

DOI 10.5281/zenodo.10141680

EDN DNAQKU

УДК 631.358: 631.354.3

Романенко В. Ю., Соловьёв С. В.

К АНАЛИЗУ ПРОЦЕССА ОЧЕСА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА НА КОРНЮ

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Реферат. Наиболее значимой операцией при уборке льна-долгунца, от которой зависит качество получаемой продукции, является процесс отделения семенной части урожая от стеблей. Цель исследований – теоретически обосновать процесс очеса растений льна-долгунца на корню гребенками однороторной очесывающей жатки для определения ее оптимальных геометрических параметров и режимов работы. Задачи исследований – определение оптимального радиуса очесывающей жатки, и установление условий, при которых семенной материал можно будет собирать с наименьшими потерями и повреждениями. Методы исследования базировались на классических законах механики с использованием математических моделей, описывающих процессы движения семенных головок льна-долгунца при очесе их гребенкой очесывающего барабана и последующей транспортировкой в наклонную камеру комбайна. В лаборатории агроинженерных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» в 2021–2023 гг. проведены теоретические исследования процесса очеса растений льна-долгунца на корню гребенками однороторной очесывающей жатки. В статье рассмотрены основные конструктивные параметры рабочая ширина очесывающего барабана B и радиус очесывающего барабана агрегата r_0 , а также основные показатели: кинематический режим работы агрегата λ и число оборотов очесывающего барабана n . Очесывающая жатка, кроме очеса, выполняет функцию механизма по сбору и транспортировке семенных головок в накопитель, поэтому были рассмотрены силы, действующие на семенные головки, удаленные на разные расстояния от центра вращения и осуществляющие движение вместе с очесывающей гребенкой. Получено условие, при котором начнется отрыв семенных головок от поверхности очесывающих гребней: $h = \omega^2 \cdot r \cdot \sin \beta_0 \geq g$. В зависимости от кинематических показателей режима работы агрегата определен оптимальный радиус очесывающего барабана r_0 . Для очеса растений льна-долгунца на корню радиус очесывающего барабана должен составлять: $r_0 = 0,33 - 0,35$ м. Определено оптимальное условие: $y = H - L \leq X \leq L + M$, при котором ворох льна будет попадать в наклонную камеру с минимальными потерями и повреждением семенного материала.

Ключевые слова: лен-долгунец, очес, гребенка, радиус однороторной жатки, очесывающий барабан, агрегат, ворох.

Для цитирования: Романенко В. Ю., Соловьёв С. В. К анализу процесса очеса льна-долгунца на корню // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 3(35) С. 189–198. EDN: DNAQKU. DOI: 10.5281/zenodo.10141680.

For citation: Romanenko V. Yu., Soloviev S. V. To the analysis of the process of combing fiber flax on the root // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2023. No. 3(35). P. 189–198. EDN: DNAQKU. DOI: 10.5281/zenodo.10141680.

Введение

Стратегическое значение для России льна как единственного возобновляемого источника натурального текстильного сырья существенно возрастает, что обусловлено

санкциями и снижением объемов поставляемого из-за рубежа хлопка. С целью повышения сырьевой и товарной независимости недостаток хлопка можно заменить волокном, получаемым из лубяных культур. Это создает перспективы для роста объемов производства льняного сырья, однако до настоящего времени развитие этого процесса идет медленно [1].

Уборка льна долгунца является заключительным, самым сложным и материально затратным процессом, на долю которого в зависимости от принятой технологии приходится 65–80 % затрат труда, 55–75 % денежных средств и до 40 % затрат энергии. Независимо от используемой технологии, уборка является наиболее важной и ответственной операцией, в значительной мере определяющей количество и качество получаемой продукции. Решение вопросов повышения качества и скорости уборки льна-долгунца в настоящее время имеет важное значение. Основным способом уборки льна пока еще остается комбайновый, который заключается в терблении льна льнокомбайном с одновременным очесом коробочек и сбором вороха в прицеп. При этом удается получить и семенной материал, и тресту для дальнейшей переработки [2, 3].

