

$$\Delta\delta_3 = \frac{\Delta V_3^\delta}{V_3 + \Delta V}, \text{ а внутреннее – скольжение } \Delta\delta_4 = \frac{\Delta V_4^s}{V_4 - \Delta V}.$$

Полученная расчетная схема используются при построении модели и программы расчета поворота трактора с тяговой нагрузкой.

### Силы и реакции почвы, действующие на пахотный агрегат на базе мобильного энергосредства.

**Миранович О. Л.**, канд. техн. наук, **Головач В. М.**, аспирант, БГАТУ, г. Минск

Под мобильным энергосредством понимается средство малой механизации (СММ), работающее с канатной тягой орудия и без нее (рис. 1 и 2).

При прямолинейном установившемся движении и трогании, на СММ в продольной плоскости действуют следующие внешние силы и реакции:  $G$  – вес СММ с продольной координатой  $a$  от центра тяжести до прямой, проведенной через геометрическую ось колес перпендикулярно опорной поверхности,  $V_k$  – нормальные реакции дороги, приложенные к ведущим колесам, смещенные вперед на расстояние  $a_k$  от прямой, проведенной через ось ведущих колес перпендикулярно их опорной поверхности,  $X_k$  – реакции дороги, параллельные опорной поверхности, действующие по направлению движения, равные толкающей силе, приложенной в геометрической оси ведущих колес,  $V_n$  – нормальные реакции дороги, приложенные к ведомым колесам, смещенные вперед на расстояние  $a_n$  от прямой, проведенной через ось ведомых колес перпендикулярно их опорной поверхности,  $X_n$  – реакции дороги, параллельные опорной поверхности, действующие в сторону обратную движению,  $P_{кр.п}$  – тяговое сопротивление сельхозорудия, приложенное в точке  $K$  на глубине  $h_{кр}$  от опорной поверхности. Тяговое сопротивление направлено под углом  $\gamma_{кр}$  к этой поверхности,  $P_f$  – суммарная сила инерции поступательно движущихся масс, возникающая при неравномерной скорости движения и приложенная в центре тяжести СММ,  $P_{кр.я}$  – тяговое усилие в канате, передаваемое якорным устройством,  $V_y$  – нормальные реакции якорного устройства,  $X_y$  – продольная составляющая реакций якорного устройства,  $X_{кр.я}$  – реакции, возникающие в канате под действием силы  $P_{кр.я}$ .

Величина, направление и точка приложения результирующей  $P_{кр.п}$  зависит от характера выполняемой сельскохозяйственной операции, почвенных условий, состояния рабочих органов машины и др. Сложив векторы реакции  $P_{кр.п}$  с весом орудия  $G_n$ , получаем результирующую силу  $P_{кр.п.рез.}$  наклоненную под углом  $\theta$  к опорной поверхности (угол  $\theta = 18 \dots -23^\circ$  - для плугов общего назначения). Разложим ее на две составляющие:

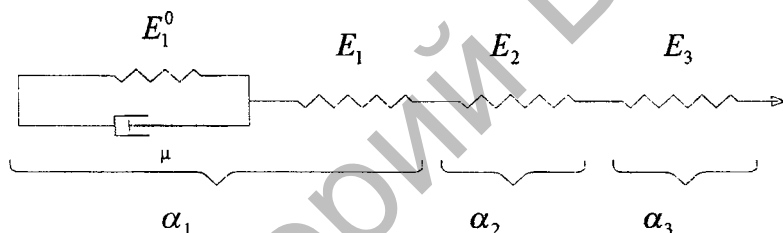




## Влияние пористости почвы на ее деформацию при динамических нагрузках

**Чигарев Ю. В.**, докт. физ.-мат. наук, профессор, **Романюк Н.Н.**, БГАТУ, г. Минск, **Нововойский 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:  $\varepsilon_i, \alpha_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) - 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:  $\varepsilon_1$  - деформация пружины;

$\sigma$  - 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;

$\eta$  - 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:

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

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

- при ударном нагружении:

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

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

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

- при синусоидальном нагружении:

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

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

- при ударном нагружении:

$$\varepsilon_1(t) = -\frac{D}{\mu} - \frac{B}{\mu^2}(\mu \cdot t - 1) + Me^{-\mu t}, \quad (8)$$

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

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

Задавая различные величины концентрации объемов  $\alpha_1$  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-