

EDN: UUFYAT

DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-4-29-34



Научная статья

УДК 631.358: 633.521



Условие подъема лент льнотресты подбирающим барабаном

Роман Анатольевич Ростовцев,
доктор технических наук, профессор РАН,
член-корреспондент РАН, директор,
e-mail: r.rostovcev@fnclk.ru;

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

Геннадий Анатольевич Перов,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
e-mail: g.perov@fnclk.ru;

Владислав Юрьевич Романенко,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник,
e-mail: v.romanenko@fnclk.ru;

Михаил Геннадьевич Перов,
научный сотрудник,
e-mail: mexanikuspost@yandex.ru

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

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

Реферат. Отметили, что приготовление тресты является важным этапом производства льна. Средства механизации, которые задействованы в этих процессах, существенно влияют на показатели качества подготовки тресты. (*Цель исследования*) Анализ динамики работы подборщика лент льна и исследование взаимодействия со стеблями пальцев подбирающего барабана в зависимости от его конструкционных параметров в трудных условиях уборки. (*Материалы и методы*) Изучение процесса подъема льнотресты подбирающим барабаном с применением уравнения Лагранжа II рода. (*Результаты и обсуждение*) Определены закономерности взаимодействия барабана и пальцев подборщика с группой стеблей. Получена зависимость полярного радиуса группы сцепленных стеблей от времени и условия их транспортирования без смещения с пальцев. Установлено, что необходимо обеспечить такие режимы, чтобы относительная скорость равнялась или была меньше нуля и направлена от конца пальца к центру вращения пальцев. Графически представлено влияние параметров угловой скорости вращения барабана, угла отклонения расстояния, радиуса барабана и коэффициента трения скольжения на изменение полярного радиуса группы стеблей. (*Выходы*) Для транспортирования группы сцепленных стеблей без смещения с пальцев относительная скорость должна быть равна или меньше нуля и направлена от конца пальца к центру вращения пальцев. Отмечено, что наиболее интенсивно полярный радиус реагирует на изменение угловой скорости. Результаты исследования использованы при проектировании подбирающего барабана инновационного подборщика-оборачивателя.

Ключевые слова: льнотреста, подбирающий аппарат, пальцы подбирающего аппарата, стебли льна.

Для цитирования: Ростовцев Р.А., Черников В.Г., Перов Г.А., Романенко В.Ю., Перов М.Г. Условие подъема лент льнотресты подбирающим барабаном // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2025. Т. 19. №4. С. 29-34. DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-4-29-34. EDN: UUFYAT.

Scientific article

The Condition for Lifting Flax Retted Straw Ribbons by the Pickup Drum

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

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

Gennady A. Perov,
Ph.D.(Eng.), leading researcher,
e-mail: g.perov@fnclk.ru;

Vladislav Yu. Romanenko,
Ph.D.(Eng.), leading researcher,
e-mail: v.romanenko@fnclk.ru;

Mikhail G. Perov,
researcher,
e-mail: mexanikuspost@yandex.ru

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

This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the State Assignment for the Federal Scientific Center for Bast Crops (No. FGSS-2022-0005).

Abstract. The preparation of flax retted straw is recognized as a critical stage in the flax production cycle. The performance of mechanized equipment used in this process significantly impacts the quality indicators of the resulting retted straw. (*Research purpose*) To analyze the dynamics of the ribbon pickup mechanism and examine the interaction between the pickup drum fingers and flax stems, taking into account the drum's design parameters and challenging harvesting conditions. (*Materials and methods*) Theoretical analysis of the pickup drum dynamics and the interaction between its fingers and the flax stems was conducted using Lagrange's equations of the second kind. (*Results and discussion*) The study established the regularities governing the interaction between the drum fingers and a group of flax stems. A time-dependent function was derived to describe the polar radius of coupled stems, along with the conditions required for their stable transport without slipping off the fingers. It was determined that effective transport occur when the relative velocity is zero or negative and directed from the fingertip toward the center of rotation. Graphs were constructed to illustrate the effect of key parameters, such as the drum's angular velocity, deviation angle, drum radius, and the coefficient of sliding friction, on the polar radius of the stem group. (*Conclusions*) The analysis revealed that the polar radius is most sensitive to variations in the angular velocity of the pickup drum. The findings of this study were incorporated into the design of a pickup drum for an innovative pickup-and-turning device.

