

УДК 629.114.2.001.32

СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ ТЯГИ

Докт. техн. наук, проф. Горин Г.С. (БМХС)

В результате тягового расчета определяют зависимости между показателями взаимодействия ходовой системы с почвой силовыми: P_k - касательной силой тяги, $P_{кр}$ - силой тяги, P_f - сопротивлением качению, с одной стороны, и кинематическими: δ - коэффициентом буксования, V - скоростью движения, с другой стороны. Ходовую систему характеризуют следующими параметрами: a - длиной и b - шириной пятна контакта, N - нормальной нагрузкой и q - распределением нормальных и τ - тангенциальных напряжений в контакте. Характеристики почвы задают обычно в виде зависимостей $q = f(h \text{ или } \Delta)$ либо $\tau = f(\Delta)$, где h и Δ - перемещение штампа-имитатора соответственно вертикальное и горизонтальное.

Аналогом описываемого процесса является пространственная контактная задача линейной или нелинейной теорий упругости. Решение плоской задачи деформирования упругого изотропного полупространства произвольной нагрузкой получено известным советским математиком Мусхелишвили И.И., а такой же задачи для анизотропного полупространства - Лихницким С.Г. Пространственные контактные задачи линейной и нелинейной теорий упругости не решены еще в общем виде. Поэтому для расчета зависимостей P_k , $P_{кр}$ и $P_f = f(\delta)$ для заданных условий на контакте применяют приближенные выражения, основанные на аппроксимационных зависимостях $q = f(h)$, установленных в результате пенетрационных, и $\tau = f(\Delta)$ в результате сдвиговых испытаний штампов-имитаторов.

Однако результаты таких расчетов обычно справедливы для узкого диапазона испытаний. Гляд показателей взаимодействия ходовых систем с почвой, таких как уплотнение почвы, не может быть рассчитан с помощью известных моделей, что не позволяет прогнозировать параметры ходовых систем мощных сельскохозяйственных тракторов и большегрузных прицепов.

Создание современной теории тяги в нашей стране и за рубежом стало возможным с развитием методов конечно-элементного

(МКЭ) анализа и распространением ЭЦМ с большим объемом памяти и быстродействием. В основу метода конечных элементов положена идея представления сплошной среды в виде ансамбля элементов конечных размеров, которые соединены в узловых точках. Начальные условия на контакте заданы в виде сил, приложенных в узлах.

Вначале выделена расчетная область под колесами в виде параллелепипеда. Размер расчетной области выбираем такими, при которых в граничной области было бы упругое деформирование и соблюдался принцип Сен-Венана. Для определения начальных значений сил и перемещений на граничных узлах можно воспользоваться решением Буссинеска. Для решения пространственной задачи конечные элементы выбраны в виде тетраэдров. В данной работе пользовались теорией малых упруго-пластических деформаций, извещенной Ильиным А.А., которая исходит из допущения, что интенсивности напряжений σ_i в почве - функция интенсивности деформаций ϵ_i под колесом

$$\sigma_i = \rho_0 h \frac{E_0}{\rho_0} \epsilon_i,$$

ρ_0 - предел текучей способности почвы, E_0 - модуль упругости почвы, а деформации почвы ϵ_m зависят от средних нормальных напряжений

$$\epsilon_m = \sigma_m / K,$$

K - модуль объемного сжатия почвы.

В результате решения полученной системы уравнений МКЭ установлены качественно новые результаты. Например, получено, что увеличивая пятно контакта шины мощных тракторов, таких как К-701, можно снизить уплотнение поверхностных слоев почвы. При этом, однако, накапливается уплотнение в подпахотном горизонте.