

Исследование технологий уборки льна льноуборочными машинами

Виктор Григорьевич Черников,
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник,
e-mail: v.chernikov@fnclnk.ru;

Роман Анатольевич Ростовцев,
доктор технических наук, директор;
Владислав Юрьевич Романенко,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник

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

Реферат. Технология уборки льна льноуборочными машинами зависит от входных воздействий, включающих: качественные показатели льноуборочных машин; конструктивные размеры рабочих органов; показатели условий работы; промежуточные переменные, отражающие динамические свойства рабочих органов и динамику потока льна. (*Цель исследования*) Установить закономерности и степень связи между качественными показателями работы (чистота теребления, очеса, растянутость ленты); конструктивными параметрами; динамическими свойствами машин и условиями уборки (высота и густота стеблестоя льна, рельеф поля, толщина и неравномерное расположение ленты льнотресты и так далее). (*Материалы и методы*) Разработали на основании системного анализа математические модели технологического процесса уборки льна. Представили информационные модели исследований основных льноуборочных машин. (*Результаты и обсуждение*) Показали, что наиболее характерными показателями условий работы льноуборочных машин служат высота стеблестоя льна $l(t)$, сантиметры; зона расположения семенных коробочек $a(t)$, сантиметры; и неровность поверхности поля $z(t)$, сантиметры. Выявили, что качество работы определяется чистотой очеса $n(t)$, проценты, растянутостью ленты льносоломы $\lambda(t)$, раз, расположением ее верхушечной $y_a(t)$ и корневой частей $y_k(t)$, сантиметры. Приняли в качестве оценочных показателей высоту теребления $h(t)$, сантиметры, колебания комбайна в продольно-вертикальной плоскости $Q(t)$, градусы, расположение верхушечной части лент льна перед очесывающим аппаратом. (*Выводы*) Разработали гидроустройство для регулировки высоты теребления $h(t)$ от 10 до 40 сантиметров в зависимости от стеблестоя льна. Констатировали, что важным резервом повышения чистоты очеса служит изменение ширины зоны очеса комбайна B_k , сантиметры. Создали для этого механизм перемещения очесывающего аппарата относительно зажимного транспортера в зависимости от высоты стеблестоя льна $l(t)$, сантиметры.

Ключевые слова: лен-долгунец, льнокомбайн, льнотеребилка, стеблестой, технология уборки льна.

■ Для цитирования: Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Романенко В.Ю. Исследование технологий уборки льна льноуборочными машинами // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2023. Т. 17. №1. С. 19-24. DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-1-19-24. EDV PLFOHX.

Flax Harvesting Technologies for Flax Harvesting Machines

Viktor G. Chernikov,
Dr.Sc.(Eng.), professor, chief researcher,
e-mail: v.chernikov@fnclnk.ru;

Roman A. Rostovtsev,
Dr.Sc.(Eng.), chief researcher, director;
Vladislav Yu. Romanenko,
Ph.D.(Eng.), leading researcher

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

Abstract. The technology of flax harvesting depends on input impacts, including: flax harvester qualitative characteristics; working body parameters; indicators of working conditions; intervening variables reflecting the dynamic properties of the working bodies and the dynamics of the flax flow input. (*Research purpose*) To establish patterns and the degree of correlation between the qualitative operation indicators (pulling and deseeding quality, flax line stretching); design parameters; machine dynamic properties and harvesting conditions (height and density of flax stem, field surface, thickness and unevenness of flax straw, etc.). (*Materials and methods*) Based on system analysis, mathematical models of the technological process of flax harvesting were developed. Information models were introduced for examining the main flax harvesters. (*Results and discussion*) The paper shows that the most typical indicators of the flax harvester working conditions are the flax stem height $l(t)$, centimeters; the seed pod

area $a(t)$, centimeters; and field surface roughness $z(t)$, centimeters. It is found that the quality of operation is determined by the deseeding quality, percentages; the flax straw stretching, times; the location of its apical and root parts, centimeters. The estimated indicators are as follows: the pulling height $h(t)$, centimeters, the vibrations of the combine in the longitudinal-vertical plane $Q(t)$, degrees, the location of the apical part of the flax flaw in front of the stripper. (*Conclusions*) A hydraulic device was developed to adjust the pulling height from 10 to 40 centimeters, depending on the flax stem. An important reserve for increasing the deseeding quality is the change in the width of the deseeding zone of the V_k harvester, centimeters. For this purpose, a mechanism was created for moving the deseeder against the clamping conveyor, depending on the flax stem height $l(t)$, centimeters.

