flax fiber and obtaining seeds. The existing disadvantages of mechanized technologies for harvesting and primary processing of fiber flax, associated with the desire to completely mechanize these processes and increase labor productivity, contributed to the creation of a combined technology (a combination of threshing flax bands in the field and in the primary processing line). Its use is possible in the presence of a full range of machines and equipment required for existing technological operations, which leads to an increase in resource intensity and operating costs. In the factory technology of harvesting and primary processing of fiber flax, mastered in the Republic of Belarus, threshing (stripping) of bolls is carried out in the lines of primary processing of flax of Van Dommele, Cheh Flax Mashinery or Depoortere. In these lines of primary processing, ridge strippers are used with their inherent disadvantages.

The article presents results of conducted production tests of a threshing device, developed at Belarusian State Agricultural Academy, with an elastic working body in the line of primary processing of flax of the company "Van Dommele". As a result of the tests, it was found that, in comparison with the serial ridge working body, the degree of threshing of flax bands increases from 82 to 98.8 %, there is a decrease in energy consumption for further processing of flax heap, as well as a decrease in injury and micro-damage of seeds from 1.5 to 1 %, a decrease in the total loss of seeds from 3 to 0.9 %, damage to the stems, affecting the yield of long fibers – from 5 to 1.9 %, and the tangling of stems – from 4 to 2 %.

**Key words:** flax, threshing device, stripper, flax bolls, flax seeds, flax heap, threshing, stripping, flax band, flax primary processing line.

### Введение

В технологической цепочке производства льна-долгунца наиболее значимыми процессами являются уборка и первичная переработка. Имеющиеся недостатки механизированных технологий уборки и первичной переработки льна-долгунца, связанные со стремлением полностью механизировать данные процессы и увеличить производительность труда, способствовали созданию комбинированной технологии (сочетание обмолота лент льна в полевых условиях и в линии первичной переработки). Ее применение возможно при наличии полного комплекса машин и оборудования, необходимых для существующих технологических операций, что приводит к росту ресурсоемкости и эксплуатационных затрат [1]. В осваиваемой в Республике Беларусь заводской технологии уборки и первичной переработки льна-долгунца обмолот (очес) коробочек осуществляется в линиях первичной переработки льна Van Dommele, Cheh Flax Mashinery или Depoortere. В данных линиях первичной переработки используются гребневые очесывающие аппараты с присущими им недостатками [2, 3].

В связи с этим, считаем важной задачей, имеющей практическое значение для льноводства – совершенствование процесса обмолота стеблей в линии первичной переработки льна и разработка обмолочивающего устройства с целью повышения его эффективности.

Линия первичной переработки льна «Van Dommele» представляет собой совокупность последовательно установленных машин осуществляющих технологические процессы от подготовки льнотресты к переработке (загрузка и размотка рулонов льнотресты, очес (обмолочивание) коробочек

льна, выравнивание стеблей, формирования слоя) до удаления отходов трепания, обмолачивания и очистки семян, получения длинного и короткого волокна [4]. Поэтому изменение технологических параметров (скорости подачи ленты льна, равномерности слоя и т. д.) на одном участке оказывает влияние на протекание последующих процессов на других участках и на производительность всей линии в целом.

Основным фактором влияющим на производительность линии является величина массы погонного метра ленты льна. Величина массы погонного метра ленты льна является величиной непостоянной, зависящей от биологической урожайности льна, а также качества работы обслуживающего линию персонала, на участке размотки рулонов. Значение величины массы погонного метра ленты льна варьируется в пределах от 2,0 до 4,5 кг/пог.м. Однако для обеспечения требуемой производительности, заявленной производителем линии первичной переработки льна этот показатель должен составлять не менее 3 кг/пог.м.

В тоже время, величина массы погонного метра ленты оказывает влияние на качество очеса (обмолота) лент льна. Потому проводилось исследование влияния данного фактора на качественные показатели работы очесывающего (обмолачивающего) устройства.

Целью исследований являлось определение качественных и кинематических показателей процесса обмолота, необходимых для выбора основных конструктивных параметров и расчета конструкции обмолачивающего устройства.

