УДК 631. 356. 46

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОТДЕЛИТЕЛЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПРИМЕСЕЙ С КУЛАЧКОВЫМИ ВСТРЯХИВАТЕЛЯМИ

Г.Н. Портянко, к.т.н., доцент; Ю.Н. Силкович, к.т.н., доцент (УО БГАТУ)

В БГАТУ разработан отделитель крупногабаритных примесей на базе редкопруткового транспортёра картофелеуборочного комбайна. Рабочая поверхность отделителя получена путем установки под верхней ветвью редкопруткового транспортёра выполненной с перепадом, прилегающей по контуру съёмной продольной решётки, состоящей из двух поперечин и 6...8 продольных прутков, равномерно расставленных на поперечинах. В результате прутки транспортёра и продольные прутки решётки могут образовывать ячеистую поверхность, длина ячеек которой составляет 120 мм, а ширина - от 60 до 120 мм, которая позволяет выделить из общей массы поступающего на неё вороха примеси с размерами, большими размеров клубней при различной урожайности.

С целью интенсификации процесса разделения вороха верхние поддерживающие ролики перепада выполнены в виде эллиптических кулачков, что позволяет получить продольные и вертикальные колебания наиболее нагруженной рабочей части редкопруткового транспортёра до перепада.

Поскольку кулачки эллиптической формы имеют переменный радиус зацепления с полотном транспортёра, то они вращаются с переменной угловой скоростью. А это значит, что при определённых углах поворота кулачков скорость полета клубня будет складываться из нормальной и касательной составляющих. Как видно из схемы, представленной на рис. 1, частота вращения кулачка зависит от линейной скорости полотна транспортёра V_T и периметра эллиптической поверхности L.

Для предотвращения повреждения и потерь клубней необходимо определить параметры эллиптических кулачков, дальность полёта клубня и его скорость, с целью определения минимальной длины рабочей ветви ячеистой поверхности после перепада.

Запишем условие отрыва клубня от полотна транспортёра в точке A.

$$\frac{V_T^2}{R} > \frac{g}{\cos\alpha}, \qquad (1)$$

где V_T – скорость редкопруткового транспортёра;

R – радиус оси эллиптического кулачка;

g – ускорение свободного падения;

α – угол наклона редкопруткового транспортёра к горизонту до перепада.

В нашем случае правая часть неравенства при g=9,81м/с^2 и α=18° равна 10,32. В левую часть неравенства входит скорость редкопруткового транспортёра V_T=0,8м/с и радиус одной из осей эллиптического кулачка R.

Исходя из конструктивных соображений, принимаем радиус малой оси эллиптического кулачка b=0,045м. Очевидно, что при подстановке в левую часть выражения (1) R=b=0,045м величина отношения будет больше, чем при подстановке радиуса большой оси эллиптического кулачка R=a=0,06м. Поэтому для проверки выполнения условия отрыва клубня в левую часть неравенства (1) подставляем значение R=a=0,06м. После подстановки получаем $10{,}66 > 10{,}32$. Условие отрыва выполняется.

Определяем частоту колебаний полотна транспортёра до перепада по выражению

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{V_T}{L_K}, \qquad (2)$$

где L_K – периметр эллиптического кулачка.

Так как поддерживающий кулачок выполнен в виде эллипса с большой осью, равной a+b, и малой 2b, то его периметр L_K после преобразования выражения $L = \pi[1{,}5(a+b) - \sqrt{ab}\,]$ для определения периметра эллипса [1] можно определить по формуле

$$L_K = \frac{\pi}{2}(3{,}5b + 1{,}5a - \sqrt{ab}). \qquad (3)$$

Подставив значения полуосей эллиптических кулачков a и b в выражение (3) и определив периметр $L_к$ =0,307м по выражению (2), определяем частоту колебаний ν = 2,6с$^{-1}$.

Для определения скорости и дальности полёта клубня принимаем две системы координат: неподвижную с осями ξ и η, направленными по главным осям эллиптических кулачков, и подвижную с осями X и Y, направленными параллельно и перпендикулярно вектору касательной скорости V_T.