Keywords: fiber flax, flax harvester, flax puller, flax stem, flax harvesting technology.

For citation: Chernikov V.G., Rostovtsev R.A., Romanenko V.Yu. Issledovanie tekhnologii uborki lna lnouborochnymi mashinami [Flax harvesting technologies for flax harvesting machines]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2023. Vol. 17. N1. 19-24 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2023-17-1-19-24. EDV PLFOHX.

Льноуборочные машины работают в условиях изменяющихся внешних воздействий, что сказывается на производительности машин, качестве выполнения технологических процессов и конечного продукта [1, 2]. Актуальна задача комплексного исследования условий работы, динамических свойств и качества работы льноуборочных машин на основе проведения широких полевых испытаний, обработки и анализа большого количества первичной информации [3, 4, 18-21].

Цель исследования – установить закономерности и степень связи между качественными показателями работы (чистота тербления, очеса, растянутость ленты); конструктивными параметрами; динамическими свойствами машин и условиями уборки (высота и густота стеблестоя льна, рельеф поля, толщина и неравномерное расположение ленты льнотресты и так далее).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Важнейшее условие системного анализа – разработка математической модели технологического процесса, сбор и обработка информации [5, 6].

Разработали информационные модели исследований основных льноуборочных машин – льнотеребилки и льнокомбайна, которые представлены в виде схем на *рисунке*.

Для льноуборочных машин (льнотеребилка, льнокомбайн) наиболее существенны следующие показатели условий уборки: высота $l(t)$ и густота стеблестоя льна $u(t)$, зона расположения семенных коробочек $a(t)$, рельеф поля $z(t)$ [7, 8].

Технологический процесс уборки льна-долгунца льноуборочными машинами характеризуется и оценивается качественными показателями работы, которые служат как бы паспортом машины. Количество качественных показателей, составляющих вектор \vec{Y} для каждой льноуборочной машины различно, и зависит от ее конструкции и характера выполняемого процесса. Например, для льнотеребилки качественными показателями будут параметры ленты льна – растянутость $\lambda(t)$, расположение верхушечной $y_v(t)$ и корневой частей $y_k(t)$. Для льнокомбайна важный показатель качества так же чистота очеса $n(t)$ [9, 10].

Таблица						Table					
ЧИСЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВХОДНЫХ И ВЫХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ МОДЕЛИ ЛЬНОКОМБАЙНА											
NUMERICAL CHARACTERISTICS OF THE INPUT AND OUTPUT PROCESSES OF THE FLAX HARVESTER MODEL											
Процессы Processes	m	σ	$V, \%$	$\omega_{\max}, 1/c$	$\omega_c, 1/c$						
$l(t), \text{ см / см}$	78,83-89,6	5,4-7,6	6,9-8,5	0,9-1,1	4,0						
$a(t), \text{ см / см}$	19,4-22,0	4,8-5,3	24,0-24,8	1,0; 4,05	5,0						
$z(t), \text{ см / см}$	–	1,3-2,4	–	1,9-2,5	6,0						
$u(t), \text{ шт./м}^2/\text{pieces/m}^2$	850-1390	405	29-47,6	1,0; 5,0	8,0						
$L_p(t), \text{ мм / мм}$	1,6-2,0	0,8-1,1	50-54	1,2; 5,1	12,0						
$L_1(t), \text{ мм / мм}$	3,7-7,0	0,6-3,6	17,8-51	1,8-2,4	6,0						
$L_2(t), \text{ мм / мм}$	2,6-4,3	0,6-2,0	23-45	1,7-2,5	6,0						
$y_v(t), \text{ см / см}$	–	6,5-7,8	–	0,9-1,6	10,0						
$h(t), \text{ см / см}$	–	0,8-0,9	–	1,8-2,5	4,0						
$Q(t), \text{ град. / degrees}$	–	1,1-1,2	–	0,8-1,2	3,0						
$n(t), \%$	98-88	20-30	21-29	0,9-1,3	3,0						
$\lambda(t), \text{ раз / times}$	1,2-1,5	0,3-0,6	26-40	1,5-4,0	10						
$y_v(t), \text{ см / см}$	–	7,1-12	–	0,9-1,2	3,0						
$y_k(t), \text{ см / см}$	–	5,4-8,3	–	1,2-4,5	3,0						