Keywords: flax retted straw, pickup mechanism, pickup fingers, flax stems.

For citation: Rostovtsev R.A., Chernikov V.G., Perov G.A., Romanenko V.Yu., Perov M.G. The condition for lifting flax retted straw ribbons by the pickup drum. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2025. Vol. 19. N4. 29-34 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2025-19-4-29-34. EDN: UUFYAT.

Для механизации возделывания сельскохозяйственных культур и повышения плодородия почвы необходимы технические средства, которые позволяют при использовании ресурсов растений получать максимально возможный урожай с заданными параметрами качества и обеспечивают расширенное воспроизводство плодородия почв [1, 2]. В связи с этим создание и постоянное совершенствование технологических процессов, машин и рабочих органов не теряют своей актуальности [3].

При уборке различных сельскохозяйственных культур широко используются подборщики стеблей разнообразной конструкции. Работе подборщиков посвящены многие исследования [4, 5], тем не менее, еще мало изучены закономерности взаимодействия барабана и пальцев барабанного подборщика с растительным материалом. Эти аспекты частично освещены в более ранних исследованиях [6], но остается неясным влияние конструкционных параметров подбирающего барабана и условий уборки.

Цель исследования. Анализ динамики работы подборщика и исследование взаимодействие со стеблями пальцев подбирающего барабана в зависимости от конструкционных его параметров и уборки льна в трудных условиях.

Материалы и методы. В подбирающих аппаратах барабанного типа подъем стеблей льна с поля производится подбирающими пальцами. Они могут быть жестко установлены на кожухе барабана или на кулисной оси, входящей в конструкцию барабана [7]. Взаимодействие пальцев со стеблями льна во время подбора рассмотрено в [9-12]. В работе [8] при анализе процесса подбора пальцем сте-

бель принял как материальная точка, на которую действуют различные силы (Miu P. Combine harvesters: theory, modeling, and design. CRC Press. 2016. 482; Хайлис Г.А. Теория льноуборочных машин. М.: Росинформагротех, 2011. 322 с.). В ряде исследований [12, 13] приводятся уравнения пути и скорости стебля по пальцу при его равномерном вращении ($\omega_p = const$ и $\varepsilon_p = 0$) (Черников В.Г. Машины для уборки льна (конструкция, теория и расчет). М.: ИНФРА-М, 1999. 210 с.).

Рассмотрим динамику работы подбирающего барабана и взаимодействие его пальцев со стеблями с применением уравнений Лагранжа II рода.

Результаты и обсуждение. Пусть при перемещении подбирающего барабана по полю его пальцы подобрали группу M сцепленных стеблей на высоте h_0 и осуществляют их подъем (рис. 1). Высота подбора зависит от степени искривления лежащих на почве стеблей и неровностей почвы. Прямые стебли на выровненной поверхности могут быть подобраны пальцами барабана на довольно незначительной высоте h_0 . Высота подбора изогнутых стеблей или при неровном поле будет больше. При дальнейшем движении группа стеблей будет совершать сложную траекторию движения вместе с пальцем подбирающего барабана и движение относительно пальца.

