

где n, m, p, i - индексы суммирования; $a = \lambda_{32}\lambda_{21}$; $b = \lambda_{10}\lambda_{21}$; $c = \lambda_{32}\lambda_{10}$.

Подставив значение P_{mn} в (10), а затем функции из (10) в (8) и поменяв порядок интегрирования и суммы ряда, взяв интеграл (2), получим

$$\begin{aligned} \Phi_0(x, y) &= \frac{\mu_{32}\mu_{10}\mu_{21}\rho}{4\pi\gamma_3} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n P_{mn} \int_0^{\infty} e^{-2[(n-m)H_1 + mH_2]\chi} I_0(\chi, R) d\chi = \\ &= \frac{\mu_{32}\mu_{10}\mu_{21}\rho}{4\pi\gamma_3} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^n P_{mn} (-1)^m + \sqrt{-2[(n-m)H_1 + mH_2] + (z_Q - h)^2} + R^2 \end{aligned}$$

Проделав аналогичные операции и преобразования, получим выражение для потенциалов всех слоев многослойной среды. Такой метод применим для решения различных практических задач, связанных с теплоотдачей в почву (от почвы) в сельскохозяйственных производственных помещениях.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ

А.Н. Орда, к.г.н., доцент (БАТУ)

Характер и закономерности уплотнения почвы зависят от размеров и режимов нагружения деформатора, а также от исходного состояния почвенного массива. При наличии взрыхленного слоя конечной толщины в расчетах, как правило, допускают, что уплотняется лишь этот слой. Тракторы и другая сельскохозяйственная техника уплотняют почву на глубину, превышающую пахотный слой. Высота уплотняемого слоя зависит от размеров ходового аппарата и нагрузки, передаваемой через него на почву.

Анализ механико-математических моделей показал, что при расчете уплотнения почвы лучше всего подходит энергетический метод, учитывающий влияние закона поглощения энергии на изменение свойств почвы. С учетом этого получено следующее уравнение распределения плотности почвы по глубине:

$$\rho_x = \rho_0 - k_1 \sigma_{11} (1 - e^{-\beta x}) \quad (1)$$

где ρ_x - плотность почвы на глубине x ;
 ρ_0 - плотность почвы в контакте с деформатором,
 k_1 - коэффициент уплотнения почвы,
 σ_0 - контактное напряжение,
 β - коэффициент распределения напряжений.

Рассмотрим процесс уплотнения почвы, подстилаемой плотным основанием. При выводе зависимости между контактным напряжением и плотностью почвы будем допускать, что уплотняется только пахотный слой высотой H . Это допущение основано на том, что рыхлая почва характеризуется повышенной способностью поглощения энергии.

Масса слоя почвы, подвергающегося уплотнению штампом с единичной площадью основания равна:

$$M_n = (H - 2\nu h)\rho_n, \quad (2)$$

где ν - коэффициент бокового расширения почвы для случая деформации почвы с ограниченной возможностью бокового расширения

После уплотнения эффективный слой почвы имеет высоту $(H-h)$. Тогда масса слоя почвы после воздействия штампом с единичной площадью

$$M_n = F \int_0^{H-h} \rho(x) dx.$$

Зависимость плотности почвы от глубины x выражается формулой (1). С учетом этого

$$M_n = F \int_0^{H-h} \left[\rho_0 - k_1 \sigma_0 (e^{1-\beta x}) \right] dx.$$

Значение этого интеграла равно

$$M_n = \left\{ \rho_0 (H-h) - k_1 \sigma_0 \left[(H-h) + \frac{1}{\beta} e^{\beta(H-h)} - \frac{1}{\beta} \right] \right\} F. \quad (3)$$

Из зависимостей (2) и (3) найдем плотность верхнего слоя почвы после уплотнения:

$$\rho_0 = \rho_n \frac{H - 2\nu h}{H - h} + \frac{k_1 \sigma_0}{H - h} \left[(H - h) + \frac{1}{\beta} \left(e^{-\beta(H-h)} - 1 \right) \right] \quad (4)$$

Значение величины деформации почвы h предварительно определяется из формулы:

$$\sigma = \frac{a}{b} \operatorname{tg}(abh),$$

где $a = \sqrt{k}$;

$$b = \frac{\pi}{2} \frac{1}{h_{\text{упл}} \sqrt{k_0}};$$

$$h_{\text{упл}} = H \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_{\text{min}}}{(1 + \varepsilon_0)[1 - 2\nu(1 + \varepsilon_{\text{min}})]};$$

где $h_{\text{упл}}$ - предельная величина деформации, м;

H - высота пахотного слоя, м;

ε_0 - коэффициент пористости почвы до нагружения;

ε_{min} - минимально возможный коэффициент пористости почвы.

Для транспортных средств с многослойной колесной системой деформация почвы определяется по формуле:

$$h_n = \frac{1}{ab} \operatorname{Arc} \cos \left[\frac{n^{-\beta}}{\sqrt{1 + \left(\frac{b^2}{a^2} \right) \sigma^2}} \right],$$

где n - число повторных нагружений.

Предложенные зависимости могут быть использованы для расчета плотности почвы после прохода тракторов и для обоснования параметров ходовых систем с допустимым давлением на почву.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

**И.Р. Размыслович, к.т.н., проф., Н.С. Маруда, к.т.н., доц.,
В.Б. Пастушок, А.П. Никончук (БАТУ), А.А. Точицкий,
Е.С. Мельников (БелНИИМСХ)**

Среди других отраслей агропромышленного комплекса Республики Беларусь овощеводство остается еще наименее механизированным. В общем комплексе технологических операций по возделыванию овощных культур важное место занимает посев, при этом основным условием, сопутствующим качественному посеву, является предпосевная обработка почвы, в результате которой поверхность почвы должна быть тщательно взрыхлена на глубину заделки семян и выровнена до состояния, при котором в слое 0-5 см не должно содержаться комьев и растительных остатков размером более 30 мм.

Данная проблема в республике решается с помощью комплекса однооперационных машин, что отрицательно сказывается на экономических показателях технологий возделывания овощных культур, а многократные проходы МТА по полю ведут к разрушению почвенной и подпочвенной структуры, а в конечном счете к снижению урожайности.

За рубежом в целях снижения энергоемкости технологических операций и исключения вредного воздействия на почву ходовых систем МТА указанная выше задача решается с помощью комбинированных агрегатов, имеющих активные почвообрабатывающие рабочие органы (АКО-3 + СОПГ-4.8, УГН-4К + СКОН-4.2, ФПУ-4.2 + СКОН-4.2, КМ-5.4 - Россия; АКО-4.2 - МолдНИИЗиО; ПМЗК-4.8 - Болгария; ВБГ + 'Стенхей' - Венгрия; ЕД-200 и РС-160 - фирма ФМС - США), позволяющих за один проход выполнять ряд технологических операций: предпосевную обработку почвы, внесение минеральных удобрений, посев семян, внесение гербицидов. Формирование гряд для работы некоторых комбинированных агрегатов (ЕД-200, РС-160 и др.) осуществляется с помощью специ-