

УДК 631.43

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

*А.Н.Орда, доктор технических наук*

*Н.А.Гирейко, инженер*

*А.Б.Селеши, инженер*

*Белорусский государственный аграрный технический  
университет*

*У статті розглянуто прийоми формування та експлуатації машинно-тракторних агрегатів, що забезпечують зниження щільності ґрунту рухомими системами.*

*Рассматриваются приемы формирования и эксплуатации машинно-тракторных агрегатов, обеспечивающих снижение уплотнения почвы ходовыми системами.*

Зависимость между урожайностью и затратами на ее получение представляет собой S-образную кривую. Согласно исследований В.А.Сакуна такой же характер имеет зависимость между массой растений  $mt$  и их возрастом  $t$ , выражаемым в сутках:

$$m_t = \frac{m_{max}}{1 + e^{a-bt}}, \quad (1)$$

где  $m_{max}$  — конечная масса отдельного растения;

$a$  — параметр, характеризующий массу той части растения, которая находится в почве;

$b$  — параметр, характеризующий интенсивность роста растений (чем больше  $b$ , тем интенсивнее протекает рост);

$t$  — возраст растения.

Параметры уравнения (1) зависят от типа культуры, состояния почвы, вида обработок и т.д. Наибольшее влияние на рост растений оказывает плотность почвы.

Для создания оптимальных условий произрастания растений обычно проводится предпосевное уплотнение почвы до оптимальной величины. Поэтому необходимо, чтобы плотность почвы в следах колес МТА не превышала величины оптимальной плотности.

Оптимальную плотность почвы найдем из соотношения

$$\rho_{onm} = \frac{H - 2 \cdot \nu \cdot h_{\text{дон}}}{H - h_{\text{дон}}}, \quad (2)$$

где  $H$  — глубина пахотного слоя, м;  $\nu$  — коэффициент бокового расширения почвы для случая деформирования с ограниченной возможностью расширения;  $h_{\text{дон}}$  — допустимая глубина следа, м.

Так как оптимальная плотность почвы для каждой культуры известна, то из (2) выразим допустимую глубину следа

$$h_{\text{дон}} = H \frac{\rho_{onm} - \rho_n}{\rho_{onm} - 2 \cdot \nu \cdot \rho_n}. \quad (3)$$

Допустимое вертикальное сжимающее напряжение будет найдено из зависимости

$$\sigma_{\text{дон}} = \frac{a}{b} \operatorname{tg}(a \cdot b \cdot h_{\text{дон}}), \quad (4)$$

где  $a = \sqrt{k_0}$ ;  $b = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{h_{\text{yml}} \cdot \sqrt{k_0}}$ ;

$$h_{y_{\text{пл}}} = H \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_{\text{min}}}{(1 + \varepsilon_0) \cdot [1 - 2 \cdot v \cdot (1 + \varepsilon_{\text{min}})]},$$

где  $h_{y_{\text{пл}}}$  — предельная величина деформации, м;  $\varepsilon_0$  — коэффициент пористости почвы до нагружения;  $\varepsilon_{\text{min}}$  — минимально-возможный коэффициент пористости почвы.

Допустимое давление колеса на почву определяется с учетом скорости его поступательного движения на основании зависимости

$$q_{\text{дон}} = \sigma_{\text{дон}} \left( 1 + \frac{B_v \cdot v}{L_x} \right), \quad (5)$$

где  $B_v$  — коэффициент влияния скорости;  $L_x$  — длина контакта колеса с почвой, м.

Плотность почвы, подготовленной под посев, определяется по формуле:

$$\rho_0 = \rho_n \frac{H - 2 \cdot v \cdot h}{H - h} + \frac{k_1 \cdot \sigma_{\text{дон}}}{H - h} \left[ (H - h) + \frac{1}{\beta} (e^{-\beta(H-h)} - 1) \right], \quad (6)$$

где  $\beta$  — коэффициент распределения напряжений, м<sup>-1</sup>.

Для многоосных колесных ходовых систем допустимое напряжение находится из зависимости

$$h_{\text{дон}} = \frac{1}{a \cdot b} \text{Arc cos} \left( \frac{n^{-B_1}}{\sqrt{1 + \frac{b^2}{a^2} \sigma_{\text{дон}}^2}} \right), \quad (7)$$

где  $n$  — число колес, движущихся по следу;  $B^1$  — опытный коэффициент.

