

Технология и установка очеса в линии первичной переработки льна-долгунца

Роман Анатольевич Ростовцев,
член-корреспондент РАН, доктор технических наук,
e-mail: r.rostovcev@fnclck.ru;
Виктор Григорьевич Черников,
член-корреспондент РАН, доктор технических наук,
профессор, главный научный сотрудник,
e-mail: v.chernikov@fnclck.ru;

Сергей Викторович Соловьёв,
инженер-проектировщик,
e-mail: s.solovyov@fnclck.ru;
Игорь Борисович Казаков,
младший научный сотрудник,
e-mail: i.kazakov@fnclck.ru

Федеральный научный центр лубяных культур, г. Тверь, Российская Федерация

Реферат. Отметим использование рабочего органа колебательного типа для очеса в линии первичной переработки льна-долгунца. Описали уравнение движения рабочего органа, на основании которого возможно определить основные геометрические параметры механизма. (*Цель исследования*) Разработать технологию очеса льна-долгунца на льнозаводе с применением предлагаемого устройства гребневого типа, изучить параметры и режимы его работы. (*Материалы и методы*) Разработали экспериментальную установку очесывающего аппарата, исследовали технологический процесс очесывания льна в заводских условиях. Определили границы изучаемых параметров. Предложили модель теоретического расчета очесывающего аппарата. (*Результаты и обсуждения*) Теоретически определены кинематический режим работы, чистота очеса, потери семян при очесе. Установили, что толщина ленты льна оказывает влияние на качество очеса. С увеличением толщины льнотресты происходит забивание очесывающего устройства, что приводит к образованию путанины и намоток на рабочий орган. Недостаточная толщина ленты льна приводит к большому травмированию стеблей. Пределы толщины ленты льна принимались, исходя из возможной минимальной и максимальной урожайности: нижний – 0,01 метра, верхний – 0,05 метра. Заводская технология очеса позволит снизить потери семян на 10 процентов и на 6 процентов себестоимость производства. (*Выводы*) Представлены теоретическое обоснование параметров и режимов работы очесывающего аппарата в линии переработки льна, его конструкция. Установлены скорость подачи ленты льна от 1,0 до 1,5 метра в секунду, частота вращения рабочего органа от 2,2 до 3,0 оборотов в секунду.

Ключевые слова: лен-долгунец, очесывающее устройство гребневого типа, семена, лента льна, линия первичной переработки.

■ **Для цитирования:** Ростовцев Р.А., Черников В.Г., Соловьёв С.В., Казаков И.Б. Технология и установка очеса в линии первичной переработки льна-долгунца // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. Т. 17. №3. С. 43-47. DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-3-43-47. EDN TBWNPO.

Technology and Implementation of Flax Stripping in the Primary Flax Processing Line

Roman A. Rostovtsev,
corresponding member of the Russian Academy of Sciences,
Dr.Sc.(Eng.),
e-mail: r.rostovcev@fnclck.ru;
Viktor G. Chernikov,
corresponding member of the Russian Academy of Sciences,
Dr.Sc.(Eng.), professor, chief researcher,
e-mail: v.chernikov@fnclck.ru;

Sergey V. Solovyov,
design engineer,
e-mail: s.solovyov@fnclck.ru;
Igor B. Kazakov,
junior researcher,
e-mail: i.kazakov@fnclck.ru

Federal Researcher Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russian Federation

Abstract. This paper investigates the utilization of an oscillatory-type working body for the stripping process within the primary fiber flax processing line. It also introduces the equation governing the movement of this working body, thereby enabling the determination of the fundamental geometric parameters of the mechanism. (*Research purpose*) To develop the technology for fiber flax stripping at a flax mill using the proposed comb-type device, and to examine the parameters and modes of its functionality.

(Materials and methods) A testing model was designed for a stripping machine, enabling an exploration of the flax combing process within the factory. The limitations of the parameters under investigation were identified. Furthermore, a theoretical model was formulated to calculate the performance of the stripper. (Results and discussion) The operation kinematic mode, stripping cleanliness, and seed losses during the stripping process are determined through theoretical analysis. It is discovered that the quality of stripping is influenced by the thickness of the flax ribbon. Specifically, an increase in the flax straw's thickness results in the clogging of the stripping device, subsequently leading to the formation of tangles and entanglements on the working body. On the other hand, insufficient thickness of the flax ribbon leads to significant damage to the stems. The limits for the thickness of the flax ribbon are established considering both the potential minimum and maximum yields: the lower limit being 0.01 meters and the upper limit set at 0.05 meters. The application of the factory's stripping technology is expected to ensure a 10 percent reduction in seed losses and an additional 6 percent reduction in production costs. (Conclusions) Theoretical justification for the parameters and operational modes of the stripper in the flax processing line, along with its design, is provided. The feed speed of the flax ribbon is configured to range between 1.0 and 1.5 meters per second, while the rotation frequency of the working body varies from 2.2 to 3.0 revolutions per second.