На данный момент вместе с комбайновой технологией все больше начинают применять технологию счеса семенных головок со стеблей льна на корню однороторными очесывающими жатками. Данная технология позволяет сократить сроки уборки благодаря большой производительности жаток, снизить потери семян, повысить их качество, а также сократить затраты на сушку вороха. Льностерню, которая осталась на поле, тербят более высокопроизводительными тербилками и расстилают для дальнейшей вылежки в тресту [4, 5].

Основным технологическим процессом при уборке льна-долгунца является отделение семенной части урожая от стеблей. От качества его выполнения зависит снижение потерь семян, номер получаемой тресты и количество затрат для дальнейшей переработки полученного сырья. По своей природе очес льна-долгунца является процессом разделительным с деформацией и частичным разрушением стеблей и семенных коробочек. Он характеризуется тем, что стеблевой слой, подвергаясь различным механическим воздействиям рабочего органа, частично или полностью (идеальный случай) разделяется на стебли и семенную часть – льняной ворох. При этом воздействия по возможности должны быть такими, чтобы семенные коробочки не разрушались, а стебли льна не повреждались, сохраняя свою целостность и природную прочность. После отделения семенной массы от растений происходит их транспортировка в накопитель. Ворох, благодаря воздушному потоку (который создается очесывающим устройством), а также непосредственно от воздействия самого рабочего органа перемещается на конвейер (транспортёр) и дальше в накопитель. При уборке льнокомбайнами потери семенной массы на этапе перемещения их от очесывающего барабана до транспортёра достигают 7–10 %, что обусловлено конструктивными особенностями очесывающего аппарата данных машин. Использование однороторных жаток для очеса льна-долгунца на корню позволит устранить потери семян на этапе их транспортировки от рабочего органа к накопителю, так как семенная масса подается через наклонную камеру. Тем не менее, потери могут происходить в момент отрыва коробочек от растений. Поэтому представляет интерес разработать методику расчета, обосновать параметры очесывающего барабана и режимы его работы [6, 7].

Цель исследований – теоретически обосновать процесс очеса растений льна-долгунца на корню гребенками однороторной очесывающей жатки для определения ее оптимальных геометрических параметров и режимов работы.

Сформированы задачи исследований:

— определить оптимальный радиус однороторной очесывающей жатки для качественного выполнения технологического процесса с учетом кинематических режимов работы агрегата;

— установить оптимальные условия воздействия очесывающей гребенки на стебли растений льна-долгунца для отделения семенных коробочек при котором семенная масса и ворох льна будут попадать в наклонную камеру с минимальными потерями и повреждением семенного материала.

Материалы и методы исследований

Теоретические исследования процесса очеса растений льна-долгунца на корню проводили в 2021–2023 гг. в лаборатории агроинженерных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур». Изучены режимы работы аппарата для очеса льна-долгунца на корню, обоснованы геометрические параметры, величина установленного зазора очесывающей гребенки и интенсивность воздействия рабочего органа на стебель льна-долгунца [8–10]. Разработана лабораторная установка для проведения камеральных исследований по отделению семенных коробочек от стеблей льна-долгунца при очесе растений на корню очесывающей гребенкой. Камеральные исследования запланировано провести в 2024 г.

Объектом исследования является однороторная очесывающая жатка с размещенным на ней рабочим органом – очесывающими гребенками. Для определения оптимальных параметров и режимов работы очесывающей жатки необходимо знать прочностную характеристику растений льна-долгунца. В процессе работ изучали физико-механические свойства растений и сущность процесса отделения семенной коробочки. На сорте льна-долгунца «Надежда» методом тензометрирования определили усилие, необходимое для отделения семенных коробочек. В качестве тензометрического оборудования использована разрывная машина МРВ–1И (для льноконоплетресты, трепаного, чесаного льна и пеньки). К тензобалке крепили очесывающую гребенку, производили тарирование прибора, растения льна-долгунца жестко крепили к нижней части разрывной машины и проводили эксперимент. Усилие для отделения одной коробочки составило от 17 до 23 Н. Информационную базу, необходимую для работы, составили научные публикации по данной теме [11–14]. Методы исследования базировались на классических законах механики с использованием математических моделей, описывающих процессы движения семенных головок льна-долгунца при очесе их гребенкой очесывающего барабана и транспортировкой в наклонную камеру комбайна [15].