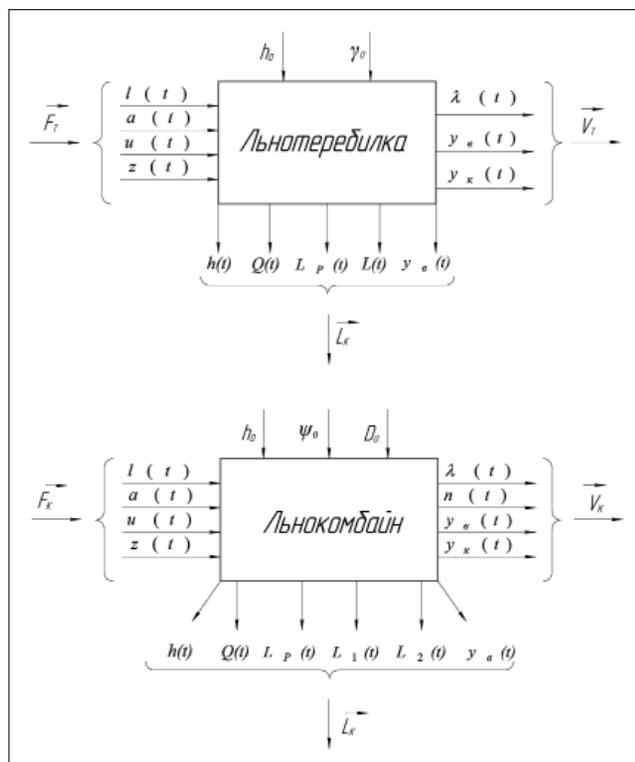


Рис. Информационные модели исследований: $l(t)$ – высота стеблестоя льна, см; $a(t)$ – зона расположения семенных коробочек, см; $u(t)$ – густота стеблестоя льна, шт./м²; $z(t)$ – неровность поверхности поля (рельеф), см; $n(t)$ – чистота очеса, %; $\lambda(t)$ – растянутость ленты льносолемы, раз; $y_a(t)$ – расположение верхушечной части ленты льна, см; $y_k(t)$ – расположение корневой части ленты льна, см; $Q(t)$ – колебания комбайна в продольно-вертикальной плоскости, град.; $h(t)$ – высота тербления, см; h_0 – установочное значение высоты тербления льна, см; $L_p(t)$ – толщина ленты в тербильном ручье, мм; $L_1(t)$ – средняя толщина ленты на входе в очесывающий аппарат, мм; $L_2(t)$ – средняя толщина ленты на выходе из очесывающего аппарата, мм; D_0 – диаметр очесывающего барабана, м; ψ_0 – угол наклона зуба, град.; γ_0 – угол наклона тербильного аппарата, град

Fig. Information models of research: $l(t)$ – the flax stem height, cm; $a(t)$ – the location of the seed pods, cm; $u(t)$ – the density of the flax stem, pcs/m²; $z(t)$ – the unevenness of the field surface (relief), cm; $n(t)$ – the purity of deseeding, %; $\lambda(t)$ – the flax straw stretching, times; $y_a(t)$ – the location of the apical part of the flax line, cm; $y_k(t)$ – the location of the root part of the flax line, cm; $Q(t)$ – vibrations of the combine in the longitudinal-vertical plane, degree; $h(t)$ – the height of the pulling, cm; h_0 – the set value of the flax pulling height, cm; $L_p(t)$ – the thickness of the input flax stream, mm; $L_1(t)$ – the average thickness of the flax input line, mm; $L_2(t)$ – the average thickness of the flax output line, mm; D_0 – the diameter of the deseeding drum, m; ψ_0 – the tilt angle of the tooth, degree; γ_0 – the tilt angle of the pulling device, degree

Результаты и обсуждение. Испытания льноуборочных машин выполнили на полях Тверской области. Запись процессов проводили в диапазоне рабочих скоростей $v = 1,0-1,8$ м/с. Ниже приведены обоб-

щенные данные испытаний и краткий анализ полученных материалов.

