

УДК 631.36:633.521

ОБОСНОВАНИЕ СКОРОСТИ ЗАЖИМНОГО ТРАНСПОРТЕРА ОБМОЛАЧИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЛИНИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА

С.В. Курзенков,

доцент каф. высшей математики и физики БГСХА, канд. техн. наук, доцент

В.А. Левчук,

ст. преподаватель каф. технического сервиса и общинженерных дисциплин БГСХА

М.В. Цайц,

ст. преподаватель каф. безопасности жизнедеятельности БГСХА, магистр техн. наук

В статье представлен теоретический анализ взаимодействия обмолачивающего устройства с лентой льна. Для повышения качества отделения семенной части от стеблей разработано обмолачивающее устройство, сочетающее очесывающе-плющильное воздействие эластичного органа при взаимодействии с верхушечной частью ленты льна, находящейся в зазоре между сепарирующей решеткой и эластичным зубчатым бичом. Разработана методика и проведены экспериментальные исследования по определению величины смещения ленты льна за единицу времени, соответствующему времени сжатия и удержания стеблей льна бичом в начале воздействия его на ленту льна, и угла изгиба стебля до начала его разрыва. Полученные результаты позволили установить для конструкции предлагаемого обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом значения предельной величины скорости зажимного транспортера.

Ключевые слова: лен, обмолачивающее устройство, коробочки льна, лента стеблей льна, зажимной транспортер, эластичный бич, траектория движения, разрыв стеблей.

The article presents a theoretical analysis of the interaction of the threshing device with a flax ribbon. To improve the quality of seed separation from the stems, a threshing device has been developed that combines the hatching and flattening effect of an elastic organ while interacting with the apical part of the flax ribbon located in the gap between the separating grate and the elastic toothed whip. A technique has been developed and experimental studies have been carried out to determine the displacement of the flax ribbon per unit of time corresponding to the time of compression and retention of flax stems by a whip at the beginning of its impact on the flax ribbon, and the angle of bending of the stem before its rupture. The results obtained made it possible to establish the design of the proposed threshing device with an elastic working body the values of the maximum speed of the clamping conveyor.

Key words: flax, threshing device, flax boxes, flax stem tape, clamping conveyor, elastic whip, movement trajectory, rupture of stems.

Введение

Обмолот имеет важное значение в комплексе уборочных работ и первичной переработки льна-долгунца, поскольку в зависимости от применяемой технологии может осуществляться как в поле, так и в линии первичной переработки льна Van Dommele или Depoortere. От уровня его совершенства зависит величина урожая, размер потерь, качество льнопродукции, трудоемкость и энергоемкость сушки и обработки льновороха [1-4].

В целях повышения качества отделения семенной части от стеблей в линии первичной переработки в УО БГСХА разработано обмолачивающее устройство, сочетающее комбинированное очесывающе-плющильное воздействие эластичного рабочего органа (бича) при взаимодействии с верхушечной частью ленты льна, находящейся в рабочем (молотильном)

зазоре (между сепарирующей решеткой и эластичным зубчатым бичом) [5- 8]. В процессе отделения семян от стеблей льна разработанным устройством, лента льна движется транспортером в зоне обмолота в зажатом в комлевой части стеблей состоянии. В нижней части зоны обмолота жестко закреплена сепарирующая решетка (дека), а в верхней – расположен кривошипный механизм, обеспечивающий движение эластичного рабочего органа (бича) по некоторой криволинейной траектории [4-8]. Движение бича производится поперек транспортируемой ленты льна по направлению от зажимного транспортера. Качество работы обмолачивающего устройства зависит от согласованности скорости подаваемой на обмолот ленты льна, ширины рабочего органа и частоты его воздействия на обрабатываемый материал.

Основная часть

Рассмотрим схему для обоснования скорости ленты льна, представленную на рисунке 1.