Результаты и их обсуждение

Качество работы очесывающего барабана зависит от правильного выбора и расчета его основных конструктивных параметров. Рабочая ширина очесывающего барабана B определяется исходя из зоны расположения семенных головок на стебле растений льна-долгунца B_0 . Следовательно:

$$B = \eta \cdot \tau \cdot B_0, \text{ м} \quad (1)$$

где η – коэффициент, учитывающий разброс зоны расположения семенных головок на стебле льна-долгунца;

τ – коэффициент, учитывающий отклонение рабочей зоны барабана из-за влияния рельефа поля;

B_0 – зона расположения семенных головок на стебле льна-долгунца, м.

Для расчета барабана важны критические значения числа прочесов стебля льна-долгунца $Q_{кр}$ и скорости движения его очесывающих гребенок $V_{ог}$, м/с, выше которой начинается повреждение семенных головок, стеблей и непосредственно семян.

Поэтому, при расчете необходимо исходить из условия: $Q \leq Q_{кр}$ и $V_{оз} \leq V_{кр}$ [16].

Считая, что на производственных полях стебли льна-долгунца расположены практически в виде непрерывного слоя, число прочесов Q (раз) зависит от режима работы очесывающего барабана агрегата:

$$Q = \frac{n \cdot z}{60 \cdot V_a}, \text{ раз} \quad (2)$$

где n – число оборотов очесывающего барабана, об./мин;

z – количество очесывающих гребенок на барабане жатки, шт;

V_a – поступательная скорость агрегата, км/час.

Число оборотов очесывающего барабана n , можно определить по формуле:

$$n = \frac{V_{оз}}{2 \cdot \pi \cdot L}, \text{ об./мин} \quad (3)$$

где L – расстояние от центра вращения барабана до конца очесывающих гребенок, м.

Подставив выражение (3) в (2) и скорректировав единицы измерения, число прочесов Q можно рассчитать по формуле:

$$Q = \frac{1,8 \cdot z \cdot V_{оз}}{\pi \cdot L \cdot V_a}, \text{ раз} \quad (4)$$

Расчет скорости движения агрегата V_a проводится исходя из выбранных значений числа полных прочесов Q , числа оборотов n и числа гребней z очесывающего барабана:

$$V_a = \frac{n \cdot z}{60 \cdot Q}, \text{ км/час} \quad (5)$$

При этом промежуток времени t , между последовательными вхождениями очесывающих гребней в слой головок льна-долгунца определяется по формуле:

$$t = \frac{60}{n \cdot z}, \text{ час} \quad (6)$$

Кинематический режим работы агрегата λ определяется как соотношение окружной скорости очесывающего барабана $V_{оз}$ к поступательной (линейной) скорости агрегата V_a .

$$\lambda = \frac{V_{оз}}{V_a} \quad (7)$$

Результаты исследования технологического процесса очёса зерновых и зернобобовых культур показали, что для выполнения агротехнических требований кинематический режим работы агрегата λ должен варьировать в пределах от 5 до 7 [17]. Тогда радиус r_0 очесывающего барабана агрегата можно определить по формуле:

$$r_0 = 25 \cdot \frac{\lambda \cdot V_a}{3 \cdot \pi \cdot n}, \text{ м} \quad (8)$$

По формуле (8) рассчитаем радиус очесывающего барабана r_0 . Согласно рекомендациям для льноуборочных комбайнов, частота вращения очесывающего барабана находится в диапазоне от 250 до 300 об./мин, примем частоту вращения очесывающего барабана жатки n 250 об./мин. Скорость движения агрегата V_a установим 5,5 км/ч, показатель кинематического режима λ – 6. Подставив значения в формулу (8), получим радиус очесывающего барабана $r_0 = 0,35$ м [18].

