

ЧИЗЕЛЬНОЕ ОРУДИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВ*Шило И.Н., первый проректор, д.т.н., проф.,**Чигарев Ю.В., д. ф.-м. н., проф.,**Романюк Н.Н., к.т.н.,**Коротченко А.С.**(Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск)*

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве отмечаются явления связанные в первую очередь с ухудшением некоторых свойств почв.

Создание мощного окультуренного пахотного слоя с оптимальными параметрами агрофизических, агрохимических и биологических свойств, является основным признаком окультуренности и плодородия почв. Глубокий хорошо оструктуренный гумусированный пахотный слой (25...30 см и более) обеспечивает лучший питательный режим для растений, повышает воздухопроницаемость почвы, способствует регулированию водного режима. В этом слое значительно выше водопроницаемость, интенсивнее задерживаются ливневые и талые воды, что снижает или полностью прекращает эрозионные процессы. Благодаря высокой влагоемкости окультуренного слоя в почве создается резервный запас влаги, который могут использовать растения в засушливые периоды. Всё это способствует стабильному росту урожайности всех сельскохозяйственных культур.

Указанные свойства почв определяют собой, прежде всего, потенциальное плодородие, а мероприятия, направленные на их улучшение рассматриваются как мероприятия по их регулированию. Одними из основных показателей эффективного плодородия являются плотность и структурность почвы.

Самой серьезной проблемой является уплотнение почвы, которое характеризуется разрушением структуры, изменением пористости, воздухопроницаемости, влажности и т.д. Переуплотнение приводит к ускорению деградации, а, следовательно, к потере плодородия почвы. Причины уплотнения почв хорошо известны. Для большинства видов почв высокий урожай получают при плотности 1100-1300 кг/м³ [1]. Однако, есть культуры (например, картофель) для которых наилучшими условиями оптимального урожая являются почвы среднего и тяжелого механического состава с плотностью 900-1100 кг/м³. Для почв легкого механического состава оптимальными условиями является плотность 1300-1450 кг/м³. Критичной для всех культур считается плотность 1600-1700 кг/м³.

У почв обычно разделяют на три слоя: пахотный горизонт, плужная подошва и подпахотный горизонт (слой ниже плужной подошвы). Плужная подошва и переуплотненный подпахотный слой создают неблагоприятные условия для развития корневой системы растений, что может выражаться в избытке (нехватке) влаги и воздуха. Поэтому современные технологии растениеводства предусматривают периодичную обработку почвы на большую глубину чизельными орудиями.

Опыты показывают, что плужная подошва и плотность подпахотного слоя распределены в поле неравномерно, т.е. есть участки поля, где надо проводить глубокое чизелевание, и есть участки, где такая операция не нужна.

Разработка технологии дифференцированного (точечного) глубокого чизелевания почвы в настоящее время является актуальной, так как ведет к снижению энергозатрат и износа орудий, сохранению плодородия почв.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработан чизель – рыхлитель с изменяемой глубиной обработки почвы в зависимости от ее плотности с оригинальной конструкцией крепления рабочего органа к раме. Чизельная стойка соединяется не жестко, а через шарнирно соединенные звенья, образуя при этом параллелограммный механизм, таким образом, она может перемещаться в вертикальной плоскости (рис. 1).

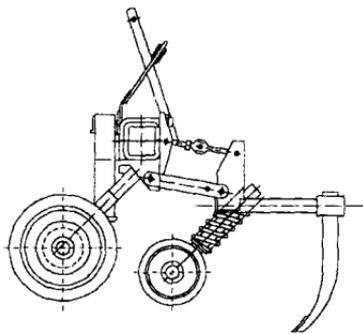


Рис. 1. Чизель-глубокорыхлитель

Стойка опорного колеса также может перемещаться вдоль собственной оси. Геометрические особенности формы чизеля выполнены таким образом, что орудие стремится максимально заглубиться в почву. Ограничивает заглубление сила, создаваемая жесткостью пружины. Пружина, воздействуя на стойку колеса и шток, пытается его растянуть и выглубить орудие.

От плотности почвы зависит удельное сопротивление обработки. При уменьшении плотности почвы удельное сопротивление обработки уменьшается и за счет того, что сила, действующая на чизель, не может сжать пружину, обработка ведется на меньшей глубине. С увеличением плотности почвы удельное сопротивление обработки увеличивается, пружина сжимается и чизель обрабатывает ее на большую глубину.

В результате глубокое рыхление ведется лишь на участках почвы с повышенной плотностью.

