

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОДОВЫХ СИСТЕМ МАШИНО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ НА ПОЧВУ

Кеико В.Н., ст. преподаватель

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

Воздействие движителей на почву – одна из актуальных проблем современности, что связано с использованием высокопроизводительной техники большой массы. Повышенные давления движителей на почву приводят к чрезмерному уплотнению почвы и снижению урожайности сельскохозяйственных культур. Вопросы воздействия движителей на почву при возделывании многолетних трав изучены недостаточно. Большинство исследований проводились по изучению воздействия отдельных машин. Однако, для заготовки кормов характерно многократное воздействие движителей на почву вследствие выполнения с небольшим интервалом времени операций кошения, ворошения, сгребания растительной массы в валок, подбора ее с измельчением и погрузкой в транспортное средство. Результаты исследований показывают, что кратность воздействия достигает восьми, а площадь уплотнения более 200% от общей убираемой площади поля.

В связи с этим необходимо на стадии проектирования машин оценить воздействие их движителей на почву. Данной проблеме посвящено много работ. Ниже приведены зависимости, позволяющие определить глубину следа, приращение плотности почвы после многократных проходов движителя с учетом самовосстановления свойств почвы.

Глубина следа с учетом самовосстановления почвы во времени (h_i):

$$h_i = h_n e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (1)$$

где h_n – осадка почвы после прохода колеса, м; a – опытный коэффициент; τ – время запаздывания деформации, с; t – период самовосстановления почвы, дн.

Зависимость между напряжениями и осадкой почвы:

$$\sigma_i = P_0 h \left(\frac{k}{P_0} h_n e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \quad (2)$$

где P_0 – предел несущей способности почвы, кПа, k – коэффициент объемного смятия, кН/м³.

Рассмотрим, как влияют на уплотняющее воздействие повторные нагрузки. При проходе по следу колес с одинаковым давлением изменение плотности верхнего слоя почвы можно найти по формуле:

$$\left(\frac{\rho}{\rho_n} \right)_n = 1 + \frac{\beta}{\kappa} P_0 h \left(\frac{\text{Arch} \frac{\frac{\sigma_i}{P_0}}{\sqrt{1 - \frac{\sigma_i^2}{P_0^2}}}}{\sqrt{1 - \frac{\sigma_i^2}{P_0^2}}} \right), \quad (3)$$

где ρ – кратность уплотняющего воздействия; P_0 – предел несущей способности почвы,

Приращения плотности почвы при дополнительном нагружении возрастающей нагрузкой определим:

$$\Delta \rho = \frac{\beta}{\kappa} P_0 \left[\left[\text{th} \left(\frac{\frac{\sigma_i}{P_0}}{\sqrt{1 - \frac{\sigma_i^2}{P_0^2}}} \right) - \text{th} \left(\frac{(i-1) \frac{\sigma_i}{P_0}}{\sqrt{1 - \frac{\sigma_{i-1}^2}{P_0^2}}} \right) \right] + (\sigma_i - \sigma_{i-1}) \right], \quad (5)$$

где i – кратность уплотняющего состояния.

При убывании нагрузки при последующих проходах уплотнение почвы описывается уравнением:

$$\left(\frac{\rho_0}{\rho_n} \right)_n = 1 + \frac{\beta}{\kappa} \left(\sigma_1 + \sum_{i=2}^n \sigma_i \lg \frac{i}{i-1} \right), \quad (6)$$

На основании зависимости (6) найдем приращение плотности от последующего нагружения при уменьшении нагрузки

$$\Delta \rho = \frac{\beta}{\kappa} p_0 \sigma_i \lg \frac{i}{i-1}, \quad (7)$$

Для описания процесса взаимодействия с почвой ходовых систем кормоуборочных агрегатов хорошо подходит зависимость гиперболического тангенса. В.В.Кашыгин и А.Н. Орда предложили следующую зависимость накопления повторных осадков

$$h_n = \frac{p_n}{\kappa} \operatorname{Arch} \frac{n^{\frac{1+\sigma}{\sigma_1}}}{\sqrt{1 - \frac{\sigma_2}{p_n}}} \quad (8)$$

где b - опытный коэффициент; σ - напряжение сжатия в контакте колеса с почвой, Па.

Глубина следа после n проходов колес в случае возрастания давлений при каждом последующем проходе равна:

$$h_n = \frac{p_n}{\kappa} \left[\operatorname{Arch} \frac{2^{1+\sigma}}{\sqrt{1 - \frac{\sigma_1}{p_n}}} + \sum_{i=1}^n \left(\operatorname{Arch} \frac{(i-1)^{\frac{1+\sigma}{\sigma_1}}}{\sqrt{1 - \frac{\sigma_{i+1}}{p_n}}} \right) + \sum_{i=1}^n \left(\operatorname{Arth} \frac{\sigma_i}{p_n} - \operatorname{Arth} \frac{\sigma_{i+1}}{p_n} \right) \right] \quad (9)$$

Глубина следа после n проходов колес в случае убывания давлений при каждом последующем проходе равна:

$$h_n = \frac{p_0}{\kappa} \left[\operatorname{Arth} \left(\frac{\sigma_1}{p_0} \right) + \kappa \sum_{i=2}^n \lg \left(\frac{i}{i-1} \right) \operatorname{Arth} \left(\frac{\sigma_i}{p_0} \right) \right] \quad (10)$$

Используя приведенные зависимости возможно определение приращения плотности почвы и глубины следа при многократных воздействиях движителей с учетом самовосстановления почвы во времени.

Литература

1. Техника сельскохозяйственная мобильная: ГОСТ 26953-86.-Введен впервые 14.07.86.-М.: Издательство стандартов. Методы определения воздействия движителей на почву.1986. 4с.
2. Орда А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: дис. ...д-ра техн. наук:05.20.03\ А.Н. Орда.-Минск,1997.-269 с.