

References

1. Lachuga Yu.F., Buryanov A.I., Pakhomov V.I., Chervyakov I.V. Adaptation of threshing devices to physical and mechanical characteristics of harvested crops. *Russian Agricultural Sciences*. 2020; 46 (2): 198-201. (In Eng.). DOI: <https://dio.org/10.3103/S1068367420020111>.

2. Chaplygin M. E., Pekhalskiy I.A., Tronev S.V. The choice of combine harvesters and their adapters for the conditions of Northern Kazakhstan. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 2020; 51 (3): 74-76. (In Eng.).

3. Buryanov, A.I., Chervyakov I.V. Using combines for cleaning grain crops by non-traditional technologies. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2019; 59 (3): 27-32. (In Eng.). DOI: <https://dio.org/10.35633/INMATEH-59-03>.

4. Cherviakov I.V. Sovershenstvovanie protsessa uborki zernovykh kultur kombainovym ochesom: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Rostov-na-Donu, 2020. 22 s.

5. Fedin M.A. Snizhenie poter zerna za ochesyvaiushchei zhatkoi kombaina, razrabotkoi i primeneniem rotora, osnashchennogo grebenkami s tangentsialnymi kanalami: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Penza, 2018. 20 s.

6. Utkov Iu.A. Opyt sozdaniia otechestvennykh iagodouborochnykh mashin // *Sadovodstvo i vinogradarstvo*. – 2000. – No. 5-6. – S. 13-14.

7. Ozherelev V.N. Tekhnologicheskie protsessy i sredstva mekhanizatsii proizvodstva iagod maliny: diss. ... dokt. s.-kh. nauk: 05.20.01: utv. 10.10.2002. Briansk, 2001. 312 s.

8. Savin V.Iu. Issledovanie ochesyvaiushchego apparata ustroistva dlia uborki zernovykh kultur kak kolebatelnoi sistemy // *Inzhenernye tekhnologii i sistemy*. – 2021. – T. 31. – No. 3. – S. 403-413. DOI: <https://dio.org/10.15507/2658-4123.031.202103.403-413>.



УДК 631.362-047.37

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-224-6-90-99

В.А. Угаров, С.Ф. Сороченко

V.A. Ugarov, S.F. Sorochenko

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕРНОВОГО ВОРОХА
В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ЦЕНТРОБЕЖНО-РЕШЕТНОМ СЕПАРАТОРЕ С АКТИВАТОРОМ

STUDY OF GRAIN HEAP MOVEMENT
IN HORIZONTAL CENTRIFUGAL SIEVE SEPARATOR WITH ACTIVATOR

Ключевые слова: зерновой ворох, сепаратор, горизонтальное центробежное решето, активатор, математическая модель, результаты исследования.

Keywords: grain heap, separator, horizontal centrifugal sieve, activator, mathematical model, research findings.

Одним из направлений совершенствования машин для послеуборочной обработки зерна является применение устройств, альтернативных машинам с плоским решетом, например, применение сепаратора с горизонтальным центробежным решетом. Однако указанные сепараторы обладают одним существенным недостатком – без применения специальных устройств зерновой ворох распределяется не по всей поверхности решета, а только на 20-25%. Одно из решений – использование дополнительного рабочего органа для воздействия на зерновой ворох. Предложена схема горизонтального решетно-центробежного сепаратора, которая содержит раму, цилиндрическое решето, ремень клиновой для вращения решета относительно опорно-приводных шкивов и активатор. Цель исследования – изучить движение зернового вороха в горизонтальном центробежно-решетном сепараторе с активатором. Разработана математическая модель движения элемента зернового вороха в горизонтальном центробежно-решетном сепараторе с активатором, состоящая из движения зернового вороха по цилиндрическому решету и лопатке и свободного полета частиц вороха до соприкосновения с решетом. Определены параметры активатора для цилиндрического решета диаметром 0,61 м, обеспечивающие распределение зернового вороха по поверхности решета: кинематический режим – 3,71; диаметр активатора – 0,2 м; частота вращения – 500 об/мин.

One of the directions for improving machines for post-harvest grain handling is the use of devices that are alternative to machines with a flat sieve, for example, the use of a separator with a horizontal centrifugal sieve. However, these separators have a significant drawback - without the use of special devices, the grain heap is distributed not over the entire surface of the sieve, but over 20-25% only. One of the solutions is to use an additional working body to affect the grain heap. A scheme of a horizontal sieve-centrifugal separator is proposed which contains a frame, a cylindrical sieve, a wedge belt for rotating the sieve relative to the support-drive pulleys and an activator. The research goal is to study the movement of a grain heap in a horizontal centrifugal sieve separator with an activator. A mathematical model of the movement of the grain pile element in a horizontal centrifugal sieve separator with an activator has been developed; it consists of the movement of the grain heap along a cylindrical sieve and a blade and the free flight of the heap particles to contact with the sieve. The parameters of the activator for a cylindrical sieve with a diameter of 0.61 m have been determined that ensure the distribution of the grain heap over the surface of the sieve: the kinematic mode is 3.71; the diameter of the activator is 0.2 m; the rotation speed is 500 rpm.

Угаров Василий Андреевич, аспирант, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: ugarovskb@yandex.ru.

Сороченко Сергей Федорович, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова», г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: sorochenkosf@list.ru.

Ugarov Vasily Andreevich, post-graduate student, Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: ugarovskb@yandex.ru.

Sorochenko Sergey Fedorovich, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: sorochenkosf@list.ru.

