ранённые характеристики механических свойств почвы – несущая способность, коэффициент объемного смятия и др. зависят от размеров и формы штампов, режима нагрузки и потому константами почвы не являются. У катящегося колеса равнодействующая сил сопротивления качению направлена под углом к вертикали, и в этом случае имеет место горизонтальное прессование почвы, которое при определенном соотношении глубины колеи и диаметра колеса может достигать значительной величины. С увеличением нагрузки на шину, вследствие радиальной деформации, увеличивается площадь ее контакта, причем форма пятна изменяется, что не учитывается при вдавливании штампа. Существенные различия в деформировании почвы колесом и штампом вносит фактор скорости. При качении колеса скорость деформирования изменяется от максимума на входе в контакт до нуля в мгновенном центре вращения.

Учитывая сложность процесса взаимодействия пневматического колеса с почвой и обилие влияющих факторов, наиболее объективной моделью может быть колесо уменьшенных размеров, находящееся в отношении подобия к исследуемому.

КАЧЕНИЕ КОЛЕСНОГО ДВИЖИТЕЛЯ С ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ШИНОЙ ПО ГРУНТУ С УПРУГО-ВЯЗКО-ПЛАСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

В.А.Скотников, Ю.В.Чигарев (БИМСХ)

В работе строится математическая теория взаимодействия колесного движителя с пневматической шиной и грунта с упруго-вязко-пластическими свойствами.

Закон деформации пневматической шины примем в виде [I]

$$\sigma = E_ш e_ш \,. \qquad (I)$$

Здесь $E_{ш}$ – коэффициент деформации шины, σ – нормальные контактные напряжения, $e_{ш}$ – радиальная деформация шины.

Многие среды обнаруживают при деформации совместное проявление упругих, вязких и пластических свойств. Эксперименты показывают, что к таким средам относится и грунт. Для описания поведения подобных сложных сред нужны соответствующие модели.

Пусть напряженное деформированное состояние в каждой точке грунта определяется моделью, схема которой приведена на рис.I [2]. Реологическое уравнение указанной модели можно представить в виде

$$\sigma^{*} = E_r\, e_r^{*}, \qquad (2)$$

где

$$\sigma^{*} = \frac{1}{c}\left[(E_r + c)\sigma - V_k \mu \frac{d\sigma}{dx} - E_r k\right];$$

$$e_r^{*} = e_r - \frac{1}{c} V_k \mu \frac{de_r}{dx}. \qquad (3)$$

В уравнения (2), (3) входят следующие параметры: c – коэффициент упрочнения грунта, E_r – модуль Юнга, μ – коэффициент вязкости, k – коэффициент пластичности, V_k – скорость оси колеса, e_r – нормальная относительная деформация грунта.

Соотношение (2) выражает линейный закон деформации сжатия грунта, в котором роль напряжений и деформаций играет соответственно σ^{*} и e_r^{*}.

Следуя Мусхелишвили, определим контактные напряжения с помощью метода сопряжения. Опуская промежуточные выкладки, получим [3].

$$\sigma^{*}(\zeta_0) = \frac{\sqrt{(\zeta_0 - a_1)(a_3 - \zeta_0)}}{N\pi z_{1(2)}} \int_{a_3}^{a_1} \frac{\zeta\, d\zeta}{\sqrt{(\zeta - a_1)(a_3 - \zeta)}}, \qquad (4)$$

где f – точка линии контактов, a_1, a_2 – проекция кривой контакта в зоне загрузки и разгрузки, N – определенная функция параметров шины и грунта.

Истинные напряжения на линии контакта получим подставив (4) в (3). После интегрирования имеем

$$\sigma = \left(1 - e^{-\frac{e_1}{K}}\right) P_0 , \tag{5}$$

где K, P_0 – коэффициенты, зависящие от параметров грунта, причем P_0 – предел несущей способности.

Момент сопротивления качению колесного движителя будет иметь вид

$$M_f = \frac{1}{2} \lambda B P_0 (a_1^2 + a_2^2)\left(1 - e^{\frac{e_f}{K}}\right). \tag{6}$$

Здесь λ – коэффициент увеличения ширины колеи за счет боковой деформации шины, B – ширина профиля шины.

Из формулы (6) следует, что момент сопротивления качению зависит от свойств грунта и шины.

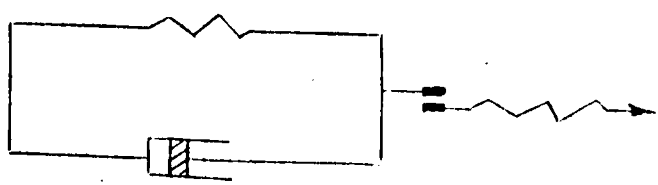

Рис. I