

Заключение

Таким образом, для улучшения технологических свойств энергонасыщенных моделей тракторов при передаче мощности сельскохозяйственным машинам через независимый вал отбора мощности для повышения качества выполняемых технологических операций, снижения погектарного расхода топлива, повышения надежности технологического процесса и долговечности узлов двигателя – транспортно-технологических агрегатов переменной массы с непостоянной частотой вращения коленчатого вала двигателя во время перегрузок или переводе работы двигателя на частичный режим при его недогрузке, целесообразно системы отбора мощности тракторов оборудовать устройствами для поддержания заданной частоты вращения хвостовика независимого вала отбора мощности.

Литература

1. Бобровник А.И. Повышение эксплуатационных качеств мобильных агрегатов для внесения удобрений. Минск, МТЗ, 1997.

УДК 631.331

ПРОФИЛЕОБРАЗОВАНИЕ ПОЧВЕННОЙ БОРОЗДЫ АКТИВНЫМИ ФОРМИРУЮЩИМИ КАТКАМИ

**Карташов С.Г., к.т.н., доцент, Дудка В.С., аспирант,
Тихонов А.В., к.т.н., доцент**

*Таврический государственный агротехнологический университет,
г. Мелитополь, Украина
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени П. Василенко, г. Харьков, Украина*

Введение

В настоящее время на практике применяются различные способы формирования борозды. Если умеренное уплотнение почвы желательно для обеспечения контакта между почвой и семенами, то при достижении определенного предела оно становится нежелательным [1].

При переуплотнении посевного слоя замедляется прорастание и начальный рост растений, которые не могут развиваться при ограниченной аэрации. Повышение плотности слоя почвы над семенами более $1,0 \text{ г/см}^3$ приводит к снижению урожая высеваемой культуры. Установлено, что оптимальная плотность семенного ложа для роста и развития хлебных злаков на различных типах дерново-подзолистых почв находится в пределах $1,1—1,55 \text{ г/см}^3$.

В целом анализ исследований по обоснованию оптимальных параметров посевного слоя установлено, что эта задача весьма непростая. Положительное

решение ее во многом, зависит от таких факторов, как: тип почвы и наличие в ней влаги, срок сева и метеорологические условия после посева, применяемая техника. В связи с этим стали применяться на практике более эффективные и надежные способы формирования борозды. Такие способы имеет ряд преимуществ перед традиционными в части более надежного и стабильного поддержания водно-воздушного режима для развивающихся растений. Прикатанные борозды обеспечивают подвод влаги к семенам из низлежащих слоев почвы, а рыхлые междурядья улучшают воздухообмен почвы, т. е. выброс из нее углекислого газа и поступление кислорода к корневой системе. Улучшается также проникновение атмосферной влаги в почву. Таким образом, достигается «компромисс» между «антагонистами» — влагой и воздухом. Установлено, что все существующие сошники сеялок не способны образовывать бороздки с необходимой плотностью дна. На основании этого сделан вывод, что для бороздообразования лучше всего подходят катки с клиновидным ободом [2, 3, 4].

Основная часть

Для формирования профиля борозды, рассмотрим следующие способы уплотнения:

1. Уплотнение гладкими катками. Сущность этого способа – уплотнение за счет силового воздействия на почву в период движения катка. По мере движения катка в каждой точке грунта проходит волна напряжений и под действием напряжений происходит перегруппировка частиц. Глубина борозды гладкими катками определяется по формуле В.П. Горячкина, но только для катков с статическим перекатыванием без активного действия. С увеличением скорости переката катка глубина колеи и сопротивление перекатывания уменьшается. Наибольшее влияние скорости перекатывания колеса на h и F наблюдается на связанных и менее всего на сыпучих почвах. Исходя из исследований В.П. Горячкина, получим, сопротивление переката F равняется:

$$F = h \cdot \sqrt[3]{\frac{G^2 q_{np} \cdot b}{4D}},$$

где h – глубина колеи уплотнения, см; G – сила тяжести, Н.; q_{np} – коэффициент объёмного смятия почвы, Н/см³; b – ширина колеса, см; D – диаметр колеса, см.

Из формулы В.П. Горячкина можно определить параметр h для катков с статическим воздействием.

$$h = \frac{F}{\sqrt[3]{\frac{G^2 q_{np} \cdot b}{4D}}}.$$

Гладкие катки имеют наибольшее распространение. Преимущество – простота конструкции. Недостатки – неравномерная передача напряжений на почву и неравномерность уплотнения в пределах толщины. Эффект уплотнения зависит от параметров катка: линейного давления на грунт, радиуса катка и режима уплотнения (числа проходов, скорости движения катка).

