

Моделирование процесса работы устройства для извлечения ядер из кедрового ореха

Ключевые слова: лесовосстановление, кедровый орех, устройство, извлечение ореха, производительность.

Аннотация. В статье представлено

Для теоретического исследования работы устройства примем, что качение ореха по диску проходит в плоскости XOY декартовой системы координат без скольжения, плоскость XOY и ZOY проходят через центр ореха, т.е. через точку С (центр масс ореха), диаметр ореха $d_a > \delta$ - зазора между дисками. Принимаем, что орех в зазоре между дисками скользит по поверхности обоих дисков с одновременным качением.

На орех действуют следующие силы:

Сила реакции N ($N_B = N_A$) – сила реакции в верхней и нижней точки контакта ореха с дисками); сила тяжести $G = mg$; силы трения $F_1 = f_B N_B$; $F_2 = f_A N_A$, приложены соответственно в точках В и А контакта ореха с дисками; сила инерции $F_{и} = F_{ц} + F_{к}$.

Центробежная сила инерции определится как:

$$F_{ц} = m\omega^2 r. \quad (1)$$

где m – масса кедрового ореха;

ω – угловая скорость кедрового ореха;

r – расстояние от центра вращения до центра ореха.

Кориолисова сила инерции определится как:

$$F_{к} = 2m\omega v_c = 2m\omega x. \quad (2)$$

где v_c – относительная скорость ореха направленная по оси X.

Дифференциальное уравнение движения точки (кедрового ореха) запишется:

$$m \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 = \bar{F}. \quad (3)$$

где $\bar{F} = \sum F_k$ – равнодействующая всех сил, приложенных к кедровому ореху.

Так как движение происходит в плоскости YOX, уравнение движения запишется: по оси OX:

$$m \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 = m\ddot{x} = \sum F_{kx}; \quad (4)$$

по оси OY:

$$m \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 = m\ddot{y} = \sum F_{ky}. \quad (5)$$

где $F_1 = N_B \cdot f_{ck}^B$ – сила трения скольжения кедрового ореха по поверхности верхнего диска; f_{ck}^B – коэффициент трения качения кедрового ореха по поверхности

верхнего диска; $F_2 = (N_A + G) \cdot f_{ck}^A$ – сила трения скольжения кедрового ореха по поверхности нижнего диска; f_{ck}^A – коэффициент трения качения кедрового ореха по поверхности нижнего диска.

Условие возможности движения ореха между дисками по направлению оси X является превышение сил инерции над силами трения, то есть когда:

$$m\omega^2x = N \cdot f_{ck}. \quad (6)$$

Силы трения между дисками зависят от свойств материала дисков и скорлупы кедрового ореха, а также от силы прижатия дисков к ореху. Одновременно трение скольжения и трение качения будут действовать при равенстве их коэффициентов, т.е. когда $f_{ck} = f_{кч}$. Для того чтобы кедровый орех перекатывался по диску к нему необходимо, в точке контакта с диском, приложить касательную силу, то есть чтобы возникал момент M равный:

$$M = F \cdot d_0 = N \cdot f_{ck} \cdot d_0. \quad (7)$$

где F – сила трения скорлупы кедрового ореха о диск;

d_0 – диаметр кедрового ореха;

N – сила инерции.

В зависимости от величины момента (7) сил сопротивления, возможно качение по диску или его скольжение. Если $f_{ck} > f_{кч}$, то происходит перекатывание по диску, а если $f_{ck} < f_{кч}$, то кедровый орех скользит по диску. При движении кедрового ореха между верхним и нижним дисками, возникают силы трения, которые стремятся орех вывести к периферии, т. е. наружу.

На рисунке 3.1, показано положение ореха в начальный момент времени и при повороте диска на величину угла φ . При этом контакты ореха с диском протекают не в точке, а по плоскости, т.е. имеется пятно контакта с радиусом $r_{ПК}$ (условно принято, что пятно контакта на круглом орехе является кругом). Скорость перемещения точки «С» (центра масс ореха) в плоскости XOY отлична от скорости движения диска, т.е. от точки контакта ореха с диском. Исходя из этого, линейная скорость кедрового ореха определится следующим образом.

Линейная скорость точки «А» будет равна:

$$v_A = \omega_d \cdot r = \omega_0 \cdot 2r_0. \quad (8)$$

где ω_d – угловая скорость диска;

ω_0 – угловая скорость ореха;

r – расположение ореха на диске;

r_0 – радиус ореха.

Линейная скорость движения ореха:

$$v_c = \omega_0 \cdot r_0. \quad (9)$$

Так как принято движение ореха без скольжения, то линейная скорость движения ореха относительно дисков определяется из условия:

$$\omega_d \cdot r = \omega_o \cdot 2r_o$$

откуда

$$\omega_o = \frac{\omega_d \cdot r}{2r_o} \quad (10)$$

Подставляя 10 в 9, получаем линейную скорость кедрового ореха:

$$v_c = \frac{\omega_d \cdot r}{2} \quad (11)$$

Тогда, подставляя (11) в формулу по определению силы инерции, получим:

$$F_{и} = m\omega^2 r + 2m\omega v_c = m\omega r(\omega + \omega_d) \quad (12)$$

Из полученного выражения видно, что суммарная сила инерции кедрового ореха $F_{и}$ зависит от массы ореха m , его радиуса r , а также угловых скоростей движения ореха ω и диска ω_d .

Литература:

1. *Вовк В.А., Гуленко В.Е.* Устройство для извлечения ядер из кедрового ореха; Молодая мысль: наука, технологии, инновации: Матер. VIII науч. техн. конф. – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ»; 2016. С 289 – 291.
2. *Вовк В.А.* Исследование устройств для извлечения ядер из кедрового ореха; Молодая мысль – развитию лесного комплекса: Матер. XVII науч. техн. конф. – Братск: ФГБОУ ВО «БрГУ»; 2016. С 14 – 19.
3. *Бырдин П.В., Вовк В.А.* Теоретико-экспериментальные исследования устройства для разрушения скорлупы кедровых орехов / Системы. Методы. Технологии. 2017. № 1 (33). С. 102 – 106.