### Основная часть

После определения рациональных значений параметров предлагаемого обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом в лабораторных условиях, проводились его производственные испытания [5, 6].

Разработанное обмолачивающее устройство было установлено в линию первичной переработки льна «Wan Dommele» ОАО «Дубровенский льнозавод» (рис. 1).

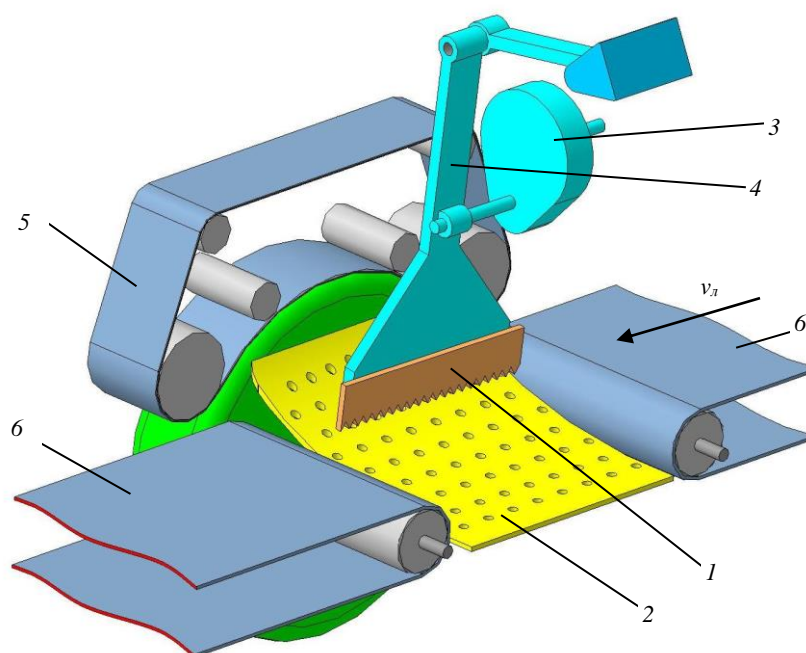


Рис. 1. Схема обмолачивающего устройства:

- 1 – эластичный рабочий орган; 2 – сепарирующая решетка (дека); 3 – эксцентрик;
- 4 – кривошипный привод; 5 – зажимной транспортер; 6 – транспортер льнотресты

Устройство содержит ленточно-дисковый зажимной транспортер 5 и аппарат для отделения семенных коробочек от стеблей льна, состоящий из эластичного рабочего органа 1, нижняя рабочая часть которого имеет зубчатую поверхность и кривошипного привода 4, свободно вращающегося на эксцентрике 3, сепарирующей решетки (деки) 2. Сепарирующая решетка 2 установлена относительно эластичного рабочего органа 1 с регулируемым зазором, уменьшающимся по направлению к выходу.

Устройство работает следующим образом: лента льна подводится транспортером льнотресты 6 к зажимному транспортеру 5, который в дальнейшем подает в зажатом состоянии ленту льна в зону обмолота. Обмолот происходит за счет удара эластичного рабочего органа 1 по верхушечной части стеблей, содержащей семенные коробочки, при протаскивании массы через молотильный зазор. Ударно-вытирающее воздействие эластичного рабочего органа при взаимодействии с обрабатываемой лентой льна приводит к разрушению связей между коробочками и стеблями, смятию коробочек и их частичное разрушение с выделением семян. Рабочая поверхность эластичного рабочего органа 1 имеет зубчатую форму, это обеспечивает внедрение зубьев в слой обрабатываемой ленты льна и вычесывание коробочек льна с внутренних слоев ленты, а также происходит частичное выравнивание стеблей, что увеличивает выход длинного волокна [7, 8, 9].

Отделённые коробочки и семена льна от ленты просыпаются сквозь отверстия в сепарирующей решетке (деке) и поступает на ленточный транспортер для дальнейшей очистки [9].

Испытания проводились на ленте льна, полученной при уборке льна-долгунца сорта «Грант» по раздельной технологии. Характеристики ленты льна применяемой при проведении производственных испытаний представлена в таблице.

