УДК 631.356.02

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТИТЕЛЯ ГОЛОВОК КОРНЕПЛОДОВ

И.Н. Шило, докт.техн. наук, профессор, В.А. Агейчик, канд.техн. наук, доцент, В.А. Вольский, студент (УО БГАТУ)

Одним из основных недостатков в работе машин для уборки ботвы является быстрая потеря первоначальной жесткости бичей очистителя головок корнеплодов, что резко снижает их эффективность. Поэтому при обосновании размеров и количества бичей необходимо учитывать величину допустимых деформаций, возникающих при работе очистителя.

Рассмотрим бич как тонкий, гибкий стержень, который находится под действием силы F, возникающей в результате воздействия со стороны поверхности поля и головок корнеплодов. Один конец бича жестко заделан.

Дифференциальное уравнение упругой линии бича (рис. 1) будет иметь вид [1]

$$EI\frac{dQ}{dS} = -Fx, \tag{1}$$

где Q – угол между касательной к упругой линии и осью OY;

S – криволинейная абсцисса текущей точки М, отсчитываемой от свободного конца прутка;

$\frac{dQ}{dS}$ – кривизна осевой линии изогнутого бича в точке М;

E – модуль упругости материала бича;

I – момент инерции сечения бича.

Поэтому,

$$\frac{dx}{dS} = \sin Q. \tag{2}$$

Радиус кривизны участка изогнутой оси бича между двумя смежными сечениями будет наименьшим на участке действия наибольшего изгибающего момента в точке А,

$$R = \frac{dS}{dQ} = -\frac{EI}{Fx} \tag{3}$$

или, положив,

$$h = \frac{F}{EI},\ R = -\frac{1}{hx}, \tag{4}$$

из (1), получим

$$x = -\frac{1}{h}\frac{dQ}{dS}. \tag{5}$$

Подставим в (2) вместо x его значение из (5), будем иметь

$$\frac{d^2Q}{dS^2} = -h\sin Q. \tag{6}$$

Проинтегрировав уравнение (6) и приняв во внимание, что на свободном конце бича $Q = \alpha$ и кривизна $\frac{dQ}{dS}$ равна нулю, получим

$$\left(\frac{dQ}{dS}\right)^2 = 2h(\cos Q - \cos\alpha). \tag{7}$$

Разделяя переменные и интегрируя уравнение (7), получаем длину дуги изогнутого бича

$$S = \frac{1}{2\sqrt{h}}\int_0^{\alpha}\frac{dQ}{\sqrt{\sin^2(\alpha/2) - \sin^2(Q/2)}}. \tag{8}$$

Пусть $\sin(\alpha/2) = P$. Введя новую переменную φ, связанную с Q уравнением

$\sin(Q/2) = p\sin\varphi = \sin(\alpha/2)\sin\varphi$, найдем

$$\ell = \frac{1}{2\sqrt{h}}\int_{0}^{\pi/2}\frac{d\varphi}{\sqrt{1 - p^2\sin^2\varphi}} = \frac{1}{\sqrt{h}}k(p^2), \tag{9}$$

где l – длина бича;

$k(p^2)$ – полный эллиптический интеграл Лежандра первого рода в нормальной форме.

Решая уравнение (7) относительно x, определяемого соотношением $dx = \sin Q ds$, получим горизонтальное перемещение конца бича:

$$x_0 = \frac{2p}{\sqrt{h}}. \tag{10}$$

Теперь из (4)

$$R = \frac{1}{2p\sqrt{h}}. \tag{11}$$

Для определения p рассчитаем прогиб бича в вертикальном направлении OY. Из уравнения упругой кривой, с учетом того, что $\frac{dy}{dS} = \cos Q$, получим