Keywords: fiber flax, comb-type stripper, seeds, flax ribbon, primary processing line.

■ **For citation:** Rostovtsev R.A., Chernikov V.G., Solovyov S.V., Kazakov I.B. Tekhnologiya i ustanovka ochesa v linii pervichnoy pererabotki l'na-dolguntsa [Technology and implementation of flax stripping in the primary flax processing line]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2023. Vol. 17. N3. 43-47 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-3-43-47. EDN TBWNPO.

От совершенства технологического процесса отделения семенной части урожая зависят потери семян и соломы, выход и качество волокна, состав вороха, трудоемкость и энергоемкость переработки. Задача совершенствования машин, создания новых рабочих органов для очеса и выделения коробочек и семян льна-долгунца является актуальной. Однако ее реализация сдерживается отсутствием научно обоснованных конструкторских и технологических решений [1-3].

Цель исследования. Разработать технологию очеса льна-долгунца в линии первичной переработки с применением устройства колебательного типа, изучить параметры и режимы операции. Данная технология позволит: снизить потери семян, отход стеблей в путанину; осуществить очес семян в заводских условиях; сократить затраты труда [4].

Материалы и методы. Разработали экспериментальную установку с очесывающим устройством колебательного типа (рис. 1) в линии первичной переработки льна *Van Dommele* [5]. В состав устройства входят ленточно-дисковый зажимной транспортер и аппарат гребневого типа для отделения семенных коробочек от стеблей. Рабочим органом аппарата является гребенка 1 с зубчатой поверхностью нижней части, приводимая в движение с помощью кривошипного привода 2 и свободно вращающегося эксцентрика 3.

Лента льна 4, фиксируемая ремнем 5 зажимного транспортера и обрешиненным диском 6, поступает в зону очесывания гребенкой 1 верхушечной части стеблей с семенными коробочками. Под действием силы отрыва коробочек P нарушаются механические связи между стеблями, за счет этого и трения с зубьями гребенки слой стеблей частично выравнивается.

Результаты и обсуждение. Теоретически определены кинематический режим и параметры работы

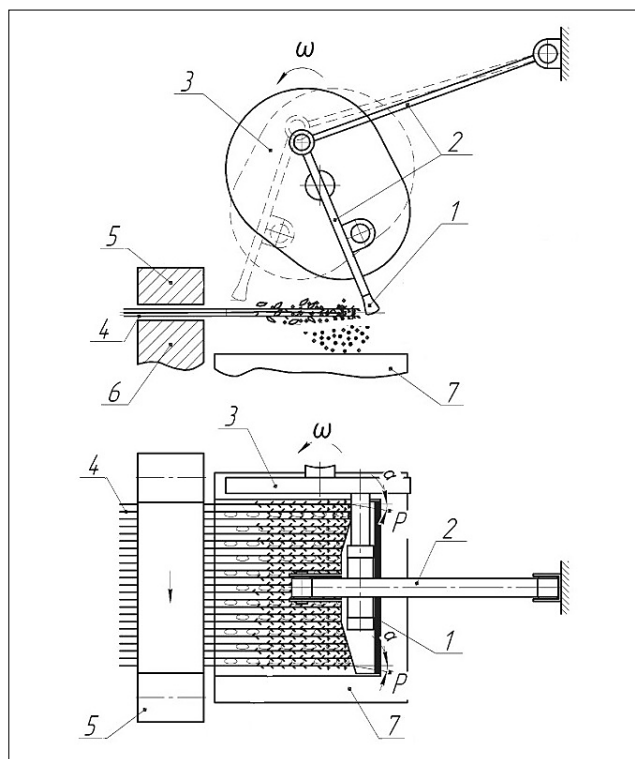


Рис. 1. Схема очесывающего устройства: 1 – рабочий орган; 2 – кривошипный привод; 3 – эксцентрик; 4 – лента льна; 5 – ремень зажимного транспортера; 6 – обрешиненный диск; 7 – ленточный транспортер

Fig. 1. Diagram of the stripping device: 1 – working body; 2 – crank drive; 3 – eccentric; 4 – flax ribbon; 5 – clamping conveyor belt; 6 – rubber-coated disc; 7 – belt conveyor

гребневого устройства, чистоту очеса. Качество и полнота отделения коробочек и семян зависят от траектории, скорости и ускорения движения ленты неочесанной льнотресты при ее перемещении зажимным транспортером к очесывающему аппарату [6].