Это ведет к уменьшению износа рабочего органа, снижению расхода топлива, улучшению агрофизического состояния почвы и сохранению ее плодородия, вследствие изменения глубины хода чизеля в зависимости от удельного сопротивления почвы.

Оригинальное крепление рабочего органа к раме применено в комбинированном агрегате для противозрозионной обработки почвы [2].

Важным звеном данной конструкции является параллелограммный механизм, который может иметь несколько силовых схем (наиболее упрощенная из них показана на рис. 2).

Расстояния n , m и угол α зависят от глубины рыхления. Из рис. 2 видно, что плечо h найдется по зависимости:

$$h = \lambda \cos \alpha. \quad (1)$$

За критерий заглубляемости клина в почву принята величина угла крошения φ , характеризующего наклон равнодействующей силы R элементарных сопротивлений почвы, возникающих на поверхности и лезвии орудия. С увеличением угла крошения φ величина наклона силы R к горизонту линейно убывает и при $\beta = 50-60^\circ$ становится равной нулю [3]. Примем $\beta = 60^\circ$, следовательно $\varphi = 0$.

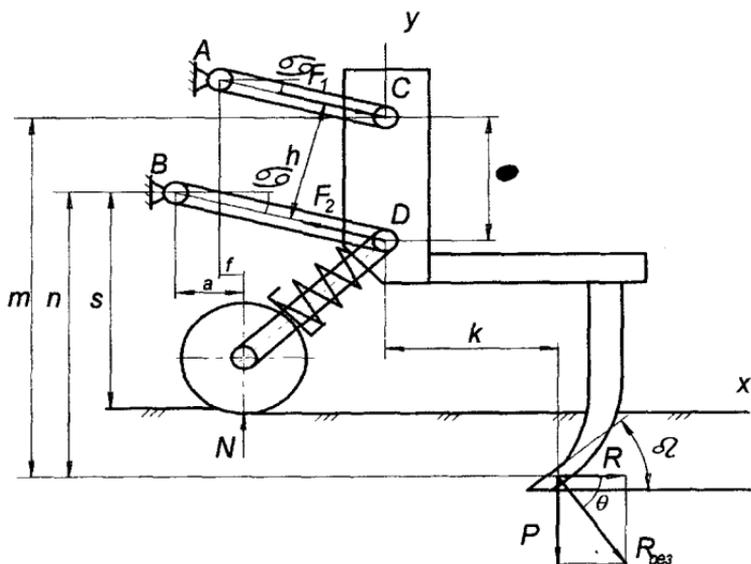


Рис. 2. Схема сил, действующих на чизель

Изменяя положение опорного колеса и мгновенного центра вращения (например, переставляя точку A присоединения верхней тяги к трактору) можно изменять значение реакции N . Чем больше расстояние от линии действия силы реакции почвы на опорное колесо до мгновенного центра вращения, тем меньше влияет на нагрузку колес их перемещение в возможных пределах вперед или назад. При параллельности верхней и нижних тяг навесного устройства, значение реакции N не зависит от положения опорного колеса [4], т.е.

$$N = R(\operatorname{tg} \theta \pm \operatorname{tg} \alpha). \quad (2)$$

Знак плюс перед $tg\alpha$ соответствует наклону тяг навесного устройства вверх от горизонталей, проведенных через шарнир А и В на тракторе, а знак минус – наклону вниз.

Составим схемы сил и моментов:

$$\sum F_y = 0; -P + N - F \cos 45^\circ = 0, \quad (3)$$

$$\sum M_A = 0; R(m + AC \cdot \sin \alpha) - P(k + AC \cdot \cos \alpha) + N \cdot f = 0, \quad (4)$$

$$\sum M_B = 0; R \cdot n - P(k + BD \cdot \cos \alpha) + N \cdot a = 0 \quad (5)$$

где P – вес чизеля.

Из уравнения (3) получим:

$$F = \frac{P - N}{\cos 45^\circ}, \quad (6)$$

где F – сила упругости пружины.

Зная силу упругости пружины можно построить зависимость глубины обработки почвы и силы R элементарных сопротивлений почвы.

Система уравнений (1)-(6) является линейной и будет иметь решение, если ее определитель, составленный из коэффициентов при неизвестных F_1, F_2, N будет отличен от нуля.

Перепишем уравнения (1)-(6) в виде:

$$N = F_1 \cdot \sin \alpha + F_2 \cdot \sin \alpha = P,$$

$$N \cdot L - F_2 \cdot h = P \cdot L - R \cdot m = W(*) \quad (7)$$

$$N \cdot L - F_1 \cdot h = P \cdot L - R \cdot n = V,$$

где $L = k + AC \cdot \cos \alpha$.

