

Исследования параметров и режимов работы аппарата для очеса льна на корню

Виктор Григорьевич Черников,
доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент РАН, главный научный
сотрудник, e-mail: v.chernikov@fncl.k.ru;

Роман Анатольевич Ростовцев,
доктор технических наук, профессор РАН,
директор, e-mail: r.rostovcev@fncl.k.ru;
Сергей Викторович Соловьев,
инженер-проектировщик, e-mail: s.solovyov@fncl.k.ru

Федеральный научный центр лубяных культур, Тверь, Российская Федерация

Реферат. Показали, что основной технологический процесс в комбайновом и раздельном способах уборки льна-долгунца – отделение семенной части урожая от стеблей. Подтвердили, что от его совершенства зависят потери семян и соломы, выход и качество волокна, состав вороха, трудоемкость и энергоемкость его сушки и переработки. *(Цель исследования)* Разработать технологию очеса льна-долгунца на корню очесывающим устройством, изучить его параметры и режимы работы. *(Материалы и методы)* Исследовали технологический процесс очеса льна на корню очесывающим устройством. Разработали экспериментальную установку очесывающего аппарата. Предложили модель теоретического расчета исходя из физико-механических свойств льна-долгунца и агротехнических требований для его уборки. *(Результаты и обсуждение)* Теоретически определили: оптимальную высоту, кинематический режим работы, чистоту очеса, радиус барабана очесывающего устройства, провели лабораторные исследования. Показали, что обмолот семян в поле позволит снизить потери семян льна на 10 процентов и отход стеблей в путанину в процессе уборки – на 18 процентов, сократить количество уборочной техники, численность персонала, уменьшить себестоимость продукта. Выявили возможность повысить производительность путем увеличения ширины захвата жатки: например, ширина захвата жатки зернового комбайна около 4 метров, а льноуборочного – 1,52 метра, то есть производительность уборки льна увеличится при одной и той же скорости в 2,6 раза, а на более высокой скорости – в 3 раза. Сократили одну единицу техники – ворохоразделовательную машину, поскольку технологическую операцию по переработке вороха осуществляет зерновой комбайн. *(Выводы)* Представили теоретическое обоснование параметров и режимов работы очесывающего аппарата для очеса льна-долгунца на корню. Предложили модель их определения на основе физико-механических свойств льна и агротехнических требований для его уборки.
Ключевые слова: лен-долгунец, очесывающее устройство, теребильно-очесывающий аппарат, уборка льна-долгунца.

Для цитирования: Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Соловьев С.В. Исследования параметров и режимов работы аппарата для очеса льна на корню // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. №2. С. 13-18. DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-2-13-18.

Study On Parameters and Operating Modes of the Device for Deseeding Flax in the Field

Viktor G. Chernikov,
Dr.Sc.(Eng.), professor, corresponding member
of the Russian academy of sciences, chief researcher,
e-mail: v.chernikov@fncl.k.ru;

Roman A. Rostovtsev,
Dr.Sc.(Eng.), professor of the Russian academy
of sciences, director, e-mail: r.rostovcev@fncl.k.ru;
Sergey V. Solov'ev,
design engineer, e-mail: s.solovyov@fncl.k.ru

Federal Scientific Center for Bast Crops, Tver, Russian Federation

Abstract. The authors showed that the main technological process in the combined and separate methods of fiber flax harvesting is deseeding or separating the seed part of the crop from the stems. It was confirmed that there is a direct impact of this process success on seed and straw losses, the fiber yield and quality, the heap composition, the labor intensity and energy consumption of flax drying and processing. *(Research purpose)* To develop a technology for stripping fiber flax with a comb deseeder during harvesting, to study the deseeder's specifications and operating modes. *(Materials and methods)* The authors studied the technological process of stripping flax with a comb deseeder. An experimental plant of a comb deseeder was designed. A model of theoretical calculation was proposed based on the physical and mechanical properties of fiber flax and agrotechnical requirements for its harvesting. *(Results*