Лента стеблей льна 2 при обмолоте удерживается зажимным транспортером 1 на участке $L_{зт}$ на расстоянии $L_{кс}$ от корней. На участке $L_{ст}$ происходит воздействие рабочего органа (бича) при обмолоте, а между участками $L_{зт}$ и $L_{ст}$ образуется участок $L_{мз}$ «мертвая зона». Участок ленты льна $L_{ст}$ содержит в себе семенные коробочки, которые необходимо отделить от стеблей или разрушить обмолачивающим устройством.

Очевидно, что скорость зажимного транспортера I и скорость ленты стеблей – это тождественные понятия $v_{тр} = v_l$ при условии стабильного и непрерывного протекания процесса обмолота.

Стабильность и непрерывность протекания изучаемого процесса обмолота семенных коробочек льна подразумевает, в том числе, и отсутствие обрыва стеблей при их движении и защемлении между декой и бичом в рабочей зоне его воздействия.

Ранее было установлено, что траектория движения бича, определяемая координатой точки C , представляет собой систему параметрических уравнений [9]:

$$\begin{cases} x_C(t) = \frac{(l+l_1) \cdot R \cdot \cos(\omega t) - l_1 \cdot (a - R_1 \cdot \cos(\delta(t)))}{l}, \\ y_C(t) = \frac{(l+l_1) \cdot R \cdot \sin(\omega t) - l_1 \cdot (b + R_1 \cdot \sin(\delta(t)))}{l}. \end{cases} \quad (1)$$

Интерпретировав систему уравнений (1) графически при фиксированных значениях длины кривошипа ($R = 0,3$ м), длины шатуна ($l + l_1 = 0,808 + 0,4 = 1,208$ м), длины коромысла ($R_1 = 0,95$ м), горизонтальное смещение точки крепления коромысла R_1 относительно центра вращения кривошипа ($a = 0,95$ м), вертикальное смещение точки крепления коромысла R_1 относительно центра вращения кривошипа ($b = 0,75$ м) совместили полученный график с точкой начала взаимодействия бича с лентой льна (точка A) на схеме. При этом анализ изменения скорости рабочего органа (точки C) [9] показал, что ее скорость в крайнем левом положении траектории движения (соответствующая точке A) имеет наименьшее значение, а проекция скорости бича на ось Ox близка к нулю. С некоторым допущением, можем предположить, что на протяжении времени Δt бич не перемещается по оси Ox , а удерживает в сжатом состоянии ленту стеблей льна. В то же время зажимной транспортер продолжает перемещать ленту

