

УДК 630*: 65.011.54

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПЛУЖНЫЙ КОРПУС ДЛЯ ВЫРУБОК

С. В. Зимарин

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

E-mail: sezimarin@yandex.ru

Основную обработку почвы на нераскорчеванных вырубках выполняют дисковыми (ПЛД-1,2, ПДП-1,2 и др.) и лемешными (ПКЛ-70, ПЛП-135 и др.) плугами. Лемешные плуги мало эффективны на лесных площадях, так как плохо преодолевают встречающиеся препятствия в виде пней, корней, порубочных остатков и т. п. Перспективными орудиями, в плане достаточной проходимости и надежности, являются дисковые плуги, способные перекатываться через препятствия.

Новые конструкции дисковых плужных корпусов [1, 2] обеспечивают требуемое качество оборота и укладки почвенного пласта. Для повышения долговечности работы предлагается оснастить их съемной режущей кромкой состоящей из отдельных сегментов (рис. 1).

Количество сегментов определим из выражения:

$$n = \frac{\pi D}{L_c}, \quad (1)$$

где n – число сегментов, L_c – рабочая длина сегмента, D – диаметр диска.

Длина сегмента должна быть минимально возможной, тогда себестоимость замены сегмента будет ниже. При этом желательно чтобы точки удара попадали в один сегмент, тогда при очередном соударении из строя выйдет один сектор, а не несколько.

Следовательно, рабочая длина сегмента будет выбрана из неравенства:

$$L_{c \min} \leq L_c \leq 2L_{c \min}, \quad (2)$$

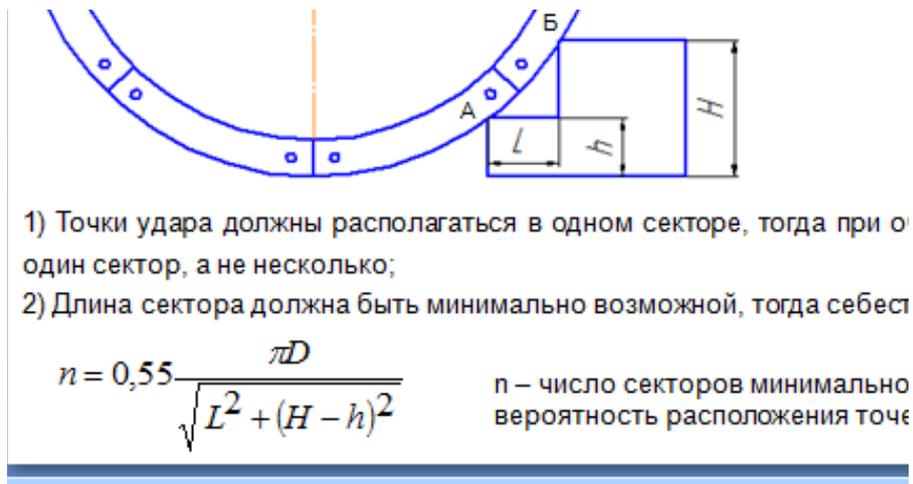
где $L_{c \min}$ – минимальная длина сегмента, определяется:

$$L_{c \min} = \sqrt{L^2 + (H - h)^2}, \quad (3)$$

где H , h , L – соответственно высота пня, высота лапы пня, длина лапы пня.

Отсюда определим число секторов минимально возможной длины, при котором вероятность расположения точек удара в одном секторе более 80 %.

$$n = 0,55 \frac{\pi D}{\sqrt{L^2 + (H - h)^2}} \quad (4)$$



1 – сферический диск; 2 – сферическая режущая кромка, состоящая из отдельных секторов; A, B – точки удара; H, h, L – соответственно высота пня, высота лапы пня, длина лапы пня

Рисунок 1 – Дисковый корпус плуга

Для обоснования диаметра сферического диска рассмотрим процесс преодоления орудием препятствия (рис. 2) [3].

Составим уравнения взаимодействия сферического диска с препятствием, спроецировав действующие силы на соответствующие оси координат:

$$\sum F_x = F_{\text{тяг}} \cos \alpha - N_n \sin \theta = 0, \quad (5)$$

$$\sum F_y = N_d - M_d + N_n \cos \theta = 0, \quad (6)$$

где $F_{\text{тяг}}$ – тяговое усилие орудия; N_d – нормальная реакция диска; M_d – сила тяжести диска; N_n – реакция препятствия; α – угол атаки; θ – угол поворота диска на момент встречи с препятствием.