and discussion) The authors theoretically determined the comb deseeder's optimal height, operation kinematic mode, stripping cleanliness, the radius of the stripper drum. Laboratory studies were conducted. It was shown that threshing seeds in the field will reduce the loss of flax seeds by 10 per cent and the stem waste due to tangling during the harvesting process – by 18 per cent. It will also reduce the number of harvesting vehicles, personnel, and the cost of product. The authors identified an opportunity to increase productivity by increasing the width of the header grip: for example, the width of a grain harvester header is about 4 meters, and the width of a flax harvester header is 1.52 meters, that is, the productivity of flax harvesting will increase 2.6 times at the same speed, and 3 times at a higher speed. It was possible to eliminate one piece of equipment – a heap separating machine, since the technological operation of heap processing is carried out by a grain harvester. (Conclusions) The authors presented a theoretical substantiation of the comb deseeder's operating parameters and modes for stripping fiber flax in the field. The authors proposed a model to determine them based on the physical and mechanical properties of flax and agrotechnical requirements for its harvesting. **Keywords:** fiber flax, comb deseeder, flax pulling and combing device, fiber flax harvesting.

For citation: Chernikov V.G., Rostovtsev R.A., Solov'ev S.V. Issledovaniya 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). DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-2-13-18.

Основной технологический процесс в комбайновом и раздельном способах уборки льна-долгунца – отделение семенной части урожая от стеблей. От его совершенства зависят потери семян и соломы, выход и качество волокна, состав вороха, трудоемкость и энергоемкость его сушки и переработки [1, 2].

Стеблевой слой подвергается механическим воздействиям рабочего органа и разделяется на стебли и семенную часть – льняной ворох. Важно, чтобы семенные коробочки не разрушались, а стебли льна не повреждались, сохраняли свою целостность и природную прочность. Поэтому при исследовании способов отделения семенной части от стеблей – очеса льна, наряду с изучением силовых воздействий и разнообразных деформаций обрабатываемого материала, необходимо учитывать общие закономерности рабочего процесса разделения массы льна на стебли и семенные коробочки, то есть кинематики процесса очеса льна, так как задача в конечном счете сводится к разделению массы льна на компоненты, а не просто к разрушению связей между ними [3].

Цель исследования – разработать технологию очеса льна-долгунца на корню очесывающим устройством, изучить его параметры и режимы работы.

Данная технология позволит решить несколько задач:

- снизить потери семян льна-долгунца, отход стеблей в путанину;
- осуществить обмолот семян непосредственно в поле;
- уменьшить количество задействованной на уборке льна техники;
- сократить затраты труда.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Разработали экспериментальную установку и методики проведения экспериментов (рис. 1). Теоретически определили: высоту установки очесывающего устройства, кинематиче-

ский режим работы, чистоту очеса, радиус барабана очесывающего устройства.

Растительная масса закрепляется на ленте транспортера, соединенной с транспортером-питателем, который состоит из сварной рамы, регулируемых опор и ленточного транспортера.

Лента транспортера движется при помощи мотор-редуктора. Шкивы приводного вала и вала мотор-редуктора соединены ременной передачей. Линейная скорость транспортера регулируется через щит управления, закрепленный на раме, диапазон скорости от 0 до 2,5 м/с.

Растительная масса подается к очесывающему устройству, имеющему независимую несущую раму. На очесывающем роторе закреплены съемные гребенки. Предусмотрена возможность изменения угла наклона относительно центра очесывающего ротора.