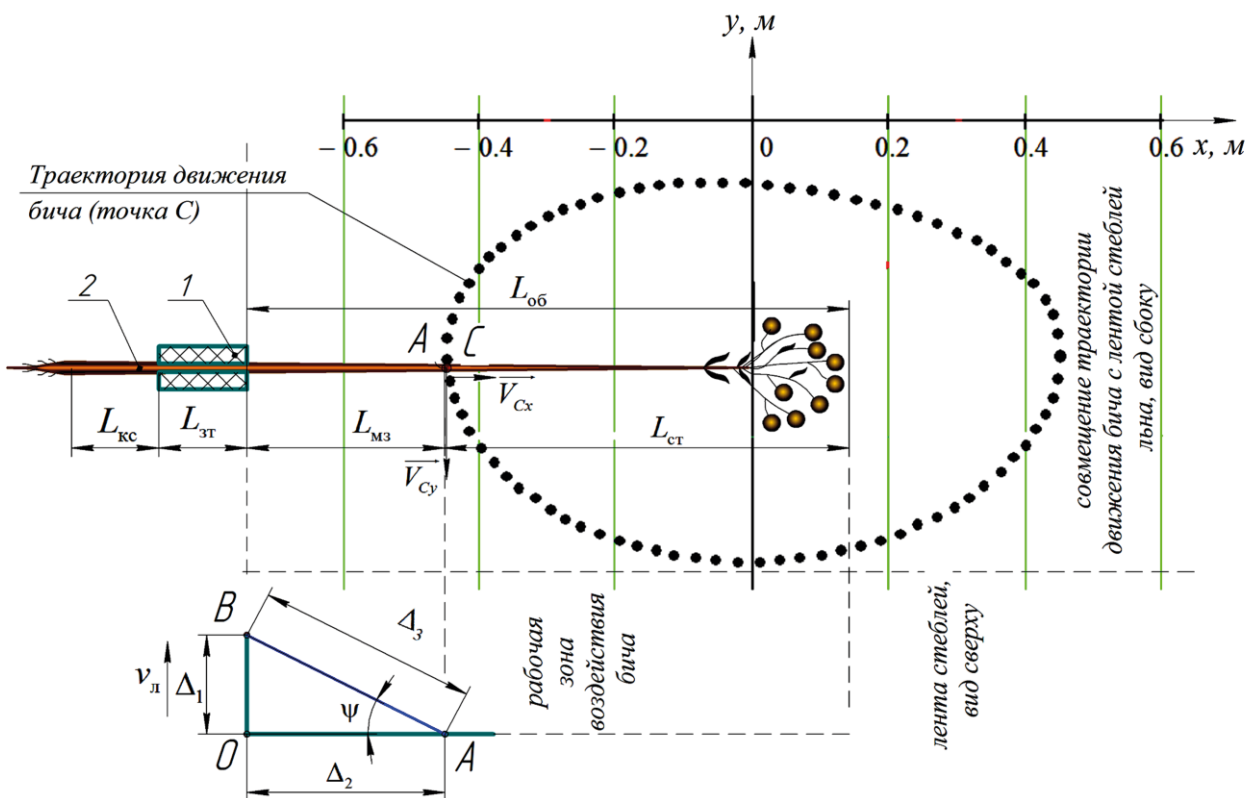


Рисунок 1. Схема к определению скорости ленты льна:

- 1 – зажимной транспортер; 2 – стебель льна; $L_{кс}$ – комлевая часть стебля; $L_{зт}$ – участок стебля в зажимном транспортере; $L_{мз}$ – участок стебля льна между участками $L_{зт}$ и $L_{ст}$ («мертвая зона»); $L_{ст}$ – участок стебля, подверженный воздействию рабочего органа (бича) при обмолоте; $L_{об}$ – длина обрабатываемого участка стебля льна

льна, что может привести к обрыву стеблей льна, а соответственно, и к потере качества льноволокна.

На схеме (рис. 1) Δ_1 – смещение ленты льна за единицу времени Δt , соответствующая времени сжатия и удержания стеблей льна бичом в начале воздействия его на ленту льна в точке A , м; Δ_2 – расстояние от зажимного транспортера до точки A («мертвая зона»), м; Δ_3 – минимально-возможная величина смещения по диагонали, при которой происходит обрыв стебля при зажатии его в месте соприкосновения (точка A) бича с декой, м.

Нетрудно заметить, что

$$\Delta_1 = \frac{v_{\text{тр}}}{\Delta t} = \frac{v_{\text{л}}}{\Delta t}. \quad (2)$$

Параметр Δ_2 определяется по формуле:

$$\Delta_2 = L_{\text{мз}} = L_{\text{об}} - L_{\text{ст}}, \quad (3)$$

где $L_{\text{об}}$ – длина обрабатываемого участка стебля льна, м;

$L_{\text{ст}}$ – участок стебля, подверженный воздействию рабочего органа (бича) при обмолаоте, м.

Величина $L_{\text{ст}}$ должна быть больше величины зоны расположения семенных коробочек в ленте льна.

Из выражения (2) следует

$$v_{\text{л}} = \frac{\Delta_1}{\Delta t}. \quad (4)$$

С целью определения величины Δ_1 была изготовлена лабораторная установка, схема и общий вид которой представлены на рисунке 2.