После математической обработки первичной информации с использованием специальных компьютерных программ получили (табл.) средние значения показателей m , среднеквадратические отклонения σ , коэффициент вариации V , а также спектры частот (частоты среза ω_c и частоты ω_{max} , при которых спектральные плотности имеют максимальное значение).

Из данных таблицы видно, что составляющие вектора \vec{F}_k условия колеблются в широких пределах. Так, например при средних значениях $m_L = 78,3-89,6$ см, $m_a = 19,4-22,0$ см и $m_u = 850-1390$ шт./м², среднеквадратическое отклонение составило $\sigma_L = 5,4-7,6$ см, $\sigma_a = 4,8-5,3$ см и $\sigma_u = 405$ шт./м² соответственно. Следует также отметить, что распределение высоты стеблестоя и длины зоны семенных коробочек оказалось близким к нормальному.

Особый интерес представляет анализ вектора \vec{L} . Относительная неравномерность густоты стеблестоя льна $u(t)$ вызывает изменение толщины ленты льна. Толщина ленты в тербильном ручье $L_p(t)$ колеблется в пределах 1,6-2,0 мм со среднеквадратическим отклонением $\sigma_{L_p} = 0,8-1,1$ мм. Процесс $L_p(t)$ имеет значительную полосу существенных частот до $\omega_c = 12,0$ 1/с. Средняя толщина слоя льна на входе в очесывающий аппарат $L_1(t)$ составляет $m_1 = 3,7-7,0$ мм при среднеквадратическом отклонении $\sigma_{L_1} = 0,6-3,6$ мм. Процесс $L_1(t)$ имеет более узкополосный спектр по сравнению с $L_p(t)$ до $\omega_c = 6,0$ 1/с. Таким образом, поперечный транспортер гасит высокочастотные составляющие и усиливает низкочастотные составляющие процесса.

Средняя толщина ленты на выходе из очесывающего аппарата $L_2(t)$ меньше чем на входе и составляет $m_{L_2} = 2,6-4,3$ мм при среднеквадратическом отклонении $\sigma_{L_2} = 0,6-2,0$ мм. По частотному составу процесс $L_2(t)$ идентичен процессу $L_1(t)$, то есть зажимной транспортер, уплотняя ленту льна в среднем на 65%, не меняет внутренней структуры процесса.

Из приведенных данных видно, что толщина льна в льноуборочном комбайне характеризуется значительными колебаниями. Это затрудняет работу очесывающего аппарата, а при резком изменении густоты стеблестоя льна может привести к забиванию тербильных секций и простоям льноагрегата. Кроме того, колебание толщины ленты льносолочки затрудняет процесс вылежки тресты.

Стабилизация толщины ленты играет существенную роль в повышении производительности и качества работы льноуборочных комбайнов. Полученная впервые статистика процессов может быть положена в основу разработки технических средств контроля и регулирования толщины ленты в условиях нормального функционирования.

Несколько своеобразна внутренняя структура зо-

ны очеса семенных коробочек [11-13].

Колебания верхушечной части ленты льна перед очесывающим аппаратом $y_{в1}(t)$ ($\sigma_{y_{в1}} = 6,5-7,8$ см) свидетельствуют, что зона очеса ленты льна $B_{л}$ не остается постоянной. В первом приближении ширина зоны очеса $B_{л}$ определяется расположением семенных коробочек на стеблях a и растянутостью Δl :

$$B_{л} = a + \Delta l. \quad (1)$$

Однако в реальных условиях ширина зоны очеса $B_{л}$ является случайной функцией $B_{л}(t)$, зависящей от условий уборки и динамических свойств уборки:

$$B_{л}(t) = e_a(t) + e_{\lambda}(t) + l(t), \quad (2)$$

где $e_a(t)$ – ширина зоны очеса, обусловленная длиной зоны коробочек;

$e_{\lambda}(t)$ – ширина зоны очеса, обусловленная растянутостью ленты;

$l(t)$ – колебания зоны очеса, обусловленные высотой стеблестоя льна [6].