Очесывающий барабан жатки, кроме своего основного назначения выполняет также роль механизма по перемещению и сбору семенных головок в накопитель. Поэтому при расчете режима работы очесывающего барабана необходимо учитывать условия подачи головок в наклонную камеру.

В процессе движения семенной головки вместе с очесывающей гребенкой на нее действует сила тяжести G и центробежная сила P , которые приводятся к одной равнодействующей R_i , (рисунок 1).

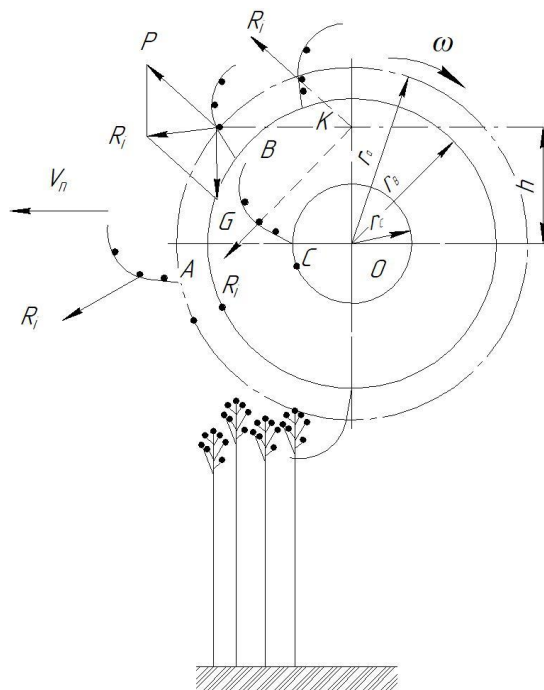


Рисунок 1 – Схема к анализу процесса подачи семенных головок в накопитель наклонной камеры

Примечание. K – полюс равнодействующих сил; h – высота от оси вращения до полюса равнодействующих сил; $r_{a,b,c}$ – радиусы крепления гребенки на окружностях A, B, C .

При вращении барабана равнодействующие силы R_i , действующие на головки, проходят через одну общую точку K (полюс равнодействующих). Положение полюса K определяет характер подачи головок в накопитель наклонной камеры. При этом отрыв головок с гребенок барабана может осуществляться [19]:

а) под действием центробежной силы, когда полюсное расстояние точки K меньше или равно расстоянию от центра очесывающего барабана до расположения очесывающей гребенки, размещенной на окружности A $h \leq r_a$. В этом случае полюс находится внутри барабана, головки будут отрываться от концов гребенок и двигаться по кривой, близкой к параболе;

б) под действием силы тяжести и центробежной силы, когда $r_c \leq h \leq r_a$. При этом головки будут отрываться уже от средней части длины гребенок, а их траектория движения будет более крутая;

в) под действием силы тяжести, когда $h \geq r_c$. В этом случае полюс K находится вне барабана и головки перекатываются или скользят по поверхности гребенок под действием только силы тяжести.

Полюсное расстояние h определяется формулой:

$$h = \frac{g}{\omega^2}, \text{ м} \quad (9)$$

где g – ускорение силы тяжести, м/с²;

ω – угловая скорость, с⁻¹;

n – число оборотов очесывающего барабана в мин.

Траектория движения головок зависит от положения точки отрыва их от гребней относительно горизонтальной оси очесывающего барабана агрегата. Положение точки отрыва определяется углом поворота β_0 , который зависит от режима работы и параметров барабана.