Установка представляет собой сплошную плиту 1. На плите 1 жестко закреплены опоры 2, в которые установлены две направляющие 7 подвижной каретки 4. Для плавного перемещения подвижной каретки 4 на правой опоре установлен ручной механизм натяжения 5, соединенный с кареткой 4 посредством тросика 6. Параллельно перемещению каретки 4 нанесена

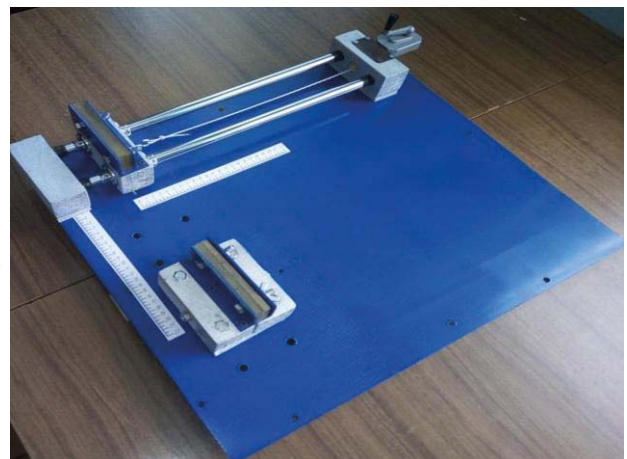
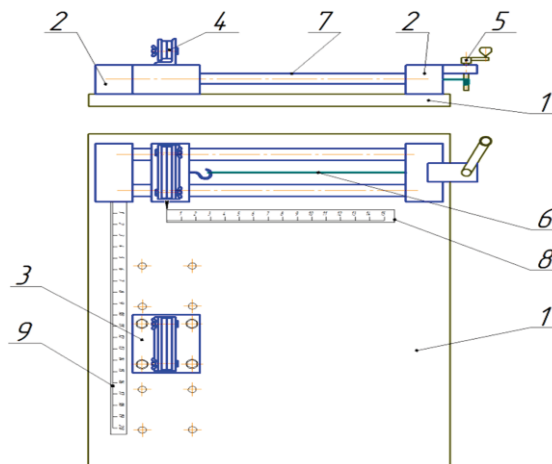
на шкала 8 с нулем в крайнем левом положении каретки 4. На плите 1 также установлена переставная каретка 3, таким образом, что перемещения каретки 4 и каретки 3 взаимно перпендикулярны. Для перемещения каретки 3 в плите 1 предусмотрены отверстия. Параллельно перемещению каретки 3 нанесена шкала 9. На каретках 3 и 4 предусмотрены зажимные устройства стеблей льна, каждое из которых состоит из двух металлических пластин и двух полиуретановых пластин.

Опыты проводили следующим образом. В процессе проведения исследований переставная каретка 3 устанавливалась на расстоянии 0,05 м, 0,10 м, 0,15 м и 0,20 м от передвигной каретки 4. Зажимные устройства устанавливались соосно, затем в них, между полиуретановыми пластинами, укладывался стебель льна и фиксировался зажимными винтами. Измерение диаметра стебля льна производили в зажатом состоянии в наиболее тонком месте с помощью электронного штангенциркуля с точностью до 0,01 мм. Затем, вращая рукоятку механизма натяжения 5, плавно перемещали передвигную каретку 4 по направляющим 7. При этом стебель льна изгибался и растягивался до момента разрыва стебля льна. Начало разрыва стебля льна фиксировалось по шкале 8 линейки ГОСТ 5094-74 с точностью до 1 мм.

Для определения величины Δ_1 были заготовлены опытные образцы льна из рулонов льнотресты на льнозаводе ОАО «Горкилен». Исследуемые образцы стеблей льна имели влажность 13-15 %. Значения диаметров стеблей колебались в пределах 0,39-2,17 мм, а их длина – 420-680 мм.

