

УДК 629.336.023.1

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МНОГОКОЛЕСНЫХ ХОДОВЫХ СИСТЕМ С ПОЧВОЙ

Гедроить Г.И.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Бобрышов А.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,Безручко А.Ф.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Занемонский С.В.<sup>1</sup><sup>1</sup>БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь<sup>2</sup>СтГАУ, г. Ставрополь, Российская Федерация

У машинно-тракторных агрегатов для внесения органических и минеральных удобрений, работающих с прицепами, транспортировщиками рулонов по одному следу проходит 4...5 колес. В составе тракторных поездов количество колес одного борта может увеличиваться до семи. Колеса имеют разные размеры, жесткость и конфигурацию профиля шин, давление воздуха в шинах, нагрузки. При решении задач оптимизации параметров ходовых систем необходимо учитывать изложенные обстоятельства.

Обосновано, что поверхность контакта шины с почвой можно представить в виде усеченного эллиптического параболоида [1, 2]. Уравнение поверхности этого параболоида получено в виде:

$$z = h + \lambda - \frac{y^2}{\frac{b_0^2}{\Delta}} - \frac{x^2}{2R - h - \lambda},$$

где  $b_0, \Delta$  – характерные размеры шины, определяющие форму части ее профиля, контактирующую с опорной поверхностью. Для большинства шин  $2b_0$  – ширина беговой дорожки,  $\Delta$  – стрела дуги протектора (высота беговой дорожки). Для торообразных и оболочковых шин  $2b_0$  – ширина профиля шины,  $\Delta$  – половина высоты профиля шины. В частных случаях могут быть приняты промежуточные значения названных параметров;  $h$  – глубина следа;  $\lambda$  – радиальная деформация шины;  $z, x, y$  – координаты.

Схема взаимодействия колес с почвой при качении по следу приведена на рисунке 1. На колесо радиуса  $R$  действуют нормальная нагрузка  $G$ , толкающая сила  $P$ . После прохода колеса остаются максимальная остаточная  $h_{m1}$  и средняя остаточная  $h_{s1}$  глубина следа. Индексом 1 обозначены параметры, относящиеся к предшествующему колесу.

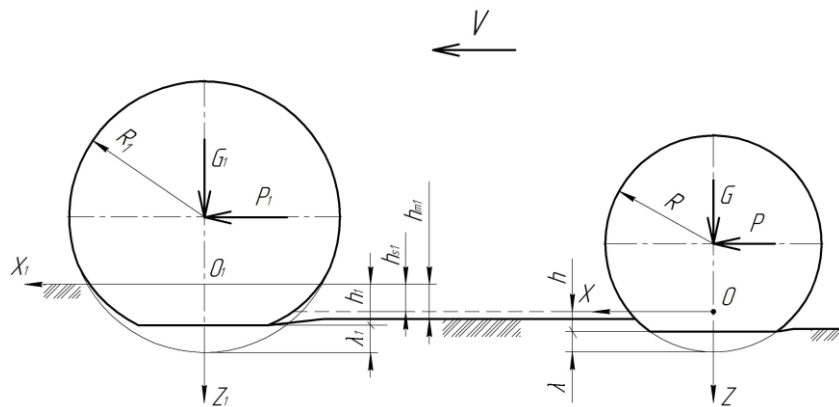


Рисунок 1 – Расчетная схема при движении колес по следу

Приняты следующие допущения:

- форма поверхности контакта каждого колеса описывается в соответствии с изложенными выше предпосылками;

- с целью соблюдения единого методологического подхода, сложная форма следа предшествующего колеса, полученного исходя из принятой поверхности контакта, усредняется по глубине;

- влияние касательных реакций почвы в контакте не учитываем;

- распределение нормальных давлений в контакте подчиняется закону гиперболического тангенса, предложенного В.В. Кацыгиным;

- упругие деформации почвы не влияют на процесс качения исследуемого колеса. Они восстанавливаются к моменту прохода следующего колеса.

Определить глубину следа и силу сопротивления качению любого колеса многоколесной ходовой системы в наиболее общем случае можно при решении уравнений:

для глубины следа

$$h = \frac{\sigma_0}{K} \operatorname{arth} \frac{G_{nl}}{2b_0\sigma_0\sqrt{(2R-\lambda)\Delta} \left( \sqrt{\frac{\lambda}{\Delta}-1} + \frac{\lambda}{\Delta} \arcsin \sqrt{\frac{\Delta}{\lambda}} \right)} - h_{s1};$$

$$G = \frac{\alpha b_0 \sigma_0^2}{K} \sqrt{\frac{2R-h-\lambda}{\Delta}} \ln \frac{ch \frac{K}{\sigma_0} (h_{s1} + h)}{ch \frac{K}{\sigma_0} h_{s1}} + G_{nl},$$

для силы сопротивления качению

$$P_f = P_{fn} + P_{fu}; \quad P_{fn} = \frac{2b_0\sigma_0^2}{K} \ln \frac{ch \frac{K}{\sigma_0} (h_{s1} + h)}{ch \frac{K}{\sigma_0} h_{s1}}; \quad P_{fu} = K_u B_k \lambda,$$

где  $\sigma_0$  – несущая способность почвы;  $K$  – коэффициент объемного смятия почвы  $k$ , приведенный к размерам колеса;  $R$  – свободный радиус колеса;  $h_{s1}$  – средняя остаточная глубина следа от предшествующих колес;  $\alpha$  – расчетный коэффициент;  $G$  – нормальная нагрузка на колесо;  $G_{nl}$  – часть нагрузки, воспринимаемая в плоской части контакта шины с почвой.

Принимается по характеристике шин на жестком основании [3];  $P_f$  – сила сопротивления качению колеса;  $P_{fn}$  – составляющая силы сопротивления качению из-за деформации почвы;  $P_{fu}$  – составляющая силы сопротивления качению из-за деформации шины;  $B_k$  – ширина плоской зоны контакта шины с почвой;  $K_u$  – давление шины на дорогу при нулевом значении давления воздуха в шине.

Предложенная модель позволяет рассчитать силу сопротивления качению и глубину следа от многоколесных ходовых систем с учетом реальных параметров шин и эксплуатационных факторов.

#### Литература

1. Горин Г.С. Исследование колееобразования при качении ведомого колеса / Горин Г.С., Гедроить Г.И., Юреть И.Е. // Воздействие ходовых систем сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов на почву: сб. науч. трудов. – Горки, 1991. – С. 11-18.
2. Гедроить Г.И. Сопротивление качению ведомых пневматических колес / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2010, № 1. – С. 26–30.
3. Гедроить Г.И. Опорные свойства шин для сельскохозяйственной техники / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2009, № 4. – С. 23–27.