Увеличение диаметра очесывающего барабана D_0 для повышения чистоты очеса нецелесообразно, так как увеличивается количество путанины в ворохе [14]. Важным резервом повышения чистоты очеса служит непрерывный контроль зоны очеса ленты льна и регулирование высоты тербления, угла наклона зубьев очесывающего аппарата или его положения относительно ленты льна [15-17].

Среднеквадратическое отклонение процесса изменения высоты тербления льна $h(t)$ от установочного значения h_0 при отсутствии управляющего воздействия составляет $\sigma_0 = 0,8-0,9$ см. Полоса существен-

ных частот находится в пределах $\omega_c = 0-4,0$ 1/с. На колебания процесса $h(t)$ влияют главным образом неровности поверхности поля. Влияние колебаний комбайна незначительно.

Анализ условий уборки, динамических свойств и качества работы льноуборочных машин позволяет разработать механизмы автоматизации, сигнализации и контроля выполнения технологических операций уборки льна.

Выводы. Установили зависимость качества работы льноуборочных машин от высоты стеблестоя льна $l(t)$, см; зоны расположения семенных коробочек $a(t)$, см; и неровности поверхности поля $z(t)$, см. Разработали гидроустройство регулирования высоты тербления от 10 до 40 см в зависимости от высоты стеблестоя льна.

Определили, что колебания верхушечной части лент льна перед очесывающим аппаратом $y_{в1}(t)$ свидетельствуют, что зона очеса ленты льна $B_{л}$ не остается постоянной и в реальных условиях эксплуатации является случайной функцией $B_{л}(t)$, зависящей от динамических свойств и условий уборки. Для качественного очеса разработали механизм смещения очесывающего аппарата относительно зажимного транспортера в зависимости от высоты стеблестоя льна.

С целью уменьшения времени на устранение забивок льном поперечный транспортер выполнили подъемным под углом 70° .

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Черников В.Г. Машины для уборки льна (конструкция, теория и расчет): монография. М.: Инфра-М. 1999. 209 с.
- Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Романенко В.Ю. и др. Влияние характеристик условий работы на надежность и точность выполнения технологических процессов льноуборочными машинами // *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2016. №4. С. 9-11.
- Понажев В.П. Усовершенствованные технологии семеноводства в льноводстве: монография. Тверь: Тверской государственный университет. 2006. 230 с.
- Шило И.Н., Дашков В.Н., Колос В.А. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства: монография. Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет. 2003. 183 с.
- Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. М.: Колос. 1981. 282 с.
- Лурье А.Б., Черников В.Г., Озеров В.Г. Технологические основы автоматизации льноуборочных машин // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1974. №5. С. 24-25.
- Зинцов А.Н. Научные основы отделения семенной части урожая от стеблей при раздельной уборке льна-долгунца. Караваево: Костромская ГСХА. 2019. 118 с.
- Кленин Н.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос. 1994. 751 с.
- Поздняков Б.А. Актуальные направления совершенствования системы машин для уборки льна-долгунца // *Техника и оборудование для села*. 2019. №8(266). С. 2-6.
- Ростовцев Р.А., Черников В.Г., Ущаповский И.В. и др. Основные проблемы научного обеспечения льноводства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. №3. С. 45-52.
- Черников В.Г., Порфирьев С.Г., Ростовцев Р.А. Очесывающие аппараты льноуборочных машин. М.: Издательство ВИМ. 2004. 237 с.
- Ковалев М.М., Галкин А.В. Анализ процесса очеса стеблей барабаном с поступательно-круговым движением гребней // *Достижения науки и техники АПК*. 2006. №4. С. 25-27.
- Ковалев М.М. Аппарат с поступательно круговыми движениями гребней: анализ процесса очеса стеблей // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1994. №1. С. 25-27.
- Черников В.Г. Определение параметра интенсивности



отрыва коробочек льна при работе очесывающего устройства // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2017. N4. С. 20-23.