Исследования проводились в студенческой научно-исследовательской лаборатории «Ресурсосберегающие технологии переработки льна» на кафедре безопасности жизнедеятельности БГСХА.

В результате исследований получено 100 значе-



а)

б)

Рисунок 2. Установка для определения параметра Δ_1 :

а – схема установки; б – общий вид установки; 1 – плита; 2 – опоры; 3 – переставная каретка; 4 – передвигная каретка; 5 – механизм натяжения; 6 – тросик; 7 – направляющие; 8 – шкала передвигной каретки; 9 – шкала переставной каретки

ний величины Δ_1 и 100 расчетных значений угла изгиба стеблей льна ψ при различных значениях диаметра стебля льна $d_{ст}$ в наиболее тонком месте исследуемого участка стебля.

Точечные графики величины Δ_1 и угла изгиба стеблей льна ψ и соответствующие им линии тренда, учитывающие зависимости их значений от диаметра стебля льна в наиболее тонком месте исследуемого участка стебля (фактор влияния), представлены на рисунке 3.

Статистическую обработку полученных данных проводим в Microsoft Excel с помощью надстройки «Анализ данных», «Однофакторный дисперсионный анализ» [10]. В результате оценки установлена доля влияния фактора (диаметр стебля) на величину Δ_1 и угол ψ : при величине $\Delta_2 = 0,05$ м – 91,6 %; $\Delta_2 = 0,10$ м – 96,0 %; $\Delta_2 = 0,15$ м – 96,8 %; $\Delta_2 = 0,20$ м – 96,4 %.

Средние значения показателей величины Δ_1 и угла изгиба стебля льна ψ для различных величин Δ_2 приведены в таблице 1.

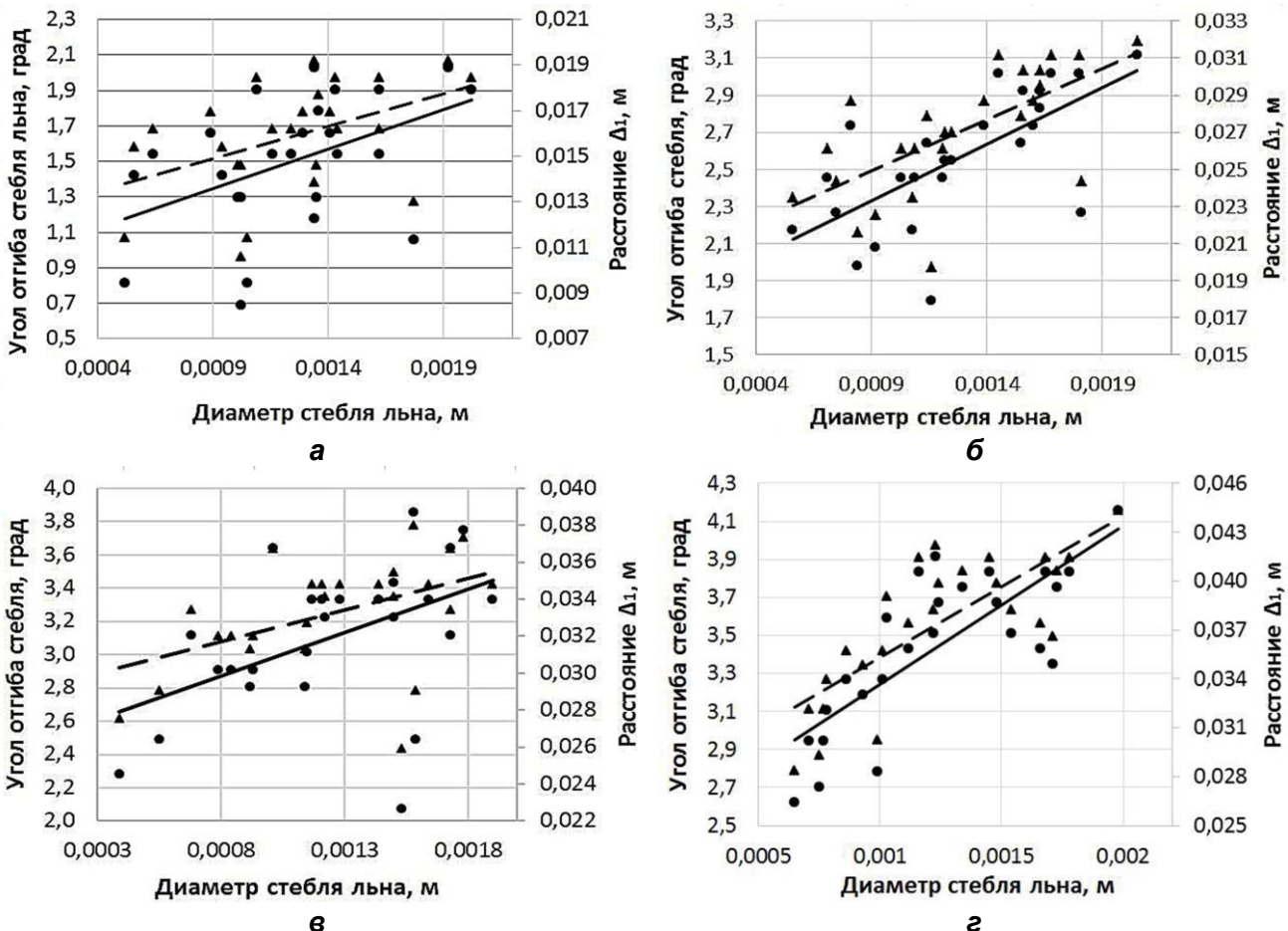
Рассчитанный коэффициент корреляции между показателями Δ_1 и ψ составил 0,999, что свидетель-