**Характеристика ленты льна**

Показатель	Значение показателя
Культура, сорт	лен-долгунец, «Грант»
Фаза спелости льна	Льнотреста
Спелость коробочек по семенам, %:	
- желтые	7
- бурые	93
Влажность, %:	
- стеблей	14
- коробочек	12
- сорняков	15,5
Зона расположения коробочек в стеблестое, м	0,13
Высота расположения зоны коробочек, м	0,6
Общая длина стебля, м	0,73
Засоренность ленты льна сорняками, %	3,04
Средний диаметр стебля, мм	1,15
Растянутасть ленты льна	1,25

Лента льна подаваемая на обмолот формировалась из рулонов с помощью размотчика рулонов, а в последующем вручную оператором линии на участке подготовки льнотресты устранялись дефекты. При этом погонный метр ленты льна изменялся в пределах от 2 до 4,5 кг/пог.м.

В результате обмолота ленты льна (рис. 2) предлагаемым обмолачивающим устройством с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки получали обмолоченную ленту (рис. 3, а) и ворох льна (рис. 3, б).



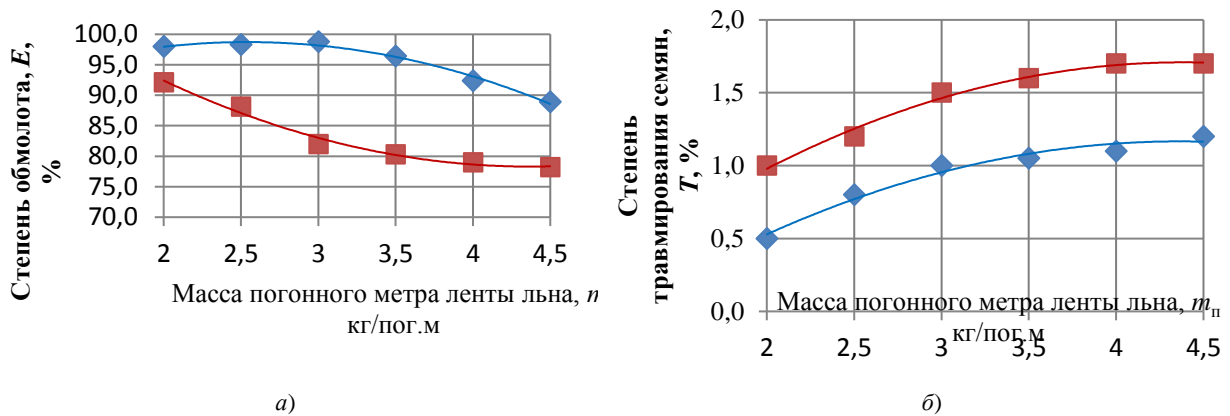
Рис. 2. Вид ленты льна подаваемой на обмолот

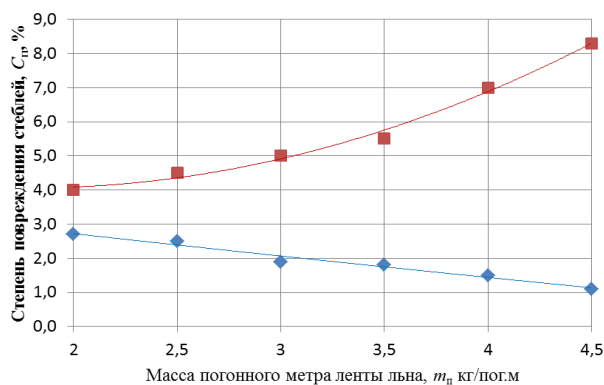


Рис. 3. Результаты применение обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом:  
 а) – вид ленты льна после обмолота; б) – ворох льна полученный после обмолота

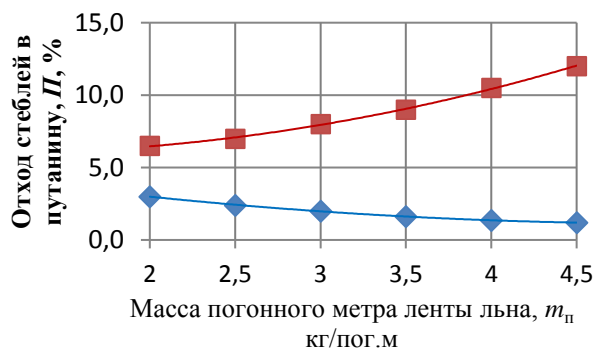
Графические зависимости, полученные в результате проведения производственных испытаний представлены на рис. 4.12...4.15.

