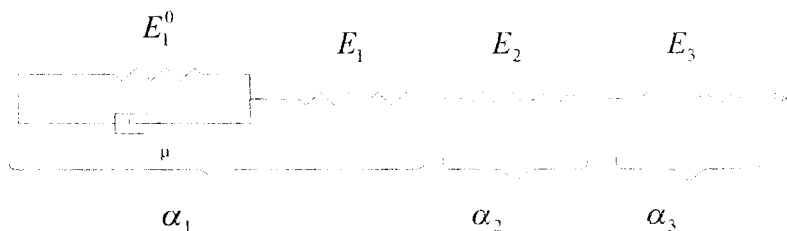


Влияние пористости почвы на ее деформацию при динамических нагрузках

Чигарев Ю. В., докт. физ.-мат. наук, профессор, **Романюк Н.Н.**, БГАТУ, г. Минск, **Новошейский Р.**, Щетинская с/х академия, г. Щетин, РП

Для описания законов неупругого сопротивления почв часто используются реологические модели Фойгта или Максвелла. В случае динамического нагружения данные модели имеют недостатки. Среда Фойгта в момент приложения ударной (динамической) нагрузки ведет себя как несжимаемая, а среда Максвелла при действии стационарной нагрузки неограниченно деформируется. Для решения волновых задач наиболее подходит модель обобщенной вязкоупругой среды. Так как уплотнение почвы происходит за счет переупаковки жидких и твердых частиц, то модель почвы в общем случае можно рассматривать как 3-х фазную среду, состоящую из твердой, жидкой и газообразной фаз (рис.).



В одномерном случае относительная деформация единичного объема почвы будет:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 \cdot \alpha_1 + \varepsilon_2 \cdot \alpha_2 + \varepsilon_3 \cdot \alpha_3 \quad (1)$$

где: ε_i, α_i ($i = 1, 2, 3$) - относительная деформация и концентрация объемов газообразной, жидкой и твердой фаз соответственно. Так как давление пневматических колес на почву менее 1 МПа, то объемы твердой и жидкой фаз можно считать несжимаемыми, т.е. $\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0$

Тогда полная деформация единичного объема будет:

$$\varepsilon = \alpha_1 \cdot \varepsilon_1 \quad (2)$$

Газообразная фаза почвы характеризуется наличием в ней пор (пористостью).

Связь между напряжением и деформацией в любой момент времени для обобщенной вязкоупругой среды будет иметь вид:

$$\mu \cdot \varepsilon_1 + \dot{\varepsilon}_1 = \frac{\dot{\sigma}}{E_{\mu}} + \frac{\mu \cdot \sigma}{E_c}, \quad (3)$$

где: ε_1 - деформация пружины;

σ - нормальное напряжение;

E_d - динамический модуль упругости пружины $|E_1|$

E_1^0 - модуль упругости пружины $|E_1^0|$;

$\dot{\varepsilon}_1^0$ - скорость распространения деформации;

η - коэффициент вязкости.

$\dot{\sigma}$ - скорость распространения напряжения;

$E_c = \frac{E_d \cdot E_1^0}{E_d + E_1^0}$ - статический модуль упругости;

$\mu = \frac{E_d \cdot E_c}{(E_d - E_c) \cdot \eta}$ - параметр вязкости.

Нагрузка, действующая на движитель, определяется по формуле:

$$Q(t) = P + G(t), \quad (4)$$

где $G(t) = P_0 \cdot \sin \omega \cdot t$;

P - статическая (постоянная) нагрузка;

$G(t)$ - динамическая составляющая нагрузки, образованная дисбалансами вращающихся узлов машин и колебательным движением орудий.

В зоне контакта движителя с почвой напряжение изменяется:

- при синусоидальном нагружении:

$$\sigma = 0 \quad \text{при} \quad t \leq 0; \quad (5)$$

$$\sigma = \sigma_m \cdot \sin \omega \cdot t \quad \text{при} \quad 0 \leq t \leq \infty,$$

- при ударном нагружении:

$$\sigma = \sigma_m (1 - t / \Theta) \quad \text{при} \quad 0 \leq t \leq \Theta; \quad (6)$$

$$\sigma = 0 \quad \text{при} \quad 0 \geq t, \quad t \geq \Theta.$$

Решая совместно (3) и (5), а также (3) и (6), находим изменение деформации почвы:

- при синусоидальном нагружении:

$$\varepsilon_1(t) = \frac{K}{\omega^2 + \mu^2} \cdot (\omega \cdot \sin \omega \cdot t + \mu \cdot \cos \omega \cdot t) + \frac{L}{\omega^2 + \mu^2} (\mu \cdot \sin \omega \cdot t - \omega \cdot \cos \omega \cdot t) + Ce^{-\mu t} \quad (7)$$

$$\text{где: } C' = \frac{\sigma_m}{E_d} + \frac{L \cdot \omega}{\omega^2 + \mu^2} - \frac{K \cdot \mu}{\omega^2 + \mu^2}; K = \frac{\sigma_m \cdot \omega}{E_d}; L = \frac{\mu \cdot \sigma_m}{E_s}.$$

- при ударном нагружении:

$$\varepsilon_i(t) = -\frac{D}{\mu} - \frac{B}{\mu^2}(\mu \cdot t - 1) + Me^{-\mu t}, \quad (8)$$

$$\text{где: } M = \frac{\sigma_m}{E_d} + \frac{D}{\mu} - \frac{B}{\mu^2}, B = \frac{\mu \cdot \sigma_m}{\Theta \cdot E_c};$$

$$D = \frac{\sigma_m}{\Theta \cdot E_d} \cdot \left(1 - \frac{E_d}{E_c} \cdot \mu \cdot \Theta \right).$$

Задавая различные величины концентрации объемов α_1 по формулам (2), (7) и (8), можно проследить, как влияет пористость почвы на ее деформацию при различных видах нагрузок.

Влияние статических и динамических нагрузок на изменение структуры почвы

Чигарев Ю. В., докт. физ.-мат. наук, профессор, **Романюк Н. Н.**, БГАТУ, г. Минск, **Костенский П.**, Щетинская с/х академия, г. Щетин, РП

Производство продуктов растениеводства неразрывно связано с обработкой почвы, с воздействием движителей и рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий на почву. В результате воздействия изменяются физико-механические свойства почвы: плотность, твердость, пористость, изменяется ее структурный состав. В верхних слоях происходит уничтожение гумусообразующих живых веществ.

Агрономически ценной является только такая структура, которая обеспечивает почвенное плодородие. С этой точки зрения ценной частью почв считают агрегаты размером от 0,25мм до 10мм. Поэтому одним из резервов повышения производства сельскохозяйственной продукции является снижение уплотняющего воздействия на почву ходовых систем машинно-тракторных агрегатов (МТА).

Основным фактором, влияющим на уплотнение почвы, является давление ходовой системы, зависящее от типа движителя, давления воздуха в шине, скорости движения МТА, типа почвы, рельефа поверхности, статических и динамических нагрузок. С ростом массы машинно-тракторных агрегатов и их рабочих скоростей, значительно увеличиваются динамические нагрузки на почву, превосходящие статические в несколько раз, что вызы-