

УДК. 631.356. 4

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КЛУБНЯ КАРТОФЕЛЯ НА ПРОТИВОТОЧНОЙ СЕПАРИРУЮЩЕЙ ГОРКЕ

*доц. Паизиев Гайбулла*

*Наманганский инженерно-строительный институт*

**Аннотация:** В статье приведен вопрос о применении противоточной сепарирующей горки для отделения клубней картофеля от примесей в картофелеуборочной машине. Разработаны теоретические основы движения клубней картофеля на горке с использованием силового метода.

**Ключевые слова:** картофель, клубень, противоточная сепарирующая горка, картофелеуборочная машина, качения, скольжения, сорняк, масса клубня, радиус клубня, полотна горки, сила трения, момент инерции, момент сопротивления.

**Study of the movement of potato tubers on a counter-flow separating slide.**

**dots. Paiziev Gaibulla**

**Namangan Civil Engineering Institute**

**Abstract:** The article deals with the use of a counter-current separating slide for separating potato tubers from impurities in a potato harvester. The theoretical foundations of the movement of potato tubers on a hill using the force method have been developed.

**Key words:** potatoes, tuber, countercurrent separating slide, potato harvester, rolling, sliding, weed, tuber mass, tuber radius, slide webs, friction force, moment of inertia, moment of resistance.

Клубень на горке вначале скользит и катится одновременно (скольжение с качением), а потом катится по горке без скольжения, при этом он может перемещаться по горке перекатываясь, причем вращение клубня может быть неравномерным. Таким образом, движение клубней на горке значительно сложнее для аналитического описания, чем движение сорняков. На рис.1 показаны два участка на горке: участок 1-2 — скольжение клубня при

одновременном качении (качение со скольжением) и участок 2-3 — чистое качение клубня. Для аналитического описания движения клубня на горке примем следующие обозначения:  $m$  — масса клубня;  $r$  — радиус клубня;  $Q = m \cdot g$  — вес клубня;  $N$  — нормальная реакция горки на клубень;  $F$  — сила трения, действующая на клубень от горки;  $\alpha$  — угол наклона горки;  $V_{тр}$  — скорость полотна горки; Момент инерции клубня, принятого за шар  $J = \frac{2}{5} m \cdot r^2$ , кгм<sup>2</sup>;

$\varepsilon$  - угловое ускорение вращения клубня,  $\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$ , с<sup>-2</sup>;  $\omega$  - угловая скорость клубня;

$t$  - время;  $M_T$  - момент сопротивления качению клубня;  $M_T = N \cdot \kappa$ , нм;  $\kappa$  - коэффициент сопротивления качению клубня;  $\kappa = r \cdot \tan \rho$ , м; где  $\rho$  - угол качения клубней;  $f$  - коэффициент трения скольжения клубня по горке;  $a_s$  - ускорение центра масс клубня;  $v$  - скорость клубня вдоль горки;  $\Delta a_c$  - ускорение скольжения клубня, м/с<sup>2</sup>;  $a_s = a_c = \Delta a_c - r \cdot \varepsilon$  - полное ускорение центра масс клубня при скольжении с качением на участке 1-2; (см. рис.1);  $V_H$  - начальная скорость клубня;  $V$  - скорость клубня. В соответствии с принятыми обозначениями движение клубня на горке описывается следующими уравнениями:

