

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДКАПЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ВАЛЕРЬЯНОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Сашко К.В., к.т.н., доцент, Романюк Н.Н., к.т.н., доцент,
Гришан К.Ю., магистрант, Курьян Е.С.

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Расчет и обоснование параметров подкапывающих рабочих органов валерьяноуборочной машины проведем для наиболее характерных для условий Республики Беларусь супесчаных и суглинистых почв, засоренность камнями которых составляет 7-9 т/га.

Назначение лемеха, активного либо пассивного, валерьяноуборочной машины - подкопать грядки валерианы на заданной глубине, частично или полностью разрушить почвенный пласт и передать выкопанную массу на сепарирующие рабочие органы. При этом конструкция лемеха или лемехов должна обеспечивать минимальное выкапывание технологической массы при отсутствии неподкопанных или поврежденных корней.

Учитывая то, что подкапывающий рабочий орган валерьяноуборочной машины представляет собой лемех со скошенными режущими кромками по типу лемеха картофелекопателя КСТ-1,4А, необходимо уточнить его параметры.

Лемех такого типа при работе на несвязных почвах разваливает подкопанный пласт по сторонам, поэтому появляется неизбежность захвата излишней почвы для предотвращения потерь корней валерианы.

Основными параметрами лемеха являются: угол наклона рабочей грани к горизонту - α , длина - L ; ширина - B ; угол скоса лезвия - φ (рисунок 1) [1, 2].

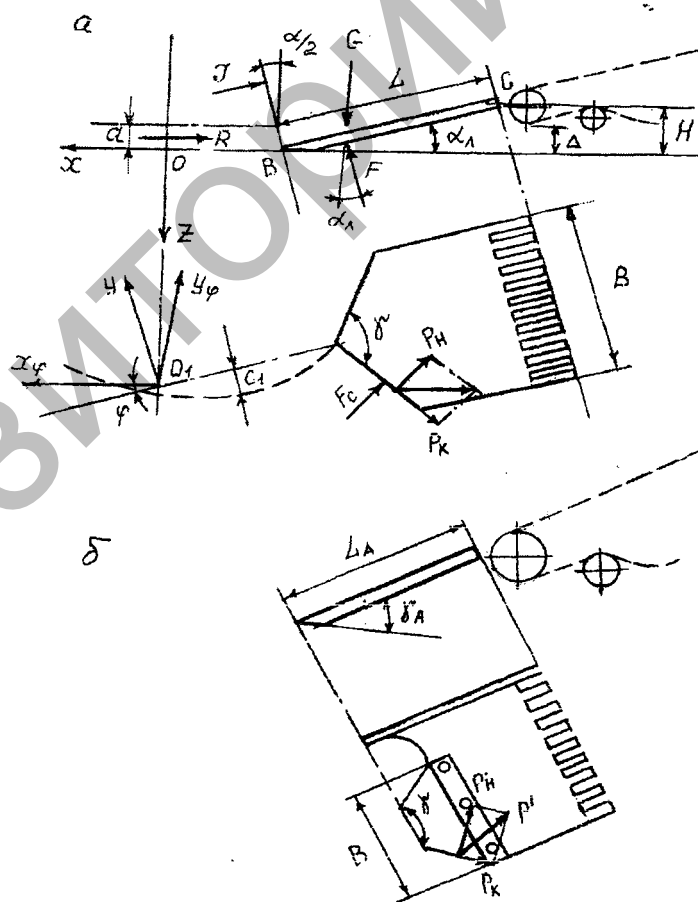


Рисунок 1 – Основные параметры лемехов

Прежде всего, определяем длину рабочей грани лемеха ВС. Без учета сопротивлений деформациям, на грань ВС лемеха действуют следующие силы: реакция недеформи-

руемой почвы, находящейся впереди лемеха- R ; динамическое давление, обусловленное силой инерции клубненоносного пласта- J ; силы тяжести пласта- G ; результирующая- F элементарных нормальных сил и сил трения на рабочую поверхность лемеха.