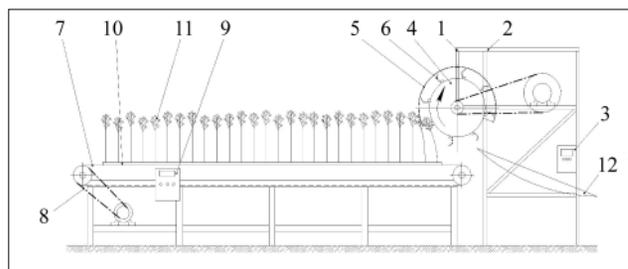


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – очесывающее устройство; 2 – рама очесывающего устройства; 3 – пульт управления; 4 – очесывающий ротор; 5 – обтекатель; 6 – гребенка очесывающего устройства для уборки льна; 7 – транспортер-питатель; 8 – привод транспортера питателя; 9 – пульт управления; 10 – лента транспортера; 11 – растительная масса; 12 – материалосборник

Fig. 1. The diagram of the experimental plant: 1 – comb deseeder/stripper; 2 – stripper frame; 3 – control panel; 4 – stripping rotor; 5 – fairing; 6 – comb of the flax harvesting comb deseeder; 7 – conveyor-feeder; 8 – feeder conveyor drive; 9 – control panel; 10 – conveyor belt; 11 – plant mass; 12 – material collector

Привод очесывающего ротора осуществляется шкивами, установленными на его валах, а электродвигателя – через ременную передачу. Диапазон частоты вращения очесывающего ротора – от 0 до 600 об/мин – регулируется с щита управления, размещенного на несущей раме очесывающего устройства.

При движении транспортера закрепленная на нем растительная масса взаимодействует с зафиксированным обтекателем очесывающего устройства (с возможностью изменения угла установки). Отклоняясь, она попадает к очесывающим гребенкам, которые, перемещаясь с ротором снизу вверх, захватывают растительную массу и направляют ее в прорези между зубьями. После взаимодействия зубьев гребенки со льном образуется масса, которая состоит из свободных семян, семенных коробочек и путанины. Эта масса попадает в материалосборник.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. От количества стеблей, поступающих к очесывающему барабану теребивильного аппарата, зависит качество очеса, отход стеблей в путанину [4].

Чистота очеса во многом определяется толщиной ленты стеблей льна. Плотность ленты зависит от числа стеблей на 1 м² поля, ширины захвата теребивильной части аппарата, от скорости движения машины и скорости секции теребивильного аппарата [5].

Плотность ленты стеблей, зажатых в теребивильной секции, можно определить по формуле [6]:

$$\delta = \frac{n \cdot B \cdot V_M}{V_T \cdot z}, \quad (1)$$

где δ – плотность ленты стеблей, кг/м²;

n – число стеблей на 1 м² поля, шт.;

B – ширина захвата теребивильной части машины, м;

V_M – скорость движения машины, м/с;

V_T – скорость секции теребивильного аппарата, м/с;

z – число теребивильных секций, шт.

Теребивильные секции должны подавать стебли так, чтобы все коробочки попадали в зону очеса. Это достигается установкой соответствующей высоты очеса.

Рассмотрим процесс входа в ленту зуба барабана, ось которого перпендикулярна теребивильным секциям теребивильного аппарата (рис. 2) [7]:

$$P_T = P_{из} + P_{ин}, \quad (2)$$

где, P_T – сила, необходимая для теребивения льна, Н;

$P_{из}$ – сопротивление стебля изгибу, Н;

$P_{ин}$ – сила инерции стебля, Н.

Оптимальную скорость движения машины вычисляем с учетом нескольких параметров [8]:

$$V_M = \frac{P_m}{m \cdot c}, \quad (3)$$

где P_m – напряжение теребивения (сила), Н;

m – объемная масса длины стебля, кг;

c – скорость распространения упругой деформации стебля, м/с.