С помощью зависимостей (2)-(7) находится допустимое дав-

ление колес на почву, подготовленную под посев.

Найдем допустимое давление колес на связную почву с одинаковыми по глубине физическими свойствами. Величина допустимого по критерию уплотнения почвы давления колеса  $q_{дон}$  при однократном проходе находим из зависимости

$$q_{дон} = k \frac{\rho_{онм} - \rho_{п}}{\rho_{п} \cdot \beta}, \quad (8)$$

где  $k$  — коэффициент объемного смятия, Н/м<sup>3</sup>;  $\rho_{онм}$  — оптимальная величина плотности почвы, при которой получается наибольшая урожайность, кг/м<sup>3</sup>.

При использовании многоосных ходовых систем давление колес должно быть меньше, чем при однократном проходе колеса, так как происходит дополнительное уплотнение почвы при повторных приложениях нагрузки. Допустимые давления для многоосных колесных ходовых систем в этом случае определяются из зависимостей:

а) на сильно упрочняющихся почвах

$$\left( \frac{\rho_{онм}}{\rho_{п}} \right)_N = 1 + \frac{\beta}{k} \cdot \rho_0 \cdot th \left( Arch \frac{N^B}{\sqrt{1 - \frac{q_{дон}^2}{\rho_0^2}}} \right); \quad (9)$$

б) на слабо упрочняющихся почвах

$$q_{дон} = k \frac{\left[ \left( \frac{\rho_{онм}}{\rho_{п}} \right)_N - 1 \right]}{\beta \cdot (1 + k_u \cdot lg N)}, \quad (10)$$

где  $k_u$  — коэффициент накопления повторных осадков.

Определив допустимые давления колес на почву, находим размеры колес и их количество в зависимости от массы машины.

При выполнении различных технологических операций по-разному проявляется уплотняющее воздействие ходовых систем МТА. Отличительной особенностью пахотных машинно-тракторных агрегатов является то, что они работают в почвенных условиях, когда плотность верхнего пахотного слоя незначительно отличается от плотности подпахотного слоя (целина, многолетняя залежь, стерня). В данном случае верхний слой почвы имеет низкую поглотительную способность энергии и поэтому уплотняющее воздействие от ходовых систем в значительной мере передается в нижние необрабатываемые слои почвы. Вспашка почвы требует высоких тяговых усилий со стороны трактора. Поэтому часто для машинно-тракторных пахотных агрегатов используются тяжелые колесные тракторы со сдвоенными колесами. Проанализируем влияние размеров колес на процесс уплотнения почвы.

Известно, что осадка различных по размерам деформаторов при сохранении постоянным давления неодинакова. При воздействии на почву колес с большой опорной поверхностью в процесс деформирования вовлекаются более глубокие слои почвы, что ведет к увеличению осадки.

Анализ приведенных зависимостей показал, что для снижения уплотнения как верхних, так и нижних слоев почвы в наибольшей мере удовлетворяет многоосный колесный ход. Такие ходовые системы обладают низким сопротивлением качению и высоким тяговым КПД.

Передача давлений на почву у гусеничных движителей происходит через опорные катки и гусеничную ленту. Характер накопления осадок почвы под опорными катками такой же, как и многоосных колесных систем. При использовании тракторов с узкими гусеницами напряжения концентрируются в пахотном слое.

Поэтому при формировании пахотных машинно-тракторных агрегатов предпочтение следует отдавать гусеничным тракторам и тяговым средствам с многоосной колесной системой по сравнению с колесными тракторами со сдвоенными колесами.

При формировании посевных машинно-тракторных агрегатов следует исходить из того, что почва, подготовленная под посев, обладает высокой способностью поглощения энергии, или высокой

распределительной способностью (имеет большие значения коэффициента распределения напряжений). В данном случае вертикальная нагрузка воспринимается, в основном, пахотным взрыхленным слоем почвы.

Основной задачей для посевных МТА является снижение давления на почву. Следует также учитывать установленный исследованиями факт значительного прироста глубины следа и плотности почвы при повторных проходах колес. Поэтому в данном случае с целью снижения давления на почву рекомендуется увеличивать размеры колес, а не количество колес, движущихся по следу друг за другом. Таким образом, для посевных агрегатов рекомендуется устанавливать сдвоенные шины на тракторах и сеялках, применять шины больших размеров, особенно высокоэластичные.