Введение

Одним из направлений совершенствования машин для послеуборочной обработки зерна является применение устройств, альтернативных машинам с плоским решетом, например, применение сепаратора с горизонтальным центробежным решетом [1]. В сравнении с плоскими решетками, рабочий процесс в них протекает без создания колебаний, нет вибраций, передающихся на корпус машины. Однако указанные сепараторы обладают одним существенным недостатком – без применения специальных устройств зерновой ворох распределяется не по всей поверхности решета, а только на 20-25% [2]. При работе решета происходит смещение зернового материала в сторону его вращения, и при достижении предельного угла начинается

скольжение относительно решета, причем верхняя часть зерна скатывается по поверхности слоя, а сепарация зерна происходит только в слое, контактирующим с решетом [3, 4]. Для устранения указанного недостатка нами предлагается горизонтально-центробежный сепаратор с установленным активатором, выполненным в виде лопастного шнека, причем ось активатора смещена относительно оси цилиндрического решета вниз и в сторону вращения цилиндрического решета [5]. В предлагаемом сепараторе улучшение распределения зернового вороха достигается за счет лопаток, направляющих зерновой ворох на свободную часть решета.

Цель работы – исследование движения зернового вороха в горизонтальном центробежно-решетном сепараторе с активатором.

Объекты и методы

Схема исследуемого горизонтального решетно-центробежного сепаратора приведена на рисунке 1.

В предлагаемой конструкции сепаратора лопасти активатора, воздействуя на зерновой ворох, смещённый в сторону вращения решета, перемещают его относительно решета с большей скоростью, что приводит к увеличению относительной скорости частиц; при сходе с лопатки зерновой ворох направляется на свободную зону решета, обеспечивая более равномерное распределение зернового вороха.

Рассмотрим выделенный элемент зернового вороха (далее – Элемент вороха), на который действуют следующие силы: сила тяжести G , центробежная сила T , сила трения F , сила сопротивления зернового вороха F_c и нормальная реакция N . Элемент вороха должен перемещаться от лопатки активатора относительно решета, поэтому направление вектора силы трения будет таким, как это показано на рисунке 2. Введём допущения: угол наклона цилиндрического решета относительно горизонта не учитываем, т.е. векторы всех сил находятся в плоско-

сти, перпендикулярной плоскости земли; лопасти активатора расположены радиально; угловая скорость центробежного решета постоянная $\omega_r = const$.

Предположим, что начало движения элемента вороха – сход элемента с лопатки активатора с окружной скоростью $V_L = \omega_L \cdot R_L$, здесь ω_L – угловая скорость активатора, R_L – радиус активатора.

Абсолютное движение элемента вороха складывается из относительного движения по решету и переносного движения вместе с решетом, поэтому его абсолютная угловая скорость

$$\omega_a = \omega_r + \omega_e, \quad (1)$$

где ω_e – угловая скорость относительного движения элемента вороха.

Применим принцип Даламбера, спроектируем все силы на единичные векторы \bar{e}_ρ и \bar{e}_φ полярной системы координат

$$\begin{cases} m\ddot{\rho} = T - N + G \cdot \cos\varphi \\ m\rho\ddot{\varphi}_e = -G \cdot \sin\varphi - F - F_c' \end{cases} \quad (2)$$

где m – масса зерна;

ρ – расстояние между элементом вороха и осью решета.

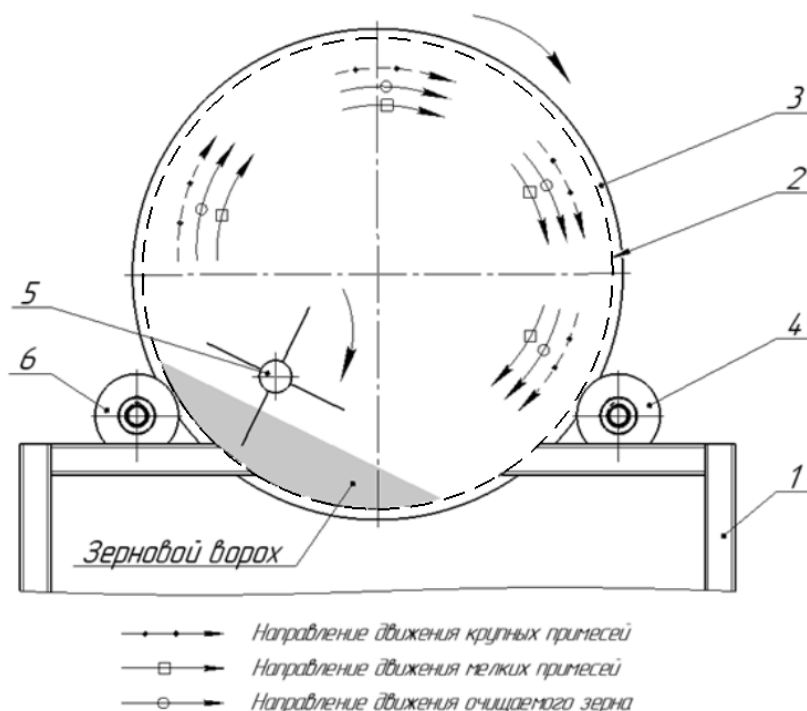


Рис. 1. Схема горизонтального центробежно-решетного сепаратора с активатором:
 1 – рама; 2 – цилиндрическое решето; 3 – ремень клиновой; 4 – шкив ведущий;
 5 – активатор; 6 – шкив поддерживающий