Скорость стеблей V_r относительного движения направлена вдоль пальца, т.е. по линии O_1M . Эта линия находится под углом ψ к вертикали O_1B , которая проведена вниз из центра вращения пальцев O_1 . Скорость переносного движения стеблей V_e перпендикулярна линии пальца и направлена в сторо-

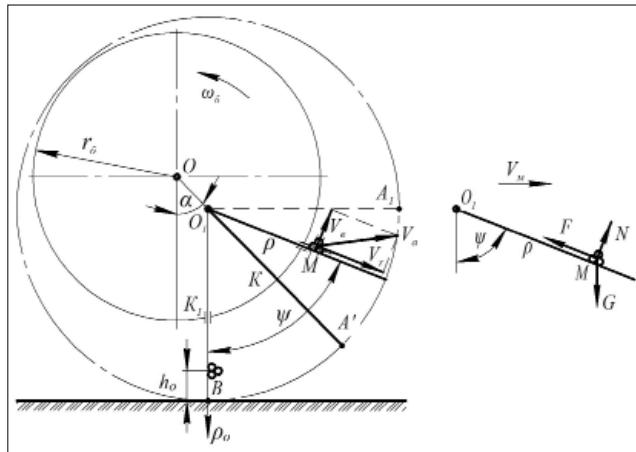


Рис. 1. Схема взаимодействия пальцев барабана с группой M стеблей (слева) и действие сил на группу M стеблей (справа)

Fig. 1. Diagram of the interaction between the drum fingers and a group of M stems (left); and the forces acting on the group of M stems (right)

ну его вращения. Абсолютная скорость движения стеблей V_a определяется геометрическим сложением скоростей V_r и V_c .

Исследуем движение группы стеблей в полярной системе координат с началом (полюсом) в центре вращения пальца O_1 и полярной осью ρ_0 , совпадающей с вертикалью O_1B . Угол положения полярного радиуса группы стеблей ψ будем отсчитывать от продолжения линии O_1B в сторону вращения пальца. Если исходить из того, что ось вращения пальца O_1 перемещается вместе с агрегатом поступательно, прямолинейно и равномерно, то выбранная система полярных координат будет перемещаться относительно земли поступательно, прямолинейно и равномерно со скоростью машины V_m .

Рассмотрим взаимодействие группы стеблей с пальцем и траекторию ее движения, применив дифференциальные уравнения в обобщенных координатах (уравнения Лагранжа II рода).

Положение группы M стеблей, принимаемое за механическую систему, будет определено, если известны координаты ее центра тяжести ψ и ρ . Вследствие этого имеем две обобщенные координаты ψ и ρ (поворот группы стеблей вокруг оси, проходящей через ее центр тяжести, рассматривать не будем).

Тогда уравнения Лагранжа II рода будут следующие:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \psi} = Q_\psi \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\rho}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \rho} = Q_\rho \end{cases}, \quad (1)$$

где T – кинетическая энергия группы стеблей при их движении в выбранной системе координат; Q_ψ и Q_ρ – обобщенные силы; ψ и ρ – обобщенные скорости.

При допущении того, что сопротивление воздуха при расчете кинетической энергии T не учитывается в выбранной системе координат:

$$\begin{aligned} T &\approx \frac{m_{rc} V_a^2}{2} + \frac{m_{rc}}{2} r_{ei}^2 \omega_{io}^2 = \\ &= \frac{m_{rc}}{2} (V_e^2 + V_r^2 + r_{ei}^2 \omega_{io}^2), \end{aligned} \quad (2)$$

где m_{rc} – масса группы стеблей; V_a – абсолютная скорость группы стеблей; V_r – относительная скорость группы стеблей, которая равна ρ ; r_{ei} – радиус инерции группы стеблей относительно оси, перпендикулярной плоскости рисунка и проходящей через центр тяжести группы стеблей; ω_{io} – угловая скорость вращения группы стеблей в относительном движении, т.е. относительно оси, которая проходит через центр тяжести группы стеблей перпендикулярно плоскости рисунка.