Условия, при которых начнется отрыв семенных головок от поверхности очесывающих гребней, выражают следующим образом:

$$h = \omega^2 \cdot r \cdot \sin \beta_0 \geq g \quad (10)$$

Для определения условий попадания очесанных головок в улавливатель накопительной камеры необходимо определить закон движения головок после отрыва их от очесывающих гребенек барабана. При этом считаем, что головки представляют собой материальную точку, а трением головок по гребням и их сопротивлением воздуха пренебрегаем в связи с уравниванием его благодаря воздушному потоку, создаваемому гребенками очесывающего барабана.

Если рассмотреть движение головок после их отрыва в декартовой системе координат (рисунок 2), то дифференциальные уравнения движения семенных головок будут:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = 0, \frac{d^2y}{dt^2} = -g, \quad (11)$$

а закон движения семенных головок выразится уравнением:

$$y = x \tan \alpha - \frac{g}{2v_0 \cos^2 \alpha} x^2 \quad (12)$$

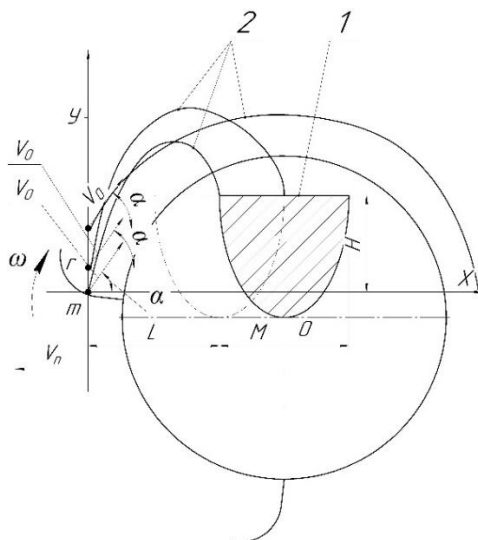


Рисунок 2 – Схема к расчету оптимального режима работы очесывающего барабана

Примечание. 1 – условный улавливатель наклонной камеры; 2 – траектории движения семенных головок при различных положениях точек (m) их отрыва; H – высота расположения условного улавливателя наклонной камеры; L – расстояние между условным улавливателем и точками отрыва семенных головок; M – ширина входного сечения наклонной камеры.

Зная, что

$$V_0 = \omega r, \alpha = 90^\circ - \beta_0 \quad (13)$$

(здесь β_0 – угол поворота очесывающей гребенки, при котором начинается отрыв семенных головок от гребенок), тогда уравнение получит следующий вид:

$$y = x \operatorname{ctg} \beta_0 - \frac{g}{2\omega^2 r^2 \cos^2 \beta_0} x^2. \quad (14)$$

Оптимальный угол поворота очесывающей гребенки, при котором ворох льна будет попадать в наклонную камеру с минимальными потерями и повреждением семенного материала, достигается тогда, когда головки льна попадают в заштрихованную область на рисунке 2, и соблюдается условие:

$$y = H \cdot L \leq X \leq L + M \quad (15)$$

Выводы

Получено условие, при котором начнется отрыв семенных головок от поверхности счесывающих гребней: $h = \omega^2 \cdot r \cdot \sin \beta_0 \geq g$.

По результатам работы определен оптимальный радиус очесывающего барабана r_0 в зависимости от кинематических показателей режима работы агрегата. Для очеса растений льна–долгунца на корню радиус очесывающего барабана составляет $r_0 = 0,33–0,35$ м. Определено оптимальное условие $y = H \cdot L \leq X \leq L + M$ и оптимальный угол поворота очесывающей гребенки при которых ворох льна будет попадать в наклонную камеру с минимальными потерями и повреждением семенного материала.