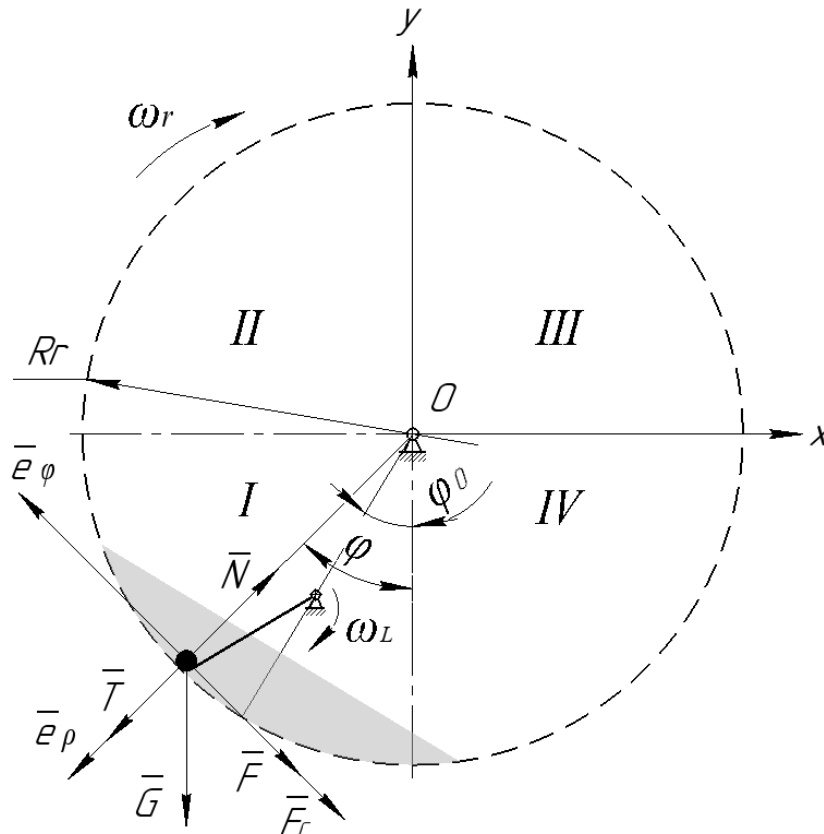


Рис. 2. Схема сил, действующих на элемент вороха, в полярной системе координат

Примем, что сила сопротивления зернового вороха зависит от коэффициента сопротивления и абсолютной скорости элемента вороха

$$F_C = k_C \cdot V_{абс}, \quad (3)$$

где k_C – коэффициент сопротивления зернового вороха, зависящий от установки активатора относительно оси цилиндрического решета, коэффициента заполнения решета, физико-механических свойств зернового вороха, $[k_C] = \frac{кг}{с}$;

$V_{абс}$ – абсолютная скорость элемента вороха.

Примем, что при минимальном коэффициенте заполнения решета $k_C = 0$, следовательно, $F_C = 0$.

Учитывая, что ω_e – переменная величина, центробежная сила равна

$$T = m\omega_a^2(t) \cdot \rho = m(\omega_r + \dot{\varphi}_e)^2 \cdot \rho, \quad (4)$$

где φ_e – угол, определяющий относительное перемещение элемента вороха.

После подстановки получим систему уравнений:

$$\begin{cases} m\ddot{\rho} = m(\omega_r + \dot{\varphi}_e)^2 \cdot \rho - N + mg \cdot \cos(\omega_r \cdot t + \varphi_e) \\ m\rho\ddot{\varphi}_e = -mg \cdot \sin(\omega_r \cdot t + \varphi_e) - f \cdot N - k_C \cdot (\omega_a \cdot \rho) \end{cases} \quad (5)$$

где f – коэффициент трения элемента вороха по металлической поверхности;

t – время.

Из первого уравнения системы уравнений (5) при условии движения элемента вороха по решету ($\ddot{\rho} = 0$, $\rho = R_r$) получим

$$N = m(\omega_r + \dot{\varphi}_e)^2 \cdot R_r + mg \cdot \cos(\omega_r \cdot t + \varphi_e). \quad (6)$$

После преобразований получим дифференциальное уравнение второго порядка относительного движения элемента вороха по решету

$$\ddot{\varphi}_e = -\frac{g}{R_r} \cdot \sin(\omega_r \cdot t + \varphi_e) - f(\omega_r + \dot{\varphi}_e)^2 - f \frac{g}{R_r} \cdot \cos(\omega_r \cdot t + \varphi_e). \quad (7)$$

Начальные условия движения элемента вороха: $t_0 = \varphi_0/\omega_r$ (здесь φ_0 – начальный угол движения элемента вороха; принимаем φ_0 равным углу между вертикальной осью и радиальной линией, проходящей через ось вращения решета и ось вращения активатора); $\varphi_e = 0$; $\omega_e = 0$.

Рассмотрим движение элемента вороха по радиальной лопатке; конструктивные и кинематические параметры приведены на рисунке 3.

Движение зернового вороха по радиальной лопатке описывается дифференциальным неоднородным уравнением второго порядка [6]:

$$\ddot{\varphi}_e = -\frac{g}{R_r} \cdot \sin(\omega_r \cdot t + \varphi_e) - f(\omega_r + \dot{\varphi}_e)^2 -$$

$$-f \frac{g}{R_r} \cdot \cos(\omega_r \cdot t + \varphi_e). \quad (8)$$

где φ_L – угол между вертикальной осью и лопаткой;

ρ_{Lo} – расстояние между осью активатора и начальным положением элемента вороха на лопатке.

