

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОЛОТИЛЬНОГО ЗАЗОРА ОБМОЛАЧИВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ЛИНИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА

С. В. КУРЗЕНКОВ, 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 25.02.2022)

Обеспечение льноводческих хозяйств семенами высоких посевных кондиций районированных сортов, которые наиболее полно соответствуют почвенно-климатическим условиям республики, приобретают особую значимость. По причине низкой всхожести и урожайности льносемян практически все льносеющие хозяйства вынуждены производить пригодные для посева семена. Несмотря на то, что основной технологией получения посевного материала является комбайновая, риски потери урожая из-за неблагоприятных погодных условий вынуждают изыскивать дополнительные резервы получения семенного материала. Одним из таких резервов может стать выделение семян льна из льнотресты в процессе очеса (обмолота) в линии первичной переработки льна. Основопологающим технологическим процессом получения семян является процесс обмолота. От уровня его совершенства, зависит величина урожая, размер потерь, качество льнопродукции.

С целью получения семян в линии первичной переработки в УО БГСХА разработано обмолачивающее устройство сочетающее комбинированное очесывающее-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). От правильно выставленного молотильного зазора между бичом и декой зависит не только полнота отделения семенной части от стеблей, но степень травмирования семян льна, а значит и возможность применения их в качестве посевного материала.

В статье получены аналитическая зависимость позволяющая определить предельную величину сжатия семенной коробочки льна, с точки зрения нетравмирования семян находящихся в ней, и аналитическая зависимость для определения минимального значения молотильного зазора между бичом и декой разработанного в УО БГСХА обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки льна. Установлено, что молотильный зазор зависит от диаметра семенной коробочки льна, количества семян в коробочке и их размеров. Разработана методика определения величины минимального зазора между бичом и декой исходя из условия нетравмирования семян.

Ключевые слова: лен, обмолачивающее устройство, коробочки льна, молотильный зазор, семена льна, объем материала, бич, дека.

Providing flax-growing farms with seeds of zoned varieties with high sowing standards, which most fully correspond to the soil and climatic conditions of the republic, is of particular importance. Due to the low germination and yield of flaxseeds, almost all flax-sowing farms are forced to produce seeds suitable for sowing. Despite the fact that the main technology for obtaining seed material is a combine harvester, the risks of crop loss due to adverse weather conditions force us to seek additional reserves for obtaining seed material. One of such reserves can be the separation of flax seeds from flax straw in the process of stripping (threshing) in the line of primary flax processing. The fundamental technological process for obtaining seeds is the threshing process. The size of the harvest, the size of losses, the quality of flax products depend on the level of its perfection.

In order to obtain seeds in the primary processing line, a threshing device has been developed at BSAA that combines the combined stripping and flattening effect of an elastic working body (bar) when interacting with the top part of the flax tape located in the working (threshing) gap (between the separating grate and the elastic toothed bar). Not only the completeness of the separation of the seed part from the stems, but the degree of injury to the flax seeds, and hence the possibility of using them as a seed depends on the correctly set threshing gap between the bar and the deck.

The article obtained an analytical dependence that allows to determine the limiting value of compression of a flax seed pod, from the point of view of non-injury to the seeds located in it, and an analytical dependence to determine the minimum value of the threshing gap between the bar and the deck of a threshing device with an elastic working body in the primary flax processing line developed at the Belarusian State Agricultural Academy. It has been established that the threshing gap depends on the diameter of the flax seed pod, the number of seeds in the pod and their size. A technique has been developed for determining the minimum gap between the bar and the deck based on the condition of seed non-injury.

Key words: flax, threshing device, flax bolls, threshing gap, flax seeds, material volume, bar, deck.

Введение

В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства особую значимость приобретает обеспечение хозяйств высоко кондиционными семенами районированных сортов, которые наиболее полно соответствуют почвенно-климатическим условиям республики [1].

По причине низкой всхожести и урожайности льносемян практически все льносеющие хозяйства вынуждены производить пригодные для посева семена [1, 2]. Для этого уборку льна необходимо проводить в фазе желтой спелости, когда основная масса семян полностью созреет. Кроме того, влажность семенных коробочек в фазе желтой спелости примерно в два раза ниже, чем в ранней желтой, стремление уменьшить затраты топлива на сушку вороха также вынуждает сдвигать технологию комбайновой уборки льна на более поздние сроки. Вместе с тем, возникают риски потери части урожая связанные с погодными условиями [3]. И хотя последние несколько лет погода способствовала

проведению уборочных работ, опыт предыдущих лет показал, что применение одной технологии уборки грозит существенной потерей урожая [4, 5]. В таком случае одним из резервов получения дополнительного семенного материала пригодного для посева может стать выделение его из льно-тресты в процессе очеса (обмолота) в линии первичной переработки льна.

