

ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ ПОЧВ ПРИ МНОГОКРАТНЫХ ПРОХОДАХ КОЛЕС

Г.И. Гедроить, к.т.н., доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Введение

При работе в поле многих машинно-тракторных агрегатов по одному следу проходит 4..5 колес. Колеса имеют разные размеры, конфигурацию профиля шин, давление воздуха в шинах. Нормальные нагрузки на единичное колесо достигают 50 кН и более, давление воздуха в шинах может превышать 370 кПа. При решении задач оптимизации параметров ходовых систем необходимо учитывать изложенные обстоятельства.

Основная часть

Обосновано, что поверхность контакта шины с почвой можно представить в виде усеченного эллиптического параболоида [1].

Схема взаимодействия колес с почвой при качении по следу приведена на рис. 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. Для рассматриваемого колеса глубина следа и деформация шины обозначены как h и λ . Индекс 1 относится к параметрам предшествующего колеса.

Для шин учтены также характерные размеры b_0, Δ . Для большинства шин $2b_0$ – ширина беговой дорожки, Δ – стрела дуги протектора (высота беговой дорожки). Для торообразных и оболочковых шин $2b_0$ – ширина профиля шины, Δ – половина высоты профиля шины. В частных случаях могут быть приняты промежуточные значения названных параметров.

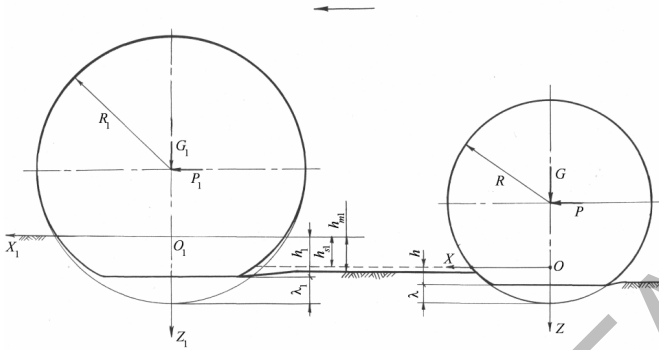


Рисунок 1. Расчетная схема при движении колес по следу

Принято, что нормальные к поверхности контакта реакции почвы распределяются по закону гиперболического тангенса, предложенного В.В. Кацыгиным. Для колеса, движущегося по следу, значения этих реакций q определяются по формуле:

$$q = \sigma_0 \operatorname{th} \frac{K}{\sigma_0} (h_{s1} + z),$$

где σ_0 – несущая способность почвы;

K – коэффициент объемного смятия почвы.

Форма сечения следа после прохода реальных пневматических колес отличается от прямоугольной. Поэтому для каждого колеса рассматриваем среднюю остаточную h_s и среднюю полную h_c глубину следа. Они связаны выражением:

$$h_s = h_c (1 - K_y),$$

где K_y – коэффициент упругости почвы, представляющий отношение упругой деформации почвы к полной.

При деформациях шин меньших параметра Δ основные выражения для расчета глубины колеи колеса движущегося по следу получены в виде:

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

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

где G_{nl} – часть нагрузки, воспринимаемая в плоской части контакта.

При деформациях шин больших параметра Δ расчетные формулы уточнены:

$$h = \frac{\sigma_0}{K} \operatorname{arth} \frac{G_{nl}}{2b_0 \sigma_0 \sqrt{(2R-\lambda)\Delta} \left(\sqrt{\frac{\lambda}{\Delta} - 1} + \frac{\lambda}{\Delta} \arcsin \sqrt{\frac{\Delta}{\lambda}} \right)} - h_{s1}, \quad (3)$$

$$G = \frac{\alpha b_0 \sigma_0^2}{K} \sqrt{\frac{2R-h-\lambda}{\Delta}} \ln \frac{ch \frac{K}{\sigma_0} (h_{s1} + h)}{ch \frac{K}{\sigma_0} h_{s1}} + G_{nl}, \quad (4)$$

где α – расчетный коэффициент.

Полагаем, что нагрузка, воспринимаемая плоской частью контакта шины с почвой, равняется нагрузке, воспринимаемой шиной на жестком основании при одинаковом значении деформации шины λ . Значение G_{nl} является функцией нормальной нагрузки на колесо, давления воздуха в шине, размеров шины, жесткости каркаса шины, формы профиля шины. Определяется по экспериментальным характеристикам деформации шин на жестком основании либо аналитически [2].

В формулах (1), (2), (3), (4) неизвестны параметры G_{nl} , h , λ . Поэтому задаем значение λ , определяем G_{nl} и вычисляем h по формулам (1), (3). Подставляем полученные значения в формулы (2), (4) и сравниваем результат с известной нормальной нагрузкой на колесо G . Путем последовательных пересчетов можно добиться с заданной точностью равенства левой и правой частей уравнения (2), (4). В результате будут известны значения глубины следа h и деформации шины λ на почве.

Значения средней полной глубины следа в рассматриваемых случаях определяются из выражений: $h_c = \frac{2}{3} \frac{\sqrt{(h+\lambda)^3} + \sqrt{\lambda^3}}{\sqrt{h+\lambda}}$ и $h_c = h$.

При определении параметров взаимодействия с почвой многоколесных ходовых систем, каждое колесо рассматривается отдельно с учетом параметров предшествующего следа. Это позволяет учесть параметры каждой из шин, произвольное распределение нагрузок по колесам. Общая глубина следа и сила сопротивления качению системы колес определяются суммированием составляющих отдельных колес.

Заключение

Разработанная математическая модель взаимодействия многоколесных ходовых систем с почвой позволяет определять глубину следа системы колес с учетом конструктивных особенностей шин. Расчет базируется на данных о параметрах почвы, шин и о нагрузочных характеристиках шин на жестком основании.

Литература

1. Гедроить, Г.И. Сопротивление качению ведомых пневматических колес / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2010, № 1. – С. 26-30.
2. Гедроить, Г.И. Опорные свойства шин для сельскохозяйственной техники / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2009, № 4. – С. 23-27.

УДК 629.3.032

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Г.И. Гедроить, к.т.н., доцент, В. В. Михалков, ст. преподаватель
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь*

Введение

Автомобильный транспорт в условиях современного сельского хозяйства занят как на транспортировке грузов на большие рас-