$$m \cdot a_s = -Q \cdot \sin \alpha + F \quad (1)$$

$$N = Q \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

$$F \cdot r = M_T + J \cdot \varepsilon \quad (3)$$

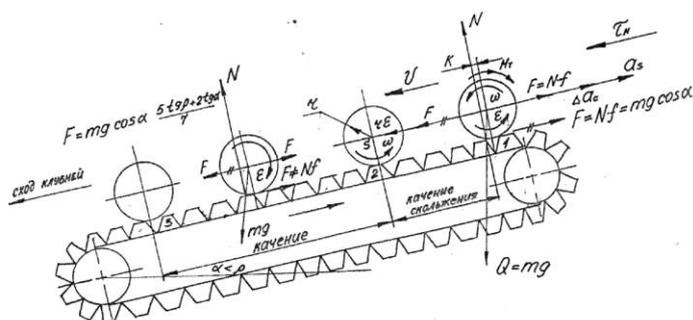


Рис.1 Расчетная схема движения клубня на противоточной сепарирующей горке: 1 - начало качения - скольжения клубня; 2 - конец скольжения, начало чистого качения; 2-3 - чистое качение клубня. На участке 1-2 (см. рис.1) сила трения  $F$

$$F = N \cdot f = mg \cdot \cos \alpha \cdot f \quad (4)$$

Соответственно уравнение (3) примет вид

$$m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot f \cdot r = m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot r \cdot \operatorname{tg} p + \frac{2}{5} m \cdot r^2 \cdot \varepsilon$$

откуда:

$$r \cdot \varepsilon = \frac{2}{5} g \cos \alpha - (f - \operatorname{tg} p) \quad (5)$$

Уравнение (5) определяют ускорение качения клубня на участке 1-2, полное же ускорение на участке 1-2  $a_s = \Delta a_c - r \cdot \varepsilon$ , которое определим из уравнения (1),

Подставив в это уравнение значение  $r \cdot \varepsilon$  из (5), и выразив  $\Delta a_c$ , получим

$$\Delta a_s = \frac{g \cdot \cos \alpha}{2} (7f - 5\operatorname{tg} p - 2\operatorname{tg} \alpha) = \frac{dV_c}{dt}$$

где:  $V_c$  — скорость скольжения клубня на участке 1-2.

Проинтегрировав уравнение (6) получим уравнение:

$$V_s = \frac{g \cdot \cos \alpha}{2} (7f - 5\operatorname{tg} p - 2\operatorname{tg} \alpha) \cdot t + c_1$$

постоянную интегрирования  $C_1$  определяем при:  $t_0 = 0$  и  $V_c = -V_H$

$C_1 = -V_H$  — начальная скорость подачи клубня на горку в направлении поверхности горки

$$V_c = \frac{g \cdot \cos \alpha}{2} (7f - 5\operatorname{tg} p - 2\operatorname{tg} \alpha) \cdot t - V_H$$

В точке 2 (рис 1.) скорость  $V_c = 0$ , соответственно время скольжения  $t_2$  определяется:

$$T_2 = \frac{2V_H}{g \cdot \cos \alpha (7f - 5\operatorname{tg} p - 2\operatorname{tg} \alpha)} \quad (9)$$

С учетом скорости горки  $V_{TP}$  время скольжения  $t_2^1$  равно

$$t_2^1 = \frac{2(V_H - V_{TP})}{g \cdot \cos \alpha (7f - 5\operatorname{tg} p - 2\operatorname{tg} \alpha)}$$

Полное ускорение клубня  $a_s$  на участке 1-2 равно

$$a_s = \varepsilon \cdot r - \Delta a_c = g \cdot \cos \alpha (f - \operatorname{tg} \alpha) \quad (11)$$

Скорость клубня  $V$  на участке 1-2 получим интегрированием уравнения (9):

$$V = g \cdot \cos \alpha (f - \operatorname{tg} \alpha) \cdot t + C_1 \quad (12)$$

При начальных условиях:  $t_0=0$  и  $V_0=-V_H$ ,  $C_1=-V_H$  соответственно уравнение (12) примет вид

$$V_{1-2} = g \cdot \cos \alpha (f - \operatorname{tg} \alpha) t - V_H$$

Путь  $S_{1-2}$  определим интегрированием уравнения

$$S_{1-2} = \left[ g \cdot \cos \alpha (f - \operatorname{tg} \alpha) \cdot \frac{t}{2} V_H \right] \cdot t + C_2 \quad (13)$$

при начальных условиях.  $t_0=0$  и  $S_{1-2}=0$ ,  $C_2=0$ .

