

1. Мухин В.В., Большакова С.Р., Егоров И.А. – Влияние криволинейности на расположение стеблей в рулоне. Сборник научных трудов ВНИИ льна, вып. XXVIII, Торжок, 1994, с. 350 – 355.

2. Пашин Е.Л., Савинова В. И., Мухин В.В. Совершенствование технологии получения стланцевой льняной тресты. – Кострома: ВНИИЛК, 2004, - 75с

3. Хайлис Г.А. Ковалев М.М. Исследование сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных. – Колос, 1994. – 169 с.

4. Большакова С.Р. Обоснование параметров рулонов для промышленного приготовления тресты на основе оптимизации процесса прессования льносырья: Автореферат. дисс. канд. техн. наук. – Кострома, 1995. – 20 с

5. Трибуналов М.Н., Осирко С.И., Янцов Н.Д. Исследование точности направления пресс-подборщиков на ленты льнотресты // Материалы международной научно-технической конференции. Минск – БГАТУ, 28 – 29 ноября 2013 г.

**УДК 631.362.3; 633.491**

**А.Н. Леонов, д.т.н., профессор, В.В. Носко, В.В. Юнкович, студент**  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

## **СПОСОБ ОЧИСТКИ КАРТОФЕЛЬНОГО ВОРОХА ОТ ТВЕРДЫХ ПРИМЕСЕЙ**

### **Введение**

В Республике Беларусь около 30 % картофеля возделывается на почвах, засоренных камнями (до 60 %). Кормосмесители очень чувствительны к посторонним включениям. Камни, находящиеся в кормосмеси приводят к серьезным поломкам. Поэтому отделение клубней картофеля от камней является актуальной научно-технической задачей. В настоящее время отделение камней от картофеля производится на комплексе [1]. Основной недостаток – высокая доля ручного труда (0,6 чел.-ч/т). С целью снижения трудозатрат на ПКСП-25 установлено устройство для отделения камней от клубней картофеля [2], принцип работы которого основан на сортировании компонентов картофельного вороха по массо-размерным параметрам, что позволило сократить ручной труд до

0,2 чел.-ч/т. Дальнейшая модернизация ПКСП-25, направленная на сокращение трудозатрат, связано с автоматизацией процесса сортировки. Известно автоматизированное устройство, в котором трудозатраты сокращены 0,07 чел.-ч/т [3]. Однако доля удаления камней из картофельного вороха в этом устройстве низкая (60 – 70 %).

**Цель работы.** Разработать способ, который позволит сократить ручной труд до 0,07 чел.-ч/т и одновременно повысить степень отделения камней от картофеля до 95 %.

**Идея технического решения.** Степень отделения камней от картофеля можно достигнута за счёт различия в упругих констант компонентов картофельного вороха (камни, картофель, комья земли). Применение вращающегося барабана позволит увеличить расстояние падения между компонентами, используя различие в упругих констант различных компонентов.

**Теория.** Для реализации предложенной идеи необходимо теоретически изучить траекторию движения компонентов. Отличительная особенность предлагаемого устройства заключается в том, что степень разделения компонентов не зависит от их массы, что позволяет отделять клубни картофеля от камней одинаковой массы.

На рисунке 1 представлена траектория движения компонента.

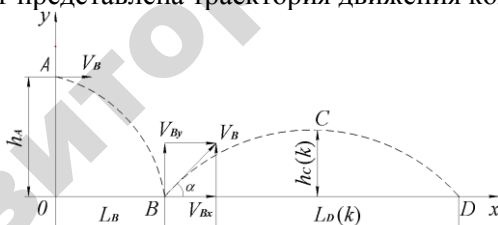


Рис. 1. Траектория движения компонента после отскока

Система уравнений, описывающая траекторию движения компонента из точки  $A$  в точку  $B$ , имеет следующий вид (см. рисунок 1):

