

Принимая, что после воздействия штанга получит начальное отклонение на угол φ_0 , по начальным условиям при $t = 0$ из уравнения (6), получим

$$C_2 = \varphi_0 + \frac{\omega_1}{b}.$$

В конечной форме выражение (6) запишется как

$$\varphi = \varphi_0 + \frac{\omega_1}{b} (1 - e^{-bt}) = \varphi_0 + \frac{\omega_1}{b} \left(1 - e^{-\frac{\pi}{a} t} \right). \quad (7)$$

На основании полученной зависимости можно построить следующие графические зависимости (рисунк 2).

Заключение

Движение опрыскивателя по полю неизменно сопровождается возникновением возмущений, которые, передаваясь через остов штанге, вызывают ее колебания. Поэтому для их гашения в конструкциях опрыскивателей используются амортизаторы, подбором рациональных параметров установки и характеристик которых можно управлять колебательным процессом и обеспечить плавность хода штанги, гася ее колебания за малый промежуток времени.

На основании исследований предложена зависимость, позволяющая определить параметры колебаний штанги при их гашении амортизаторами.

Литература

1. Анализ конструкций подвесок и систем стабилизации распределительных штанг полевых опрыскивателей.
2. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний. Учебное пособие. – М.: Наука, 1980. – 272 с.

УДК 631.3

ЧИЗЕЛЬ-ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЬ С ИЗМЕНЯЕМОЙ ГЛУБИНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Чигарев Ю.В., д. ф.-м. н., профессор, Шило И.П. д.т.н., профессор, Романиук Н.П. к.т.п.,
Коротченко А.С.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Предложен чизель-глубокорыхлитель с изменяемой глубиной обработки почвы в зависимости от ее плотности. Исследована силовая схема в виде параллелограммного механизма и получены расчетные формулы для оценки внутренних усилий, возможных в процессе обработки почвы, которые можно применить при изготовлении чизельного орудия.

Введение

Физико-механические свойства почв определяют собой потенциальное плодородие, а мероприятия, направленные на их улучшение рассматриваются как мероприятия по их регулированию. Одним из основных показателей эффективного плодородия являются плотность и структурность почвы.

Уплотнение почвы характеризуется разрушением ее структуры, изменением пористости, воздухопроницаемости, влажности и т.д. Переуплотнение приводит к ускоренной 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. 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[1].

У почв обычно разделяют 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.

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.

Основная часть

В БГАТУ разработан чизель - глубокорыхлитель с оригинальной конструкцией крепления рабочего органа к раме, у которого глубина обработки почвы изменяется в зависимости от ее плотности. Чизельная стойка соединяется не жестко, а через шарнирно соединенные звенья, образуя при этом параллелограммный механизм, таким образом, она может перемещаться в вертикальной плоскости (рисунок 1). 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.

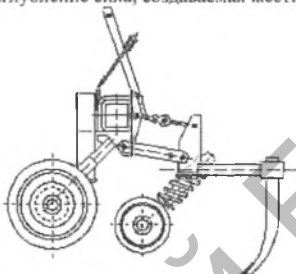


Рисунок 1 – Чизель-глубокорыхлитель

Пружина, воздействуя на стойку колеса и шток, пытается его растянуть и выгнуть орудие. Удельное сопротивление обработки почвы зависит от ее плотности. При уменьшении плотности почвы удельное сопротивление уменьшается, и за счет того, что сила, действующая на чизель, не может сжать пружину, обработка ведется на меньшей глубине, с увеличением плотности – удельное сопротивление увеличивается, пружина сжимается и чизель обрабатывает почву на большую глубину.

В результате глубокое рыление ведется лишь на участках почвы с повышенной плотностью, что 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 противозероной обработки почвы [2].

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

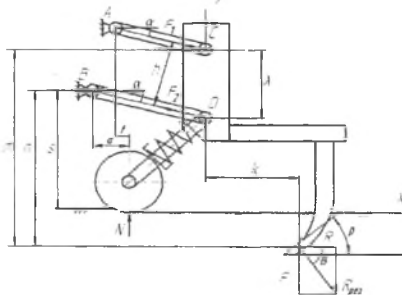


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на чизель-глубокорыхлитель

Расстояния n , m и угол α зависят от глубины рыления. Из рисунка 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 $\varphi = 0$.

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 нижней 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 $\operatorname{tg} \alpha$ соответствует наклону тяг навесного устройства вверх от горизонталей, проведенных через шарнир A и B на тракторе, а знак минус – наклону вниз.

Составим схемы сил и моментов:

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

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

$$1) \quad \sum M_B = 0; \quad R \cdot n - P(k + BD \cdot \cos \alpha) + N \cdot a = 0. \quad (5)$$

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 (*) найдем из:

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

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

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

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

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

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.

Заключение

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 противоэрозионной обработки почвы : пат. 3877 Респ. Беларусь, МПК А 01 В 79/00 / И.Н. Шило, Ю.В. Чигарев, А.С. Коротченко, Н.Н. Романюк ; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u20070182; заявл. 15.03.2007; опубл. 30.10.2007// Афишный бюл. / Нац. центр интелектуал. уласнасці. – 2007. – № 5. – С.158-159.

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

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