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

Литература

1. Басова Н. В., Новиков Э. В., Беззубченко А. В. Производство и переработка лубяных культур в России как элемент импортозамещения // АПК: экономика, управление. 2022. № 8. С. 71–78. DOI: 10.33305/228-71.
2. Попов Р. А., Давыдова С. А., Голубев И. Г. Технические средства для уборки льна-долгунца // Техника и оборудование для села. 2021. № 7 (289). С. 23–27. DOI: 10.33267/2072-9642-2021-7-23-27.
3. Романенко В. Ю., Соловьев С. В. Оценка качества работы очесывателей льнотресты при переработке льна-долгунца по заводской технологии // Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2022. Т. 2. № 4 (6). С. 34–40. DOI: 10.54016/SVITOK.2023.84.97.005.
4. 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.
5. Пучков Е. М., Ущаповский И. В., Попов Р. А. Перспективы развития льняного подкомплекса Российской Федерации на примере Тверской области // Техника и оборудование для села. 2022. № 8 (302). С. 2–5. DOI: 10.33267/2072-9642-2022-8-2-5.
6. Лачуга Ю. Ф., Зинцов А. Н., Ковалев М. М., Перов Г. А. Научные аспекты повышения эффективности процесса очеса семенных коробочек при двухфазной уборке льна-долгунца // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 1. С. 53–58. DOI: 10.31857/S2500262722010094.
7. Алдошин Н. В., Мосяков М. А. Совершенствование конструкции очесывающих устройств для уборки зернобобовых культур // Техника и технология АПК. 2018. № 2. С. 23–27. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-2-23-27.
8. Ростовцев Р. А., Шишин Д. А. Исследование нового очесывающего устройства лент льна // Техника и оборудование для села. 2020. № 10 (280). С. 8–10. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-10-8-10.
9. Ростовцев Р. А., Ковалев М. М., Фадеев Д. Г., Галкин А. В., Шишин Д. А. Снижение потерь семян в льнокомбайне // Техника и оборудование для села. 2017. № 7. С. 20–23.
10. Черников В. Г., Ростовцев Р. А., Соловьев С. В., Скворцов С. С. Обоснование установленного зазора очесывающей гребенки и интенсивности воздействия на стебель льна-долгунца

при очесе на корню // Техника и оборудование для села. 2022. № 3 (297). С. 30–33. DOI: 10.33267/2072-9642-2022-3-30-33.

11. Черников В.Г. Исследование основных параметров расстилочного устройства и мощности на перемещение стеблей // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. №1. С. 24–27.

12. Черников В. Г., Ростовцев Р. А., Кудрявцев Н. А., Ущиповский И. В., Попов Р. А., Скворцов С. С. Влияние факторов окружающей среды на урожайность и качество льняного сырья // Вестник аграрной науки. 2020. № 5 (86). С. 3–10. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.5.3.

13. Belopukhov S., Dmitrevskaya I., Grishina E., Zaitsev S., Uschapovsky I. Effects of humic substances obtained from shives on flax yield characteristics // Journal of Natural Fibers. 2017. Vol. 14. No. 1. P. 126–133. DOI: 10.1080/15440478.2016.1167648.

14. Лачуга Ю. Ф., Ковалев М. М., Перов Г. А., Галкин А. В. Методика определения закономерности растяжения группы стеблей растительных материалов // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 1. С. 67–71. DOI: 10.31857/S2500262721010166.

15. Кленин Н. И. Егоров В. Г. Сельскохозяйственные машины. М.: КолосС, 2013. 464 с.

16. Черников, В. Г. Порфирьев, С. Г., Ростовцев, Р. А. Очесывающие аппараты льноуборочных машин. М.: Издательство ВИМ, 2004. 237 с.

17. Галкин А. В., Фадеев Д. Г. Энергетические показатели гребневых очесывающе-транспортирующих аппаратов при различных способах очеса стеблей льна // Техника и оборудование для села. 2015. № 9. С. 9–11.

18. Черников В. Г., Ростовцев Р. А. Определение параметра интенсивности отрыва коробочек льна при работе очесывающего устройства // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. Т. 11. № 4. С. 20–23. DOI: 10.22314/207375992017.4.2023.

19. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Том Т. Издательство «Машиностроение», Москва, 1967.

References

1. Basova N. V., Novikov E. V., Bezbabchenko A. V. Production and processing of bast crops in Russia as an element of import substitution // AIC: economics, management. 2022. No. 8. P. 71–78. DOI: 10.33305/228-71.