Таблица 1. Средние значения показателей

Наименование параметра	Величина Δ_2 , м			
	0,05	0,1	0,15	0,2
Путь, пройденный транспортером Δ_1 , м	0,015	0,026	0,032	0,036
Угол изгиба стебля льна ψ , град	16,4	27,0	32,5	35,6

ствует о сильной прямой связи между ними, и при проведении расчетов можно воспользоваться одним из них. Также следует отметить, что изменение параметров Δ_1 и ψ в зависимости от величины «мертвой зоны» Δ_2 нелинейно. Угол изгиба более значителен при величине «мертвой зоны» 0,2 м, чем при 0,05 м.

Анализ параметрических уравнений (1) позволяет сделать вывод о том, что в зависимости от конфигурации расположения ленты льна относительно траектории движения бича и частоты вращения приводного кривошипа, время Δt сжатия и удержания стеблей льна в точке А имеет относительно большой диапазон. Для частоты вращения приводного кривошипа



— линия тренда величины Δ_1 от диаметра стебля льна;
- - линия тренда угла изгиба ψ от диаметра стебля льна;

Рисунок 3. Точечные графики величины Δ_1 и угла изгиба стеблей льна ψ и линии трендов их значений от диаметра стебля льна $d_{ст}$:

а – при $\Delta_2 = 0,05$ м; б – при $\Delta_2 = 0,10$ м; в – при $\Delta_2 = 0,15$ м; г – при $\Delta_2 = 0,20$ м

от 100 до 200 об/мин время Δt составляет от 0,015 до 0,045 с. Графики изменения скорости зажимного транспортера, определяемой по выражению (4) в зависимости от величины «мертвой зоны» Δ_2 и времени Δt представлены на рисунке 4.

