

Литература

1. Зерноуборочный комплекс КЗР-10 «Полесье-Ротор». Инструкция по эксплуатации. – 198 с.
2. Комбайн зерноуборочный самоходный КЗС-1624 «Палессе GS-16». Инструкция по эксплуатации. – 186 с.

УДК 631.358

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПОДБОРЩИКА-ПОГРУЗЧИКА ПЛОДОВ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

И.Н. Шило¹, д.т.н., профессор, **Н.Н. Романюк¹**, к.т.н., доцент,
В.А. Агейчик¹, к.т.н., доцент, **С.О. Нукешев²**, д.т.н., профессор,
С.В.Есипов¹

¹ УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

² Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан

Введение

Уборка плодов бахчевых культур является одной из самых трудоемких технологических операций в бахчеводстве, а затраты на ее выполнение составляют до 50% от общего объема затрат. Анализ известных конструкторских решений, результаты лабораторных и полевых испытаний экспериментальных бахчеуборочных машин показывает, что до настоящего времени не создан подборщик плодов бахчевых культур на продовольственные цели для сплошной уборки, обеспечивающий минимальное их повреждение [1]. Целью данных исследований явилась разработка конструкции подборщика-погрузчика плодов бахчевых культур, использование которого позволит повысить его производительность.

Основная часть

В БГАТУ разработана оригинальная конструкция подборщика-погрузчика плодов бахчевых культур [2] (рисунок 1: а) общий вид; б) вид сверху; в) сечение А-А). При движении по полю плоды перекатываются через встречные продольные прутья 17, захватываются лопастями 12 и закреплёнными на них свободно провисаю-

**Секция 1: Сельскохозяйственные машины:
перспективы, проектирование, производство**

щами верёвками 20, которые за счет угла установки к направлению движения перемещают их во внутреннюю полость \square -образного каркаса 11. Далее плоды перекатываются по продольным прутьям 17 к захватывающе-транспортирующему устройству 2. Гибкие лопасти 7 захватывают плоды и подают их к укладчику плодов 6.

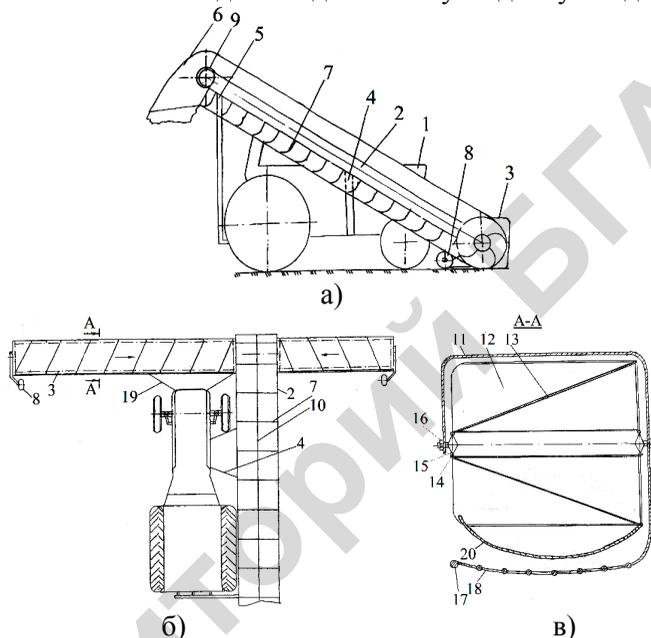


Рисунок 1 – Подборщик-погрузчик плодов бахчевых культур:

1 – трактор, 2 – захватывающе-транспортирующее устройство, 3 – вкатыватель, 4, 5 – навесные устройства, 6 – укладчик плодов, 7 – гибкие плодозахватывающие лопасти, 8 – копирующие колеса, 9 – гидромотор, 10 – эластичная перегородка, 11 – \square -образный каркас, 12 – эластичные лопасти, 13 – треугольный каркас, 14 – цепной контур, 15 – опорные звездочки, 16 – ось, 17 – продольные прутья, 18 – верёвка

При перекатывании плодов по прутьям 17, покрытым эластичным материалом, предотвращается травмирование плодов, повышается производительность и эксплуатационная надежность. Наиболее опасным для плодов бахчевых культур является ударное воздействие рабочих органов, в этом случае плоды ведут себя подобно упруговязкой среде Максвелла (рисунок 2) [1].

Связь между напряжением и деформацией такой среды представлена реологическим уравнением

$$\sigma = E\varepsilon + \mu \frac{d\varepsilon}{dt} \quad (1)$$

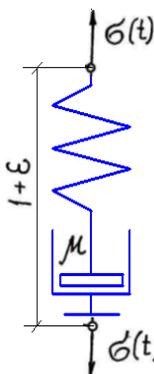


Рисунок 2 – Реологическая модель плода в виде упруговязкой среды Максвелла

где E – модуль упругости, Н/м^2 ; ε – линейная деформация тела; $\mu = \mu_1 + \mu_2$ – коэффициент вязкости, $\text{Па}\cdot\text{с}$; μ_1 – коэффициент вязкости плода, $\text{Па}\cdot\text{с}$; μ_2 – коэффициент вязкости мякоти, $\text{Па}\cdot\text{с}$.