Тогда величина «мертвой зоны» будет равна:

$$v = l_{ст} - a, \quad (4)$$

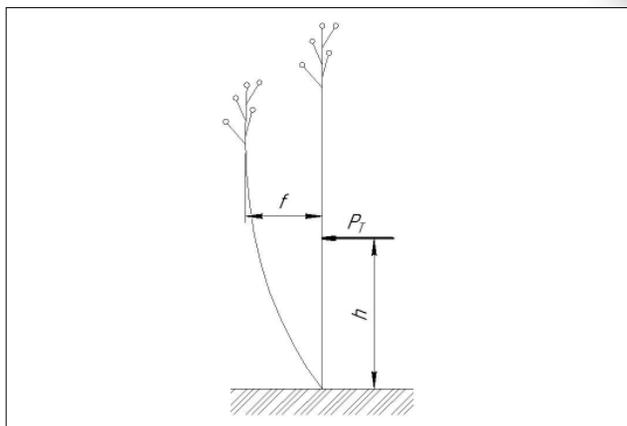


Рис. 2. Схема к расчету силы теребивения: P_T – напряжение теребивения (сила), Н; f – перемещение стебля льна в момент захвата его теребивильным аппаратом, м; h – расстояние от точки контакта стебля с теребивильным аппаратом, до поверхности поля, м

Fig. 2. The diagram for calculating the pulling force: P_T – pulling tension (force), N; f – flax stem movement the at the moment of being grabbed by the flax pulling device, m; h – distance between the point of stem contact with the flax pulling device and the field surface, m

где v – расстояние от зоны очеса до поверхности поля, м;

$l_{ст}$ – средняя длина стебля льна поступающий ленты от теребивильных секций, м;

a – зона очеса, зависит от расположения семенных коробочек на стеблях льна и соответствующей высоты очеса, м.

Точка A – соответствует началу очеса, точка B – концу расположения семенных коробочек на стебле (рис. 3).

Зона очеса и его чистота зависят от основных параметров очесывающего барабана: диаметра, длины, конструкции очесывающей гребенки, ширины зазора между ее зубьями и формы самого зуба [9].

В процессе очеса создается поток стеблей в виде ленты, которая подвергается зажиму и транспортируется теребивильными секциями вдоль гребней очесывающего барабана. С целью снижения отхода стеблей в путанину и повышения надежности жатки необходимо, чтобы максимальная сила трения F_c между стеблем и поверхностью теребивильных ремней была больше силы P_T , необходимой для теребивения [10]:

$$F_c > P_T. \quad (5)$$

Максимальная сила трения равна:

$$F_c = 2 \cdot \frac{P_p}{c \cdot \alpha_c} \cdot d_c \cdot \varphi_0 \cdot q_c, \quad (6)$$

где, P_p – ширина ремня, м;

d_c – диаметр стебля, м;

φ_0 – статический коэффициент трения стеблей льна по резине;

q_c – давление в ручье, Н/м²;

α_c – угол отклонения стебля в ручье, град.

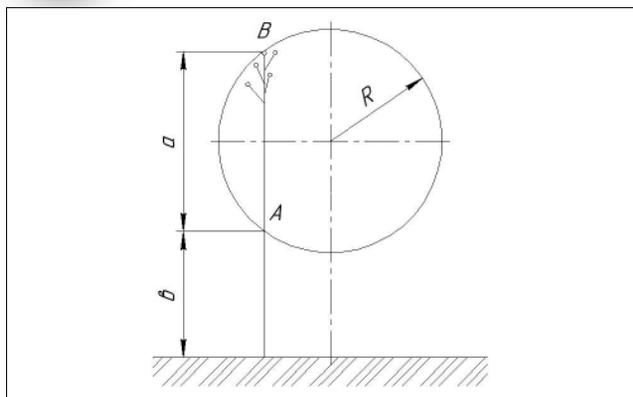


Рис. 3. Схема к расчету установки высоты очесывающего устройства: a – зона очеса, зависит от расположения семенных коробочек на стеблях льна и соответствующей высоте очеса, м; b – расстояние от зоны очеса до поверхности поля, м; точка A соответствует началу очеса, точкой B отмечен конец расположения семенных коробочек на стебле; R – радиус вершин очесывающих гребенок ротора, м

Fig. 3. The diagram for calculating the height setting for the deseeder (stripper): a – stripping zone, depending on the location of the seed pods on the flax stems and the corresponding stripping height, m; b – distance from the stripping zone to the field surface, m; point A corresponds to the beginning of stripping, point B marks the end of the seed pod location on the stem; R – radius of the rotor comb tops, m

Во время своего движения очесывающие гребенки описывают циклоиды [11]:

$$\begin{cases} x = V_M \cdot t + r \cdot \cos \omega \cdot t \\ y = r \cdot \sin \omega \cdot t \end{cases}, \quad (7)$$

где t – время движения, с;

r – радиус ротора по концам пальцевых элементов, м;

ω – угловая скорость, рад/с.