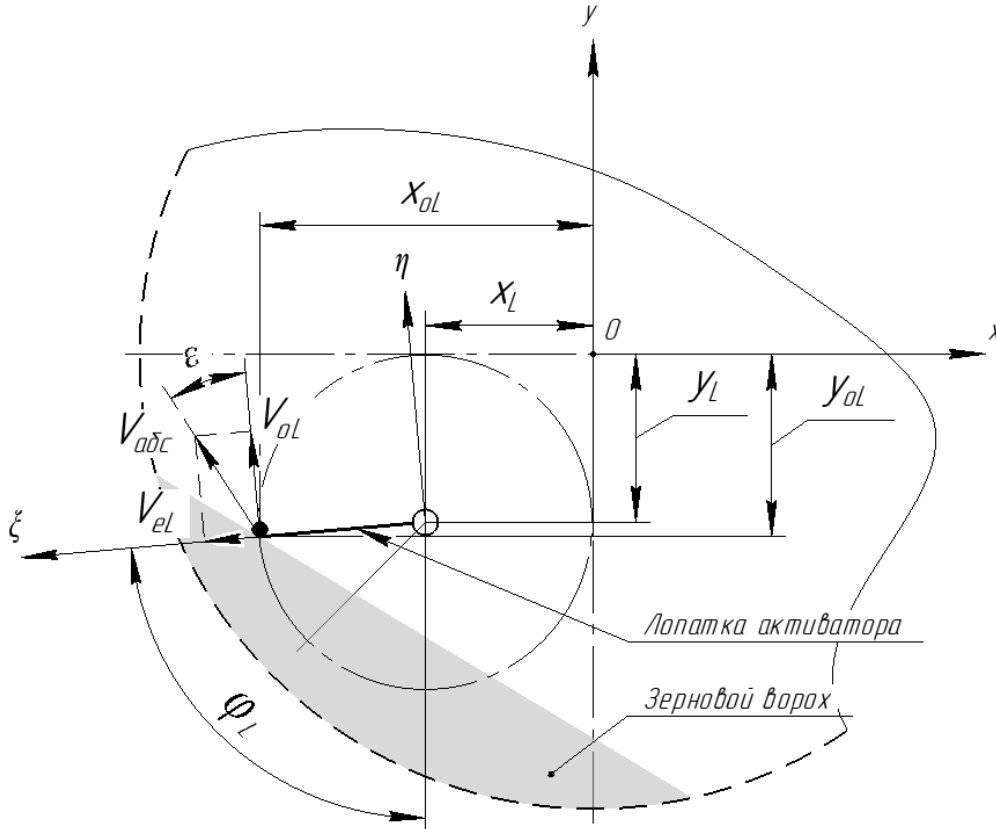


Рис. 3. Расчетная схема активатора

Решение уравнения (8) имеет вид:

$$\xi = C_1 e^{k_1 t} + C_2 e^{k_2 t} - \rho_{Lo} + \frac{g}{2\omega_L^2(1+f^2)} [\cos \varphi_L (f^2 - 1) + 2f \sin \varphi_L]; \quad (9)$$

$$\dot{\xi} = C_1 k_1 e^{k_1 t} + C_2 k_2 e^{k_2 t} + \frac{g}{2\omega_L(1+f^2)} [\sin \varphi_L (1 - f^2) + 2f \cos \varphi_L], \quad (10)$$

где $C_1 = \frac{g}{2\omega_L^2(1+f^2)} [\cos \varphi_{oL} (1 - f^2) - 2f \sin \varphi_{oL}] + \rho_{Lo} - c_2$;

$$C_2 = \left[\frac{g}{2\omega_L(1+f^2)} \left[\cos \varphi_{oL} \left(\frac{k_1}{\omega_L} - \frac{f^2 k_1}{\omega_L} + 2f \right) - \sin \varphi_{oL} \left(\frac{2f k_1}{\omega_L} + f^2 - 1 \right) \right] + \rho_{Lo} k_1 \right] / [k_1 - k_2];$$

$$k_1 = \omega_L (\sqrt{f^2 + 1} - f); \quad k_2 = -\omega_L (\sqrt{f^2 + 1} + f);$$

φ_{oL} – угол, при котором элемент вороха начинает движение по лопатке активатора (принимая его значение по выходу лопатки из слоя зернового вороха).

Начальные условия движения элемента вороха по лопатке: время $t_{Lo} = \varphi_{oL} / \omega_L$; относительная скорость элемента вороха в начальный момент времени $V_{eL} = 0$; расстояние ρ_{Lo} . Расстояние от конца лопатки до рассматриваемого положения элемента вороха $\rho_L = R_L - \rho_{oL}$.