Решение реологического уравнения может быть представлено в виде:

$$\frac{ds}{dt} = \frac{1}{E} \cdot \frac{dP}{dt} + \frac{1}{\mu} P, \quad (2)$$

Учитывая выражение (2) сила воздействия на плод в общем виде может быть записана

$$P(t) = E\varepsilon(t) - \frac{E}{\tau} \int_{-\infty}^{t_0} \varepsilon(t) \exp\left(-\frac{t_0 - t}{\tau}\right) dt, \quad (3)$$

где $\tau = \mu/E$.

Допустимая скорость деформирования плода в общем виде:

$$V'_d = 0,65 V_0 \cdot e^{\psi \frac{\tau \ln \psi \tau}{\psi \tau - 1}}, \quad (4)$$

где V_0 – начальная скорость плода в момент удара, м/с ; ψ – некоторая постоянная характеризующая свойства плода и ударной плоскости; τ – время релаксации, с .

Совместное решение двух выражений позволяет определить $P(t)$

$$P(t) = \frac{EV_0}{1/\tau - \psi} \left(e^{-\psi t} - e^{-\frac{t}{\tau}} \right). \quad (5)$$

В окончательном виде допустимая сила удара равна:

$$P_d = \frac{EV_0}{1/\tau - \psi} (e^{-\ln \psi \tau} - 1) \exp\left(-\frac{\ln \psi \tau}{\psi \tau - 1}\right). \quad (6)$$

Угол установки планки вкатывателя к направлению движения можно определить исходя из допустимой скорости воздействия по зависимости:

$$\gamma = \arccos \left[\frac{V_d - \left(\frac{2\pi \cdot r_n}{t} \right)}{\left(\frac{6\pi r_n}{t} \right)^2} \right]^{\frac{1}{2}},$$

где r_n – радиус плода, м; t – время перемещения плода до подборщика, с.

Допустимая скорость воздействия рабочего органа на плоды бахчевых определялась исходя из условия, что механическая сила, приложенная к плоду, вызывает упругую и пластическую деформации. Величина ударного импульса

$$mV - mU = \int_0^t F dt, \quad (7)$$

где V, U – скорость материальной точки до и после удара соответственно, м/с; F – сила удара, Н; dt – бесконечно малый промежуток времени, с.

Работа, совершаемая при ударе запишется выражением:

$$\int_0^t F \cdot V_a \cdot \cos \varphi \cdot dt = W_1 + W_2, \quad (8)$$

где V_a – абсолютная скорость при ударе, м/с; F – сила удара, Н; φ – угол между вектором силы и скорости, град.

После некоторых преобразований получим

$$\Theta \int_0^t F \cdot V_r \cdot dt = mk \cdot V_r^2 + 0,5mk^2 \cdot V_r^2 + W_2, \quad (9)$$

где Θ – некоторая постоянная соотношения скоростей; V_r – относительная скорость при ударе, м/с; m – масса плода, кг; k – коэффициент восстановления плода при ударе.

После преобразования получим:

$$V_q = \left[\frac{F_r k^2 \left(\pi - \frac{\sin \varepsilon}{2} \right) - 10,89 \sqrt{Fm} \exp \left(-\frac{\arctg \nu}{\nu} \right) \cdot g H \alpha_n^2 \cdot (1 - K)}{5,4 \cdot m \cdot k (1 - 0,5) r^2 m} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (10)$$

где P_T – сила удара, Н; h – высота конуса деформации, м; ε – угол плоскости скалывания, рад; v – некоторая постоянная, учитывающая свойства плода; g – ускорение свободного падения, м/с; H – высота падения плода, м; r – радиус шарика динамометрической иглы, м.

Для теоретического определения угла начала движения плода по лопасти представлена схема (рисунок 3) [2].

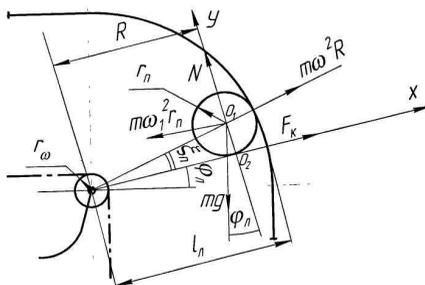


Рисунок 3 - Схема к определению угла начала движения плода по лопасти

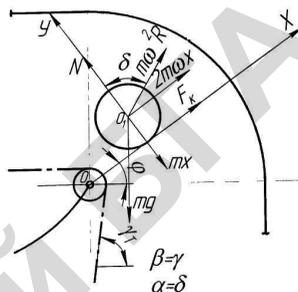


Рисунок 4 - Схема взаимодействия лопасти с плодом при его сходе

$$\Sigma X = 0; F_k + m\omega^2 R \cdot \cos \xi_n - mg \cdot \sin \varphi_n - m\omega_1^2 r_n = 0; \quad (11)$$

$$\Sigma Y = 0; N - \cos mg \cdot \sin \varphi_n + m\omega^2 R \cdot \sin \xi_n = 0; \quad (12)$$

