При $\sigma_i > \sigma_t$ приращение осадки будет определяться из зависимости (8). Формула для определения приращения осадки примет вид:

$$\Delta h_i = \frac{p_0}{\kappa}\left[Arch\frac{i^{\frac{bk}{p_0^2}}}{\sqrt{1-\frac{\sigma^2 t}{p_0^2}}} - Arch\frac{(i-1)^{b\frac{k}{p_0^2}}}{\sqrt{1-\frac{\sigma_t^2}{p_0^2}}} + \left(Arth\frac{\sigma_i}{p_0} - Arth\frac{\sigma_t}{p_0}\right)K_t\right]. \quad (10)$$

При $\sigma i < \sigma t$ приращение осадки определяется из зависимости

$$\Delta h_i = \frac{p_0}{\kappa}\kappa_n \lg\frac{i}{i-1} Arth\frac{\sigma_i}{p_0}. \quad (11)$$

Выводы

1. Используемые в механике почв зависимости по определению глубины следа при проходе ходовых систем не учитывают фактор времени.

2. Предложены зависимости накопления повторных осадок почвы с учетом самовосстановления ее свойств при снятии нагрузки. Данные зависимости могут быть использованы для расчета деформации почвы при наложении следов колес кормоуборочной техники в различные периоды сезона возделывания трав.

НАКОПЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЧВЫ ПРИ ПОВТОРНЫХ НАГРУЖЕНИЯХ

П.Н. Синкевич, А.Н.Орда, В.Н.Кецко (БАТУ), Ян Р.Камински (ИБМЭР, Республика Польша)

Выберем тип зависимости между сопротивлением сжатия почвы и осадкой деформатора. Наиболее простой и весьма распространенной является линейная зависимость между напряжением сжатия и осадкой (деформацией) почвы

$$\sigma = \kappa h, \quad (1)$$

где σ — напряжение сжатия, Па; k — коэффициент объемного смятия почвы, Н/м³; h — деформация почвы, м.

Достаточно часто в механике почв используется степенная зависимость

$$\sigma = ch^{\mu}, \tag{2}$$

где c — константа; μ — показатель степени деформируемости.

М.Беккер преобразовал степенную зависимость, введя характерный размер штампа

$$\sigma = \left(\frac{\kappa_c}{b} + \kappa_{\varphi}\right)h^{\mu}, \tag{3}$$

где k_c — коэффициент, характеризующий сцепление почвы; $k\varphi$ — коэффициент, характеризующий внутреннее трение; b — характерный размер штампа, м.

Большое распространение в механике почв имеет зависимость гиперболического тангенса, предложенная В.В.Кацыгиным

$$\sigma = \rho_0 th\left(\frac{\kappa}{p_0}h\right), \tag{4}$$

где p_0 — предел текущей способности почвы, Па.

А.Н. Орда предложил следующую зависимость между напряжением и деформацией почвы

$$\sigma = \frac{a}{b}tg(abh_{упл}), \tag{5}$$

где $\alpha = \sqrt{\kappa}; b = \frac{\Pi}{2}\frac{1}{h_{упл}\cdot\sqrt{\kappa}}; h_{упл} = \text{H}\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_{\min}}{(1+\varepsilon_0)[1-2\nu(1+\varepsilon_{\min})]}.$

$h_{упл}$ — предельная величина деформации почвы, м;

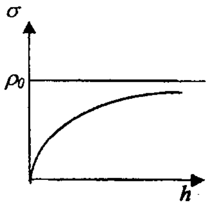
H — высота пахотного слоя, м;

ε_0 — *начальный коэффициент пористости почвы;*

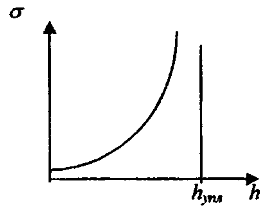
ε_{min} — *минимально возможный коэффициент пористости почвы;*

ν — *коэффициент бокового расширения почвы.*

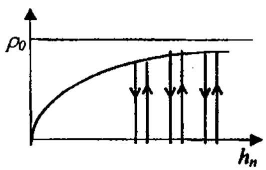
Из графических иллюстраций видно, что зависимость (4) имеет выпуклый характер по отношению к оси напряжений (рис. а), а зависимость (5) имеет вогнутый характер (рис. б).



а



б



в

Рис. Зависимость между сопротивлением и осадкой почвы:
а) связная почва; б) рыхлая почва; в) повторные нагружения

Для связных почв, армированных корнями растений, процесс деформирования характерен превалированием разрушения почвы и вытеснением ее за пределы линии движения деформатора. Для описания характера деформирования таких почв хорошо подходит выпуклая кривая, когда при достижении предела несущей способности деформатор погружается в почву без заметного увеличения нагрузки.

