

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВАЛА КАРТОФЕЛЕСОРТИРОВАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ



В.А. Николаев (фото)

д.т.н., доцент кафедры механизации сельскохозяйственного производства

А.С. Коновалов

студент 4 курса инженерного факультета

ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА

**Картофеле-
сортировальная
установка, вращающиеся
валы, картофель,
сортирование,
пропускная способность**

*The potato sorting unit,
rotating shaft, potato,
sorting, throughput*

Существующие машины для сортирования картофеля различают по типу сортирующих устройств: с роликовой рабочей поверхностью, с ременной рабочей поверхностью, грохотного типа. Каждое устройство имеет свои преимущества и недостатки. Общим недостатком существующих сортирующих устройств является малая пропускная способность и травмирование клубней. Конструктивная схема новой картофелесортировальной установки показана на рисунке 1. Основными элементами картофелесортировальной установки являются концентрически установленные валы под углом β к горизонтали. Угол β наклона валов 20 градусов относительно горизонтали выбираем из справочника конструктора [1]. Из конструктивной компоновки длина валов по осевой линии 2300 мм. Валы приводит во вращение электродвигатель через редуктор. Расстояние между поверхностями валов в центре картофелесортировальной установки выбираем 15 мм, а на периферии – 60 мм. Зазор постоянно увеличивается от центра к периферии.

Поток клубней попадает на валы вблизи к центру установки, где происходит отделение пыли и мелких примесей. Когда расстояние между поверхностями валов достигнет 20 мм, начинается сепарация малых клубней. Сепарация малых клубней продолжается до того момента, когда расстояние между поверхностями валов достигнет 37 мм. Далее начинается отделение клубней средней фракции. Крупные клубни скатываются с валов.

На рисунке 1.б показано поперечное сечение двух валов, между которыми расположен клубень. Допустим, что клубень имеет шарообразную форму и воздействует на валы силой G тяжести. Произведем расчет параметров в среднем сечении валов, когда расстояние между поверхностями валов 20 мм. Диаметры валов определяем графически. В начале сепарации среднего клубня картофеля диаметр вала $d_B = 0,06$ м. Примем диаметр среднего клубня картофеля $d_K = 0,037$ м. Из справочных данных [1] известно, что масса среднего клубня картофеля $m = 0,04$ кг. Клубень опирается на вращающиеся валы, для привода которых необходимы моменты M_{B1} и M_{B2} . Под действием силы G тяжести клубня появляются силы N_1 и N_2 реакций валов. Взаимодействие валов с клубнем картофеля вызывает силы F_T трения. От действия сил трения клубень приобретает момент вращения M_K .

