

УДК 630*377.4

Ю. А. Ким, доц., канд. техн. наук (БНТУ, г. Минск);
 М. Т. Насковец, доц., канд. техн. наук;
 Н. И. Жарков, ст. н. сотр., канд. техн. наук;
 В. И. Гиль, ст. преп., канд. техн. наук,
 (БГТУ, г. Минск)

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЛАДКОГО, ПНЕВМАТИЧЕСКОГО КОЛЕСА С БЕСКОНЕЧНЫМ ЛИНЕЙНО-ДЕФОРМИРУЕМЫМ ПОЛУПРОСТРАНСТВОМ.

Для учета изменения сопротивления грунтовых оснований по мере деформирования пользуются расчетными моделями, схематизирующими зависимость между нагрузкой на грунтовый массив и его осадкой. Наибольшее распространение имеет модель линейно-деформируемого полупространства [1]. Грунт рассматривается как сплошное однородное линейно-деформируемое тело, бесконечное вглубь, в стороны и ограниченное сверху плоскостью.

Исходные данные:

R_k – радиус колеса;

B – половина ширины колеса;

$R(y) = R_k - \alpha y^4$ – уравнение профиля шины;

E – модуль деформации почвы;

σ – коэффициент поперечной деформации;

$\lambda = \frac{E\sigma}{(1+\sigma)(1-\sigma)}$, $\mu = \frac{E}{2(1+\sigma)}$ Коэффициенты Ляме;

P_w – давление воздуха в шине;

C – коэффициент податливости шины;

H_0 – глубина погружения колеса в почву;

G – нагрузка на колесо;

M_f – Момент сопротивления качению колеса;

δ – коэффициент упругого восстановления почвы

P_k – касательная сила тяги

z, H – периоды изменения координат x и y , $z = 4R_k$; $H = 4B$;

β – коэффициент пропорциональности.

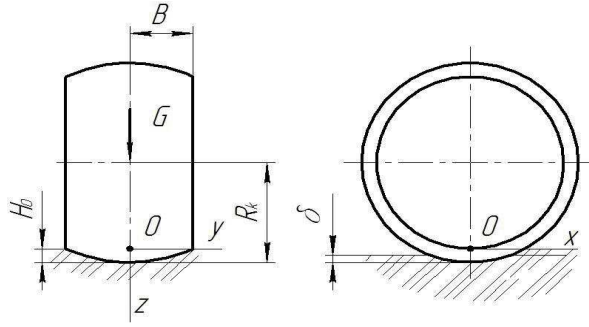


Рисунок 1 – Расчетная схема

1. Определить абсциссы границ пятна контакта

$$x_1(y) = -\sqrt{2(R_k - \alpha y^4)(H_0 - \alpha y^4)\delta - (H_0 - \alpha y^4)^2 \delta^2},$$

$$x_2(y) = \sqrt{(R_k - \alpha y^4)^2 - (R_k - H_0)^2}$$

2. Определить a_{ki} , α_{ki} , b_{ki} и β_{ki}

$$a_{ki} = \frac{2}{zH} \int_0^B \int_{x_1(y)}^{x_2(y)} f(x, y) c_k(x) dx] c_i(y) dy,$$

$$\alpha_{ki} = \frac{2}{zH} \int_0^B \int_{x_1(y)}^{x_2(y)} f(x, y) s_k(x) dx] c_i(y) dy.$$

Где $f(x) = H_0 - R_k + \sqrt{(R_k - \alpha y^4)^2 - x^2}$, $b_{ki} = \beta_{ki} = 0$

$$c_k(x) = \cos\left(\frac{k\pi x}{z}\right), \quad c_i(y) = \cos\left(\frac{i\pi y}{H}\right), \quad s_k(x) = \sin\left(\frac{k\pi x}{2}\right)$$

3. Определить $M = \frac{a_{00}}{4} + cP_w$

4. Определить A_{ki} ; c_{ki} ; δ_{0i} ; ε_{0i} ; α_{0i} и A .