После схода элемента вороха с лопатки он совершает полёт до соприкосновения с поверхностью цилиндрического решета. Не учитывая сопротивление воздушного потока движению элемента, дифференциальные уравнения полёта относительно абсолютной системы координат ХОУ имеют следующий вид [7]:

$$\begin{cases} m \frac{d^2x}{dt^2} = 0 \\ m \frac{d^2y}{dt^2} = -mg \end{cases} \quad (11)$$

Начальные условия: угол схода элемента вороха с лопатки активатора $\varphi_{отр} = (\varphi_{oL} + t_K \cdot \omega_L)$; (где t_K – время прохождения заданного участка по лопатке элемента вороха); угол отклонения между переносной и

абсолютными скоростями $\varepsilon = \arctg\left(\frac{V_{eL}}{V_{oL}}\right)$ (где V_{eL} – относительная скорость элемента вороха по лопатке, V_{oL} – переносная скорость элемента вороха, равная окружной скорости конца лопатки); координата элемента вороха по оси абсцисс $x_{oL} = x_L - R_L \cdot \sin(\varphi_{отр})$ (где x_L – расположение центра активатора по оси абсцисс) (рис. 3); координата элемента вороха по оси ординат $y_{oL} = y_L - R_L \cdot \cos(\varphi_{отр})$ (где y_L – расположение центра активатора по оси ординат).

Результаты исследований и их обсуждение

Исследование движения элемента вороха выполнили в программе Mathcad. На рисунке 4 приведен график зависимости относительной скорости элемента вороха от его начальной скорости, частоты вращения решета, кинематического режима активатора $K_L = (\omega_L^2 \cdot R_L) / g$ ($R_r = 0,305$ м, $R_L = 0,1$ м, длина лопатки активатора $L_{лон} = 0,08$ м, $f = 0,32$, $\omega_L = 25,3$ рад/с).

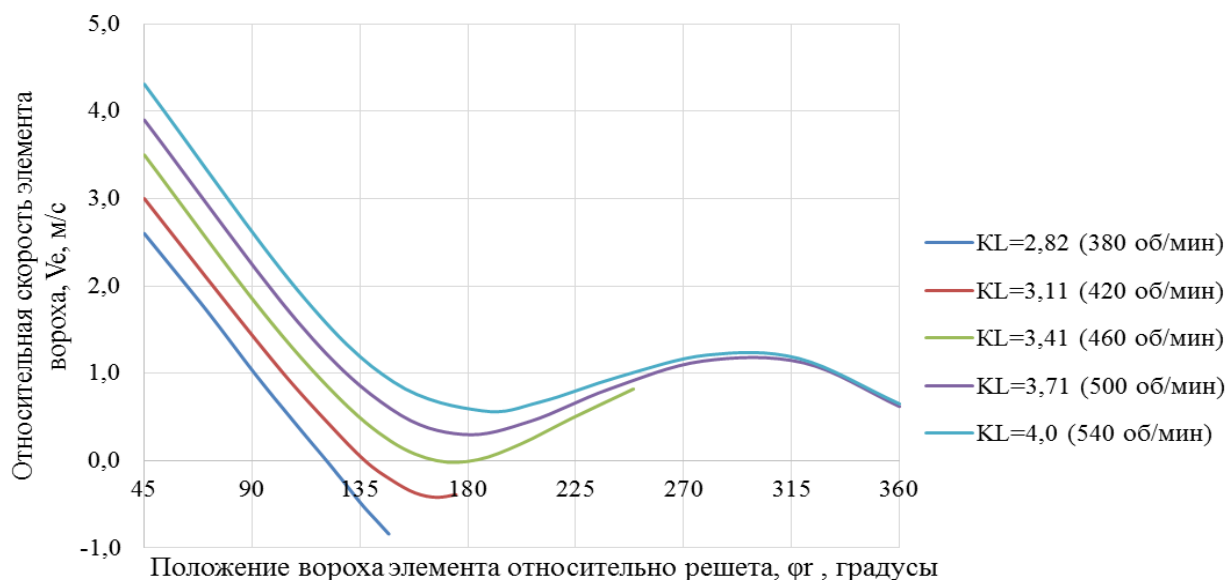


Рис. 4. Графики зависимости относительной скорости элемента вороха от его положения на поверхности решета

Как видно из приведённых результатов, относительная скорость элемента вороха при его перемещении по решету в начале движения снижается. При режимах активатора $K_1 = 2,82$

(380 об/мин.) и $K_1 = 3,11$ (420 об/мин.) с увеличением угла положения элемента φ_r относительная скорость во II квадранте (рис. 2) принимает отрицательное значение, т.е. элемент во-

роха перемещается вниз по решетке. Таким образом, в сравнении с решетом без активатора зерновой ворох равномернее распределяется по решетке, но часть решета при указанных режимах активатора всё же остаётся незагруженной.

При режимах активатора более $K_1 = 3,41$ (460 об/мин.) скорость элемента вороха имеет положительное значение, что свидетельствует о его относительном перемещении по решетке и, следовательно, о возможной сепарации.

Как было отмечено ранее, движение зернового вороха по лопатке ротора и после отрыва от неё описывается уравнениями (8)-(11). Исследовано движение элемента вороха после его

схода с лопатки активатора при следующих данных: $f = 0,32$; $R_r = 0,305$ м; $R_L = 0,1$ м; $L_{\text{лоп}} = 0,08$ м; $\omega_L = 25,3$ рад/с. Рассчитаны траектории элемента вороха для его четырёх положений на лопатке (рис. 5) при частоте вращения активатора $n_L = 241$ об/мин., при которой все траектории движения элемента вороха достигают поверхности цилиндрического решета. Определены углы отрыва $\varphi_{\text{отр}}$, при которых элемент вороха сходит с лопатки, и угол положения элемента вороха φ_r , после соприкосновения с поверхностью цилиндрического решета.