Принимая, что при работе подборщика поднимающиеся стебли не поворачиваются относительно пальца, но могут повернуться совместно с ним, будем считать, что $\omega_{io} \approx \dot{\psi}$, где $\dot{\psi}$ – угловая скорость вращения пальца. Учитывая, что скорость $V_r = (\psi \rho)$, находим:

$$\begin{aligned} T &\approx \frac{m_{rc}}{2} [(\dot{\psi} \rho)^2 + \dot{\rho}^2 + r_{ei}^2 (\dot{\psi})^2] = \\ &= \frac{m_{rc}}{2} [(r_{ei}^2 + \rho^2) \dot{\psi}^2 + \dot{\rho}^2]. \end{aligned} \quad (3)$$

Из полученного уравнения следует:

$$\begin{cases} \frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} = m_{rc} (r_{ei}^2 + \rho^2) \dot{\psi}; \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} \right) = \frac{d}{dt} [m_{rc} (r_{ei}^2 + \rho^2) \dot{\psi}] = \\ = m_{rc} (r_{ei}^2 + \rho^2) \ddot{\psi} + m_{rc} 2\rho \dot{\rho} \dot{\psi} \\ \frac{\partial T}{\partial \dot{\rho}} = m_{rc} \dot{\rho}; \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\rho}} \right) = m_{rc} \ddot{\rho}; \frac{\partial T}{\partial \rho} = m_{rc} \rho \dot{\psi}^2. \end{cases} \quad (4)$$

Для нахождения обобщенных сил представим поочередно возможные перемещения стеблей (рис. 1b), при которых изменяется только одна обобщенная координата (сначала ψ , потом ρ). Затем составим сумму элементарных работ указанных сил на каждом таком перемещении.

На группу M стеблей (рис. 1b) будут действовать:

- сила тяжести $G = m_{rc} \cdot g$ (g – ускорение свободного падения);
- нормальная реакция N ;
- сила трения $F = f \cdot N$ (f – коэффициент трения скольжения), направленная противоположно вектору относительной скорости \vec{V}_r .

На основании изложенного уравнения для определения обобщенных сил имеют вид:

$$\begin{cases} \delta A_\psi = [N - m_{rc} g \sin \psi] \rho \delta \psi \\ \delta A_\rho = [m_{rc} g \cos \psi - F] \delta \rho \end{cases}. \quad (5)$$

Из этих уравнений находим.

$$\begin{cases} Q_\psi = [N - m_{rc}g \sin \psi]\rho \\ Q_\rho = m_{rc}g \cos \psi - fN \end{cases}. \quad (6)$$

Подставив полученные выражения в уравнение (1), получим:

$$\begin{cases} m_{rc}(r_{ei}^2 + \rho^2)\ddot{\psi} + 2m_{rc}\rho\dot{\rho}\dot{\psi} = N\rho - m_{rc}g\rho \sin \psi \\ m_{rc}\ddot{\rho} - m_{rc}\rho\dot{\psi}^2 = m_{rc}g \cos \psi - fN \end{cases}. \quad (7)$$

Учитывая, что $r_{ei}^2 \ll \rho$:

$$\begin{cases} m_{rc}\rho^2\ddot{\psi} + 2m_{rc}\rho\dot{\rho}\dot{\psi} = N\rho - m_{rc}g\rho \sin \psi \\ m_{rc}\ddot{\rho} - m_{rc}\rho\dot{\psi}^2 = m_{rc}g \cos \psi - fN \end{cases}. \quad (7a)$$

Из первого уравнения (7a) находим:

$$N = \frac{m_{rc}(\rho^2\ddot{\psi} + 2\rho\dot{\rho}\dot{\psi} + g\rho \sin \psi)}{\rho} = m_{rc}(\rho\ddot{\psi} + 2\dot{\rho}\dot{\psi} + g \sin \psi). \quad (8)$$

Подставим это значение N во второе уравнение (7a), получим:

$$\ddot{\rho} + 2f\dot{\rho}\dot{\psi} - \rho(\dot{\psi}^2 - f\ddot{\psi}) = g[\cos \psi - f \sin \psi] \quad (9)$$

Для упрощения уравнения (9) примем, что подбор стеблей пальцами имеет место при небольшом угле поворота пальцев ψ , начиная от положения O_1K_0 до O_1A_1 (рис. 2), в котором из-за положения точки A_1 на уровне точки O_1 стебли будут удерживаться и не скатятся с пальцев вправо и вниз.

