УДК 539. 376

А.С. Кобец, Н.Н. Науменко,
С.П. Сокол

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ВЫКАПЫВАНИЯ КОРНЕПЛОДОВ

Обгрунтована формула, що дозволяє визначити прогини елементів вузлів для викопування коренеплодів при дії робочих навантажень. Показана можливість визначення орієнтації робочого органу коренезабірника в просторі.

При выкапывании корнеплодов, особенно кормовых, выкапывающие рабочие органы повреждают их, что отрицательно сказывается на их хранении. С целью снижения повреждений выкапывающие узлы могут иметь эластичные или упругие рабочие элементы, которые позволяют в определенной степени копировать размеры корнеплодов и тем самым предохранять их от статических и динамических разрушающих факторов.

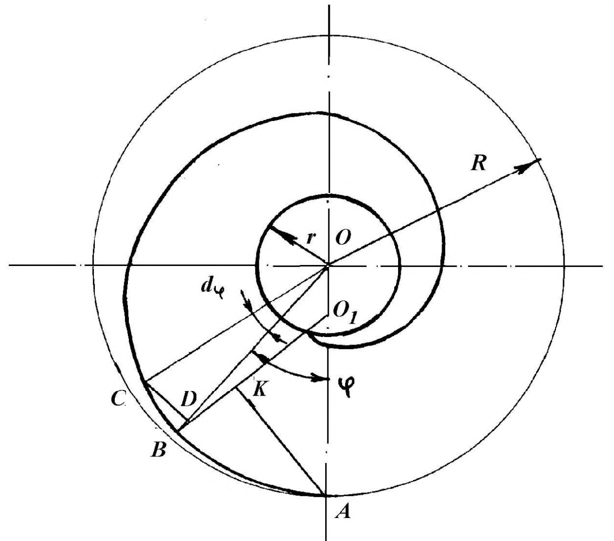

Рис. 1 – Схема к расчету прогибов спирали

В качестве одного из таких рабочих органов может быть использован упругий элемент, выполненный в виде спирали из пружинной стали [1]. Для обоснования некоторых ее параметров рассматривается деформация спирали, неоиды, внутренний конец которой закреплен на валу радиуса r некоторой силой P, приложенной к её свободному краю в точке A перпендикулярно плоскости чертежа (рисунок 1).

Сила P в сечении OB, наклоненном под углом φ к сечению в точке A, будет вызывать изгиб и кручение. Изгибающий момент в этом сечении

$$M_u = P \cdot AK\,, \tag{1}$$

где AK – перпендикуляр к нормали O_1B спирали в точке B.

Очевидно $AK = AO_1 \cdot \sin(\varphi - \gamma)$, где γ – угол отклонения нормали O_1B от направления OB.

Как следует из рис. 1 углы O_1BO и BCD равны, т.к. отрезок CD перпендикулярен OB, а дуга CB принята прямолинейным отрезком ввиду малости угла $d\varphi$.

Так как $OB = R - \dfrac{H}{2\pi}\cdot\varphi$, ($H = R - r$, $R = OA$), то из треугольника O_1BO

вытекает

$$O_1O = \frac{R - H \cdot \varphi / 2\pi}{\sin(\pi - \gamma - \varphi)} \cdot \sin\gamma = \frac{(R - H \cdot \varphi / 2\pi) \cdot \sin\gamma}{\sin\varphi \cdot \cos\gamma + \cos\varphi \cdot \sin\gamma} \tag{2}$$

и

$$BO_1 = \frac{R - H \cdot \varphi / 2\pi}{\sin(\pi - \gamma - \varphi)} \cdot \sin\varphi = \frac{(R - H \cdot \varphi / 2\pi) \cdot \sin\varphi}{\sin\varphi \cdot \cos\gamma + \cos\varphi \cdot \sin\gamma}. \tag{3}$$

Функция угла γ устанавливается из треугольника BDC, где очевидно

$$ВД = H \cdot d\varphi / 2\pi; \quad СД = (R - H \cdot \varphi / 2\pi - H \cdot d\varphi / 2\pi) \cdot d\varphi;$$

$$CB = \sqrt{ВД^2 + СД^2} = \sqrt{H^2 + (2\pi R - H\varphi)^2} \cdot d\varphi / 2\pi.$$

Тогда $\sin\gamma = \dfrac{H}{\sqrt{H^2 + (2\pi R - H\varphi)^2}}$ и $\cos\gamma = \dfrac{2\pi \cdot R - H \cdot \varphi}{\sqrt{H^2 + (2\pi R - H \cdot \varphi)^2}}$. (4)

Таким образом, для отрезка AK можно получить

$$AK = (AO - OO_1)\sin(\varphi + \gamma) = \left(R - \frac{(R - H \cdot \varphi/2\pi) \cdot H}{\sin\varphi \cdot (2\pi R - H \cdot \varphi) + H \cdot \cos\varphi} \right) \times$$
$$\times \left(\frac{\sin\varphi(2\pi R - H\varphi) + \cos\varphi \cdot H}{\sqrt{H^2 + (2\pi R - H \cdot \varphi)^2}} \right). \tag{5}$$