Обозначим координаты точки отрыва клубня в подвижной системе X_A и Y_A; точку пересечения вектора касательной составляющей скорости клубня с осью η –

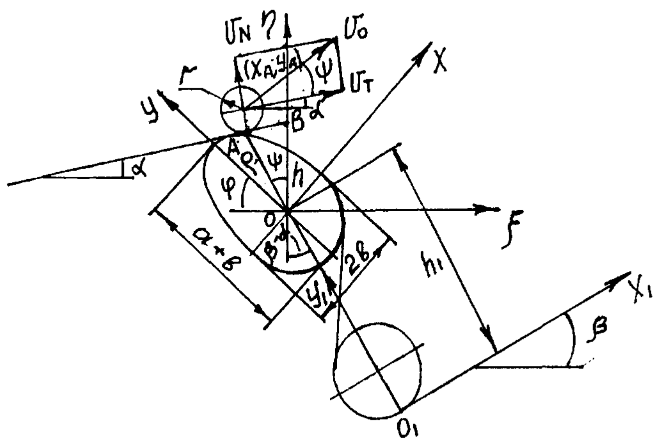

Рис. 1. Схема к определению параметров рабочей поверхности отделителя крупногабаритных примесей

через B, её ординату в системе координат ξ и η через h. Для определения скорости точки B необходимо найти уравнение, выражающее изменения величины h от времени t. Обозначим угол поворота эллиптических кулачков через φ, а угол между осью η и радиусом-вектором ρ проведенным из начала координат в точку касания A, через ψ.

Дифференцируя выражение

$$h = a \cdot \sqrt{\frac{b^2}{a^2} + (1 - \frac{b^2}{a^2}) \cdot \sin^2 \varphi}$$ с учетом формулы

$$\frac{dh}{dt} = \frac{dh}{d\varphi} \cdot \frac{V_T}{h}$$ [1], получаем значение нормальной составляющей скорости клубня

$$V_N = V_T \frac{(1-k^2) \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi}{k^2 + (1-k^2) \cdot \sin^2 \varphi}, \quad (4)$$

где $k = b / a$.

Дифференцируя выражение (4) по времени t, получаем значение ускорения

$$\frac{d^2 h}{dt^2} = \frac{V_T^2}{a}(1-k^2) \cdot \frac{k^2 - (1+k^2)\sin^2 \varphi}{[k^2 + (1-k^2)\sin^2 \varphi]}.$$

Чтобы найти угол поворота эллиптических кулачков, при котором нормальная составляющая скорости клубня будет иметь экстремальное значение, приравняем вторую производную, т. е. ускорение, нулю. Обозначим угол поворота эллиптических кулачков через φ_1. После преобразования и подстановки значений получим

$$\sin\varphi_{1\max} = k\sqrt{\frac{1}{1+k^2}}. \qquad \varphi_{1\max} = 36{,}9^\circ.$$

Определяем угол наклона вектора результирующей скорости к полотну транспортёра ψ.

$$tg\psi = \frac{V_N}{V_T}; \quad \text{откуда}$$

$$\psi = arctg \frac{(1-k^2) \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi}{k^2 + (1-k^2) \cdot \sin^2 \varphi}.$$

Определяем значение результирующей скорости по выражению $V_0 = \sqrt{N_N^2 + V_T^2}$. После подстановки и преобразования получаем

$$V_0 = V_T \sqrt{1 + [\frac{(1-k^2) \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi}{k^2 + (1-k^2) \cdot \sin^2 \varphi}]^2}. \quad (5)$$

Для определения скорости соударения клубня с рабочей поверхностью отделителя после перепада перейдём к системе координат $X_1 O_1 Y_1$. Скорость соударения клубня определим по выражению:

$$V_S = \sqrt{V_Y^2 + (V_{X1} - V_T)^2}, \quad (6)$$

где V_Y - составляющая скорости соударения по оси Y;

V_{X1} - составляющая скорости соударения по оси X_1.

