

**К ВОПРОСУ РАСЧЕТА СЕПАРИРУЮЩИХ РАБОЧИХ  
ОРГАНОВ  
КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН**

**М.А. Карпенко, кандидат технических наук, доцент,**

**тел.: 8-9050357550, mikhailcarpenko@yandex.ru**

**Г.В. Карпенко, кандидат технических наук, доцент,**

**тел.: 8(8422) 55-95-95, karpenko.galina@yandex.ru**

**А.И. Мулянов, магистрант**

**ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ**

***Ключевые слова:** картофелеуборочный комбайн, почва, цилиндрическая поверхность, сепарация, равновесие частицы*

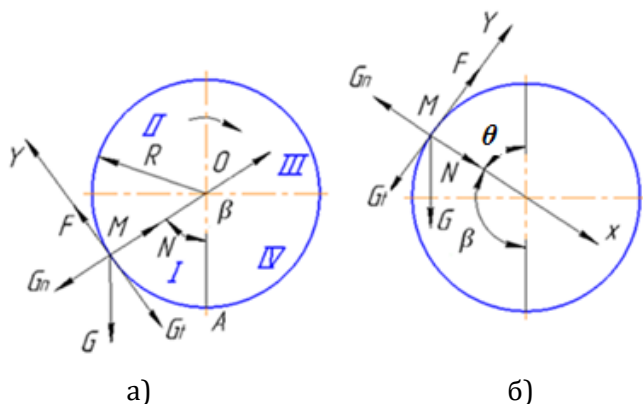
*В статье отмечено, что проблема отделения почвенных комков соизмеримых с размерами клубней картофеля одна из наиболее сложных и пока нерешённых до конца задач. Выявлены основные факторы вызывающие трудность осуществления процесса сепарации в картофелеуборочных комбайнах. Приведены теоретические предпосылки разделения почвенных компонентов на наклонной плоскости, режимы движения частиц по цилиндрическим поверхностям с горизонтальной осью вращения.*

Основным способом отделения клубней картофеля от почвенных частиц является сепарация картофельного вороха на прутковых элеваторах и грохотах, однако на тяжёлых почвах циклические воздействия неизбежно

приводят к образованию комков, разрушение которых требует внешних усилий превышающих допустимые для клубней значения. По этой причине проблема отделения почвенных комков соизмеримых с размерами клубней картофеля одна из наиболее сложных и пока нерешённых до конца задач.

Для сепарирующих барабанов картофелеуборочных машин режимы движения обрабатываемого материала (почвы, клубней) должны в наибольшей мере способствовать протеканию рабочего процесса сепарации почвы и не вызывать повреждений клубней [1, 2, 3].

При очень медленном вращении цилиндрического барабана центробежную силу можно не учитывать, тогда частица будет находиться под действием двух сил (рисунок 1, а): силы тяжести  $G = mg$  и силы трения  $F = fN = fG \cos \beta$ , где  $f$  - коэффициент трения частицы о поверхность барабана;  $\beta$  - угол поворота барабана.



а) – находящейся на неподвижной цилиндрической поверхности; б) - находящейся на вращающейся цилиндрической поверхности  
Рисунок 1 – Равновесие частицы

Частица будет увлекаться цилиндрической поверхностью до тех пор, пока  $F > G \sin \beta$ , т. е. пока сила трения превосходит по величине составляющую силы тяжести частицы. Скатывание частицы начинается при условии  $F = G \sin \beta$ . Подставив значение  $F$ , получаем условие скатывания  $fG \cos \beta = G \sin \beta$ .

Или, поскольку  $f = tg \varphi$ , условие скатывания запишется так:  $\varphi = \beta$ . Частица начнет скатываться, когда угол  $\beta$  станет больше угла трения  $\varphi$ .

При вращении барабана с угловой скоростью  $\omega$  (рисунок 1, б), кроме силы тяжести  $G$ , силы трения  $F$  и нормальной реакции поверхности барабана, на частицу будут действовать нормальная и тангенциальная силы инерции

$$J_n = \frac{mv^2}{R} = mR\omega^2; \quad (1)$$

$$J_t = m \frac{dv}{dt} = mR \frac{d\omega}{dt}. \quad (2)$$

Когда частица сохраняет относительный покой на стенке барабана,  $J_t = 0$ . Частица останется в покое до тех пор, пока составляющая сила тяжести  $G \sin \beta$  не превысит силу трения

$$F = fN = f(G \cos \beta + mR\omega^2). \quad (3)$$

Условие равновесия

$$f(G \cos \beta + mR\omega^2) = G \sin \beta. \quad (4)$$

Влияние центробежной силы проявляется в том, что частица поднимается цилиндрической поверхностью выше, чем при отсутствии этой силы. Угол подъема частицы с учетом действия центробежной силы

$$\beta_n = \varphi + \arcsin \left[ \frac{\omega^2 R}{g} \sin \varphi \right], \quad (5)$$

т.е. угол подъема  $\beta_n$  больше угла трения  $\varphi$ .

Частица вращения барабана, при которой происходит подъем материала на заданный угол,

$$n_6 = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g \sin(\beta_n - \varphi)}{R \sin \varphi}} \cong 30 \sqrt{\frac{\sin(\beta_n - \varphi)}{R \sin \varphi}}. \quad (6)$$

Если  $\beta_n > \pi/2$ , частица переходит во второй квадрат, в котором создаются условия для ее отрыва от поверхности.