Время  $t$  в уравнении (13), соответствующее точке 2, определяется уравнением (9), соответственно подставив в уравнение (13), значение из уравнения (9) получим:

$$S_2 = \frac{2V^2 H (5 \operatorname{tg} p - \operatorname{tg} \alpha - 6f)}{g \cdot \cos \alpha (7f - 5 \operatorname{tg} p - 2 \operatorname{tg} \alpha)^2}$$

Это уравнение (14) не учитывает движение полотна горки со скоростью  $V_{\text{Тр}}$ . С учетом этой скорости время скольжения  $t_2^1$  на участке 1-2 определяется уравнением (10) (см. выше). Тогда путь  $S_{1-2}$  клубня определится следующим уравнением:

$$S_{1-2} = \left[ g \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot (f - \operatorname{tg} \alpha) \frac{t_2^1}{2} - V_H \right] \cdot t_2^1 \quad (15)$$

Скорость центра клубня  $V_2$  в точке 2 равна.

$$V_2 = V_H - g \cdot \cos \alpha (f - \operatorname{tg} \alpha) \cdot t_2^1 \quad (16)$$

Соответственно время  $t_3$  движения клубня по горке от точки 2 до точки 3 равно.

$$t_3 = \frac{V_2}{(r \cdot \varepsilon)_{2-3}} = \frac{V_H - g \cdot \cos \alpha (f - \operatorname{tg} \alpha) \cdot t_2^1}{\frac{5}{7} \cdot g \cdot \cos \alpha (\operatorname{tg} p - \operatorname{tg} \alpha)}$$

Путь клубня  $S_{2-3}$  (от точки 2 до точки 3) определится

$$S_{2-3} = \frac{(r \cdot \varepsilon)_{2-3}}{2} = \frac{\frac{5}{7} \cdot g \cdot \cos \alpha (tg \rho - tg \alpha) \cdot t_3^2}{2} \quad (18)$$

Общий путь скольжения и чистого качения клубня по горке

$$S = S_{1-2} + S_{2-3} \quad (19)$$

В точке 3 клубень будет вращаться за счет энергии полотна горки.

Следует заметить, что на участке 2-3 движение клубня описывается уравнениями (1); (2) и (3) в зависимости от величины угла  $\alpha$ , т. е.  $\alpha < \rho$ , то будет замедление качения клубня и уравнения будут:

$$m \cdot (r \cdot \varepsilon) \sin \alpha + F \quad (20)$$

$$F \cdot r = M_T + J \cdot \varepsilon \quad (21)$$

Причем  $F_{2-3} \neq N \cdot f$ ;  $F_{2-3} = mg \cdot \cos^1 \alpha \cdot -(5tg \rho + 2tg \alpha) < F$

В этом случае из (17) имеем  $F = m \cdot r \cdot \varepsilon + m \cdot g \cdot \sin \alpha$ ; подставив это значение  $F$  в (18) получаем значение замедления качения клубня  $(r \cdot \varepsilon)_{2-3}$  при  $\alpha < \rho$

$$(r \cdot \varepsilon)_{2-3} = \frac{5}{7} \cdot \cos \alpha (tg \rho - tg \alpha) \quad (22)$$

С учетом движения полотна система становится неголономной и ее исследования необходимо проводить энергетическим методом.

### Литература

1. Бронштейн И.Н., Семендяев К. А. Справочник по математике. М. Наука, 1981г.
2. Петров Г.Д. «Картофелеуборочные машины». М. Колос, 1999 г.
3. Пайзиев Г.К., Файзиев Ш.Г., Кидиров А.Р. Определение толщины лопасти ботвоприжимного битера картофелеуборочных машин //Universum: технические науки. №5. Часть 1. М., Издательство «МЦНО». 2020. - 72 с.