Проекции скорости клубня в момент соударения определим из выражений:

$$V_{X1} = V_0 \cos(\alpha + \psi - \beta) - g(\sin\beta) \cdot t; \quad (7)$$

$$V_{Y1} = V_0 \sin(\alpha + \psi - \beta) - g(\cos\beta) \cdot t, \quad (8)$$

где β - угол наклона рабочей поверхности к горизонту после перепада.

Определим значения абсциссы и ординаты точки отрыва клубня.

$$X_0 = (h + r)\sin(\beta - \alpha);$$

$$Y_0 = h_1 + (h + r)\cos(\beta - \alpha), \qquad (9)$$

где - h_1 - высота установки кулачков перепада;

r - радиус клубня.

Запишем уравнение движения клубня по оси Y_1.

$$Y_1 = Y_0 - V_0 \sin(\alpha + \psi - \beta) \cdot t - \frac{g(\cos\beta) \cdot t^2}{2}. \qquad (10)$$

Так как в момент удара $t = t_Y$ имеет место $Y = r$, то из выражения (10) с учетом соотношения (9) и замены выражения $(\alpha + \psi - \beta) = \gamma$ следует

$$r = h_1 + (h + r)\cos(\beta - \alpha) + V_0 \sin\gamma \cdot t_Y - \frac{g(\cos\beta) \cdot t_Y^2}{2}.$$

Откуда

$$t_Y = \frac{-V_0 \sin\gamma}{g(\cos\beta)} + \frac{\sqrt{V_0^2 \sin^2\gamma + 2g(\cos\beta)[h_1 + (h + r)\cos(\beta - \alpha) - r]}}{g(\cos\beta)} \qquad (11)$$

Подставив в правую часть выражения (11) значения входящих в него параметров: V_0 =0,83м/с; β=21°; $r = 30 \cdot 10^{-3}$ м; $h_1 = 200 \cdot 10^{-3}$ м, находим значение момента времени соударения. Затем, подставив t_Y = 0,23с в формулы (7) и (8), получим значения величин $V_{X1} = 0{,}011$ м/с и $V_{Y1} = -1{,}89$ м/с в момент соударения. По известным значениям V_{X1}, V_{Y1}, V_T по формуле (6) определяем скорость соударения $V_S = 2{,}05$ м/с.

Критическая скорость соударения клубней о металлическую поверхность не должна превышать 2,2м/с [2]. Полученное значение скорости соударения клубней о рабочую поверхность отделителя после перепада ниже критического. Но так как высота падения клубней, проходящих сквозь ячейки отделителя, значительно больше, возникает опасность их повреждения. Поэтому встрече клубней с ячейками должен предшествовать их контакт с приёмным резиновым фартуком, при соударении с которым происходит гашение скорости клубней. Место установки фартука определим путём интегрирования выражения (7) с целью определения дальности полёта клубня. Из выражения

$$X_1 = X_0 + V_0 \cos(\alpha + \psi - \beta) \cdot t - g \sin\beta \frac{t^2}{2}$$

получаем $X_1 = 0{,}098$ м. Следовательно, фартук необходимо устанавливать не дальше полученного значения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Г. Д. Картофелеуборочные машины. 2- е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.: ил.

2.Отделение крупногабаритных примесей и растительных остатков в картофелеуборочных машинах. Липский Н. Ю., Портянко Г. Н. «Механизация возделывания и уборки картофеля в БССР». Сборник научных трудов. -Горки, 1991. – С. 66 – 72.

УДК 621.785

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЧВОРЕЖУЩИХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В.С. Ивашко, д.т.н., профессор; Г.Ф. Бетеня, к.т.н., профессор; Г.И. Анискович, к.т.н., доцент; А.Р. Подборский, инженер; Н.А. Зайко, ст. преподаватель; А.В. Кривцов,ассистент; Д.П. Литовчик, аспирант (УО БГАТУ)

Выпускаемые серийно почворежущие детали (лемехи, долота) корпусов плугов и рабочих органов культиваторов (оборотные лапы) относятся к быстроизнашивающимся сменным элементам. Они являются изделия-