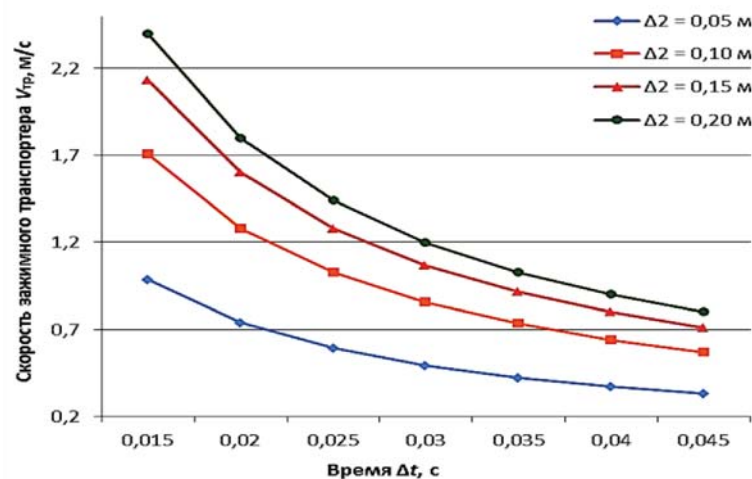


Рисунок 4. График зависимости скорости зажимного транспортера $v_{тр}$ от времени сжатия и удержания стеблей льна в точке A Δt

Для конструкции предлагаемого обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом минимальная величина «мертвой зоны», обусловленная конструктивными особенностями, составляет 0,08 м, а ее максимальное значение обусловлено технологическим процессом, и зависит от зоны расположения коробочек в ленте, и из выражения (3) равна 0,15 м. Из графических зависимостей (рис. 4) можно определить, что данным значениям величин «мертвой зоны» соответствует скорость зажимного транспортера $v_{тр} = 1,2 \dots 2,0$ м/с.

Заключение

Проведен теоретический анализ начального этапа взаимодействия обмолачивающего устройства с лентой льна. Установлено, что вертикальная составляющая скорости эластичного бича в начале взаимодействия с лентой (этап сжатия и удержания ленты льна) многократно превышает горизонтальную составляющую, которая, в свою очередь, близка к нулю. При постоянной и непрерывной скорости движения зажимного транспортера такое положение может привести к обрыву стеблей льна, а соответственно, и к потере качества волокна.

Установлены закономерности изменения угла изгиба стеблей и предельной величины смещения ленты льна за единицу времени, соответствующей времени сжатия и удержания их бичом в начале воздействия на ленту от диаметра стеблей в наиболее тонком месте исследуемого участка и различных значениях величины «мертвой зоны»:

– при величине «мертвой зоны» 0,05 м и диаметре стеблей льна 0,0004 – 0,002 м расстояние Δ_1 составило 0,0114 – 0,0175 м, а угол изгиба стебля льна – 13,4 – 19,3°;

– при величине «мертвой зоны» 0,10 м и диаметре стеблей льна 0,0004 – 0,002 м расстояние Δ_1 составило 0,022 – 0,0303 м, а угол изгиба стебля льна – 23 – 31,2°;

– при величине «мертвой зоны» 0,15 м и диаметре стеблей льна 0,00035–0,0019 м расстояние Δ_1 составило 0,028 – 0,0353 м, а угол изгиба стебля льна – 29 – 35,2°;

– при величине «мертвой зоны» 0,20 м и диаметре стеблей льна 0,0006 – 0,002 м расстояние Δ_1 составило 0,03 – 0,044 м, а угол изгиба стебля льна – 31,2 – 41,2°.

Полученные результаты позволили установить для конструкции предлагаемого обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом предельные значения скорости зажимного транспортера:

– при величине «мертвой зоны» 0,08 м – 1,2 м/с;

– при величине «мертвой зоны» 0,15 м – 2,0 м/с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шаршунов, В.А. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна: монография / В.А. Шаршунов [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 156 с.
2. 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.
3. 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.
4. Исследование обмолачивающего устройства в линии первичной переработки льна / В.А. Шаршунов [и др.] // Весці НАН Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2015. – № 3. – С. 112-117.
5. Устройство для отделения семенных коробочек от стеблей льна: пат. 7224 Респ. Беларусь, МПК А01F 11/00 / В.Е. Кругленя, М.В. Лёвкин, В.И. Коцуба, С.Н. Крепочин, В.А. Левчук; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № и 20100607; заявл. 06.07.10; опубл. 02.02.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 2 – С. 154.
6. 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». – № и 20110743; заявл. 29.09.11;

опубл. 30.04.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – №2 – С. 197.