2. Popov R. A., Davydova S. A., Golubev I. G. Equipment for harvesting fiber flax// Machinery and Equipment for Rural Area. 2021. No. 7 (289). P. 23–27. DOI: 10.33267/2072-9642-2021-7-23-27.

3. Romanenko V. Yu., Solovyov S. V. Assessment of the quality of work of flax combing machines during the processing of flax by the factory technology // Technical crops. Scientific Agricultural Journal. 2022. Vol. 2. No. 4 (6). P. 34–40. DOI: 10.54016/SVITOK.2023.84.97.005.

4. Chernikov V. G., Rostovtsev R. A., Romanenko V. Yu. Flax harvesting technologies for flax harvesting machines // Agricultural Machinery and Technologies (Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii). 2023. Vol. 17. No. 1. P. 19–24. DOI: 10.22314/2073-7599-2023-17-1-19-24.

5. Puchkov E. M., Ushchapovsky I. V., Popov R. A. Prospects for the development of the linen subcomplex of the Russian Federation on the example of the Tver region // Machinery and Equipment for Rural Area. 2022. No. 8(302). P. 2–5. DOI: 10.33267/2072-9642-2022-8-2-5.

6. Lachuga Yu. F., Zintsov A. N., Kovalev M. M., Perov G. A. Scientific aspects of improving the efficiency of seedpod combining the processes in two-phase harvesting of flax // Russian Agricultural Science. 2022. Vol. 48. No. 1. P. 40–46. DOI: 10.3103/S1068367422020100.

7. Aldoshin N. V., Mosyakov M. A. Improving the design of combing devices for harvesting leguminous crops // Vestnik of Moscow Goryachkin State Agroengineering University. 2018. No. 2. P. 23–27. DOI: 10.26897/1728-7936-2018-2-23-27.

8. Rostovtsev R. A., Shishin D. A. Investigation of a new flax belt stripper // Machinery and Equipment for Rural Area. 2020. No. 10 (280). P. 8–10. DOI: 10.33267/2072-9642-2020-10-8-10.

9. Rostovtsev R. A., Kovalev M. M., Fadeev D. G., Galkin A. V., Shishin D. A. Seed losses reduction in flax harvester // Machinery and Equipment for Rural Area. 2017. No. 7. P. 20–23.

10. Chernikov V. G., Rostovtsev R. A., Soloviev S. V., Skvortsov S. S. Justification of the adjusted clearance of the stripping comb deburring blade and the intensity of the impact on the fiber flax stalk during deburring at the root // Machinery and Equipment for Rural Area. 2022. No. 3(297). P. 30–33. DOI: 10.33267/2072-9642-2022-3-30-33.

11. Chernikov V. G. Research of basic parameters of spreading device and power to flax stems mowing // Agricultural Machinery and Technologies. 2015. No. 1. P. 24–27.

12. Chernikov V. G., Rostovtsev R. A., Kudryavtsev N. A., Uschapovsky I. V., Popov R. A., Skvortsov S. S. The influence of environmental factors on the crop and quality of fiber flax // Bulletin of Agrarian Science. 2020. No. 5 (86). P. 3–10. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.5.3.