Режим движения барабана [4, 5] определяют отношением центростремительного ускорения на его внутренней стенке  $\omega^2 R$  к ускорению свободного падения  $g$ :

$$k_6 = \frac{\omega^2 R}{g} = \left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 \frac{R}{g} = \frac{\pi^2 n^2 R}{g \cdot 900} \approx \frac{n_6^2 R}{900}. \quad (7)$$

Коэффициент  $k_6$  называют кинематическим параметром барабана. Через коэффициент  $k_6$  условие отрыва частицы от стенки барабана выразится так:  $k_6 = -\cos \beta$ .

Следуя В.М. Осецкому: «...можно выделить четыре режима движения частицы (точки) по внутренней поверхности цилиндрического барабана. Первый режим соответствует углу подъема до  $\pi/2$ , когда точка совершает колебательные движения по дуге окружности барабана.

Второй режим соответствует углу подъема от  $\pi/2$  до  $\pi$ , когда часть траектории точки будет дугой окружности барабана, часть – параболой (движение с отрывом).

Третий режим, когда точка, не отрываясь от барабана, совершает круговые движения и скользит по барабану.

Четвертый режим, когда точка вращается вместе с барабаном, не отделяясь от его поверхности и не скользя по ней» [1, 6, 7].

Для картофелеуборочных машин, исходя из условий наименьшего повреждения клубней, наибольший интерес представляет первый режим. Хотя производительность

барабанного грохота при втором режиме значительно выше, чем при первом, такой режим менее приемлем, так как при соударениях с поверхностью барабана могут быть значительные повреждения клубней. Третий и четвертый режим представляют интерес при центробежной сепарации.

Для более точных определений параметров барабана следует учитывать, что в большинстве случаев частица находится не в относительном покое, поэтому необходимо знать уравнение движения частицы (точки на поверхности барабана). Впервые уравнение движения обособленной материальной точки по внутренней поверхности вращающегося барабана с горизонтальной осью составлено М.В. Осецким [1, 5].

Исходя из рисунка 1, б, можно составить уравнение равновесия частицы, находящейся на поверхности барабана. После всех преобразований получим

$$\omega^2 = \frac{2g}{R(1+4f^2)} [3f \sin \beta + (1 - 2f^2)(\cos \beta - e^{2f\beta})] \quad (8)$$

Однако оно действительно только для частных случаев, когда частица отстаёт от барабана ( $v_{max} \leq v_0$ ).

Из рассмотренных зависимостей видно, что угловая скорость точек зависит лишь от коэффициента трения и радиуса барабана. На характер движения точки не влияет угловая скорость барабана, если она удовлетворяет условию  $\omega > \omega_{max}$ .

Из полученных уравнений следует, что отрыву частицы во II квадранте предшествует замедленное движение ее по поверхности барабана.

Приведенные теоретические предпосылки разделения компонентов на наклонной плоскости, режимы движения частиц по цилиндрическим поверхностям с горизонтальной осью вращения, позволяют определить

закономерности взаимодействия клубней картофеля в процессе движения их по рабочей поверхности очистителя, при изменении различных факторов, зависящих от физических свойств почвы, обеспечивающие возможность обоснования его рациональных конструктивных и режимных параметров.

### **Библиографический список:**

1. Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины / Г.Д. Петров // М.: Машиностроение, 1984. - 320 с.

2. Пат. 195467 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Очиститель корнеплодов от почвы / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, М.А. Карпенко, Г.В. Карпенко; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Ульяновский ГАУ. – Заявка № 2019126058 от 16.08.2019; опубл. 29.01.2020 Бюл. № 4.

3. Пат. 194363 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Очиститель корнеплодов от почвы / В.И. Курдюмов, Г.В. Карпенко, М.А. Карпенко; А.И. Мулянов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Ульяновский ГАУ. – Заявка: 2019126060, 16.08.2019; опубл. 06.12.2019 Бюл. № 34.

4. Курдюмов, В.И. Теоретическое обоснование силы, требуемой на перемещение катка гребневой сеялки / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2017. № 3 (39). - С. 143-147.

5. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин [Текст] / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. - М.: Машиностроение. - 1977.- 328 с.

6. Совершенствование технологии очистки клубней картофеля от почвенных загрязнений / А.И. Мулянов, Г.В. Карпенко, М.А. Карпенко // Сборник: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт,

проблемы и пути их решения. Материалы X Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Ульяновск, 2020. С. 243-246.

7. Пат. 195292 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Очиститель корнеплодов от почвы / В.И. Курдюмов, А.А. Павлушин, Г.В. Карпенко, А.И. Мулянов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО Ульяновский ГАУ. – Заявка: 2019126061, 16.08.2019; опубл. 22.01.2020 Бюл. № 3.

## **ON THE ISSUE OF CALCULATING THE SEPARATING WORKING BODIES OF POTATO HARVESTERS**

**Karpenko M.A., Karpenko G.V., Mulyanov A.I.**

**Key words:** *potato harvester, soil, cylindrical surface, separation, particle equilibrium*

*The article notes that the creation of more advanced potato harvesters remains one of the most urgent tasks of agricultural engineering. The main factors causing the difficulty of the separation process in potato harvesters are identified. The theoretical prerequisites for the separation of soil components on an inclined plane, the modes of movement of particles on cylindrical surfaces with a horizontal axis of rotation are given.*