Форма циклоиды зависит от показателя кинематического режима работы λ очесывающего рабочего органа:

$$\lambda = \frac{V_{ок}}{V_M}, \quad (8)$$

где $V_{ок}$ – окружная скорость очесывающего рабочего органа, м/с;

V_M – поступательная скорость жатки, м/с.

Продифференцировав выражение (7) по времени, получим уравнения, составляющие абсолютную скорость очеса:

$$\begin{cases} V_X = \frac{dx}{dt} = V_M + r \cdot \sin \omega \cdot t \\ V_Y = \frac{dy}{dt} = r \cdot \cos \omega \cdot t \end{cases}, \quad (9)$$

где V_X и V_Y – скорость движения крайних точек гребенок ротора, м/с.

Рассчитаем радиус барабана, очесывающий жатки. Он оказывает первостепенное значение на качественные показатели уборки льна. Высота стеблей льна варьируется от 800 до 1200 мм, что усложняет технологический процесс и приводит к значительным

повреждениям стеблей. Для снижения потерь необходимо установить взаимосвязь параметров конструкции рабочих органов и технологических режимов работы жатки с морфологическими признаками растения. Рассмотрим взаимодействие зубьев гребенки с лентой льна.

Угол начала α_H процесса очеса определяется из условия, что расстояние между обтекателем и ротором должно быть минимальным. Очес будет происходить на участке S за единицу времени t в момент горизонтального положения гребенки [12-13].

$$\alpha_H \geq 90^\circ - (\mu - \theta), \quad (10)$$

где μ – угол начала очеса, град.;

θ – угол скольжения стеблей льна о поверхность зубьев, град.;

α_H – угол наклона стеблей от вертикали, град.

Угол окончания процесса очеса определяется из условия (10), при котором исключается заклинивание стеблей льна боковыми поверхностями зубьев (рис. 4).

Для очеса стеблей льна необходимо, чтобы зона расположения семян на стеблях была меньше ширины воздействия гребенки. Основными показателями очесывающих устройств роторного типа служат качество работы и чистота очеса [14-16].

Качество работы очесывающего аппарата зависит от соотношения зоны расположения семенных коробочек в ленте и рабочей зоны очеса самого аппарата. Колебания верхушечной части ленты перед очесывающим аппаратом свидетельствуют, что зона очеса ленты льна не остается постоянной и в реальных условиях является случайной, зависящей от условий уборки и динамических свойств уборочной машины.

$$B_{л} = B_a(t) + B_p(t) + l(t), \quad (11)$$

где $B_{л}$ – зона очеса ленты льна, м;

$B_a(t)$ – ширина зоны очеса, обусловленная длиной зоны коробочек, м;

$B_p(t)$ – ширина зоны очеса, обусловленная растянутостью ленты, м;

$l(t)$ – колебания очеса, обусловленные высотой стеблей льна, м.

Чистота очеса аппаратов может быть выражена как функция удельного числа прочесов [1]:

$$W = f(Q), \quad (12)$$

где W – чистота очеса, %;

Q – удельное число прочесов, зуб/с.

Удельное число прочесов определяется из формулы:

$$Q = \frac{V_3 \cdot z \cdot z_3}{200 \cdot V_T \cdot \pi \cdot R} \quad (13)$$

где V_3 – скорость зубьев, м/с;

z – количество гребней на барабане, шт.;

z_3 – количество зубьев на гребне, шт.;

V_T – скорость теребильного аппарата, м/с;

R – радиус концов зубьев барабана, м.