2. Уплотнение пневмошинными катками. Сущность – уплотнение за счет силового воздействия на грунт в период движения катка. Глубина уплотнения катками на пневмошине $h_{\text{пн}}$ определяется по формуле[3]:

$$h_{\text{пн}} = A \frac{\varpi}{\omega_0} \sqrt{\frac{Q_1 P}{1 - \xi}} = \varphi \left(\frac{\omega_0}{\omega}, \frac{Q_1 P}{\xi} \right),$$

где, Q_1 – сила тяжести, приходящаяся на колесо; P – давление в шинах, кгс/см²; ϖ, ω_0 – соответственно естественная и оптимальная влажности; ξ – статический коэффициент жесткости покрышки, зависящий от давления в шинах (изменяется от 0,6 до 0,16 при изменении давления от $P = 1$ до $P = 6$ кг/см²); A – экспериментальный коэффициент (для пневмошинных катков $A=0,75$).

Преимущество – деформируется не только грунт, но и сама шина, что приводит к относительно более равномерному распределению напряжений в грунте по глубине. Недостатки – сложность конструкции, дороговизна в изготовлении и обслуживании.

3. Уплотнение катками вибрационного действия. Сущность метода вибрации – перегруппировка частиц за счет их колебаний, вызванных вибрационными машинами. Машины вибрационного действия сообщают грунту частые колебательные движения. Связи между частицами разрушаются. Из-за их разных сил инерции и импульсов происходит взаимное перемещение и более компактная укладка – уплотнение. Эффективность уплотнения зависит от энергии вибрации P_b , разнородности почвы K_p , влажности ω , частоты и амплитуды вибрации n , A , времени вибрации t_b .

$$\mathcal{E}_{\text{эффект}} = \rho(P_b, K_p, \omega, n, A, t_b)$$

Энергия вибрации

$$\rho_b = \frac{mV^2}{r}.$$

Глубина уплотнения катками с вибрационным воздействием $h_{\text{виб.}}$ определяется по формуле:

$$h_{\text{виб.}} = \varphi(P_b, n, A, V_{\text{угл}}),$$

где P_b – энергия вибрации; m – масса дисбаланса; ω – окружная скорость; r – эксцентриситет дисбаланса; n – частота колебаний; A – амплитуда колебаний; $V_{\text{угл}}$ – угловая скорость.

Увеличение частоты вращения n увеличивает эффективность уплотнения. Преимущество – процесс вибрации значительно уменьшает условные коэффициенты вынужденного трения грунтов, что уменьшает сопротивление частиц трению. Недостатки – конструкционное выполнение вибрационных рабочих органов требует много затрат и продолжительное техническое обслуживание.

Для подтверждения целесообразности использования динамического уплотнения профиля борозды, разработана экспериментальная установка (рисунок 1), которая защищена патентами на полезную модель.



Рисунок 1 — Общий вид катка для формирования борозды активными формирующими катками

Рассматривается движение виброкатка с осцилляцией (рисунок 2). Для описания движения механической системы покажем силы, действующие на систему.

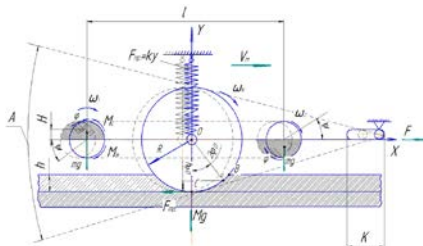


Рисунок 2 — Схема расстановки сил

После преобразований, составили уравнения Лагранжа для решения задачи образования борозды динамическим воздействием на почву.

$$\left(m + \frac{I_k}{R^2} + 2m_1\right)\ddot{x} - \frac{I_D}{2R^2}\ddot{x}_k = F - F_r \sin \varphi;$$

$$(m + 2m_1)\ddot{y} + cy + \frac{mhl}{R}\dot{\varphi}^2 \sin \varphi \sin \psi + F_r \cos \varphi = -mg - 2m_1g + N;$$

$$2I_d \ddot{\varphi} = M_{os} - M_c ;$$

$$-\frac{I_D}{2R^2}(\ddot{x} - \ddot{x}_k) = -F_{tr} \cos \varphi + \frac{mhl}{R} \dot{\varphi}^2 \sin \varphi \cos \psi ,$$

где m - масса катка; m_1 - масса дисбаланса; I_k - момент инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости XOY; I_d - момент инерции дисбаланса относительно оси вращения; h - расстояние от центра масс дисбаланса до оси вращения; l - расстояние между дисбалансами; c - коэффициент упругости пружины; x, y - координаты центра катка; φ - угол поворота дисбаланса; ψ - угол установки оси дисбалансов; F, M_{os}, M_c - движущая сила катка, движущий момент и момент сопротивления дисбалансов.