$$y = -\int_0^{\alpha}\cos Q dS + C. \tag{12}$$

Постоянная интегрирования C определяется из

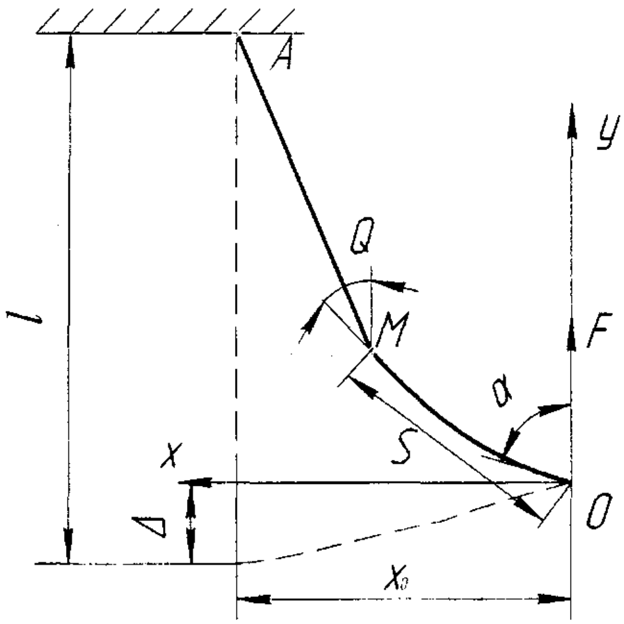

Рис. 1. Расчетная схема изгиба бича

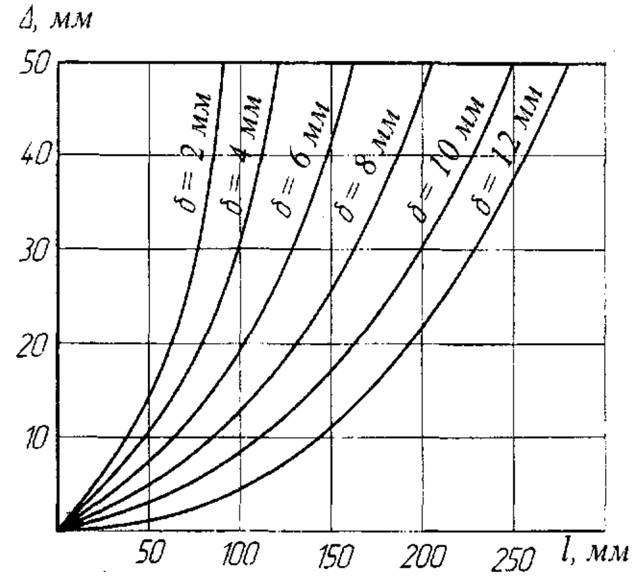

Рис.2. Номограмма для определения максимально допустимой толщины (δ) и минимально допустимой длины (l) бича в зависимости от его вертикальной деформации (условий работы) (Δ)

граничных условий на конце бича: $C = l - \Delta$,

где Δ – вертикальная деформация бича (рис. 1).

С учетом выражения (7) и принятых ранее обозначений:

$$y = l - \Delta - \int_0^{\alpha} \frac{\cos Q dQ}{\sqrt{2h(\cos Q - \cos\alpha)}} = l - \Delta -$$

$$-\frac{2}{\sqrt{h}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - p^2 \sin^2\varphi}\, d\varphi - \frac{1}{\sqrt{h}} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - p^2 \sin^2\varphi}} =$$

$$= l - \Delta - \frac{1}{\sqrt{h}}\left[2E(p^2) - K(p^2)\right] \qquad (13)$$

где $E(p^2)$ – полный эллиптический интеграл Лежандра второго рода в нормальной форме [2]. Очевидно, что в точке О y=0, тогда

$$l - \Delta = \frac{1}{\sqrt{h}}\left[2E(p^2) - K(p^2)\right]. \qquad (14)$$

Подставим значение $\sqrt{h}$ из (9) в (11) и (14) с учетом того, что для прорезиненных и хлопчатобумажных тканных бичей толщиной

δ [3] $\dfrac{R\min}{\delta} \geq 15$ имеем систему уравнений :

$$\Delta = 2\ell \frac{K(p^2) - E(p^2)}{K(p^2)}; R = \frac{1}{2pK(p^2)}; R_{\min} \geq 15\delta. \qquad (15)$$

На рис. 2 представлена построенная на основании выражений (15) номограмма. Она устанавливает взаимосвязь конструктивных параметров бичей (l и δ) с условиями их эксплуатации (Δ). Например, при вертикальной деформации бичей 30 мм и их длине 150 мм для обеспечения постоянства жесткости их толщина не должна превышать 7 мм.

Во время выполнения технологического процесса каждый бич лишь в течение относительно короткого времени находится в контакте с поверхностью почвы, равной Δl, а сумма длины участков их касания о поверхности этой площадки будет зависеть от параметра бичей, угловой скорости ротора и поступательной скорости машины. Отношение этой суммы к длине участка, которую мы назовем коэффициентом частоты воздействия бичей, будет в определенной степени характеризовать эффективность работы ротора очистителя.

На рис. 3 представлена схема контакта бича с поверхностью поля. В пределах сектора АОВ бич воздействует на головки корнеплодов, очищая их от остатков ботвы. Длина зоны воздействия бича:

$$L = 2\sqrt{(r_t + l)^2 - (r_t + l - \Delta)^2} = \qquad (16)$$

$$= 2\sqrt{2(r_t + l)\Delta - \Delta^2} \approx 2\sqrt{2(r_t + l)},$$

где r_t - радиус окружности крепления бичей.