Определив углы начала и окончания очеса, а также ширину зоны очеса, обусловленную длиной зоны коробочек $B_a(t)$, определим радиус очесывающего ротора [17]:

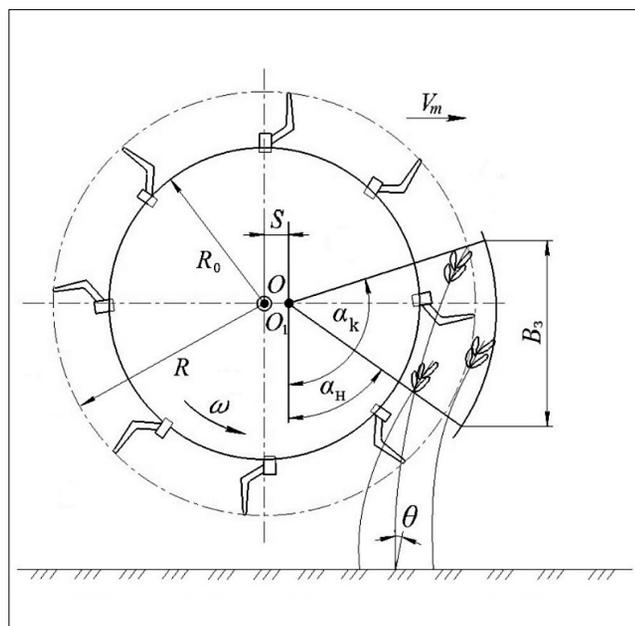


Рис. 4. Схема к определению радиуса очесывающего ротора: S – участок, на котором будет происходить очес, м; R_0 – радиус очесывающего ротора, м; R – радиус вершин очесывающих гребенок, м; B_3 – зона очеса, м; α_n – угол начала очеса, град.; α_k – угол окончания очеса, град.; θ – угол наклона стеблей от вертикали, град.; ω – угловая скорость, рад/с; V_M – поступательная скорость жатки, м/с

Fig. 4. The diagram for determining the stripping rotor radius: S – the area where stripping will take place, m; R_0 is the stripping rotor radius, m; R is the radius of the deseeder comb tops, m; B_3 – stripping area, m; α_n – the angle at the beginning of stripping, degrees; α_k – the angle at the end of the stripping, degrees; θ – the angle of the stem tilt from the vertical axis, degrees; ω – angular velocity, rad/s; V_M – forward speed of the header, m/s

$$R_0 = \frac{B_a(t)}{\cos \alpha_n + \sin \alpha_k}, \tag{14}$$

где $B_a(t)$ ширина зоны очеса, обусловленная длиной зоны коробочек, м;

R_0 – радиус очесывающего ротора, м.

Так как зерновой комбайн (жатка) имеет ширину захвата около 4 м, а льноуборочный комбайн – 1,52 м, то производительность уборки льна увеличится при одной и той же скорости в 2,6 раза. А поскольку зерновой комбайн может работать и на более высокой скорости, то производительность уборки может возрасти до 3 раз. Сокращается одна единица техники (ворохоразделовальная машина), так как эту технологическую операцию (переработку вороха) осуществляет зерновой комбайн в процессе уборки льна. Лабораторные испытания показали снижение потерь семян льна-долгунца на 10%, отход в путанину на 18% [18].

Выводы

1. Представили теоретическое обоснование параметров и режимов работы очесывающего аппарата для очеса льна-долгунца на корню. Предложили модель их определения на основе физико-механических свойств льна и агротехнических требований для его уборки. Данная технология позволит сократить потери семян льна и отход стеблей в путанину, непосредственный обмолот семян в поле снизит количество уборочной техники, численность персонала и себестоимость продукта.