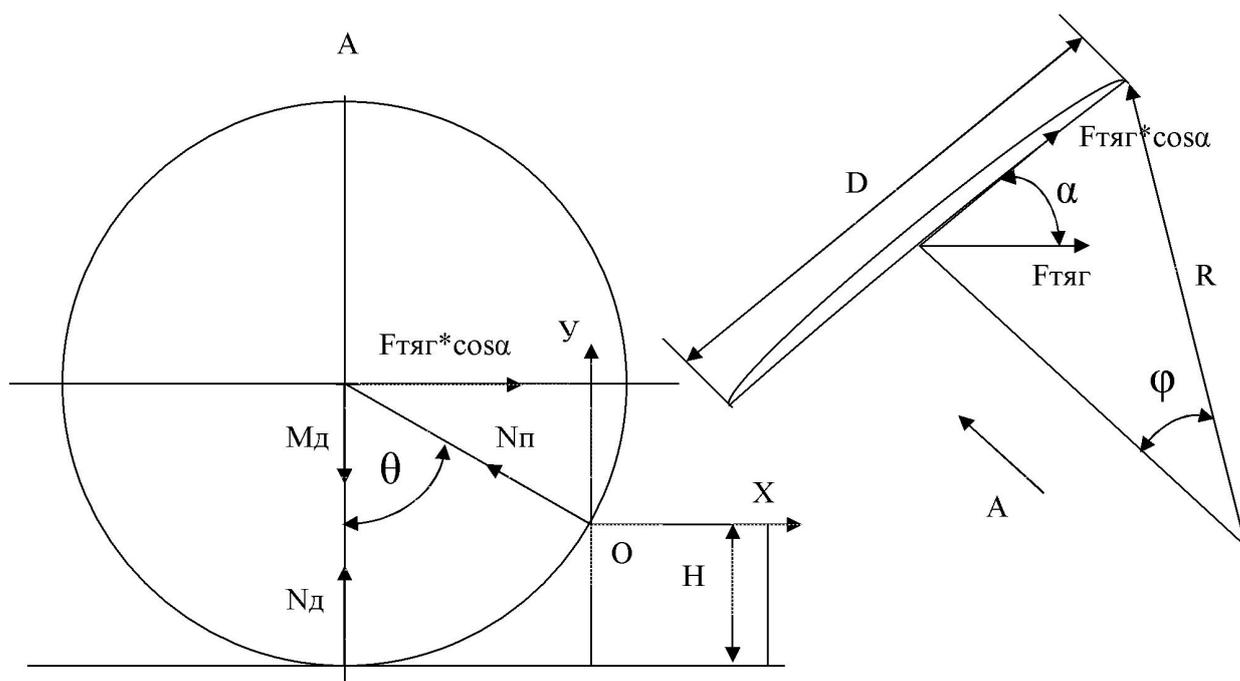


Рисунок 2 – Перекатывание диска через препятствие

Отсюда:

$$N_d = F_{\text{тяг}} \cos \alpha / \sin \theta, \quad (7)$$

$$N_d = M_d - F_{\text{тяг}} \cos \alpha \operatorname{ctg} \theta. \quad (8)$$

Из данных выражений можно определить тяговое усилие при котором сферический диск начнет вращаться вокруг точки O и осуществится перекатывание диска через препятствие (при этом $N_d = 0$):

$$F_{\text{тяг}} = M_d / (\cos \alpha \operatorname{ctg} \theta). \quad (9)$$

Определим диаметр диска (D) при котором орудие будет преодолевать препятствия высотой (H) при наименьшем тяговом усилии, исходя из следующих соображений:

$$\theta = \arccos\left(1 - \frac{2H}{D}\right), \quad (10)$$

$$H = h_{\text{пня}} + a, \quad (11)$$

где $h_{\text{пня}}$ – высота пня ($h_{\text{пня}} = 0,35$ м); a – глубина обработки, при подходе к пню диск частично выглубляется при накатывании на толстые корни первого порядка ($a = 0-0,1$ м).

$$M_d = mg, \quad (12)$$

где M – масса сферического диска; g – ускорение свободного падения.

$$m = \rho \delta S, \quad (13)$$

где ρ – удельный вес материала диска ($\rho = 7,82 \cdot 10^3$ кг/м³); δ – толщина диска (принимается $\delta = 0,01D$); S – площадь поверхности сферического диска.

$$S = 2\pi Rh, \quad (14)$$

где h – высота шарового сегмента.

$$h = R - \sqrt{R^2 - \frac{D^2}{4}}, \quad (15)$$

где R – радиус кривизны сферического диска принимается из выражения:

$$R = \frac{D}{2 \sin \varphi}, \quad (16)$$

где φ – половина центрального угла дуги окружности, образуемой в результате сечения диска экваториальной плоскостью

$$\varphi = \alpha - i - \varepsilon, \quad (17)$$

где i – угол заточки (в соответствии с ГОСТом 198-59 $I = 15-20^0$); ε – задний угол резания (рекомендуется $\varepsilon = 3-5^0$).