$$\vec{r} = \vec{r}_{0A} + \vec{V}_A \cdot t + \frac{\vec{a} \cdot t^2}{2}, \quad (1)$$

$$\vec{V} = \vec{V}_A + \vec{a} \cdot t. \quad (2)$$

Проекции этих уравнений на оси системы координат  $YOX$

$$x = V_A t, \quad (3)$$

$$y = h_A - \frac{gt^2}{2}, \quad (4)$$

$$V_x = V_A, \quad (5)$$

$$V_y = -gt. \quad (6)$$

Время падения  $t_{AB}$  компонента из  $A$  в  $B$  при  $y = 0$ :

$$t_{AB} = \sqrt{\frac{2 \cdot h_A}{g}}. \quad (7)$$

Координаты точки  $B$  рассчитаем, используя уравнения (3), (4) и (7)

$$B(L_B; 0) = B\left(V_A \sqrt{\frac{2 \cdot h_A}{g}}; 0\right). \quad (8)$$

Проекции скорости компонента момент падения его в точку  $B$  рассчитаем, используя уравнения (5) – (7):

$$\vec{V}_{B0} \left( V_A; -\sqrt{2gh_A} \right). \quad (9)$$

Абсолютная величина скорости падения компонента в точку  $B$

$$V_{B0} = \sqrt{V_A^2 + 2gh_A}. \quad (10)$$

Рассчитаем абсолютную скорость компонента после отскока от неподвижного барабана  $V_B$ . Предположим, что в момент соударения компонента с поверхностью барабана часть его кинетической энергии за счёт необратимой пластической деформации переходит в тепловую:

$$\frac{mV_B^2}{2} = (1-k) \frac{mV_{B0}^2}{2}, \quad (12)$$

где  $k$  – коэффициент потерь кинетической энергии (при абсолютно упругом ударе  $k = 0$ , при абсолютно пластическом  $k = 1$ ).

Из уравнения (12) следует, что

$$V_B = V_{B0} \sqrt{1-k}. \quad (13)$$

В случае вращения барабана к горизонтальной проекции скорости отскока компонента добавляется величина  $\omega R$ , где  $\omega$  – угловая скорость вращающегося барабана;  $R$  – радиус барабана.

В результате проекции скорости компонента  $\vec{V}_B$  равны

$$\vec{V}_B \left( V_A \sqrt{1-k} + \omega R; \sqrt{2(1-k)gh_A} \right). \quad (14)$$

Абсолютная величина скорости  $\vec{V}_B$  отскока равна

$$V_B = \sqrt{\left( V_A \sqrt{1-k} + \omega R \right)^2 + 2(1-k)gh_A}. \quad (15)$$

Из уравнений (14) и (15) следует, что

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{2(1-k)gh_A}}{V_B}, \quad (16)$$

$$\cos \alpha = \frac{V_A \sqrt{1-k} + \omega R}{V_B}. \quad (17)$$

Система уравнений, описывающая траекторию движения компонента после отскока от вращающегося барабана из точки  $B$  в точку  $D$  описывается системой уравнений (1), (2) (см. рисунок 1), проекции которых на оси системы координат  $YOX$ , имеют следующий вид

$$x = L + V_B \cos \alpha \cdot t, \quad (18)$$

$$y = V_B \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}, \quad (19)$$

$$V_x = V_B \cos \alpha, \quad (20)$$

$$V_y = V_B \sin \alpha - gt. \quad (21)$$

Время  $t_C$  достижения компонентом точки  $C$ , после отскока из точки  $B$ , рассчитывается по уравнению (21) при  $V_y = 0$ :

$$t_C = \frac{V_B \sin \alpha}{g} \quad (22)$$

Координаты точки  $C$  рассчитаем, используя уравнения (18), (19) и (22)

$$C \left( \frac{V_B^2 \sin 2\alpha}{2g}; \frac{V_B^2 \sin^2 \alpha}{2g} \right). \quad (23)$$