2. Предложили технологическую схему для уборки льна на корню с помощью теребильно-очесывающего устройства, которое состоит из теребильного аппарата и серийной очесывающей жатки. Производительность уборки возрастет в результате увеличения ширины захвата рабочими органами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Черников В.Г., Порфирьев С.Г., Ростовцев Р.А. Очесывающие аппараты льноуборочных машин. М.: ВИМ, 2004. 237 с.
- Mankowski J., Maksymiuk W., Spychalski G., Kolodziej J., Kubacki A., Kupka D., Pudełko K. Research on New Technology of Fiber Flax Harvesting. *Journal of Natural Fibers*. 2018. Vol. 15. N1. 53-61.
- Uschapovsky I. The Russian flax sector: bottlenecks and solutions. *Journal of Natural Fibers*. 2009. Vol. 6. N1. 108-113.
- Черников В.Г., Ростовцев Р. А. Определение параметра интенсивности отрыва коробочек льна при работе очесывающего устройства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. Т. 11. N4. С. 20-23.
- Ковалев М.М. Ресурсоэкономическая технология комбинированной уборки льна-долгунца // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2006. N1. С. 77-80.
- Ковалев М.М., Научно-техническое обеспечение в комплексе мер по повышению эффективности льноводства // *Техника и оборудование для села*. 2007. N10. С 28-31.
- Жалнин Э. В. Уборка с очесом на корню: за и против // *Сельский механизатор*. 2013. N8. С. 10-12.
- Алдошин Н.В., Лылин Н.А., Мосяков М.А. Уборка зерновых культур методом очеса // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2017. N41. С. 67-74.
- Зинцов А.Н. Научные основы отделения семенной части урожая от стеблей при раздельной уборке льна-долгунца. Карававо: Костромская ГСХА. 2019. 118 с.
- Ростовцев Р.А., Черников В.Г., Ущиповский И.В., Попов Р.А. Основные проблемы научного обеспечения льноводства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N3. С. 45-52.
- Ростовцев Р.А., Дмитриев В.И. Определение коэффициента трения стеблей о поверхность почвы // *Достижения науки и техники АПК*. 2006. N4. С. 16-18.
- Жалнин Э.В., Табашников А.Т., Анисимов В.А. Сравнительная оценка очесывающих адаптеров различных конструкций. Монография. М.: ВИМ. 2003. 21 с.
- Шило И.Н., Дашков В.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства: Монография. Минск. 2003. 182 с.
- Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяй-

ственных агрегатов. М.: Колос. 1981. 289 с.

15. Лурье А.Б., Черников В.Г., Озеров В.Г. Технологические основы автоматизации льноуборочных машин // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1974. №5. С. 24-25.

16. Marchenkov A., Rozhmina T., Uschapovsky I., Muir A.D. Cultivation of flax. In A.D. Muir and N.D. Westcott (eds). *Flax: the genus Linum*. London. New York: Routledge. 2003. 74-91.

1. Chernikov V.G., Porfir'ev S.G., Rostovtsev R.A. Ochesyvyayushchie apparaty l'nouborochnykh mashin [Comb deseeders of flax harvesters]. Moscow: VIM, 2004. 237 (In Russian).

2. Mankowski J., Maksymiuk W., Sychalski G., Kolodziej J., Kubacki A., Kupka D., Pudełko K. Research on New Technology of Fiber Flax Harvesting. *Journal of Natural Fibers*. 2018. Vol. 15. №1. 53-61 (In English).

3. Uschapovsky I. The Russian flax sector: bottlenecks and solutions. *Journal of Natural Fibers*. 2009. Vol. 6. №1. 108-113 (In English)

4. Chernikov V.G., Rostovtsev R.A. Opredelenie parametra intensivnosti otryva korobochek l'na pri rabote ochesyvyayushchego ustroystva [Determination of parameter of intensity of flax balls separation during comb deseeding operation]. *Sel'skokozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017. Vol. 11. №4. 20-23 (In Russian).