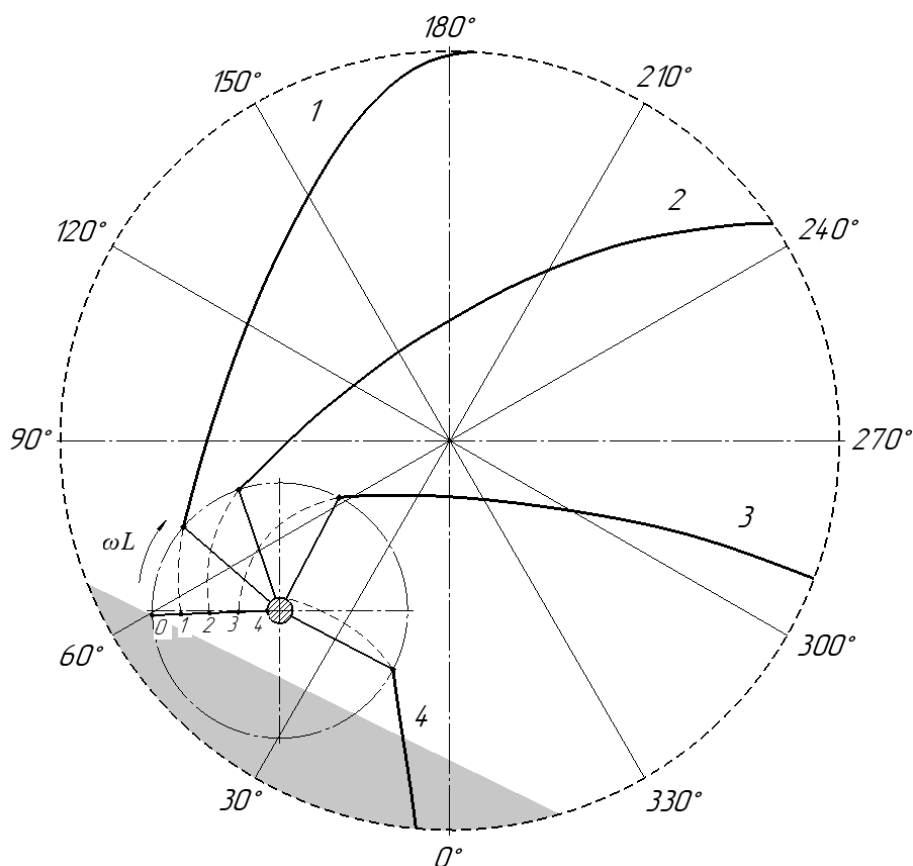


Рис. 5. Траектории движения элемента вороха в зависимости от времени схода с лопатки активатора при частоте вращения $n_L = 241$ об/мин.: 1 – $\varphi_{\text{отр}} = 132^\circ$, $\varphi_r = 185^\circ$, $\rho_L = 0,02$ м; 2 – $\varphi_{\text{отр}} = 164^\circ$, $\varphi_r = 236^\circ$, $\rho_L = 0,04$ м; 3 – $\varphi_{\text{отр}} = 209^\circ$, $\varphi_r = 291^\circ$, $\rho_L = 0,06$ м; 4 – $\varphi_{\text{отр}} = 298^\circ$, $\varphi_r = 5^\circ$, $\rho_L = 0,08$ м

Для направления всего зернового вороха, находящегося на лопатке (в том числе у вала активатора, т. 4), на свободную часть решета частота вращения активатора должна быть

больше рассматриваемой. Результаты расчета траекторий элемента вороха при частоте вращения активатора 500 об/мин. ($K_L = 3,71$) приведены на рисунке 6.