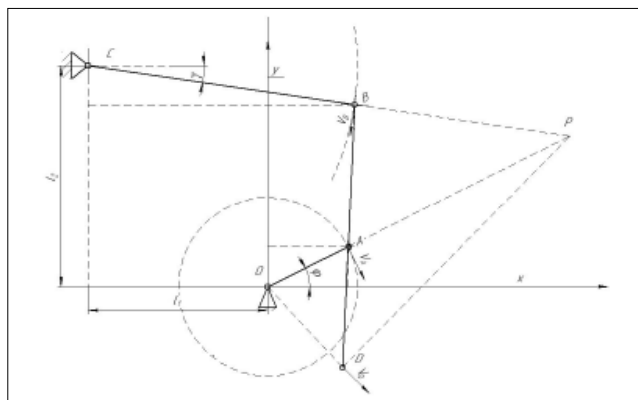


Рис. 2. Кинематическая схема очесывающего устройства колебательного типа

Fig. 2. Kinematic diagram of the oscillating stripper

На рисунке 2 представлена расчетная схема очесывающего устройства колебательного типа для линии первичной переработки льна *Van Dommele* [7-9].

Гребенка расположена в конце шатуна AB в точке D . Движение точки D зависит от геометрических параметров очесывающего устройства. Общая точка A кривошипа OA и шатуна AB вращается вокруг оси O симметрично по окружности радиуса R с постоянной угловой скоростью ω . Относительно оси координат, проходящей через точку O , уравнение движения точки A имеет вид:

$$\begin{cases} X_A(t) = OA \cdot \cos \varphi \\ Y_A(t) = OA \cdot \sin \varphi, \end{cases} \quad (1)$$

где OA – длина кривошипа, м,

φ – угол поворота кривошипа OA вокруг точки O , град;

t – время движения, с.

$$\varphi = \omega_{OA} \cdot t, \quad (2)$$

Уравнение движения точки B :

$$\begin{cases} X_B(t) = CB \cdot \cos \gamma - l_1, \\ Y_B(t) = l_2 - CB \cdot \sin \gamma, \end{cases} \quad (3)$$

где CB – длина коромысла, м;

γ – угол поворота коромысла CB относительно точки C , град;

l_1 и l_2 – соответственно горизонтальное и вертикальное расстояние между опорами C и O , м.

$$\gamma = \omega_{CB} \cdot t, \quad (4)$$

где, ω_{CB} – угловая скорость коромысла, c^{-1} ;

Шатун BD является жестким стержнем, поэтому координаты точки D зависят от координат положения точек A и B . С учетом этих точек координаты точки D :

$$\begin{cases} X_D(t) = (BA + AD) \cdot X_A(t) - AD \cdot X_B(t) \\ Y_D(t) = (BA - AD) \cdot Y_A(t) - AD \cdot Y_B(t), \end{cases} \quad (5)$$

а уравнение движения точки D имеет вид:

$$\begin{cases} X_D(t) = (BA + AD) \cdot OA \cdot \cos \varphi - AD \cdot CB \cdot \cos \gamma - l_1 \\ Y_D(t) = (BA - AD) \cdot OA \cdot \sin \varphi - AD \cdot l_2 - CB \cdot \sin \gamma \end{cases} \quad (6)$$

Скорость и ускорение точки D – это соответственно первая и вторая производные движения по времени [10-12].

Анализируя механизм колебательного типа, можно отметить, что в любом положении абсолютная скорость рабочего органа не превышает критическую скорость (17-28 м/с) удара по массе, при которой начинается разрушение семян [13-16]. Поскольку слой ленты льна и стебли протаскиваются между зубьями очесывающей гребенки, то процесс отрыва и выделения семенных коробочек, в отличие от уравнений кинетики, имеет импульсный характер при непрерывном движении ленты в камере очеса.

Преимущества предлагаемого устройства в линию *Van Dommele* заключается в разработке более совершенного очесывающего органа (гребенки), что позволит снизить потери семян льна и повреждение семян. Предварительные, определенные в заводских условиях, границы изучаемых параметров будут уточнены при окончательной производственной апробации технологического процесса.

Выводы. Результаты исследования позволяют связать конструктивные параметры очесывающего устройства колебательного типа с кинематическими параметрами движения его основных элементов и могут быть использованы при экспериментальных работах и проектировании устройства.