Будем считать, что реакция R параллельна оси x , сила J образует с осью z угол $\frac{\alpha}{2}$, сила F отклонена от нормали к рабочей поверхности лемеха на угол α . Проецируя эти силы на оси x и z , получим:

$$\sum x=0; -R-J \sin \frac{\alpha}{2} + F \sin(\alpha+\varphi)=0; \quad (1)$$

$$\sum z=0; I \cos \frac{\alpha}{2} + G- F \cos(\alpha+\varphi)=0; \quad (2)$$

Решая уравнение (2) относительно F , получим:

$$F = \frac{G}{\cos(\alpha+\varphi)} + \frac{I \cos \frac{\alpha}{2}}{\cos(\alpha+\varphi)},$$

Подставим значение F в уравнение (1) и решим его относительно R :

$$R = G \operatorname{tg}(\alpha+\varphi) + I \left[\cos \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg}(\alpha+\varphi) - \sin \frac{\alpha}{2} \right]; \quad (3)$$

так как

$$G = QbL\rho g; I = 2QbL\rho v_n^2 \sin \frac{\alpha}{2}; R_{\max} = abG_{\text{сж}},$$

то уравнение (3) можно переписать в виде:

$$QbG_{\text{сж}} = aL\rho g \operatorname{tg}(\alpha+\varphi) + 2ab\rho v_n^2 \sin \frac{\alpha}{2} \left[\cos \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg}(\alpha+\varphi) - \sin \frac{\alpha}{2} \right], \quad (4)$$

где a – толщина подкапываемого пласта, м; b – ширина пласта, м;

$G_{\text{сж}}$ – временное сопротивление почвы сжатию, Па;

L – длина рабочей поверхности лемеха, м; ρ – плотность почвы, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

v_n – скорость движения пласта по лемеху, которая при отсутствии сгуживания почвы равна $V_n = V_M \cdot \cos \alpha$, м/с.

Решая уравнение (4) относительно α , получаем:

$$L = \operatorname{ctg}(\alpha+\varphi) \left\{ \frac{G_{\text{сж}}}{\rho g} - \frac{2V_n^2}{g} \left[\cos \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg}(\alpha+\varphi) - \sin \frac{\alpha}{2} \right] \right\}. \quad (5)$$

На основании уравнения (5) рассчитываем длину пассивного лемеха для проектируемой валерьяноуборочной машины при следующих исходных данных:

$$\alpha_n = 22^\circ; \varphi = 26^\circ; \rho = 1200 \text{ кг/м}^3; G_{\text{сж}} = 9 \text{ кПа}; V_n = 1,2 \text{ м/с}.$$

$$\alpha = \operatorname{ctg}(22^\circ+26^\circ) \left\{ \frac{9000}{1200 \cdot 9,8} \left[\cos 11^\circ \operatorname{tg}(22^\circ+26^\circ) - \sin 11^\circ \right] \right\} = 0,451 \text{ м}.$$

Известно, что активный лемех за счет колебаний оказывает принудительное перемещение пласта, находящегося на его поверхности и самоочищает лезвие. Благодаря этому он в меньшей степени, чем пассивный подвержен залипанию, забиванию растительными остатками. Это позволяет уменьшить длину активного лемеха на 10...12%, а также увеличить угол наклона лемеха $\alpha_n = 26^\circ$ и $L_A = 0,400$ м. Зная значения α , L и L_A , можно определить высоту расположения заднего обреза пассивного H и активного H_A лемехов: $H = L \sin \alpha_n = 0,451 \cdot 0,374 = 0,170$ м

$$H_A = L_A \sin \alpha_n = 0,400 \cdot 0,374 = 0,175 \text{ м}.$$

Если считать, что диаметр передних звездочек пруткового элеватора не превышает 180 мм, то в первом и во втором случае значение H и H_A обеспечивает зазор Δ между нижними элементами звездочек и дном борозды достаточным, чтобы звездочки работали без контакта с уплотненной почвой.

Следующим параметром для лемехов, оказывающим большое влияние на качество подкапывания, является угол атаки γ , причем если γ при вершине имеет большое значение, то растительные остатки имеют склонность к обволакиванию лезвия, в результате чего наступает сгуживание.

Определим условие, при котором лезвие будет очищаться от сорняков и корневищ. Усилие P от действия на лезвие ножа разложим на нормальное к лезвию P_n и касательное P_k , способствующее очищению лезвия от сорняков и корневищ: $P_n = P \sin \gamma$; $P_k = P \cos \alpha$

Сила трения F_c препятствует перемещению сорняков и корневищ по лезвию лемехов: $F_c = P_n \operatorname{tg} \varphi = P \sin \gamma \operatorname{tg} \varphi$,

где φ - угол трения растительных остатков о лезвие лемехов.

Условием самоочищения лемехов лезвия будет

$$P_k > F_c, \\ P \cos \gamma > P \sin \gamma \operatorname{tg} \varphi. \quad (6)$$

Разделив левую и правую части уравнения (6) на $P \sin \gamma$, получим:

$$\operatorname{ctg} \gamma > \operatorname{tg} \varphi; \\ \text{или } \operatorname{tg} (90 - \gamma) > \operatorname{tg} \varphi; \\ \gamma < (90 - \varphi).$$

Так как $\varphi \approx 40^\circ$, то $\gamma < 50^\circ$

Ширину лемехов B определяем из условия, чтобы лемех подкапывал все без исключения корни валерианы в рядке, и в то же время не подкапывал почву из междурядий.