Основополагающим технологическим процессом получения семян является процесс отделения семенной части урожая льна-долгунца от стеблей. От уровня его совершенства, зависит величина урожая, размер потерь, качество льнопродукции, трудоемкость и энергоемкость сушки и обработки льновороха [1].

По заводской технологии уборки и первичной переработки льна-долгунца обмолот (очес) коробочек со стеблей льна осуществляется в линиях первичной переработки льна Van Dommele или Depoortere [2, 6, 7].

В целях повышения качества отделения семенной части от стеблей в линии первичной переработки в УО БГСХА разработано обмолачивающее устройство, сочетающее комбинированное очесывающее-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) [8, 9, 10, 11]. От правильно выставленного молотильного зазора между бичом и декой зависит не только полнота отделения семенной части от стеблей, но и степень травмирования семян льна, а значит и возможность применения их в качестве посевного материала.

Таким образом, целью исследований является обоснование молотильного зазора между бичом и декой обмолачивающего устройства линии первичной переработки льна с учетом морфологических особенностей коробочек и семян льна.

Основная часть

Для обоснования зазора между бичом и декой воспользуемся сведениями из биологии о форме, составе и структуре семенных коробочек льна и ее семенах.

Известно [12, 13], что семенная коробочка льна представляет собой шаровидную мелкую коробочку (рис. 1, а) длиной 6,1...8,3 мм, шириной 5,7...6,8 мм. Она пятигнездная. Каждое гнездо разделено неполной перегородкой по два полугнезда, содержащих по одному семени. Поэтому в семенной коробочке льна обычно находится до десяти семян. Установлено [12, 13], что в производственных посевах число нормально развитых семян колеблется от 6 до 10 шт.

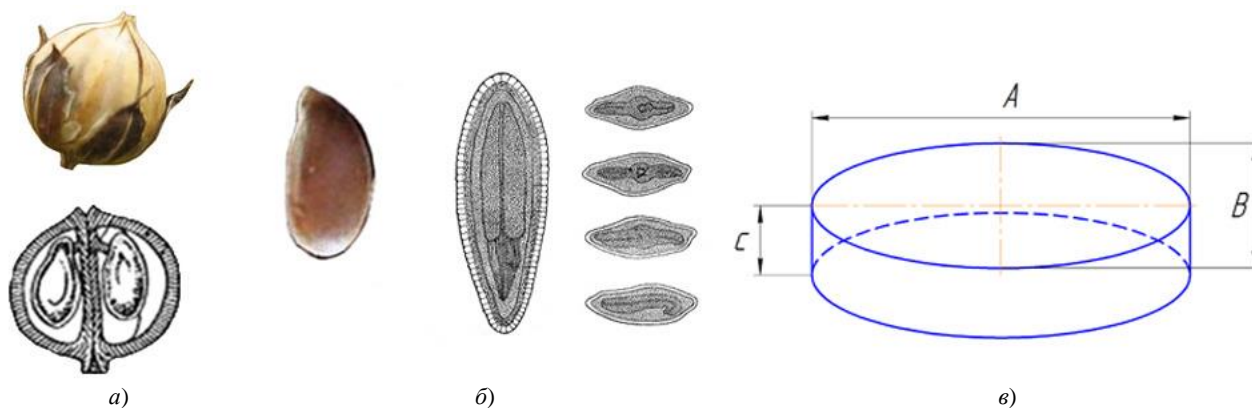


Рис. 1. Обоснование модели льняного семя: а – общий вид и продольный разрез семенной коробочки льна; б – общий вид, продольный разрез и поперечные срезы семян через зародыш; в – модель льняного семя

В свою очередь льняное семя имеет овальную форму с несколько суженым и слегка изогнутым носиком (рис. 1, б).

Размеры льняного семя изменяются в следующих пределах [12, 13]: длина – 3,2...4,8 мм, ширина – 1,5...2,2 мм, толщина – 0,5...1,2 мм.

С учетом вышеприведенных сведений о коробочке льна и ее семенах, задачу определения границ варьирования зазора между бичом и декой сведем к оценке предельной возможной величины сжатия коробочки льна с учетом падающего воздействия на суммарный объем семян в ней.

Для этого представим семенную коробочку льна в виде тела шаровидной формы с диаметром d_k , а льняное семя, как цилиндрическое тело толщиной c , с эллипсом в основании и большей осью a и меньшей – b (рис. 1, в).