из 2-го уравнения выражаем реакцию лопасти N и подставляем полученное значение в уравнение (11)

$$N = mg \cdot \cos \varphi_n - m\omega^2 R \cdot \sin \xi_n \quad (13)$$

$$mg \frac{S}{r_n} \cos \varphi_n - \frac{S}{r_n} m\omega^2 R \sin \xi_n + m\omega^2 R \cos \xi_n - mg \sin \varphi_n - m\omega_1^2 r_n = 0; \quad (14)$$

Считаем, что в начале движения плода центростремительное ускорение равно 0, т.е. $\omega_1 r_n = 0$. Тогда

$$K_K f_K \cos \varphi_n - f_k \cdot \sin \xi_n + \cos \xi_n = 0; \quad (15)$$

$$\cos \varphi_n = \frac{f_k \cdot \sin \xi_n - \cos \xi_n}{K_K f_k}. \quad (16)$$

$$\varphi_n = \arccos \frac{f_k \cdot \sin \xi_n - \cos \xi_n}{K_K f_k}. \quad (17)$$

где K_K – кинематический коэффициент.

Взаимодействие лопасти подборщика с плодом при его сходе представлено на рисунке 4

Уравнения движения плода в проекциях на координатные оси будут представлены в следующем виде

$$\Sigma X = 0; m\omega^2 R \sin \delta - mg \cdot \sin(\gamma - \varphi) - 2m\omega x - f_k \cdot N = 0; \quad (18)$$

$$\Sigma Y = 0; m\omega^2 R \cos \delta - mg \cdot \cos(\gamma - \varphi) - 2m\omega y + N = 0; \quad (19)$$

Из обоих уравнений можно исключить общую для них массу плода m , а также реакцию опоры N и если записать полученное выражение в общем виде, то оно будет представлено

$$2\omega x + 2f_k \omega x = \omega^2 R (\cos \gamma_T - \sin \gamma_T) - g [\cos(\gamma_T - \varphi) + f \sin(\gamma_T - \varphi)] \quad (20)$$

Первая производная пути x по времени t , полученная из уравнения будет соответствовать скорости относительного движения плода по лопасти.

$$X = V_r = - \frac{\omega R (\cos \delta + f_k \sin \delta)}{2f_k} \cdot e^{2f_k \omega t} + \frac{g (\cos \gamma_T + f_k \sin \gamma_T)}{2f_k \cdot \omega} + \frac{\omega R (\cos \delta - f_k \sin \delta)}{2f_k} \cdot t - \frac{g (\cos(\gamma_T + \varphi) + f_k \sin(\gamma_T - \varphi))}{2f_k \cdot \omega} \quad (21)$$

$$V_r = - \frac{\omega R (\cos \delta - f_k \sin \delta)}{2f_k} e^{2f_k \omega (\tau_c - \tau_0)} + \frac{g (\cos \gamma_T - f_k \sin \gamma_T)}{2f_k \cdot \omega} e^{-2f_k \omega (\tau_c - \tau_0)} + \frac{\omega R_\alpha (\cos \delta - f_k \sin \delta)}{2f_k} - \frac{g (\cos(\gamma_T + \Delta\varphi) + f_k \sin(\gamma_T - \Delta\varphi))}{2f_k \cdot \omega} \quad (22)$$

Заключение

Предложена оригинальная конструкция подборщика-погрузчика плодов бахчевых культур, использование которого позволит повысить его производительность.

Литература

1. Мутулов, В.Н. Совершенствование технологии уборки и разработка конструкции транспортерного подборщика - погрузчика плодов бахчевых культур : дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01 / В.Н. Мутулов. - Волгоград, 2007. – 174л.

2. Подборщик-погрузчик плодов бахчевых культур : патент 9632 U Респ. Беларусь, МПК А 01D 51/00 ; А 01D 45/00 / И.Н. Шило (BY), Н.Н. Романюк (BY), В.А. Агейчик (BY), С.О. Нукешев (KZ), Д.З. Есхожин (KZ), С.К. Тойгамбаев (KZ) ; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № и 20130336 ; заявл. 15.04.2013; опубл. 30.10.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 5. – С. 151–152.

УДК 631.333

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА МАШИНЫ МОДУЛЬНОГО ТИПА С ГЛУБОКИМ РЫХЛЕНИЕМ

В.С. Лахмаков, к.т.н., доцент, И.В. Авдошка, к.ф.-м.н., доцент, А.С. Зыкун

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

Введение

Одним из важных параметров в работе машин для обработки почвы с глубоким рыхлением является правильный расчёт технических и технологических параметров. Поэтому при обосновании размеров необходимо учитывать величину деформаций почвы, возникающих при работе очистителя.

Основная часть

Для обоснования технических и технологических параметров машины модульного типа рассмотрим схему действующих сил на рыхлящую лапу (рисунок 1). Для этого в Декартовой системе координат (X, Y, Z) выделим элементарный объём почвы со сторонами