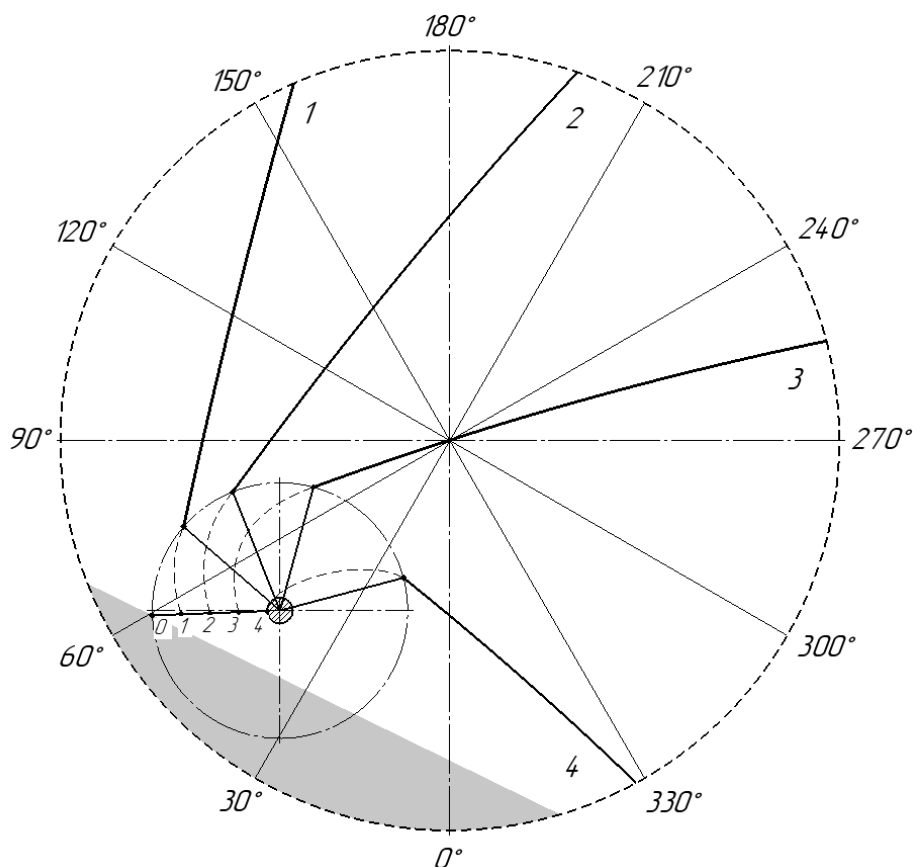


Рис. 6. Траектория движения элемента вороха в зависимости от времени схода с лопатки активатора при частоте вращения $n_L = 500$ об/мин.: 1 – $\varphi_{отр} = 130^\circ$, $\varphi_r = 156^\circ$, $\rho_L = 0,02$ м; 2 – $\varphi_{отр} = 159^\circ$, $\varphi_r = 199^\circ$, $\rho_L = 0,04$ м; 3 – $\varphi_{отр} = 195^\circ$, $\varphi_r = 255^\circ$, $\rho_L = 0,06$ м; 4 – $\varphi_{отр} = 256^\circ$, $\varphi_r = 331^\circ$, $\rho_L = 0,08$ м

Зерновой ворох распределяется по всей поверхности решета, причем элемент вороха, в начальный момент времени находящийся у вала активатора, попадает на свободную часть решета.

Заключение

1. Разработана математическая модель движения элемента зернового вороха в горизонтальном центробежно-решетном сепараторе с активатором, состоящая из движения зернового вороха по цилиндрическому решету и лопатке и свободного полета частиц вороха до соприкосновения с решетом.

2. Определены параметры активатора для цилиндрического решета диаметром 0,61 м, обеспечивающие распределение зернового вороха по поверхности решета: кинематический режим – 3,71; диаметр – 0,2 м; частота вращения – 500 об/мин. Дальнейшие исследования

направлены на экспериментальную проверку полученных результатов.

Библиографический список

1. Универсальная зерноочистительная машина УЗМ-30/15-3. – Текст: электронный // Кузембетьевский РМЗ: [сайт] / АО «Кузембетьевский РМЗ». – Республика Татарстан, 2016. – URL: <https://k-rmz.ru/products/universalnaya-zernoochistitelnaya-mashina-uzm-30-15-3/> (дата обращения: 03.04.2023).
2. Патент № 2489840 Российская Федерация, МПК А01F 12/44 (2006.01). Зерноочистительная машина: № 2012112517/13: заявл. 30.03.2012: опубл. 20.08.2013 / Иванов Н. М., Топоров В. Р., Орлов А. А., Сухопаров А. А., Сеницын В. А., Николашкин В.И.; заявитель ГНУ СибИМЭ Россельхозакадемии. – 4 с. – Текст: непосредственный.

3. Патрин, В. А. Влияние вида движения зернового вороха в горизонтальном цилиндрическом решете на интенсивность процесса сепарации / В. А. Патрин, В. А. Крум. – Текст: электронный // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2014. – № 4 (33). – С. 168-173. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23873203>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

4. Повышение эффективности функционирования сепаратора зернового вороха с цилиндрическим решетом / А. А. Сухопаров, В. А. Сабашкин, В. Р. Топоров, В. А. Синицын. – Текст: электронный // Труды Международной научной онлайн-конференции «Агронаука-2020»: сборник статей / Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук. – 2020. – С. 273-275. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45807144>. – Режим доступа: Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU.

5. Патент № 211543 Российская Федерация, МПК А01F 12/44 (2006.01). Зерноочистительная машина: № 2022104107: заявл. 16.02.2022: опубл. 14.06.2022 / Угаров В. А., Сороченко С. Ф., Даудов Г. Ю.; заявитель ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет». – 7 с. – Текст: непосредственный.

6. Сороченко, С. Ф. Движение частицы по лопатке решетно-винтового сепаратора / С. Ф. Сороченко. – Текст: непосредственный // Расчет, диагностика и повышение надежности элементов машин: межвузовский сборник / под редакцией д.т.н. В. А. Вагнера; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2003. – Вып. 4. – 108 с.

7. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / Е. С. Босой, О. В. Верняев, И. И. Смирнов, Е. Г. Султан-Шах; под редакцией Е. С. Босого. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1977. – 568 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Universalnaia zernoochistitelnaia mashina UZM-30/15-3 // Kuzembetevskii RMZ: [sait] / AO «Kuzembetevskii RMZ». – Respublika Tatarstan, 2016. – URL: <https://k-rmz.ru/products/universalnaya-zernoochistitelnaya-mashina-uzm-30-15-3/> (data obrashcheniia: 03.04.2023).

2. Patent No. 2489840 Rossiiskaia Federatsiia, MPK A01F 12/44 (2006.01). Zernoochistitelnaia mashina: No. 2012112517/13: zaiavl. 30.03.2012: opubl. 20.08.2013 / Ivanov N.M., Toporov V.R., Orlov A.A., Sukhoparov A.A., Sinitsyn V.A., Nikolashkin V.I.; zaiavitel GNU SibIME Rosselkhozakademii. – 4 s.

3. Patrin, V.A. Vliianie vida dvizheniia zernovogo vorokha v gorizontalmom tsilindricheskom reshete na intensivnost protsesssa separatsii / V.A. Patrin, V.A. Krum // Vestnik NGAU. – 2014. – No. 4 (33). – С. 168-173. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23873203>.