Тогда уравнение семени может быть записано в виде:

$$\begin{cases} \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1; \\ 0 \leq z \leq c, \end{cases} \quad (1)$$

где $a = A/2$ – большая полуось основания семени, m ; $b = B/2$ – меньшая полуось основания семени, m ; c – толщина семени, m .

С учетом (1) объем семени можно оценить по формуле:

$$V_c = \frac{4 \cdot b \cdot c}{a} \int_0^a \sqrt{a^2 - x^2} dx. \quad (2)$$

Предположим, что таких семян в коробочке льна n_c штук. Тогда суммарный объем, занимаемый в коробочке семенами, можно найти из выражения:

$$V_{c.общ} = V_c \cdot n_c, \quad (3)$$

где n_c – количество семян в коробочке льна, шт.

Поскольку семена льна внутри коробочки ориентированы вертикально по длине, располагаются у продольной оси коробочки и в целом вписываются в некоторую сферу. Тогда с некоторым допущением суммарное содержимое семян в коробочке льна можно представить в виде шара с объемом, который может быть вычислен по формуле:

$$V_{c.общ} = \frac{4}{3} \pi \cdot R_{c.общ}^3. \quad (4)$$

Выразив из (4) радиус такого шара, получим:

$$R_{c.общ} = \sqrt[3]{\frac{3}{4} \cdot \frac{V_{c.общ}}{\pi}}. \quad (5)$$

Тогда в качестве предельной возможной величины сжатия коробочки льна, с точки зрения нетравмируемости семян можно принять:

$$\Delta_{кз} = d_k - 2 \cdot R_{c.общ}. \quad (6)$$

С учетом (6) минимальный зазор между бичом и декой определим по зависимости:

$$\begin{aligned} \Delta_{\min} &= d_k - (d_k - 2 \cdot R_{c.общ}), \\ \Delta_{\min} &= 2 \cdot R_{c.общ}. \end{aligned} \quad (7)$$

Продемонстрируем пример расчета определения минимального допустимого зазора между бичом и декой в математическом пакете MathCad (рис. 2).

Предположим, что диаметр семенной коробочки льна, находящейся в молотильном зазоре между бичом и декой $d_k = 0,007$ м, а размеры семян: длина $A = 0,0046$ м, ширина $B = 0,002$ м, высота $C = 0,0011$ м.

При этом, по формуле (2) объем одного семени составит $V_c = 7,948 \cdot 10^{-9}$ м³, а суммарный объем семян в коробочке льна при среднем количестве семян в ней $n_c = 8$ шт. согласно (3) составит $V_{c.общ} = 6,359 \cdot 10^{-8}$ м³.

Тогда радиус, шара общего объема семян в коробочке:

$$R_{c.общ} = \sqrt[3]{\frac{3}{4} \cdot \frac{7,948 \cdot 10^{-9}}{3,14}} = 2,476 \cdot 10^{-3}, \text{ м.}$$

Предельная возможная величина сжатия коробочки льна, согласно зависимости (6), составит:

$$\Delta_{кз} = 0,007 - 2 \cdot 2,476 \cdot 10^{-3} = 2,048 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Минимальный зазор между бичом и декой согласно зависимости (7) составит:

$$\Delta_{\min} = 2 \cdot 2,476 \cdot 10^{-3} = 4,952 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Учитывая, что длина семени, принятого в расчетах $A = 0,0046$ м, меньше полученного в результате расчета минимального зазора $\Delta_{\min} = 0,0049$ м, то его повреждение исключено.

Результаты модели (7) с учетом зависимостей (2–5) позволяют, исходя из размеров коробочек и семян льна, определить минимальный допустимый зазор между бичом и декой из условия нетравмирования семян льна.