Крутящий момент в сечении спирали O_1B определяется как

$$M_к = PBK_1, \tag{6}$$

где

$$BK = O_1B - O_1K = O_1B - (AO - OO_1) \cdot \cos(\varphi + \gamma) =$$
$$= \frac{(R - H\varphi / 2\pi) \cdot \sin\varphi \cdot \sqrt{H^2 + (2\pi R - H\varphi)^2}}{\sin\varphi \cdot (2\pi R - H\varphi) + \cos\varphi \cdot H} -$$
$$- \left(R - \frac{(R - H\varphi / 2\pi) \cdot H}{(2\pi R - H\varphi) \cdot \sin\varphi + H \cdot \cos\varphi} \right) \cdot \left(\frac{(2\pi R - H\varphi) \cdot \cos\varphi - H \cdot \sin\varphi}{\sqrt{H^2 + (2\pi R - H\varphi)^2}} \right). \tag{7}$$

Прикладывая единичную силу, действующую в направлении силы P, и обозначая $AK = h(\varphi)$, $BK = h_1(\varphi)$, для изгибающего и крутящего момента в сечении спирали, определяемом углом φ, от единичной силы получим

$$M_{ul} = l \cdot h(\varphi); \quad M_{kl} = l \cdot h_1(\varphi).$$

Перемещение точки A под действием силы P определяется интегралами Мора [2], которые для рассматриваемой задачи имеют вид:

$$\delta = \int_0^{2\pi} \frac{P \cdot h^2(\varphi) \cdot \rho \cdot d\varphi}{G \cdot I_p} + \int_0^{2\pi} \frac{P h_1^2(\varphi) \cdot \rho \cdot d\varphi}{E \cdot I}, \tag{8}$$

где I_p – полярный момент инерции сечения спирали; I – осевой момент; E – модуль упругости материала спирали при растяжении или сжатии; G – модуль

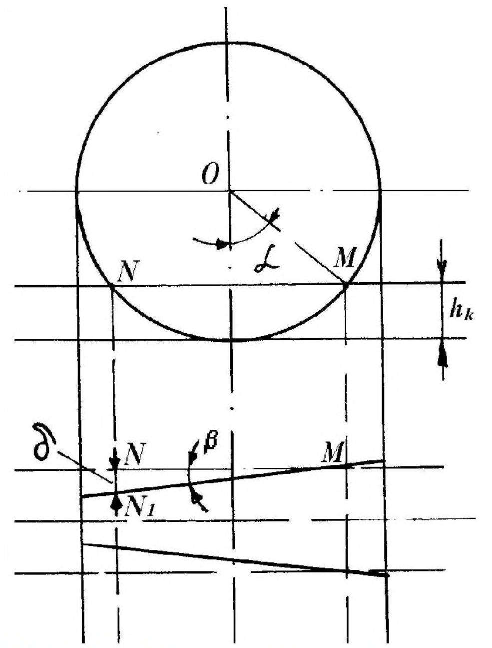

Рис. 2 – Схема к определению угла схождения спирали

упругости при сдвиге; $\rho = OB$.

При использовании рассматриваемой спирали как элемента корнезаборника для уборки корнеплодов формула (8) позволяет перейти и к определению угла схождения β комплектов спиралей при их работе в паре рис. 2. При высоте вороха $h_к$ длина участка взаимодействия вороха и спирали *MN* определяется как

$$MN = R \cdot \sin\alpha,$$

где $$\alpha = \arccos\frac{R - h_k}{R}.$$

Тогда

$$tg\beta = \frac{N \cdot N_1}{N \cdot M}.$$

Если принять значение отрезка *MN* равным возможному прогибу спирали δ, определяемому формулой (8) для значения силы *P*, равного допустимому значению нагрузки на корнеплод [P], то для угла схождения получим следующее выражение

$$\beta = arctg\frac{\delta}{R \cdot \sin\alpha}.$$

В случае, когда угол β, а значит и возможное перемещение δ уже определены существующими параметрами корнезаборника, то из формулы (8) можно находить силу взаимодействия спирали и вороха и, варьируя параметры самой спирали (её размеры *R* и *r*, диаметр прутка и его материал), контролировать выполнение условий прочности для корнеплода.

Использование такого упругого элемента в копаче при соответствующем конструктивном исполнении позволит значительно снизить повреждение корнеплодов и повысить качество сепарации вороха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кобец А.С., Сабадаш М.П. Використання пружинних коренезабірників для збирання коренеплодів цукрових буряків // Труды II Международного симпозиума по механике эластомеров, Днепропетровск, 23-26 июня 1997.-Днепропетровск: Полиграфист, 1998. –Т. 2. –С.149-153.
2. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. –М.: Наука, 1974. –560 с.