Анализируя графическую зависимость (рис. 4, а) можно сделать вывод, что при увеличении массы погонного метра ленты льна, снижается степень обмолота как при использовании серийного гребневого рабочего органа так и разработанного эластичного рабочего органа. При этом изменение степени обмолота эластичным рабочим органом происходит по выпуклой кривой. Максимальное значение степени обмолота 98,8 % достигается при массе погонного метра 3 кг/пог.м. При массе от 2,5 до 2 кг/пог.м наблюдается незначительное снижение степени обмолота, это объясняется недостаточным давлением эластичного бича при взаимодействии с лентой льна, в следствии ее недостаточной толщины. На участке от 3 до 4,5 кг/пог.м кривая имеет вид убывающей выпуклой, степень обмолота снижается до 88 %. Это объясняется растущей толщиной обрабатываемого слоя. Чем больше толщина подаваемой на обмолот ленты льна, тем ниже показатель проникаемости зубчатого бича в обрабатываемый слой, тем самым снижается уплотняющая способность бича. Изменение степени обмолота серийным гребневым рабочим органом происходит по убывающей вогнутой кривой, что объясняется увеличением плотности в межзубовом пространстве с увеличением массы погонного метра ленты льна. При массе погонного метра от 2 до 3 кг/пог.м плотность ленты не большая и при рабочем движении гребенки, коробочки проскальзывают сквозь систему зубьев. При массе погонного метра более 3 кг/пог.м создается достаточная плотность обрабатываемой ленты и дальнейшее снижение степени обмолота происходит главным образом за счет превышения высоты слоя ленты. Степень обмолота при нормированном значении массы погонного метра ленты льна 3 кг/пог.м составила 82,2 %.





в)



г)

—◆— эластичный рабочий орган;

—■— гребневый рабочий орган.

Рис. 4. Зависимость степени обмолота лент льна а), степени травмирования семян б), степени повреждения стеблей в) и отхода стеблей в путанину г) от массы погонного метра подаваемого на обмолот

Анализируя графическую зависимость (рис. 4, б), можно сделать вывод, что степень травмирования семян в обоих случаях увеличивается с увеличением массы погонного метра ленты льна подаваемой на обмолот. Травмирование семян при обмолоте эластичным рабочим органом наблюдается в нижних слоях ленты, при взаимодействии с металлической поверхностью сепарирующей решетки (деки). У эластичного рабочего органа степень травмирования семян во всем диапазоне исследования ниже чем у гребневого, что связано со свойствами материала, из которого изготовлен рабочий орган. Металлическая поверхность серийного гребневого рабочего органа травмирует семян в большей степени, чем полиуретановая – эластичного рабочего органа.

Анализируя графическую зависимость (рис. 4, в), можно сделать вывод, что степень повреждения стеблей при использовании эластичного рабочего органа с увеличением массы погонного метра ленты льна подаваемой на обмолот уменьшается. Это объясняется тем что, повреждение стеблей происходит главным образом из-за разрывных сил, создаваемых эластичным рабочим органом в верхних слоях обрабатываемой ленты льна. Чем толще слой ленты льна, тем меньше процент стеблей льна непосредственно контактирующих с рабочим органом. При использовании гребневого рабочего органа с увеличением массы погонного метра увеличивается степень повреждения стеблей. Что связано с защемлением порций стеблей в межзубовом пространстве и их последующем прочесывании. С увеличением массы погонного метра ленты льна подаваемой на обмолот увеличивается и степень зажатия порций стеблей льна зубьями гребневого обмолачивающего устройства. Степень повреждения стеблей льна при нормированном значении массы погонного метра ленты льна 3 кг/пог.м составила для эластичного и гребневого рабочих органов соответственно 1,9 % и 5,0 %.