Решение данной системы проводилось численно. Для этого система преобразовалась в систему восьми уравнений первого порядка и решалась методом Рунге-Кутты 4-5 порядков точности. Задача решалась при таких параметрах: $m = 5$ (масса колеса); $m_1 = 0,1$ (масса дисбаланса); $R = 0.115$ (радиус колеса); $r_d = 0,055$ (радиус дисбаланса); $l = 0,3$ (расстояние между дисбалансами); $\psi = 0$ (угол установки дисбаланса); $h = rd/2$, %; $c = 5000$ (коэффициент жесткости пружины); $F = 1000$ (движущая сила); $g = 9,81$ (ускорение свободного падения); $I_d = 1$ (момент инерции дисбаланса); $I_k = 1$ (момент инерции колеса); $f = 0,1$ (коэффициент трения); $M_{dv} = 10$ (движущий момент дисбаланса); $M_c = 5$ (момент сопротивления дисбаланса).

Для решения задачи была написана программа в системе MatLab. Решения представлены на рисунках 3 и 4.

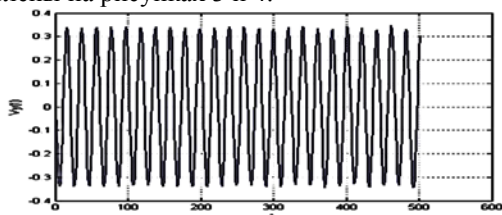


Рисунок 3 — Зависимость проекции скорости центра катка на ось y от времени

График на рисунке 3 показывает, что колесо вибрирует в вертикальной плоскости. При этом на низкочастотную вибрацию, вызванную силой упругости пружины, накладываются высокочастотные вибрации от дисбалансов. Вибрация точки касания колеса, a с почвой показаны на рисунке 4.

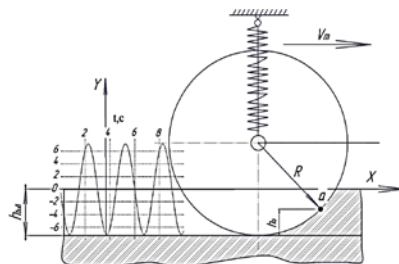


Рисунок. 4 — Схема движения виброкатка при формировании профиля борозды:

h_{φ} – расстояние от точки a до дна борозды.

Заключение

Решение системы дифференциальных уравнений движения показало следующее: для получения вибраций и осцилляций к обычному катку нужно добавить дисбалансы. Периодические процессы, при этом возникающие, вызываются силами инерции, приложенными к дисбалансам. Центр катка совершает вибрации в вертикальной плоскости. При этом движение в вертикальном направлении является наложением двух колебаний - низкочастотной вибрации, вызванной силой упругости пружины, и высокочастотной вибрации от дисбалансов; в горизонтальном направлении на поступательное движение центра катка накладывается возвратно-поступательное движение, вызванное вращением дисбалансов. Характер движения имеет вид гармонических колебаний с частотой и периодом, зависящим от частоты вращения дисбалансов; точка качания катка с почвой также совершает гармонические колебания в горизонтальном направлении.

Литература

1. Чазов С.А., Хайдукова В.С. Влияние прикатывания почвы на полевую всхожесть и урожайность яровых зерновых культур в различных почвенно-климатических зонах Пермской обл./ С.А. Чазов. В.С. Хайдукова. // Тр. Урал НРШСХ, 1985. Т.44. С. 74 - 83.
2. Эффективные способы формирования семенного ложа и заделки семян. / Н.Д. Лепешкин. А.А. Тоичский. С.Ф. Лойко и др.// Вестник РУП «Научно-практический центр НАН по механизации сельского хозяйства» 2008. Вып. 4.
3. Бенкендорф А.Е., Рахимов Р.С. Влияние направления вращения внутреннего барабана пруткового катка на качество работы./ А.Е. Бенкендорф. Р.С. Рахимов.//Актуальные проблемы совершенствования почвообрабатывающих машин /Сб.н.тр.— Алма-Ата, 1990.С.40-49.
4. Клочкив А.В., Дубовский. А.К. Определение параметров шпорового катка для рядкового прикатывания при посеве. / А.В. Клочкив., А.К. Дубовский.//Техника в сельском хозяйстве. 1991. №6. С.52-53.