В пределах угла $K_0O_1A_1$ считаем, что угловая скорость существенно не изменяется, значит $\dot{\psi} \approx \omega_{\text{Пср}} \approx \text{const}$, где $\omega_{\text{Пср}}$ – средняя угловая скорость вращения пальца. Тогда ($\psi \rightarrow 0$), и уравнение (9) приводится к виду:

$$\ddot{\rho} + 2f\dot{\rho}\omega_{\text{Пср}} - \omega_{\text{Пср}}^2\rho \approx g[\cos \psi - f \sin \psi]. \quad (10)$$

Для определения зависимости $\omega_{\text{Пср}}$ от угловой скорости вращения барабана ω_b обратимся к рисунку 2. На нем схема барабана аналогична схеме на рисунке 1 с тремя положениями пальца, но построены скорости точек K_0 , K и K_1 барабана при вращении вокруг точки O_1 при их относительном движении (движение пальца относительно барабана в точках K_0 , K и K_1). Точки K барабана и пальца имеют одинаковую скорость (ω_b и r_b – угловая скорость вращения барабана и его радиус).

Барабан является ведущим звеном, а палец – ведомым. Вследствие этого, как уже отмечалось, точка K пальца будет двигаться с такой же скоростью, как точка K барабана, относительное движение между ними в этот миг отсутствует. Точка барабана в положении K_0 имеет скорость V_b , которая перпендикулярна радиусу OK_0 ; точка пальца в этом же положении K_0 имеет скорость V_Π , которая перпендикулярна радиусу O_1K_0 ; скорость $V_{b\Pi}$ барабана относительно пальца в точке K_0 направлена по линии пальца. Все эти векторы скоростей построены в точке K_0 , тогда как в точке K построен только вектор V_b , который,

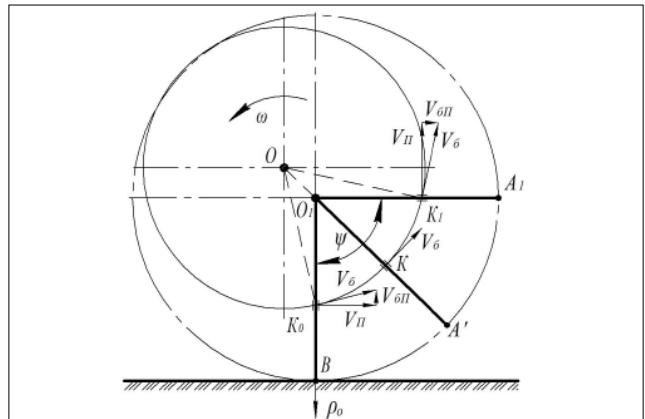


Рис. 2. Схема подбирающего барабана с тремя положениями пальца
Fig. 2. Diagram of the pickup drum with three finger positions

как уже отмечалось, представляет собой скорость точки K барабана и скорость точки K пальца.

Из рисунка 2 видно, что в пределах дуги окружности барабана от точки K_0 до точки K_1 скорость V_Π очень близка по величине к скорости V_b . Вследствие этого не будет большой погрешности, если принять, что $V_\Pi \approx V_b$. Тогда можно считать, что $\psi \approx V_b/r_\Pi$. С учетом вышеизложенных данных $V_b = r_b \omega_b$ и $V_b \approx r_\Pi \psi$. Поскольку левые части этих уравнений равны, то равны и правые части, т.е. $r_b \omega_b \approx r_\Pi \psi$, откуда находим $\psi \approx \omega_b(r_b / r_\Pi)$.