$$A_{ki} = \frac{(\delta_{ki} + a_{ki}) \left(1 + \pi \sqrt{\frac{k^2}{z^2} + \frac{i^2}{H^2}} nc + \frac{k\pi}{z} mc (\alpha_{ki} + \varepsilon_{ki})\right)}{\left(1 + \pi \sqrt{\frac{k^2}{z^2} + \frac{i^2}{H^2}}\right)^2 + \frac{k^2 \pi^2}{z^2} m^2 c^2 \beta}$$

$$c_{ki} = \frac{\left(1 + \pi \sqrt{\frac{k^2}{z^2} + \frac{i^2}{H^2}} nc\right) (\alpha_{ki} + \varepsilon_{ki}) - (\delta_{ki} + a_{ki}) \frac{k\pi}{z} \beta mc}{\left(1 + \pi \sqrt{\frac{k^2}{z^2} + \frac{i^2}{H^2}} nc\right)^2 + \frac{k^2 \pi^2}{z^2} m^2 c^2 \beta}$$

$$m = (1 + A) + 2\mu A, \quad m = (1 + A)(\lambda + 2\mu), \quad A = \frac{2(\lambda + 2\mu)}{k + 3}$$

5. Определить функцию деформации $\varphi_3(x, y, 0)$.

$$\varphi_3(x, y, 0) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{10} A_{0i} c_i(y) + \sum_{k=1}^{10} \sum_{i=1}^{10} A_{ki} c_k(x) c_i(y) + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{10} c_{k0} s_k(x) + \sum_{k=1}^{10} \sum_{i=1}^{10} c_{ki} s_k(x) c_i(y)$$

6. Определить коэффициенты f_{ki} , λ_k , m_k , n_k , ε_i

$$f_{ki} = A\beta \frac{k^2 \pi}{z^2 \sqrt{\frac{k^2}{z^2} + \frac{i^2}{H^2}}} - \beta \pi \sqrt{\frac{k^2}{z^2} + \frac{i^2}{H^2}}, \quad \lambda_k = (1 + A) \frac{k\pi}{2},$$

$$m_k = \frac{k\pi}{z} - \beta c_{k0} (A - 1)$$

$$n_k = \frac{k\pi}{z} (1 + A) c_{k0}, \quad \varepsilon_i = -\frac{\beta i \pi}{H} A_{0i}$$

7. Определить коэффициенты M_{ki} , E_{ki}

$$M_{ki} = A_{ki} f_{ki} + c_{ki} \lambda_k, \quad E_{ki} = c_{ki} f_{ki} - A_{ki} \lambda_k$$

8. Определить касательное напряжение P_{zx_0} в каждом центре тяжести

$$P_{zx_0} = \mu \left[\sum_{k=1}^{10} \sum_{i=1}^{10} M_{ki} c_k(x) c_i(y) + \sum_{k=1}^{10} \sum_{i=1}^{10} E_{ki} s_k(x) c_i(y) + \sum_{k=1}^{10} m_k c_k(x) + \sum_{k=1}^{10} \varepsilon_i c_i(y) \right]$$

9. Определить касательную силу тяги P_k

$$P_k = \int \int_{(F)} P_{zx_0} dF$$

10. Определить давление P_{zz_0} в каждом центре тяжести

$$P_{zz_0} = -A \frac{\pi}{2z} \sum_{k=1}^{10} k \varepsilon_{k0} c_{k0} c_k(x) - A \sum_{k=1}^{10} \sum_{i=1}^{10} \sqrt{\frac{k^2}{z^2} + \frac{i^2}{H^2}} \varepsilon_{ki} c_k(x) c_i(y) -$$

$$A \pi \sum_{k=1}^{10} \sum_{i=1}^{10} \sqrt{\frac{k^2}{z^2} + \frac{i^2}{H^2}} \delta_{ki} c_i(x) s_k(x) - A \sum_{k=1}^{10} \frac{k\pi}{z} \delta_{k0} s_k(x)$$

11. Определить нагрузку на колесо G и момент сопротивления качению M_f

$$G = \int \int_{(F)} P_{zz_0} dF, \quad M_f = \int \int_{(F)} x P_{zz_0} dF$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабков В. Ф., Безрук В. М. Основы грунтоведения и механика грунтов. М.: Высшая школа, 1976. 325 с.