15. Родионова Л.В. Сравнительный анализ очесывающих устройств поли- и монощелевого типа // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1986. N5. С. 31-33.
16. Родионова А.Е. Технология выращивания и первичной переработки льна-долгунца. Тверь: Агросфера. 2008. 442 с.
17. Алдошин Н.В., Лылин М.А., Мосяков М.А. Уборка зернобобовых культур методом очеса // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2017. N1(41). С. 67-74.
18. Лобачевский Я.П., Ценч Ю.С., Бейлис В.М. Создание и развитие систем машин и технологий для комплексной

- механизации технологических процессов в растениеводстве // *История науки и техники*. 2019. N12. С. 46-55.
19. Годжаев З.Д., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Ценч Ю.С., Зубина В.А. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (Прогноз) // *Технический сервис машин*. 2019. N4(137). С. 220-229.
 20. Мазитов Н.К., Шогенов Ю.Х., Ценч Ю.С. Сельскохозяйственная техника: решения и перспективы // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N3(32). С. 94-100.
 21. Жалнин Э.В., Ценч Ю.С., Пьянов В.С. Методика анализа технического уровня зерноуборочных комбайнов по функциональным и конструктивным параметрам // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N2. С. 4-8.

REFERENCES

1. Chernikov V.G. Mashiny dlya uborki l'na (konstruktsiya, teoriya i raschet): monografiya [Flax harvesting machines (design, theory and calculation): monograph.]. Moscow: Infra-M. 1999. 209 (In Russian).
2. Chernikov V.G., Rostovtsev R.A., Romanenko V.Yu., et al. Vliyaniye kharakteristik usloviy raboty na nadezhnost' i tochnost' vypolneniya tekhnologicheskikh protsessov l'nouborochnymi mashinami [Influence of the working conditions on the reliability and accuracy of flax harvester technological processes]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2016. N4. 9-11 (In Russian).
3. Ponazhev V.P. Uovershenstvovannyye tekhnologii semenovodstva v l'novodstve: monografiya [Improved technologies of seed production in flax growing: monograph.]. Tver': Tverskoy gosudarstvennyy universitet. 2006. 230 (In Russian).
4. Shilo I.N., Dashkov V.N., Kolos V.A. Resursosberegayushchie tekhnologii sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: monografiya [Resource-saving technologies of agricultural production: monograph.]. Minsk: Belorusskiy gosudarstvennyy agrarnyy tekhnicheskyy universitet. 2003. 183 (In Russian).
5. Lur'e A.B. Statisticheskaya dinamika sel'skokhozyaystvennykh agregatov [Statistical dynamics of agricultural units.]. Moscow: Kolos. 1981. 282 (In Russian).
6. Lur'e A.B., Chernikov V.G., Ozerov V.G. Tekhnologicheskie osnovy avtomatizatsii l'nouborochnykh mashin [Technological fundamentals of flax harvester automation]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*. 1974. N5. 24-25 (In Russian).
7. Zintsov A.N. Nauchnyye osnovy otdeleniya semennoy chasti urozhaya ot stebley pri razdel'noy uborke l'na-dolguntsa [Scientific fundamentals for separating the crop seed part from the stems during separate harvesting of fiber flax]. Karavaevo: Kostromskaya GSKHA. 2019. 118 (In Russian).
8. Klenin N.I., Sakun V.A. Sel'skokhozyaystvennyye i meliorativnyye mashiny [Agricultural and land reclamation machines]. Moscow: Kolos. 1994. 751 (In Russian).
9. Pozdnyakov B.A. Aktual'nye napravleniya sovershenstvovaniya sistemy mashin dlya uborki l'na-dolguntsa [Up-to-date areas of improving the system of machines for harvesting fiber flax]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2019. N8(266). 2-6 (In Russian).
10. Rostovtsev R.A., Chernikov V.G., Ushchapovskiy I.V., et al. Osnovnyye 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).
11. Chernikov V.G., Porfir'ev S.G., Rostovtsev R.A. Ochesyvyayushchie apparaty l'nouborochnykh mashin [Strippers for flax harvesters]. Moscow: Izdatel'stvo VIM. 2004. 237 (In Russian).
12. Kovalev M.M., Galkin A.V. Analiz protsessa ochesa stebley barabanom s postupatel'no-krugovym dvizheniem grebney [Analysis of the stalk stripping process by a drum with progressive-circular motion of the ridges]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2006. N4. 25-27 (In Russian).
13. Kovalev M.M. Apparat s postupatel'no-krugovymi dvizheniyami grebney: analiz protsessa ochesa stebley [Machine with progressively circular movements of the ridges: analysis of the stalk stripping process]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*. 1994. N1. 25-27 (In Russian).
14. Chernikov V.G. Opredeleniye parametra intensivnosti otryva korobochek l'na pri rabote ochesyvyayushchego ustroystva [Determination of parameter of intensity of flax balls separation during comb deseeding operation]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017. N4. 20-23 (In Russian).
15. Rodionova L.V. Sravnitel'nyy analiz ochesyvyayushchikh ustroystv poli- i monoshchelevogo tipa [Comparative analysis of stripping devices of poly- and mono-slit type]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*. 1986. N5. 31-33 (In Russian).
16. Rodionova A.E. Tekhnologiya vyrashchivaniya i pervichnoy pererabotki l'na-dolguntsa [Technology of cultivation and primary processing of fiber flax]. Tver': Agrosfera. 2008. 442 (In Russian).
17. Aldoshin N.V., Lylin M.A., Mosyakov M.A. Uborka zernobobovykh kul'tur metodom ochesa [Leguminous harvesting by the stripping method]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*. 2017. N1(41). 67-74 (In Russian).