Установлены границы параметров очесывающего устройства для линии первичной переработки льна: скорость подачи ленты льна от 1,0 до 1,5 м/с, частота вращения рабочего органа от 2,2 до 3,0 c^{-1} . Дальнейшее направление совершенствования устройства будет заключаться в подборе рациональных режимов работы.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ ЛК (№ FGSS-2022-0005).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Черников В.Г., Порфирьев С.Г., Ростовцев Р.А. Очесывающие аппараты льноуборочных машин. М.: Издательство ВИМ. 2004. 237 с.
- Ростовцев Р.А., Черников В.Г., Ущуповский И.В., Попов Р.А. Основные проблемы научного обеспечения льноводства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. №3. С. 45-52.
- Uschapovsky I. The Russian flax sector: bottlenecks and solutions. *Journal of Natural Fibers*. 2009. Vol. 6. №1. 108-113.
- Marchenkov A., Rozhmina T., Uschapovsky I., Muir A.D.

- Cultivation of flax / Flax: the genus *Linum*. Ed. Alister D. Muir and Neil D. Westcott. New York, 2003. 74-91.
5. Попов Р.А., Давыдова С.А., Голубев И.Г. Технические средства для уборки льна-долгунца // *Техника и оборудование для села*. 2021. N7(289). С. 23-27.
 6. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Соловьёв С.В. Исследование параметров и режимов работы аппарата для очеса льна на корню // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. N2. С.13-18.
 7. Черников В.Г., Ростовцев Р.А. Определение параметра интенсивности отрыва коробочек льна при работе очесывающего устройства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. N4. С. 20-23.
 8. Ковалев М.М., Галкин А.В. Анализ процесса очеса стеблей барабаном с поступательно-круговым движением гребней // *Достижения науки и техники АПК*. 2006. N4. С. 25-27.
 9. Корн Г.А., Корн Т.М. Справочник по математике для научных работников и инженеров; под ред. И.Г.Арамановича. М.: Наука, 1984. 831 с.
 10. Кругленья В.Е., Левчук В.А., Левкин М.В. Результаты испытаний обмолачивающего устройства в линии первичной переработки льна фирмы Van Dommelle // *Вестник БГСХА*. 2013. N3. С. 127-131.
 11. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Татарнищев К.В. Анализ взаимодействия стеблей льна с лопаткой монощелевого очесывающего аппарата // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2014. N4. 2014. С. 38-40.
 12. Хайлис Г.А., Быков Н.Н., Бухаркин В.Н. и др. Льюноборочные машины. М.: Машиностроение, 1985. 232 с.
 13. Порфирьев С.Г. Обоснование параметров очесывающего аппарата для льюноборочных машин // *Комплексная механизация возделывания сельскохозяйственных культур: сб. научных трудов ВСХИЗВ*. М.: 1991. С. 51-61.
 14. Шаршунов В.А., Кругленья В.Е., Кудрявцев А.Н. и др. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна. Горки: БГСХА, 2016. 156 с.
 15. Drincha V.M., Tsench Yu.S. Fundamentals and prospects for the technologies development for post-harvest grain processing and seed preparation. *Agricultural machinery and technologies*. 2020. Vol. 14. N4. 17-25.
 16. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Бейлис В.М., Ценч Ю.С. Инновационная система машинно-технологического обеспечения предприятий агропромышленного комплекса. Ч.1. Инновационная система машинно-технологического обеспечения сельскохозяйственных предприятий на длительную перспективу. М.: ВИМ, 2019. 228 с.