Выполнив последовательную подстановку выражений (14), (15), (16), (17) в (13) получим:

$$m = 122,77 \frac{D^3}{\sin \varphi} \left(\frac{1}{\sin \varphi} - \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \varphi} - 1} \right). \quad (18)$$

Окончательно подставив (10), (11), (12), (18) в (9) и выполнив преобразования, имеем:

$$F_{\text{тяг}} = 2406,3H \left(\frac{1}{\sin \varphi} - \sqrt{\frac{1}{\sin^2 \varphi} - 1} \right) \frac{D^2 \sqrt{\frac{D}{H} - 1}}{\sin \varphi \cos \alpha \left(1 - \frac{2H}{D} \right)}. \quad (19)$$

При этом угол α , входящий в выражения (13) и (15), необходимо определять исходя из условия надежного оборота пласта диском. Практика показывает, что надежный оборот пласта достигается лишь в том случае, если выполняется соотношение $b/a \geq 2-2,5$, где b – ширина пласта.

У диска работающего без перекрытия:

$$D = \frac{b^2 \cos \beta}{4a \sin^2 \alpha} + \frac{a}{\cos \beta}. \quad (20)$$

Отсюда, при $\beta = 0$ (β – угол наклона диска относительно вертикальной оси):

$$\alpha = \arcsin \left(\sqrt{\frac{(1 \dots 1,56)}{\frac{D}{a} - 1}} \right).$$

Принимая $b/a = 2$, для обеспечения требуемого оборота пласта получим:

$$\alpha = \arctg \left(\sqrt{\frac{D}{a} - 2} \right). \quad (21)$$

Проанализировав выражение (19) с учетом (21) и рассмотрев график зависимости тягового усилия ($F_{\text{тяг}}$) от диаметра диска (D) при разных глубинах обработки (рис. 3) можно отметить, что преодоление препятствия с наименьшими энергозатратами будет обеспечиваться дисками диаметром $D = 1-1,2$ м.

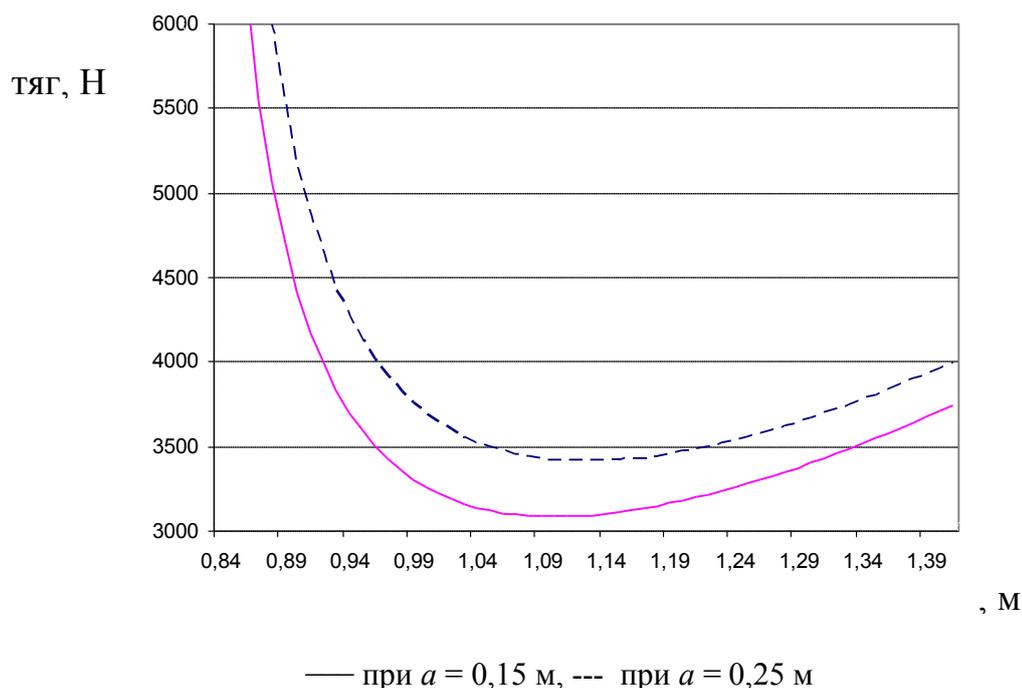


Рисунок 3 – Зависимость тягового усилия ($F_{тяги}$) от диаметра диска (D)

Библиографический список

- 1 Пат. 2123774 РФ, МКИ А 01 В 5/00. Дискóвый корпус плуга [Текст] / Л. Т. Свиридов, С. В. Зимарин (РФ). – № 97114377/13; Заявл. 05.08.97 ; Оpubл. 27.12.98. Бюл. № 36. – С. 4-7.
- 2 Пат. 2253206 РФ, МКИ А 01 В 5/00, 23/06. Дискóвый корпус плуга [Текст] / Л. Т. Свиридов, С. В. Зимарин (РФ). – № 2004109504 ; Заявл. 29.03.2004 ; Оpubл. 10.05.2005. Бюл. № 20. – С. 3-7.
- 3 Нартов, П. С. Дискóвые почвообрабатывающие орудия [Текст] / П. С. Нартов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1972. – 181с.