4. Sukhoparov, A.A. Povyshenie effektivnosti funktsionirovaniia separatora zernovogo vorokha s tsilindricheskim reshetom / A.A. Sukhoparov, V.A. Sabashkin, V.R. Toporov, V.A. Sinitsyn // Trudy mezhdunarodnoi nauchnoi onlain-konferentsii «Agronauka-2020»: Sbornik statei. Sibirskii federalnyi nauchnyi tsentr agrobiotekhnologii Rossiiskoi akademii nauk. – 2020. – S. 273-275. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45807144>.

5. Patent No. 211543 Rossiiskaia Federatsiia, MPK A01F 12/44 (2006.01). Zernoochistitelnaia mashina: No. 2022104107: zaiavl. 16.02.2022: opubl. 14.06.2022 / Ugarov V.A., Sorochenko S.F., Daudov G.Iu.; zaiavitel FGBOU VO «Altaiskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet» – 7 s.

6. Sorochenko, S.F. Dvizhenie chastitsy po lopatke reshetno-vintovogo separatora // Raschet, diagnostika i povyshenie nadezhnosti elementov mashin: Mezhvuz. sb. Vyp.4 / pod red. d.t.n. Vagnera V.A. / Alt. gos. tekhn. un-t im. I.I. Polzunova. – Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2003. – 108 s.

7. Teoriia, konstruktsiia i raschet selskokhoziaistvennykh mashin: uchebnik dlia vuzov selskokhoziaistvennogo mashinostroeniia / E.S. Bosoi, O.V. Verniaev, I.I. Smirnov, E.G. Sul-

tan-Shakh; pod red. E.S. Bosogo – 2-e izd., pere-
rab. i dop. – Moskva: Mashinostroenie, 1977. –
568 s.

*Работа выполнена при поддержке Фонда содей-
ствия инновациям по программе «УМНИК-2021».*



УДК 631.1.363

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-224-6-99-105

У.К. Сабиев, И.Р. Хузин

U.K. Sabiev, I.R. Khuzin

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОЗАТОРА ВИБРАЦИОННОГО ДЕЙСТВИЯ

EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF KINEMATIC PARAMETERS OF VIBRATING BATCHER

Ключевые слова: *вибрационный дозатор, неравномерность дозирования, среднеквадратичное отклонение, параметры вибрации, амплитуда и частота колебаний.*

Известно, что в технологии приготовления комбикормов перспективными являются машины и оборудование, использующие вибрацию, что позволяет для процесса дозирования повысить сыпучесть и равномерность потока сыпучего корма и, как следствие, получить малую погрешность дозирования, не выходящую за пределы зоотехнических требований. Они позволяют достичь существенных результатов по повышению качественных показателей. В статье приведены результаты экспериментальных исследований вибрационного дозатора сыпучих кормов методом многофакторного эксперимента. Был принят экстремальный план Хартли-Коно, матрица которого содержит наименьшее количество экспериментальных точек с варьированием факторов на трех уровнях. Представлены наглядные графические зависимости неравномерности дозирования (C_v , %) от параметров вибрации дозатора (амплитуды (A) и частоты (ω) колебаний) и удельной энергоёмкости от показателя интенсивности вибрации (G). При воздействии вибрации сцепление между частицами данной дисперсной среды уменьшается, придавая им свойство псевдооживления. Кроме того, за счет вибрационного воздействия создается объемное динамическое состояние с полным разрушением структур в процессе дозирования сыпучих кормовых материалов, которое является средством увеличения сыпучести, более точного и равномерного схода корма с дозирующего лотка вибрационного дозатора, что, соответственно, и снижает погрешность дозирования. Анализ представленных зависимостей позволил обосновать экспериментально оптимальные границы применения параметров вибрации дозатора: амплитуда $A = 8-10$ мм и частота колебаний $\omega = 47,1-52,33$ с⁻¹, где в большей степени наблюдалось снижение нерав-

номерности дозирования, соответствующие зоотехническим требованиям, и затрат энергии на дозирование различных сыпучих кормов.

Keywords: *vibrating batcher, dosing unevenness, standard deviation, vibration parameters, amplitude and frequency of oscillations.*

It is known that machines and equipment that use vibration are promising in the technology of compound feed preparation. The use of vibration for dosing process makes it possible to increase the flowing property and uniformity of the flow of loose feed, and as a result, to obtain a small dosing error that does not go beyond animal husbandry requirements. They allow achieving significant results in improving quality indices. This paper discusses the findings of experimental studies of a vibratory bulk feed batcher by the method of a multifactorial experiment. The Hartley-Kono plan was adopted where the matrix contains the smallest number of experimental points with varying factors at three levels. Graphical dependences of dosing unevenness (C_v , %) on the parameters of the vibration of the batcher (amplitude (A) and frequency (ω) of vibrations) and specific energy intensity on the vibration intensity indicator (G) are presented. When exposed to vibration, the adhesion between the particles of this dispersed medium is reduced giving them the property of fluidization. In addition, due to the vibration effect, a volumetric dynamic state is created with complete destruction of structures in the process of dosing bulk feed materials which is a means of increasing the flowing property, more accurate and uniform feeding from the dosing tray of the vibrating dosing unit which, accordingly, reduces the dosing error. The analysis of the presented dependences made it possible to substantiate the experimentally optimal limits for the application of the vibration parameters of the batcher: amplitude $A = 8-10$ mm and oscillation frequency $\omega = 47.1-52.33$ s⁻¹, and energy costs for dosing various bulk feeds.