REFERENCES

1. Chernikov V.G., Porfir'ev S.G., Rostovtsev R.A. Ochesyvayushchie apparaty l'nouborochnykh mashin [Strippers for flax harvesters]. Moscow: Izdatel'stvo VIM. 2004. 237 (In Russian).
2. Rostovtsev R.A., Chernikov V.G., Ushchapovskiy I.V., Popov R.A. Osnovnye problemy nauchnogo obespecheniya l'novodstva [The main problems of scientific support of flax growing]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N3. 45-52 (In Russian).
3. Uschapovsky I. The Russian flax sector: bottlenecks and solutions. *Journal of Natural Fibers*. 2009. Vol. 6. N1. 108-113 (In English).
4. Marchenkov A., Rozhmina T., Uschapovsky I., Muir A.D. Cultivation of flax. Flax: the genus *Linum*. Ed. Alister D. Muir and Neil D. Westcott. New York, 2003. 74-91 (In English).
5. Popov R.A., Davydova S.A., Golubev I.G. Tekhnicheskie sredstva dlya uborki l'na-dolguntsa [Equipment for harvesting fiber flax]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2021. N7(289). 23-27 (In Russian).
6. Chernikov V.G., Rostovtsev R.A., Solov'yov S.V. Issledovanie parametrov i rezhimov raboty apparata dlya ochesa l'na na kornyu [Study on parameters and operating modes of the device for deseeding flax in the field] *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2021. Vol. 15. N2. 13-18 (In Russian).
7. Chernikov V.G., Rostovtsev R.A. Opredelenie parametra intensivnosti otryva korobochek l'na pri rabote ochesyvayushchego ustroystva [Determination of parameter of intensity of flax balls separation during comb deseeder operation]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017. N4. 20-23 (In Russian).
8. Kovalev M.M., Galkin A.V. Analiz protsessa ochesa stebley barabanom s postupatel'no-krugovym dvizheniem grebney [Analysis of the stem combing process performed by a drum with ridges' progressive-circular motions]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2006. N4. 25-27 (In Russian).
9. Korn G.A., Korn T.M. Spravochnik po matematike dlya nauchnykh rabotnikov i inzhenerov. Pod red. I.G.Aramanovicha [Handbook of mathematics for researchers and engineers; ed. I.G. Aramanovich]. Moscow: Nauka. 1984. 831 (In Russian).
10. Kruglenya V.E., Levchuk V.A., Levkin M.V. Rezul'taty ispytaniy obmolachivayushchego ustroystva v linii pervichnoy pererabotki l'na firmy Van Dommelle [Test results of the threshing device in the Van Dommelle flax primary processing line]. *Vestnik BGSKHA*. 2013. N3. 127-131 (In Russian).
11. Chernikov V.G., Rostovtsev R.A., Tatarnitsev K.V. Analiz vzaimodeystviya stebley l'na s lopatkoy monoshchelevogo ochesyvayushchego apparata [Interaction of flax stalks with the blade of a monoslit stripper]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*. 2014. N4. 2014. 38-40 (In Russian).
12. Khaylis G.A., Bykov N.N., Bukharkin V.N. et al. L'nouborochnye mashiny [Flax harvesters]. Moscow: Mashinostroenie, 1985. 232 (In Russian).
13. Porfir'ev S.G. Obosnovanie parametrov ochesyvayushchego apparata dlya l'novorochnykh mashin [Rationale for the parameters of the flax harvester's stripping mechanism]. *Комплексная механизация возделывания сельскохозяйственных культур: сб. научных трудов VSKHIZV*. Moscow, 1991. 51-61 (In Russian).
14. Sharshunov V.A., Kruglenya V.E., Kudryavtsev A.N., et al. Osnovy rascheta rabochikh organov mashin i oborudovaniya dlya proizvodstva semyan l'na [Principles for calculat-

- ing working bodies of machinery and equipment for flax seed production]. Gorki: BGSKHA, 2016. 156 (In Russian).
15. Drincha V.M., Tsench Yu.S. Fundamentals and prospects for the technologies development for post-harvest grain processing and seed preparation. Agricultural mashinery and technologies. 2020. Vol. 14. N4. 17-25.
16. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P., Beylis V.M., Tsench Yu.S.

Innovatsionnaya sistema mashinnotekhnologicheskogo obespecheniya predpriyatiy agro–pro–myshlennogo kompleksa [Innovative system of machine and technological support of agro-industrial enterprises]. Part. 1. Innovatsionnaya sistema mashinno-tekhnologicheskogo obespecheniya sel'skokozyaystvennykh predpriyatiy na dlitel'nyuyu perspektivu. Moscow: 2019. 228 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Заявленный вклад соавторов:

Ростовцев Р.А. – формулирование концепции решения, постановка задачи, анализ результатов исследования;

Черников В.Г. – общее научное руководство, проведение теоретических исследований, разработка и доработка решения;

Соловьёв С.В. – разработка основного рабочего органа – гребенки и экспериментальной установки, подготовка и анализ литературных данных;

Казаков И.Б. – участие в разработки экспериментальной установки, проведение предварительных испытаний в заводских условиях.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Coauthors' contribution:

Rostovtsev R.A. – formulation of the solution concept, problem statement, analysis of research results;

Chernikov V.G. – overall scientific guidance, theoretical research, solution development and refinement;

Solovyev S.V. – development of the main working component - the combing mechanism and experimental setup, compilation and analysis of literary data;

Kazakov I.B. – participation in the development of the experimental setup, conducting preliminary tests in factory conditions.

The authors read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию
Статья принята к публикации

The paper was submitted to the Editorial Office on
The paper was accepted for publication on

04.07.2023
18.08.2023