Зная среднюю ширину корневища с подземными побегами \bar{b}_k , среднеквадратичное отклонение ширины корневища $G_{вк}$, отклонение середины стебля валерианы относительно оси рядка C_o и ошибку, обусловленную неточностью ведения валерьяноуборочной машины по убираемым рядкам C_1 , ширину лемехов определяем по формуле:

$$B = \bar{b}_k + 3G_{вк} + 2(C_o + C_1),$$

где $C_1 = 3L^2 / (8l) \operatorname{tg} \varphi$; L - база трактора, агрегируемого с машиной, м; l - расстояние от оси задних колес трактора до носка лемеха валерьяноуборочной машиной, м;

φ - среднестатистическое значение искривления рядков валерианы.

Принимая $\bar{b}_k = 0,26$ м; $G_{вк} = 0,035$ м; $C_o = 0,03$ м; $L = 2,36$ м; $l = 2,3$ м; $\varphi = 5^\circ$;

$$C_1 = \frac{3}{8} * \frac{2,36^2}{2,3} * 0,874 = 0,079 \text{ м},$$

получаем:

$$B = 0,26 + 3 * 0,035 + 2(0,03 + 0,079) = 0,583 \text{ м}.$$

Важнейшим показателем, определяющим процесс подкапывания плодов валерианы, является глубина хода лемехов, которая зависит от многих факторов: изменчивости рельефа поверхности междурядий или дна борозды, конструктивных параметров копирующей системы.

Для копирующей системы, выполненной в виде шарнирной рамки с двумя копирующими колесами, передвигающихся по поверхности двух борозд, отклонение глубины подкапывания может быть определено по формуле:

$$G_a = \sqrt{D_r + \frac{D_b}{B^2} [B^2 + v^2 (v^2 - B^2) \cos(\psi_1 - \psi_2)]}, \quad (7)$$

где D_r – дисперсия процесса изменения глубины профиля поверхности грядки;

D_b – дисперсия процесса изменения профиля поверхности для борозды;

B – ширина колеи копирующих колес;

v – ширина междурядий;

$(\psi_1 - \psi_2)$ – сдвиг фаз имитированного рельефа – косинусоид.

Принимая следующие значения исходных данных:

$D_r = 1,69 \text{ см}^2$; $D_b = 4,1 \text{ см}^2$; $B = 195 \text{ см}$; $v = 45 \text{ см}$; $(\psi_1 - \psi_2) = 90^\circ$

получаем:

$$G_a = \sqrt{1,69 + \frac{4,1}{1,35^2} [1,35^2 + 0,45^2 + (0,45^2 - 1,35^2) \cdot \cos 90^\circ]} = 2,61 \text{ см}$$

Глубину хода лемехов валерьяноуборочной машины определяем по формуле:

$$Q_a = \bar{Q}_{\text{пл}} + 3(\sigma_{\text{нн}} + \sigma_a) = 14 + 3(1,3 + 2,61) = 25,7 \text{ см},$$

где $\bar{Q}_{\text{пл}} = 14 \text{ см}$ – средняя глубина положения корней валерианы в грядке;

$\sigma_{\text{нн}} = 1,3 \text{ см}$ – среднеквадратичное отклонение глубины залегания корней валерианы в грядке.

Зная глубину хода лемехов, их ширину и пользуясь этими данными, можно определить количество почвы или технологической массы, поступающей в валерьяноуборочную машину:

$$Q = i \rho V_M F = 2 \cdot 1,2 \cdot 0,084 = 242 \text{ кг/с},$$

где $i=2$ – количество убираемых рядков валерианы машиной;

F – площадь выкапываемой грядки с корнями.

Таким образом, в результате теоретического расчета получили, что для наиболее характерных почв Республики Беларусь подкапывающий рабочий орган валерьяноуборочной машины должен иметь:

- длину пассивного лемеха – 0,451 м;
- длину активного лемеха – 0,400 м;
- угол наклона лемеха – 26° ;
- высоту расположения заднего обреза пассивного лемеха – 0,170 м;
- высоту расположения заднего обреза активного лемеха – 0,175 м;
- угол атаки лемеха γ – не более 50° ;
- ширину лемеха – 0,583 м.

Литература

- 1 Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины: расчет и проектирование / Г.Д. Петров. – М.: Машиностроение, 1972. – 400с.
- 2 Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины / Г.Д. Петров. – М.: Машиностроение, 1984. – 320с.