Для такой теоретической модели деформирования почвы можно использовать следующую зависимость накопления повторных осадок:

$$h_n = \frac{p_0}{\kappa} Arch \frac{n^{b\frac{\kappa}{p_0^2}}}{\sqrt{1 - \frac{\sigma 2}{p_0^2}}}, \qquad (6)$$

где b — опытный коэффициент;

σ — напряжение сжатия в контакте колеса с почвой, Па.

Зависимость (6), представленная на рис. в, отражает закономерность деформирования почвы при повторных проходах колес с одинаковым давлением на почву.

Рассмотрим, как влияет на накопление осадок движение по следу колес с различным давлением на почву. Для случая увеличивающихся контактных напряжений в грунте при повторных нагружениях Н.Я.Хархута принимает допущение, что при расчетах деформации следует пользоваться величиной среднего напряжения

$$\sigma_{-р.} = \frac{\sigma_1 + \sigma_n}{2},$$

где σ_l и σ_n — контактные напряжения при первом и последнем нагружениях, Па.

Такой подход, однако, не отражает физических условий протекания деформации почвы при повторных нагружениях различной нагрузкой. С помощью данного метода можно было бы изучать процесс деформирования материалов с линейными характеристиками. Почвы и грунты не являются линейно деформируемыми. Поэтому при больших различиях максимального и среднего контактных напряжений использование допущения М.Я.Хархуты не позволит адекватно описать процесс накопления повторных осадок.

Анализ показал, что для учета на процесс следообразования неравномерного распределения нагрузки по осям более предпочтительна гипотеза

Я.С. Агейкина. Сущность ее заключается в следующем. При нарастании контактного напряжения, при повторном нагружении до величины, равной напряжению при предыдущем нагружении, деформирование почвы будет происходить как и при повторном нагружении одинаковой нагрузкой. Дальнейший рост контактного напряжения при повторном нагружении вызывает деформацию более глубоких слоев почвогрунта и осадка почвы под колесом определяется разностью контактных давлений.

Используем данную гипотезу для расчета глубины следа при проходе многоосного колесного хода. Нами учитывался эффект уменьшения осадки от уплотнения верхнего слоя при предыдущем нагружении. С учетом этого дополнительная осадка почвы при каждом повторном нагружении возрастающей нагрузкой будет равна:

$$\Delta h_n = \frac{p_0}{\kappa}\left\{\left[Arch\frac{n^{b\frac{\kappa}{p_0^2}}}{\sqrt{1-\frac{\sigma^2_{n-1}}{p_0^2}}} - Arch\frac{(n-1)^{b\frac{\kappa}{p_0^2}}}{\sqrt{1-\frac{\sigma^2_{n-1}}{p_0^2}}}\right] + \left(Arth\frac{\sigma_n}{p_0} - Arth\frac{\sigma_{n-1}}{p_0}\right)K_l\right\}, \tag{7}$$

где n — порядковый номер нагружения;

σ — напряжение в контакте колеса с почвой при повторном нагружении, Па;

K_l – коэффициент, учитывающий уменьшение деформации почвы из-за предыдущего уплотнения.

Деформация почвы после n проходов колес в случае возрастания давлений при каждом последующем проходе равна:

$$h_n = \frac{p_0}{\kappa}\left[Arch\frac{2^{b-\frac{\kappa}{p_0^2}}}{\sqrt{1-\frac{q_1^2}{p_0^2}}} + \sum_{i=3}^{n}\left(Arch\frac{(i-1)^{b-\frac{\kappa}{p_0^2}}}{\sqrt{1-\frac{\sigma^2_{i-1}}{p_0^2}}}\right) + \right. \tag{8}$$

$$\left. + \sum_{i=2}^{n}\left(Arth\frac{\sigma_i}{p_0} - Arth\frac{\sigma_{i-1}}{p_0}\right)\right].$$

При убывании нагрузки при последующих проходах колеса суммарная глубина следа определяется по зависимости

$$h_n = \frac{p_0}{\kappa}\left[Arth\left(\frac{\sigma_1}{p_0}\right) + \kappa_\kappa \sum_{i=2}^{n} \lg\left(\frac{i}{i-1}\right) Arth\left(\frac{\sigma_i}{p_0}\right)\right]. \tag{9}$$

Выводы

1. При выборе зависимости «сопротивление — осадка почвы» следует учитывать тип агрофона. Для связных почв следует использовать зависимость (4), для почв, подготовленных под посев, – зависимость (5).

2. Предложенные зависимости (7) - (9) могут быть использованы для определения глубины следа при проходе колесных ходовых систем с различной нагрузкой.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТАНОВКИ ОКА — 1,0 ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЕНТ С СЕМЕНАМИ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

В.Н.Кондратьев (БелНИИМиЛ, Н.П. Гурнович (БАТУ)

В лаборатории «Механизация мелиоративных работ» БелНИИМиЛ создана установка ОКА-1,0 для изготовления армированных непроросших травяных ковров с использованием полиэфирных и органических