Определитель системы 7 (*) будет:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 - \sin \alpha + \sin \alpha \\ L \dots 0 \dots - h \\ L \dots - h \dots 0 \end{vmatrix} = -h^2 \neq 0 \quad (8)$$

Следовательно, система (1)-(6) имеет решение. Для определения неизвестных составим определители:

$$\Delta_N = \begin{vmatrix} P \dots - \sin \alpha \dots \sin \alpha \\ W \dots 0 \dots - h \\ V \dots - h \dots 0 \end{vmatrix} = h \sin \alpha (V - W) - h^2 P, \quad (9)$$

$$\Delta_{F_1} = \begin{vmatrix} 1 \dots P \dots \sin \alpha \\ L \dots W \dots - h \\ L \dots V \dots 0 \end{vmatrix} = L \sin \alpha (V - W) + h(V - P \cdot h); \quad (10)$$

$$\Delta_{F_2} = \begin{vmatrix} 1 \dots - \sin \alpha \dots P \\ L \dots 0 \dots W \\ L \dots - h \dots V \end{vmatrix} = L \sin \alpha (V - W) + h(W - P \cdot L). \quad (11)$$

Определим неизвестные F_1, F_2, N :

$$N = \frac{\Delta_N}{\Delta} = \frac{h \cdot \sin \alpha (V - W) - h^2 \cdot P}{-h^2}, \quad (12)$$

$$F_1 = \frac{\Delta_{F_1}}{\Delta} = \frac{L \cdot \sin \alpha (V - W) + h(V - P \cdot h)}{-h^2}, \quad (13)$$

$$F_2 = \frac{\Delta F_2}{\Delta} = \frac{L \sin \alpha (V - W) + h(W - PL)}{-h^2}. \quad (14)$$

Проанализируем уравнения (12) – (14).

Если $\alpha = 0$ то из (12):

$$N = P. \quad (15)$$

Из уравнения (13):

$$F_1 = -\frac{V - P \cdot h}{h} = \frac{P \cdot h - V}{h} = P - \frac{V}{h} = P - \frac{P \cdot L - R \cdot n}{h}; \quad (16)$$

$$F_2 = -\frac{W - P \cdot L}{h} = \frac{P \cdot L - P \cdot L + R \cdot m}{h} = \frac{R \cdot m}{h}. \quad (17)$$

В случае $\alpha \neq 0$ будем иметь:

$$N = \frac{\sin \alpha \cdot k \cdot R(m+n) - h \cdot P}{-h}, \quad (18)$$

$$F_1 = \frac{\sin \alpha \cdot L \cdot R(m+n) + h \cdot P \cdot (L-h) - R \cdot h \cdot n}{-h^2}, \quad (19)$$

$$F_2 = \frac{\sin \alpha \cdot L \cdot R \cdot (m+n) - h \cdot m \cdot R}{-h^2}. \quad (20)$$

Формулы (18)-(20) дают возможность проанализировать влияние угла α , веса плуга P , сил сопротивления R на тяговые усилия верхнего F_1 и нижнего F_2 винтов и нормальную реакцию N на почву в области контакта ее с чизелем.

Выводы

1. Предложено оригинальное чизельное орудие с изменяемой глубиной обработки почвы в зависимости от ее плотности, использование которого снизит энергозатраты, уменьшит износ орудий, будет способствовать сохранению плодородия почв.

2. Исследована силовая схема параллелограмного механизма чизельного орудия с изменяемой глубиной обработки почвы.

3. Получены расчетные формулы для оценки внутренних усилий возможных в процессе обработки почвы в зависимости от глубины рыхления (угол α) и веса чизеля, которые можно применить при его изготовлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пупонин, А.И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны / А.И. Пупонин. – М.: Колос, 1984. – 184с.

2. Комбинированный агрегат для противозрозионной обработки почвы : пат. 3877 Респ. Беларусь, МПК А 01 В 79/00 / Шило И.Н., Чигарев Ю.В., Коротченко А.С., Романюк Н.Н.; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u20070182; заявл. 15.03.2007; опубл. 30.10.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 5. – С.158-159.

3. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М. : Машиностроение, 1977. – 328 с.

4. Скотников, В. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля : учеб. пособие / В. А. Скотников, А. А. Машенский, А. С. Солонский. – М. : Агропромиздат, 1986. – 384 с.