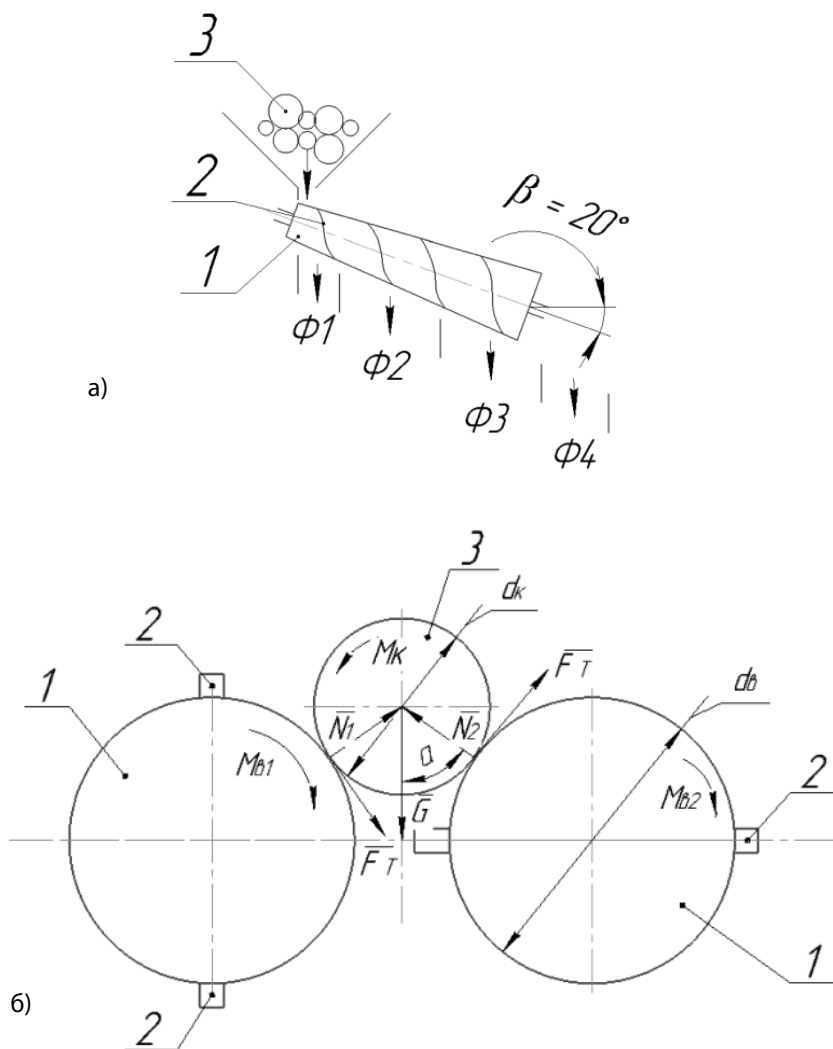


Рисунок 1 – Схема сепарирующего устройства:

а) продольное сечение;

б) поперечное сечение: 1 – вал, 2 – спираль, 3 – клубень; Ф1 – пыль и мелкие примеси; Ф2 – клубни малой фракции; Ф3 – клубни средней фракции; Ф4 – клубни крупной фракции

Момент, необходимый для привода одного вала:

$$M_{B1} = F_T \frac{d_B}{2}. \quad (1)$$

Сила трения картофеля о вал

$$F_T = f N_1 = f G \cos \alpha, \quad (2)$$

где $f = 0,4$ – коэффициент трения клубня картофеля о поверхность валов, выполненных из полиэтилена; G – сила тяжести клубня, $G = mg = 0,04 \cdot 9,8 = 0,392$ Н; α – угол между силой G и направлением силы N_1 действия реакции опоры. Из графического построения $\alpha = 54^\circ$, получим:

$$F_T = 0,4 \cdot 0,392 \cdot 0,59 = 0,092512 \text{ Н};$$

$$M_{B1} = 0,092512 \cdot 0,03 = 0,00277536 \text{ Нм}.$$

Момент, необходимый для ускорения вращательного движения клубня:

$$M_K = M_{B1} + M_{B2}. \quad (3)$$

Допустим, что $M_{B1} = M_{B2}$. Тогда

$$M_K = 2 \cdot 0,00277536 = 5,55 \cdot 10^{-3} \text{ Нм}.$$

Момент инерции клубня [2]:

$$I_K = 0,4m \left(\frac{d_K}{2}\right)^2 = 0,4m \frac{d_K^2}{4}; \quad (4)$$

$$I_K = 0,4 \cdot 0,04 \cdot \frac{0,037^2}{4} = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$\text{Угловое ускорение клубня [2]: } \varepsilon = \frac{M_K}{I_K}, \quad (5)$$

$$\varepsilon = \frac{5,55 \cdot 10^{-3}}{5,4 \cdot 10^{-6}} = 1,02 \cdot 10^3 \text{ рад/с}^2.$$

На основе известных зависимостей теоретической механики [2] составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \omega_K = \varepsilon \cdot \tau; \\ \omega_K \cdot d_K = \omega_B \cdot d_B; \\ \pi \cdot d_B = \tau \cdot \omega_B; \end{cases} \quad (6)$$

где ω_K – угловая скорость клубня картофеля; ω_B – угловая скорость вала; τ – время ускорения клубня.

Из третьего уравнения получаем

$$\omega_B = \frac{\pi d_B}{\tau}. \quad (7)$$

Подставив первое уравнение системы и уравнение (7) во второе уравнение системы, получим:

$$\begin{aligned} \varepsilon \cdot \tau \cdot d_K &= \frac{\pi d_B^2}{\tau}; \\ \varepsilon \cdot \tau^2 \cdot d_K &= \pi \cdot d_B^2. \end{aligned}$$

Отсюда время ускорения клубня

$$\tau = \sqrt{\frac{\pi d_B^2}{\varepsilon \cdot d_K}}, \quad (8)$$

$$\tau = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 0,06^2}{1,02 \cdot 10^3 \cdot 0,037}} = 0,017 \text{ с.}$$

Угловая скорость клубня картофеля из первого уравнения системы:

$$\omega_K = 1,02 \cdot 10^3 \cdot 0,017 = 17,34 \text{ рад/с.}$$

Угловая скорость вала из третьего уравнения системы:

$$\omega_B = \frac{\omega_K d_K}{d_B}, \quad (9)$$

$$\omega_B = \frac{17,34 \cdot 0,037}{0,06} = 10,693 \text{ рад/с.}$$

Аналогичные расчеты проводим со средней и крупной фракцией картофеля в момент начала и конца их сепарации. Результаты расчетов в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов параметров