Следовательно, после отскока от вращающегося барабана компонент картофельного вороха поднимется на высоту  $h_C(k)$

$$h_C(k) = \frac{V_B^2 \sin^2 \alpha}{2g}, \quad (24)$$

а дальность полёта компонента  $L_D(k)$  составит

$$L_D(k) = 2 \cdot \frac{V_B^2 \sin 2\alpha}{2g} = \frac{2V_B^2 \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g}. \quad (25)$$

Высота подъёма и дальность полёта компонентов картофельного вороха зависит от параметров  $V_A$ ,  $h_{AB}$ ,  $\omega R$ ,  $k$ . Рассчитаем разницу в высоте подъёма и дальности полёта для компонентов с различными коэффициентами потерь  $k_1$  и  $k_2$ , то есть  $\Delta h_C = h_C(k_1) - h_C(k_2)$  и  $\Delta L_D = L_D(k_1) - L_D(k_2)$ .

С учётом уравнений (16), (17), (24), (25) получим

$$\Delta h_C = h_C(k_1) - h_C(k_2) = (k_2 - k_1)h_A, \quad (26)$$

$$\Delta L_D = L_D(k_1) - L_D(k_2) = \sqrt{\frac{8h_A}{g}} \cdot (k_2 - k_1) \cdot \left( V_A + \frac{\omega R}{\sqrt{1-k_1} + \sqrt{1-k_2}} \right). \quad (27)$$

Экспериментальные исследования показали, что для комков земли  $k_1 \approx 0,8$ , для клубней картофеля  $k_1 \approx 0,5$ , для камней  $k_1 \approx 0,2$ . Максимальная высота подъёма для комков земли составляет 5 см, для клубней картофеля – 13 см, для камней – 20 см. При такой разнице в максимальной высотах в сравнении с размером клубней ( $\approx 8$  см) технически реализовать разделение различных компонентов достаточно сложно.

Разделение компонентов можно достаточно легко реализовать при разделении компонентов по дальности полёта, так как оно составляет при изменении  $k$  от 0,8 до 0,2 составляет  $\Delta L = 1,2$  м. Предложенный способ позволяет варьировать шириной лент транспортёра для эффективного разделения различных компонентов картофельного вороха. Транспортёрная лента для уменьшения деформирования клубней картофеля в момент удара покрывается пенополиуретаном требуемой толщины.

### **Заключение**

Предложен способ очищения картофельного вороха от почвенных комков и камней. Способ основан на зависимости траекторий движения компонентов картофельного вороха, различающихся коэффициентами упругости. Способ отличается большой степенью автоматизации и позволяет существенно сократить долю ручного труда при низкой степени засорённости картофеля.

### **Список используемой литературы**

1. Добышев А.С, Ладутько С.Н, Филиппов А.И. Агротехническая оценка работы модернизированного картофелесортировального пункта. Результаты исследований новых технологий и технических средств в растениеводстве юга России. Сборник научных трудов / Зеленоград ВНИПТИМЭСХ, 2007. – С. 337 – 346.
2. Добышев А.С. Филиппов С.Н, Обоснование параметров копира датчика толщины и длины компонента картофельного вороха устройства для отделения примесей. Вестник БГСХА / Горки УО БГСХА, 2006. – С. 135 – 140.
3. Колчен Н.Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей / М.: Машиностроение, 1982. – 80 с.

**УДК 004.655**

**Д.С. Шахрай, магистр, А.С. Мезга, студент**

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

## **ЦИФРОВЫЕ ПРОТОТИПЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

### **Введение**

В соответствии с законом Мура, вычислительная мощность компьютера удваивается в среднем за 18 месяцев. Типичный персональный компьютер настоящего времени по возможностям на порядок превосходит огромный вычислительный центр середины 80-х годов прошлого века. Активно развиваются параллельные вычисления. Во многих современных образовательных и научных