В пределах дуги окружности от точки K_0 до K_1 расстояние r_Π (это расстояние O_1K_0 , O_1K и O_1K_1) мало отличается, поэтому не будет большой погрешностью считать эти расстояния равными O_1K , т.е. $r_b - a$ (a – расстояние OO_1). Тогда $\omega_{\text{Пср}}$, равное среднему значению угловой скорости пальца, будет:

$$\omega_{\text{Пср}} \approx \omega_b \frac{r_b}{r_b - a}. \quad (11)$$

Подставим $\omega_{\text{Пср}}$ в уравнение (10):

$$\begin{aligned} \ddot{\rho} + 2f\dot{\rho}\omega_b \frac{r_b}{r_b - a} - \omega_b^2 \left(\frac{r_b}{r_b - a} \right)^2 \rho &\approx \\ &\approx g[\cos \psi - f \sin \psi]. \end{aligned} \quad (12)$$

Это линейное дифференциальное уравнение второго порядка с постоянными коэффициентами и правой частью, которая отличается от нуля. Решением этого уравнения является зависимость полярного радиуса ρ от времени t , т.е. зависимость положения группы M сцепленных стеблей от времени t . С другой стороны, при известной зависимости угла ψ от времени t можно определить зависимость ρ от ψ и установить траекторию движения группы стеблей, поднимающихся в выбранной системе координат.

Уравнение (12) решается с известным приближением (в пределах угла ψ) от вертикали BK_0O_1 до горизонтали O_1A_1 (рисунки 1 и 2). Как уже отмечалось, угол ψ отсчитывается от оси $O_1\rho_0$ против часовой стрелки.

Угол ψ зависит от влияющих на него факторов следующим образом (Кузьмина Т.О. Розвиток теорії і технології одержання модифікованих лляних волокон функціонального призначення // автореф. ... д-ра техн. наук. Херсон, 2008. 44 с.):

$$\psi = \arcsin \frac{\sin(\omega_6 t - \alpha)}{\sqrt{1 + \left(\frac{a}{r_6}\right)^2 - 2\left(\frac{a}{r_6}\right) \cos(\omega_6 t - \alpha)}}, \quad (13)$$

где α – угол отклонения расстояния OO_1 между осьми вращения барабана и пальца относительно вертикали, проходящей через центр O окружности барабана (см. рис. 1).

Для того чтобы подобранный рядом пальцев группа M сцепленных стеблей не смешалась с этих пальцев (вправо и вниз), относительная скорость V_r (т.е. ρ) должна быть равна или меньше нуля, т.е. направлена от конца пальца к центру O_1 (см. рис. 1). Из этого условия осуществляется расчет угловой скорости вращения барабана.

В результате решения дифференциального уравнения (13) методом Рунге–Кутта с помощью компьютерной системы *Mathcad* (Максфилд Б. *Mathcad* в инженерных расчетах. СПб.: КОРОНА-БЕК, 2010. 368 с.) было проанализировано влияние ряда факторов на зависимость при следующих значениях параметров:

- угловая скорость вращения барабана $\omega_6 = 15-25 \text{ c}^{-1}$;
- угол отклонения расстояния $OO_1 - \alpha = (7/36)/\pi$;
- расстояние $OO_1 - a = 0,05 \text{ м}$;
- радиуса барабана $r = 0,15 \text{ м}$;
- коэффициент трения скольжения $f = 0,8$.

Согласно рисунку 3, относительная скорость пальца V_r (т.е. ρ) при перемещении от $t = 0$ до $t = 0,08 \text{ с}$ (на нижнем участке пути) направлена вниз. При увеличении угловой скорости ω от 14 c^{-1} до 24 c^{-1} от-

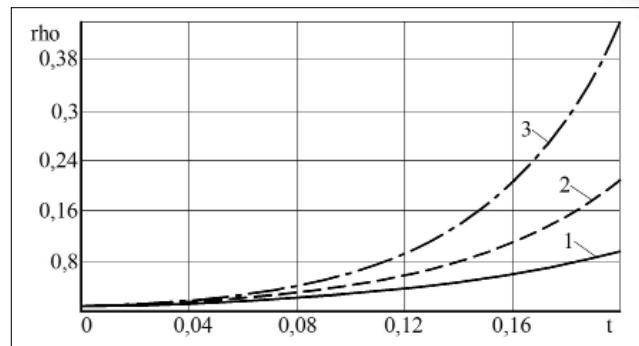


Рис. 3. Зависимость полярного радиуса от времени при угловой скорости ω : 1 – 14 c^{-1} ; 2 – 19 c^{-1} ; 3 – 24 c^{-1}