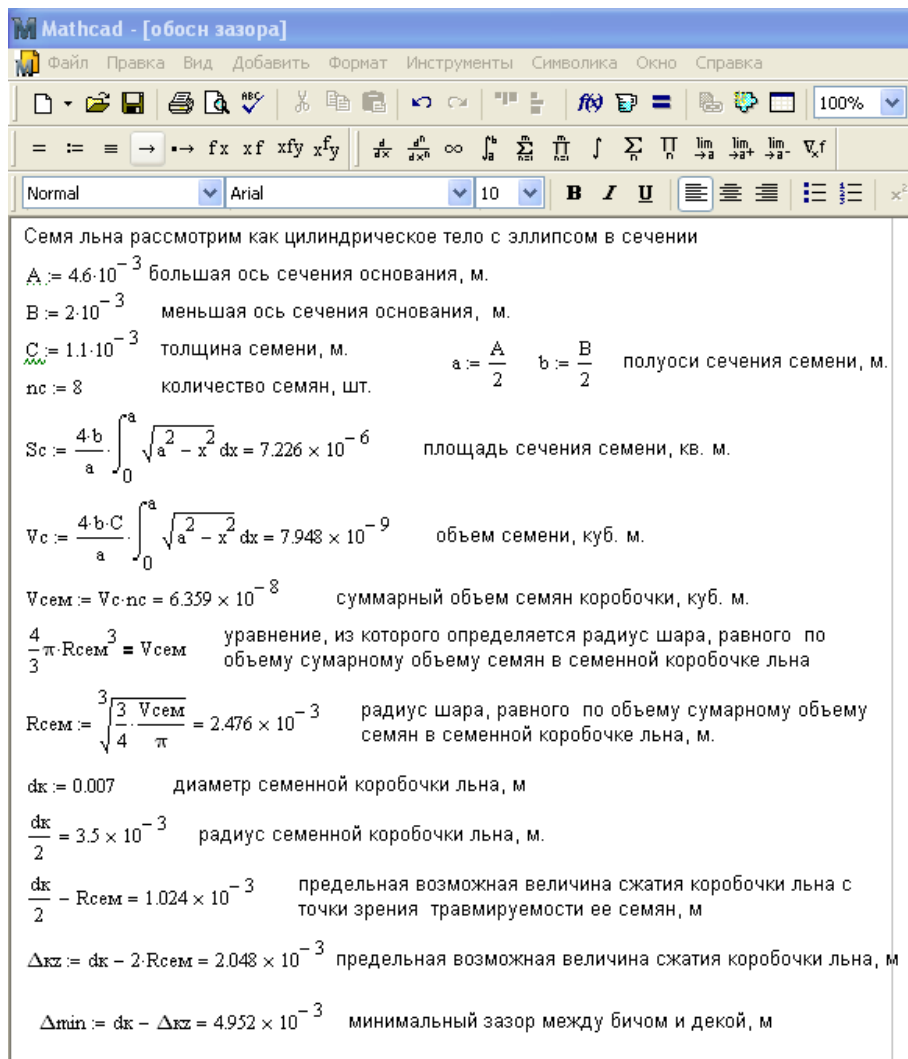


Рис. 2. Блок исходных данных и расчетной части в математическом пакете MathCad определения минимального допустимого зазора между бичом и декой.

Заключение

Получены аналитическая зависимость позволяющая определить предельную величину сжатия семенной коробочки льна, с точки зрения нетравмирования семян находящихся в ней, и аналитическая зависимость для определения минимального значения молотильного зазора между бичом и декой разработанного в УО БГСХА обмолачивающего устройства с эластичны рабочим органом в линии первичной переработки льна. Установлено, что молотильный зазор зависит от диаметра семенной коробочки льна, количества семян в коробочке и их размеров.

Разработана методика определения величины минимального зазора между бичом и декой исходя из условия нетравмирования семян.

Аналитические зависимости, рассмотренные в данной статье, войдут в основу методики обоснования зазора между бичом и декой.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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 Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2. – С. 137–141.
3. Шаршунов, В. А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 267–271.
4. Аврал на Гомельщине: тысячи чиновников, студентов, работников школ отправляют вручную убирать лен Onliner. – Режим доступа: <https://people.onliner.by/2017/11/02/len-3>. – Дата доступа: 20.03.2022 г.

5. Почему лен поднимают руками – репортаж с завода, куда собирается Лукашенко [Электронный ресурс]: Sputnik. Режим доступа: <https://sputnik.by/20190823/Poka-zarplaty-slabenkie-kak-lnozavod-pod-Dyatlovo-pytaetsya-stat-uspeshnym-1042507591.html>. Дата доступа: 20103.2022 г.
6. Шаршунов, В. А. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №4. – С. 174–180.
7. Шаршунов, В. А. Исследование обмолачивающего устройства в линии первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, В. Е. Круглень, А. С. Алексеенко, В. А. Левчук, М. В. Цайц, 2015 // Весці НАН Беларусі. Сер. аграр. навук. – № 3. – С. 112–117.
8. Устройство для отделения семенных коробочек от стеблей льна: пат. 7224 Респ. Беларусь, МПК А 01F 11/00 / В. Е. Круглень, 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.
9. Устройство для выделения семян из ленты льна: пат. 8183 Респ. Беларусь, МПК А01D 45/06 / В. Е. Круглень, 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.
10. 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.
11. Устройство для обмолаота 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.
12. Комплексная механизация возделывания и уборки льна / А. В. Писарчик [и др.]. Минск: Ураджай, 1983. – 127 с.
13. Соловьев, А. Я. Льноводство / А. Я. Соловьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.