18. Lobachevskiy Ya.P., Tsench Yu.S., Beylis V.M. Sozdanie i razvitie sistem mashin i tekhnologiy dlya kompleksnoy mekhanizatsii tekhnologicheskikh protsessov v rastenievodstve [Creation and development of machine systems and technologies for complex mechanization of technological processes in crop production]. *Istoriya nauki i tekhniki*. 2019. N12. 46-55 (In Russian).
19. Godzhaev Z.D., Shevtsov V.G., Lavrov A.V., Tsench Yu.S., Zubina V.A. Strategiya mashinno-tekhnologicheskoy modernizatsii sel'skogo khozyaystva Rossii do 2030 goda (Prognoz) [Strategy of machine-technological modernization of agriculture in Russia until 2030 (Forecast)]. *Tekhnicheskij servis mashin*. 2019. N4(137). 220-229 (In Russian).
20. Mazitov N.K., Shogenov Yu.Kh., Tsench Yu.S. Sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: resheniya i perspektivy [Agricultural machinery: solutions and prospects]. *Vestnik VIESH*. 2018. N3(32). 94-100 (In Russian).
21. Zhalnin E.V., Tsench Yu.S., P'yanov V.S. Metodika analiza tekhnicheskogo urovnya zernouborochnykh kombaynov po funktsional'nym i konstruktivnym parametram [Methods of analysis of the technical level of combine harvesters on functional and structural parameters]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12. N2. 4-8 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Черников В.Г. – научное руководство, постановка проблемы, разработка теоретических предпосылок, формирование общих выводов;

Ростовцев Р.А. – определение методологии исследования, выбор и обоснование основных исследуемых параметров, формирование общих выводов;

Романенко В.Ю. – литературный анализ, проведение испытаний, анализ экспериментальных результатов, редактирование и доработка текста статьи, подготовка материала к публикации.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Coauthors' contribution:

Chernikov V.G. – scientific supervision, problem statement, development of theoretical background, formation of general conclusions;

Rostovtsev R.A. – specifying the research methodology, selection and justification of the main study parameters, formation of general conclusions;

Romanenko V.Yu. – literature review, conducting experiments, analysis of experimental results, proofreading and finalizing the text of the article, preparing the material for publication.

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

23.01.2023
01.03.2023