Fig. 3. Dependence of the polar radius on time and angular velocity ω : 1 – 14 s^{-1} ; 2 – 19 s^{-1} ; 3 – 24 s^{-1}

носительная скорость также увеличивается и направлена вверх.

Выводы. Получена зависимость полярного радиуса группы сцепленных стеблей от времени и условия их транспортирования без смещения с пальцев. Для этого необходимо обеспечить такие режимы, чтобы относительная скорость V_r (т.е. ρ) равнялась или была меньше нуля и направлена от конца пальца к центру вращения пальцев O_1 .

Графически представлено влияние параметров угловой скорости вращения барабана (ω_6), расстояния $OO_1 - \alpha$, угла отклонения расстояния OO_1 (a), радиуса барабана (r_6) и коэффициента трения скольжения (f) на изменение полярного радиуса (ρ) группы стеблей. Наиболее интенсивно полярный радиус реагирует на изменение угловой скорости.

Результаты исследования использованы при проектировании подбирающего барабана инновационного подборщика-оборачивателя (Патент RU2776522).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобачевский Я.П., Алдошин Н.В. Технология и технические средства для реализации методов воспроизведения плодородия почвы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2024. Т. 18. N2. С. 40-46. DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-2-40-46.
2. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. Dynamic systems modeling using artificial neural networks for agricultural machines. INMATEH – Agricultural Engineering. 2019. Vol. 58. N2. 63-74. DOI: 10.35633/INMATEH-58-07.
3. Бейлис В.М., Ценч Ю.С., Коротченя В.М. и др. Тенденции развития прогрессивных машинных технологий и техники в сельскохозяйственном производстве // Вестник ВИЭСХ. 2018. N4 (33). С. 150-156. EDN: YTHPID.
4. Лачуга Ю.Ф., Измайлова А.Ю., Лобачевский Я.П., Шогенов Ю.Х. Научно-технические достижения агрогинженерных научных учреждений для производства основных групп сельскохозяйственной продукции // Техника и оборудование для села. 2021. N4(286). С. 2-11. DOI: 10.33267/2072-9642-2021-4-2-11.
5. Ковалев М.М., Ростовцев Р.А., Дмитриев В.И. Исследование работы подбирающего аппарата // Достижения науки и техники АПК. 2006. N10. С. 39-42.
6. Еремин П.А., Михеев В.В., Текущев А.Х. и др. Рабочие органы горизонтально-конвейерного типа для сгребания травяной массы // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2019. Т. 13. N1. С. 48-52. DOI: 10.22314/2073-7599-2018-13-1-48-52.
7. Огнев И.И. Анализ классификации и технологических схем подборщиков // Известия Международной академии аграрного образования. 2011. N11. С. 55-57. EDN: OCBUBL.
8. Черников В.Г., Ростовцев Р.А., Романенко В.Ю. Исследование аппарата с жесткими пальцами для подбора льна // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. N2. С. 34-36. EDN: NXYZEP.
9. Черников В.Г., Романенко В.Ю. Анализ работы подбирающего аппарата льнотресты с подпружиненными пальцами // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N3. С. 17-20. EDN: WAIJPZ.

10. Огнев И.И. Результаты исследования подбирающего пальца, выполненного в виде кольцевого витка, транспортерного подборщика зерноуборочного комбайна // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2015. N25-1. С. 123-126. EDN: UZBWJH.
11. Лачуга Ю.Ф., Ковалев М.М., Дмитриев В.И. Обоснование параметров подбирающего аппарата лубяных культур // *Техника в сельском хозяйстве*. 2007. N5. С. 3-6. EDN: IBOTAH.
12. Chernikov V.G. Research of basic parameters of spreading device and power to flax stems moving. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2015. N1. 24-27. EDN: TIMDVB.
13. Родионов Л.В., Ковалев М.М. Совершенствование аппаратов для подбора стеблей лубяных культур // *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1988. N8. С. 44-46.