При скорости движения машины, равной $V_м$, за время t машина пройдет путь $V_м\, t$, а при угловой скорости ротора ω за это время число оборотов одного бича $\omega t / 2\pi$.

Коэффициент частоты воздействия последовательно n расположенных бичей:

$$i = \left[\omega n \sqrt{2(r_1 + l)\Delta}\right] / \pi V_м. \qquad (17)$$

Из выражения (17) видно, что наиболее просто повысить частоту воздействия бичей на головки корнеплодов можно путем увеличения угловой скорости ротора, числа бичей и при уменьшении поступательной скорости движения машины. Длина бичей и величина их вертикальной деформации

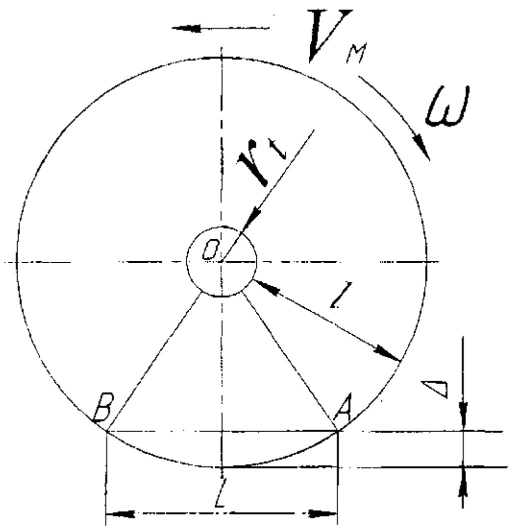

Рис. 3. Схема контакта бича с поверхностью поля

влияют на это в меньшей степени.

Однако при большом числе бичей они во время контакта с поверхностью поля будут ударяться друг о друга, и эффективность их работы снизится.

Запишем условие несоударяемости бичей во время контакта их с поверхностью поля:

$$\sqrt{l^2-(l-\Delta)^2}=\sqrt{2l\Delta-\Delta^2}\approx \approx\sqrt{2l\Delta}\le(l+r_t)\sin\frac{\pi}{n}, \quad (18)$$

откуда

$$n\le\pi/\arcsin\frac{\sqrt{2l\Delta}}{l+r_t}. \quad (19)$$

Например, при $l=100$ мм, $\Delta=20$ мм и $r_t=45$ мм $n\le6{,}9$. При этих же параметрах и $\omega=100$ 1/с; $n=4$; $V_м=1500$ мм/с; $i=6{,}47$.

На рис. 4 представлена зависимость предельно допустимого количества последовательно расположенных

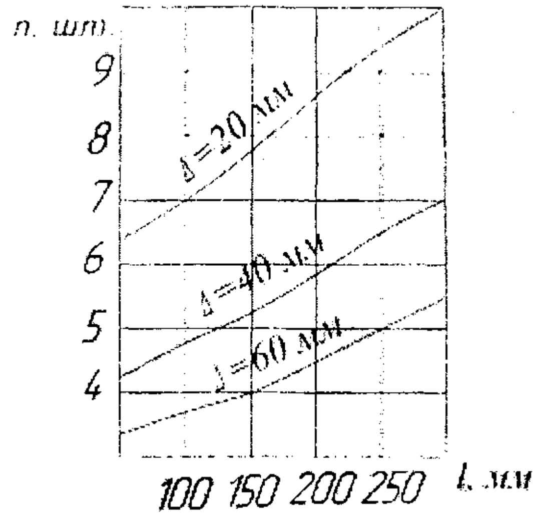

Рис.4. Предельно допустимое количество последовательно расположенных бичей ротора n в зависимости от их длины l и вертикальной деформации Δ, исходя из условия несоударяемости бичей $r_t=45$ мм.

бичей ротора n от их длины l и вертикальной деформации Δ, исходя из условия несоударяемости бичей.

Вывод

При проектировании бичевых очистителей головок корнеплодов от черенков ботвы необходимо учитывать взаимоотношение допустимых деформаций с параметрами бичей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов.- М., 2001.

2. Янке Е и др. Специальные функции. - М.: Наука, 1977.

3. Чернышевский Д.В. Детали машин. - М.: Машиностроение, 2002.

УДК 631.312.44

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ШИРИНЫ ЗАХВАТА ДВУХСЕКЦИОННОГО ПОВОРОТНОГО ПЛУГА-ЛУЩИЛЬНИКА

П.П. Казакевич, докт. техн. наук, А. Н. Юрин, мл. научн. сотр. (РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»)

Ширина захвата оказывает существенное влияние на устойчивость хода плуга, которая определяется двумя факторами:

- зависимостью величины тягового сопротивления