13. Belopukhov S., Dmitrevskaya I., Grishina E., Zaitsev S., Uschapovsky I. Effects of humic substances obtained from shives on flax yield characteristics // Journal of Natural Fibers. 2017. Vol. 14. No. 1. P. 126–133. DOI: 10.1080/15440478.2016.1167648.
14. Lachuga Yu. F., Kovalev M. M., Perov G. A., Galkin A.V. Method for determining the pattern of stretching groups of stems of plant materials // Rossiiskaia Selskokhoziaistvennaia Nauka. 2021. No. 1. P. 67–71. DOI: 10.31857/S2500262721010166.
15. Klenin N. I., Egorov V. G. Agricultural machines. Moscow: KolosS, 2013. 464 p.
16. Chernikov V. G., Porfiriev S. G., Rostovtsev R. A. Combing devices for flax harvesting machines. Moscow: VIM Publ., 2004. 237 p.
17. Galkin A. V., Fadeev D. G. Energy indicators of ridge deseeding and transporting apparatus at different ways of flax stalks tow // Machinery and Equipment for Rural Area. 2015. No. 9. P. 9–11.
18. Chernikov V. G., Rostovtsev R. A. Determination of parameter of intensity of flax balls separation during comb deseeding operation // Agricultural Machinery and Technologies (Sel'skokhoziaistvennye mashiny i tekhnologii). 2017. Vol. 11. No. 4. P. 20–23. DOI: 10.22314/207375992017.4.2023.
19. Handbook for the designer of agricultural machinery. Vol. T. Moscow: Publishing House “Mashinostroenie”, 1967.

UDC 631.358: 631.354.3

Romanenko V. Yu., Soloviev S. V.

TO THE ANALYSIS OF THE PROCESS OF COMBING FIBER FLAX ON THE ROOT

Summary. *The most significant operation in harvesting flax, on which the quality of the products depends, is the process of separating seeds from the stems. The purpose of the research was twofold: theoretically substantiate the process of combing flax plants on the root with a single-rotor combing harvester; determine its optimal geometric parameters and operating mode. The objectives of the research were to determine the optimal radius of the combing harvester and to identify the conditions under which the seed material will be collected with minimal losses and damage. The research methods were based on the classical laws of mechanics using mathematical models describing the processes of movement of flax seed heads when combing them with a comb of a combing drum and transporting to an inclined chamber of a harvesting machine. Theoretical studies of the process of combing flax plants on the root with combs of a single-rotor combing harvester were carried out in 2021–2023 at the Laboratory of Agroengineering Technologies – structural unit of the FSBR “Federal Research Center for Bast Fiber Crops”. The article considers both the main design parameters (working width of the combing drum B , radius of the combing drum of the unit r_0) and the main indicators (kinematic mode of operation of the unit λ , number of revolutions of the combing drum n). Combing harvester, in addition to crop combing process, performs the function of a mechanism for collecting and transporting seed heads to the hopper, so we considered the forces acting on the seed heads removed at different distances from the center of rotation and moving together with the combing comb. The condition, at which the separation of seed heads from the surface of the combing ridges will begin, was obtained: $h = \omega^2 \cdot r \cdot \sin \beta_0 \geq g$. Depending on the kinematic parameters of the unit operating mode, the optimal radius of the combing drum (r_0) was determined. For the flax plants, it should be $r_0 = 0.33 - 0.35$ m. The optimal condition, at which the flax pile will be transported to the inclined chamber with minimal losses and damage to the seed material, was also determined: $y = H \cdot L \leq X \leq L + M$.*

Keywords: fiber flax, crop combing process, comb, radius of a single-rotor harvester, combing drum, aggregate, pile.

Романенко Владислав Юрьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории агроинженерных технологий ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»; 170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский пр-т, 17/56; e-mail: v.romanenko@fncl.ru.

Соловьёв Сергей Викторович, инженер-проектировщик лаборатории проектирования и внедрения инновационных технологий и технических средств ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»; 170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский пр-т, 17/56; e-mail: s.solovyov@fncl.ru.

Romanenko Vladislav Yuryevich, Cand. Sc. (Techn.), leading researcher at the Laboratory of agroengineering technologies, FSBRI “Federal Research Center for Bast Fiber Crops”; 17/56, Komsomolsky avenue, Tver, 170041, Russia; e-mail: v.romanenko@fncl.ru.

Soloviev Sergey Viktorovich, design engineer of the Laboratory of design and implementation of innovative technologies and technical means, FSBRI “Federal Research Center for Bast Fiber Crops”, 17/56, Komsomolsky avenue, Tver, 170041, Russia; e-mail: s.solovyov@fncl.ru.

Дата поступления в редакцию – 20.07.2023

Дата принятия к печати – 21.09.2023.