Анализируя графическую зависимость (рис. 4, г), можно сделать вывод, что степень отхода стеблей в путанину при использовании эластичного рабочего органа с увеличением массы погонного метра ленты льна, подаваемой на обмолот, уменьшается. Это объясняется тем что, выдергивание стеблей из зажимного транспортера происходит главным образом из-за продольных сил создаваемых эластичным рабочим органом в верхних слоях обрабатываемой ленты льна за счет зубчатой рабочей поверхности и сил трения. Чем толще слой ленты льна, тем меньше процент стеблей льна непосредственно контактирующих с рабочим органом. При использовании гребневого рабочего органа с увеличением массы погонного метра увеличивается степень отхода стеблей в путанину. Проникновение системы зубьев гребневого рабочего органа сквозь весь слой стеблей, разделение его на полоски, в процессе принудительного прочесывания последних с исправлением дефектов ориентации и нарушением связей между стеблями и спутавшимися коробочками приводит к выдергиванию сцепленных между собой стеблей льна. Степень отхода стеблей льна в путанину при нормированном значении массы погонного метра ленты льна 3 кг/пог.м составила для эластичного и гребневого рабочих органов соответственно 2,0 % и 8,0 %.

### Заключение

В результате проведенных производственных исследований параметров и режимов работы обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки льна фирмы «Van Dommele», установлено, что по сравнению с серийным гребневым рабочим органом увели-

чивается степень обмолота лент льна с 82 до 98,8 %, происходит снижение энергозатрат на дальнейшую переработку льновороха, а также снижение травмирования и микроповреждений семян с 1,5 до 1 %, снижение общих потерь семян с 3 до 0,9 %, повреждение стеблей, влияющее на выход длинного волокна – с 5 до 1,9 % и отход стеблей в путанину – с 4 до 2 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шаршунов, В. А. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук. – Вестник БГСХА. – 2017. – №2. – С. 137–141.
2. Шаршунов, В. А. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук. – Вестник БГСХА. – 2017. – №4. – С. 174–180.
3. Шаршунов, В. А. Исследование обмолачивающего устройства в линии первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, В. Е. Кругленя, А. С. Алексеенко, В. А. Левчук, М. В. Цайц, 2015 // Весці НАН Беларусі. Сер. аграр. навук. – № 3. – С. 112–117.
4. Иванюк, Д. В. Обоснование рациональных конструкций бильных планок трепальных барабанов: дис....канд. техн. наук: 05.02.13. / Д. В. Иванюк. – Кострома, 2012. – 150 с.
5. ГОСТ 27502–83. Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений. Взамен ГОСТ 17510–79; Введ. 01.07.84. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 23 с.
6. ОСТ 70.2.8–82. Испытания сельскохозяйственной техники. Надежность. Сбор и обработка информации. – М., – 1982. – 245 с.
7. Устройство для отделения семенных коробочек от стеблей льна: пат. 7224 Респ. Беларусь, МПК А 01F 11/00 / В. Е. Кругленя, М. В. Лёвкин, В. И. Коцуба, С.Н. Крепочин, В.А. Левчук; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № u 20100607; заявл. 06.07.10 ; опубл. 02.02.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 2 – С. 154.
8. Устройство для выделения семян из ленты льна: пат. 8183 Респ. Беларусь, МПК А01D 45/06 / В. Е. Кругленя, М. В. Лёвкин, В. А. Левчук; заявитель УО «БГСХА». – № u 20110743; заявл. 29.09.11 ; опубл. 30.04.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – №2 – С. 197.
9. Обмолачивающее устройство ленты льна: пат. 8332 Респ. Беларусь, МПК А01F 11/02 / В. Е. Кругленя, М. В. Лёвкин, В. А. Левчук; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № u 20110745; заявл. 29.09.11 ; опубл. 30.06.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – №3. – С. 196.