Диаметр вала d_B , м	Диаметр клубня d_K , м	Момент клубня $M_K \cdot 10^{-3}$, Нм	Угловое ускорение клубня $\varepsilon \cdot 10^3$, рад/с ²	Момент инерции клубня $I_K \cdot 10^{-6}$, кг · м ²	Время ускорения клубня τ , с	Угловая скорость клубня ω_K , рад/с	Угловая скорость вала ω_B , рад/с
0,06	0,037	5,5	1,02	5,4	0,017	17,34	10,693
	0,06	13	0,22	57,6	0,029	6,38	6,38
	0,08	25	0,39	64	0,019	7,41	9,88
0,26	0,06	30	1,04	28,8	0,058	60,32	13,92
	0,08	50	0,78	64	0,058	45,24	13,92
0,54	0,08	55	0,86	64	0,11	94,6	14

Вывод

Если принять минимальные угловые скорости ω_B валов, то при попадании на сепарирующее устройство большого количества клубней произойдет некачественная сепарация. Клубни не рассредоточатся по длине промежутка между

валами и создадут препятствие сепарации других клубней. В результате этого клубни одной фракции могут попасть в приемный бункер другой фракции и поэтому необходимо будет уменьшить пропускную способность установки. Принимаем угловые скорости валов $\omega_B = 14$ рад/с.

Литература

1. Клецкин, М.И. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин [Текст]. Том 2 / М.И. Клецкин. – М.: Машиностроение, 1967. – 830 с.
2. Лачуга, Ю.Ф. Теоретическая механика [Текст]: учебник. / Ю.Ф. Лачуга, В.А. Ксендзов. – 3-е изд. – М.: КолосС, 2010. – 576 с.

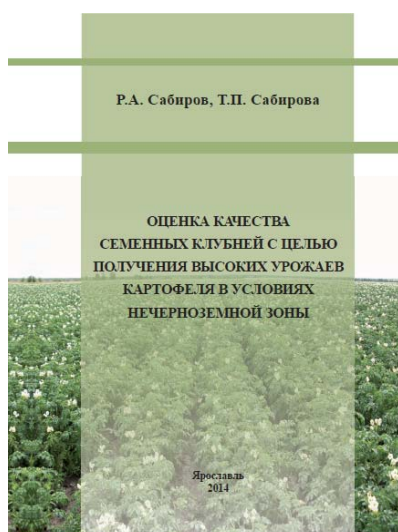
References

1. Kleckin, M.I. Spravochnik konstruktora sel'skhozajstvennyh mashin [Tekst]. Tom 2 / M.I. Kleckin, otv. red. inzh. – M.: Mashinostroenie, 1967. – 830 s.
2. Lachuga, Ju.F. Teoreticheskaja mehanika [Tekst]: / Ju.F. Lachuga, V.A. Ksendzov.uchebnik – 3-e izd. – M.: KolosS, 2010. – 576 s.

ОБЪЯВЛЕНИЕ

**В издательстве ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА
в 2014 г. вышла монография**

**«Оценка качества семенных клубней с целью
получения высоких урожаев картофеля в условиях
Нечерноземной зоны» / Р.А. Сабиров, Т.П. Сабирова**



Монография посвящена одной из причин плохого состояния картофелеводства – проблеме низкого качества безвирусного семенного материала. Для повышения экономической эффективности картофелеводства и урожайности при сортировке семенных клубней необходимо учитывать ряд показателей. В монографии проанализированы современные технологии подготовки семенных клубней картофеля и доказано, что высококачественный семенной материал получают при сортировании клубней по плотности. Авторы монографии дают рекомендации по возделыванию картофеля в условиях Нечерноземной зоны с использованием отсортированных по плотности семенных клубней.

Монография предназначена для студентов, аспирантов агрономических специальностей. Данное научное исследование также поможет фермерам, специалистам и руководителям сельскохозяйственных предприятий решить проблемы подготовки качественного семенного материала картофеля к посадке.

**УДК [635.21:631.532.2.011:631.559] (470.0); ББК 42.15 (23);
ISBN 978-5-98914-135-7; 88 СТР. (МЯГКИЙ ПЕРЕПЛЕТ)**

**ПО ВОПРОСАМ ПРИОБРЕТЕНИЯ ОБРАЩАТЬСЯ ПО АДРЕСУ:
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58. ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА**

E-mail: vlv@yarcx.ru