7. Обмолачивающее устройство ленты льна: пат. 8332 Респ. Беларусь, МПК А01F 11/02 / В.Е. Круглень, М.В. Лёвкин, В.А. Левчук; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № и 20110745; заявл. 29.09.11; опубл. 30.06.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – №3. – С. 196.

8. Устройство для обмолота коробочек льна: пат. 8494 Респ. Беларусь, МПК А01F 11/02 / В.Е. Круглень, М.В. Лёвкин, В.А. Левчук; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № и 20110746; заявл. 29.09.11; опубл. 04.08.12

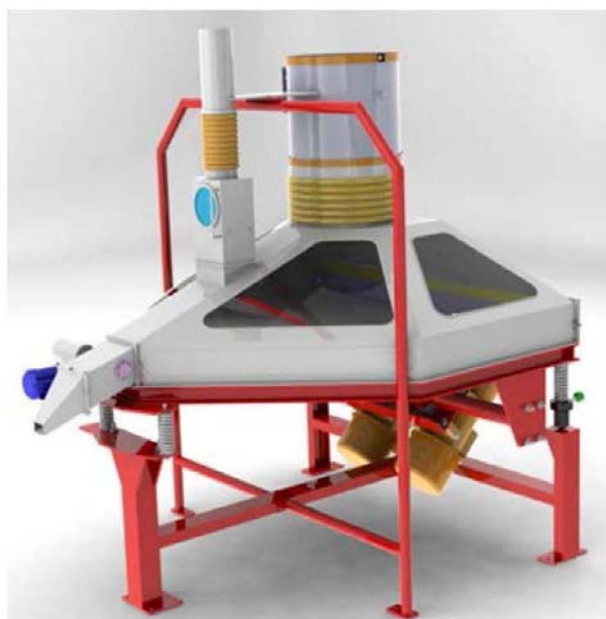
// Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – №4. – С. 177.

9. Уравнения траектории движения рабочего органа обмолачивающего устройства колебательного типа линии первичной переработки льна «Van Dommele» / В.А. Шаршунов [и др.] // Вестник БГСХА. – 2017. – № 4. – С. 164-168.

10. Применение математических методов и ЭВМ. Планирование и обработка результатов эксперимента: учеб. пособие / В.П. Останин [и др.]; под общ. ред. А.Н. Основина. – Минск: Выш. шк., 1989. – 218 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 14.02.2022

Сепаратор вибропневматический



пластин, снижающих потери годного зерна с отходами.

Предназначен для очистки зерновой массы от трудноотделимых примесей на зерноперерабатывающих предприятиях, элеваторах, комбикормовых заводах. Также может быть использован для подготовки семенного материала с целью предотвращения заражения спорыньей зерна будущего урожая на семенных станциях и в фермерских хозяйствах.

Применение в технологических линиях очистки зерна разработанного сепаратора позволит повысить эффективность очистки зерна от трудноотделимых примесей за счет системы периодического вывода фракции примесей, а также комплекта отражающих и отбойных

Основные технические данные

Производительность, т/ч до	6
Коэффициент очистки, % до	95
Площадь ситовой поверхности, м ²	3,16
Диапазон регулировки угла наклона деки, град	2-8
Амплитуда колебаний, мм	2,5-3
Расход воздуха, м ³ /ч	10000
Установленная мощность привода, кВт	2×0,18
Диапазон регулировки частоты вращения электровибраторов, мин ⁻¹	800-1650
Разрежение в рабочей камере, Па	500-700
Габаритные размеры, мм (д ш в)	2240 2100 1960
Масса сепаратора, кг, не более	510