5. Kovalev M.M. Resursoekonomicheskaya tekhnologiya kombinirovannoy uborki l'na-dolguntsa [Resource-saving technology of fiber flax combined harvesting]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokozyaystvennykh nauk*. 2006. №1. 77-80 (In Russian).

6. Kovalev M.M., Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie v komplekse mer po povysheniyu effektivnosti l'novodstva [Scientific and technological support within a range of measures to improve the flax growing efficiency]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2007. №10. 28-31 (In Russian).

7. Zhalnin E.V. Uborka s ochesom na kornyu: za i protiv [Harvesting with stripping in the field]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2013. №8. 10-12 (In Russian).

8. Aldoshin N.V., Lysin N.A., Mosyakov M.A. Uborka zernovykh kul'tur metodom ochesa [Harvesting of mixed grain crops with stripper header]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*. 2017. №41. 67-74 (In Russian).

9. Zintsov A.N. Nauchnye osnovy otdeleniya semennoy chasti urozhaya ot stebley pri razdel'noy uborke l'na-dolguntsa [Scientific fundamentals for the separation of the crop seed part from the stems during fiber flax separate harvesting]. Karavavo: Kostromskaya GSHA. 2019. 118 (In Russian).

10. Rostovtsev R.A., Chernikov V.G., Ushchapovskiy I.V., Po-

17. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Татарнищев К.В. Анализ взаимодействия стеблей льна с лопаткой монощелевого очесывающего аппарата // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2014. №4. С. 38-40.

18. Dudarev I. A Review of Fibre Flax Harvesting: Conditions, Technologies, Processes and Machines. *Journal of Natural Fibers*. 2020. December.

REFERENCES

pov R.A. Osnovnye problemy nauchnogo obespecheniya l'novodstva [The main problems of scientific support of flax growing]. *Sel'skokozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. №3. 45-52 (In Russian).

11. Rostovtsev R.A., Dmitriev V.I. Opredelenie koeffitsienta treniya stebley o poverkhnost' pochvy [Calculating the coefficient of friction between stems and the soil surface]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2006. №4. 16-18 (In Russian).

12. Zhalnin E.V., Tabashnikov A.T., Anisimov V.A. Sravnitel'naya otsenka ochesyvyayushchikh adapterov razlichnykh konstruktсий [Comparative evaluation of combing adapters of various design types]. Monografiya. Moscow: VIM. 2003. 21 (In Russian).

13. Shilo I.N., Dashkov V.N. Resursosberegayushchie tekhnologii sel'skokozyaystvennogo proizvodstva [Resource-saving agricultural production technologies]. Monografiya. Minsk: 2003. 182 (In Russian).

14. Lur'e A.B. Statisticheskaya dinamika sel'skokozyaystvennykh agregatov [Statistical dynamics of agricultural aggregates]. Moscow: Kolos. 1981. 289 (In Russian).

15. Лурье А.Б., Черников В.Г., Озеров В.Г. Технологические основы автоматизации льноуборочных машин [Technological fundamentals of flax harvesting machine automation]. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1974. №5. 24-25 (In Russian).

16. Marchenkov A., Rozhmina T., Uschapovsky I., Muir A.D. Cultivation of flax. In A.D. Muir and N.D. Westcott (eds). *Flax: the genus Linum*. London. New York: Routledge. 2003. 74-91 (In English).

17. Chernikov V.G., Rostovtsev R.A., Tatarnitsev K.V. Analiz vzaimodeystviya stebley l'na s lopatkoy monoshchelevogo ochesyvyayushchego apparata [Analysis of the interaction of flax stems with a single-slot stripper blade]. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2014. №4. 38-40 (In Russian).

18. Dudarev I. A Review of Fibre Flax Harvesting: Conditions, Technologies, Processes and Machines. *Journal of Natural Fibers*. 2020. December (In English).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 02.01.2021
The paper was submitted
to the Editorial Office on 02.01.2021

Статья принята к публикации 19.05.2021
The paper was accepted
for publication on 19.05.2021