REFERENCES

1. Lobachevsky Ya.P., Aldoshin N.V. Technology and technical means for the implementation of methods of reproduction of soil fertility. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2024. Vol. 18. N2. 40-46 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2024-18-2-40-46.
2. Dorokhov A.S., Sibirev A.V., Aksenov A.G. Dynamic systems modeling using artificial neural networks for agricultural machines. *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2019. Vol. 58. N2. 63-74 (In English). DOI: 10.35633/INMATEH-58-07.
3. Beylis V.M., Tsench Yu.S., Korotchenya V.M. et al. Trends in the development of advanced machine technologies and techniques in agricultural production. *Vestnik VIESKh*. 2018. N4 (33). 150-156 (In Russian). EDN: YTHPID.
4. Lachuga Yu.F., Izmailov A.Yu., Lobachevsky Ya.P., Shogenov Yu.Kh. Scientific and technical achievements of agro-engineering scientific institutions for the production of basic groups of agricultural products. *Machinery and Equipment for Rural Areas*. 2021. N4(286). 2-11 (In Russian). DOI: 10.33267/2072-9642-2021-4-2-11.
5. Kovalev M.M., Rostovtsev R.A., Dmitriev V.I. Investigation of the operation of the matching apparatus. *Achievements of Science and Technology of the Agroindustrial Complex*. 2006. N10. 39-42 (In Russian).
6. Eremin P.A., Mikheev V.V., Tekushev A.Kh. et al. Horizontal conveyor type working bodies for raking grass. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2019. Vol. 13. N1. 48-52 (In Russian). DOI: 10.22314/2073-7599-2018-13-1-48-52.
7. Ognev I.I. Analysis of classification and technological schemes of pickers. *Proceedings of the International Academy of Agrarian Education*. 2011. N11. 55-57 (In Russian). EDN: OCBUBL.
8. Chernikov V.G., Rostovtsev R.A., Romanenko V.Yu. Investigation of an apparatus with human fingers for flax selection. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2011. N2. 34-36 (In Russian). EDN: NXYZEP.
9. Chernikov V.G., Romanenko V.Yu. Analysis of the operation of the flax-trestle pick-up device with spring-loaded fingers. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2016. N3. 17-20 (In Russian). EDN: WAIJPZ.
10. Ognev I.I. The results of the study of the picking finger, made in the form of an annular coil, of the conveyor baler of a combine harvester. *Proceedings of the International Academy of Agrarian Education*. 2015. N25-1. 123-126 (In Russian). EDN: UZBEKWJH.
11. Lachuga Yu.F., Kovalev M.M., Dmitriev V.I. Substantiation of the parameters of the bast crop selection apparatus. *Machinery in Agriculture*. 2007. N5. 3-6 (In Russian). EDN: IBOTAH.
12. Chernikov V.G. Research of basic parameters of spreading device and power to flax stems moving. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2015. N1. 24-27 (In Russian). EDN: TIMDVB.
13. Rodionov L.V., Kovalev M.M. Improvement of devices for selecting stems of bastcrops. *Tractors and Agricultural Machinery*. 1988. N8. 44-46 (In Russian).

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Заявленный вклад соавторов:

Ростовцев Р.А. – постановка задачи, общее руководство, анализ результатов, визуализация;

Черников В.Г. – научное руководство, постановка проблемы, разработка решения;

Перов Г.А. – подготовка текста, формирование выводов;

Романенко В.Ю. – формирование выводов, подготовка материала к публикации;

Перов М.Г. – литературный анализ, проведение исследования, доработка текста.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию
Статья принята к публикации

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

30.09.2025
26.11.2025