

УДК 631.3.03

Г.И.Гедроить, канд. техн. наук, доцент, А.Ф. Безручко,
канд. техн. наук, доцент, А.В.Захаров, канд. техн. наук,
доцент, Т.А. Варфоломеева, инж., ст. преподаватель.
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» г. Минск, Республика Беларусь

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОФИЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН

Введение

Интенсификация земледелия, повышение производительности труда, сокращение трудовых ресурсов приводят к повышению массы сельскохозяйственной техники, увеличению воздействия их ходовых систем на почву. Поэтому вопрос оптимизации параметров ходовых систем, изыскания способов улучшения их показателей взаимодействия с почвой остается актуальным, особенно для колесной техники.

Детально описать математическими зависимостями профиль шины, конструкцию ее беговой дорожки, протекторной части, форму поверхности контакта сложно. Но изготовить для экспериментальных исследований образцы шин с варьированием значений отдельных конструктивных параметров также очень сложно и дорого. Поэтому математическое моделирование процесса взаимодействия колеса с опорной поверхностью является важным этапом при создании шин, при подборе их для конкретных машин. При этом возникает потребность в более точном описании исследуемых элементов.

Основная часть

Предлагается математическая модель процесса взаимодействия пневматического колеса с почвой, позволяющая исследовать влияние кривизны шины в радиальной плоскости на глубину следа и силу сопротивления качению на почве. Задача решена на основе объемного представления поверхности контакта шины с опорной поверхностью. Обосновано, что поверхность контакта шины с почвой можно представить в виде усеченного эллиптического параболо-

лоида [1,2]. Уравнение поверхности этого параболоида получено в виде:

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

где b_0 , Δ – характерные размеры шины, определяющие форму части ее профиля, контактирующую с опорной поверхностью. 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;

h – глубина следа;

λ – деформация шины;

x, y – координаты.

Параметры b_0 , Δ характеризуют кривизну шины в радиальной плоскости. Радиус кривизны в радиальной плоскости может быть найден из выражения:

$$r = \frac{b_0^2 + \Delta^2}{2\Delta}.$$

Принято допущение, что нормальные давления распределены по поверхности контакта в соответствии с функцией гиперболического тангенса, предложенной В.В. Кацыгиным:

$$q = \sigma_0 \operatorname{th} \frac{K}{\sigma_0} z,$$

где σ_0 – несущая способность почвы;

K – коэффициент объемного смятия почвы;

z – вертикальная осадка.

С учетом вышеизложенного получены выражения для расчета глубины следа и силы сопротивления качению колеса по почве. В частности для случая, когда беговая дорожка шины полностью выпрямляется и боковины шины частично погружаются в почву, указанные параметры можно определить следующим образом.

Глубину следа находим при совместном решении уравнений:

$$h = \frac{\sigma_0}{K} \operatorname{arth} \frac{G_{nl}}{2b_0\sigma_0\sqrt{(2R-\lambda)\Delta}\left(\sqrt{\frac{\lambda}{\Delta}-1} + \frac{\lambda}{\Delta} \arcsin \sqrt{\frac{\Delta}{\lambda}}\right)};$$
$$G = \frac{\alpha b_0\sigma_0^2}{K} \sqrt{\frac{2R-h-\lambda}{\Delta}} \ln ch \frac{K}{\sigma_0} h + G_{nl},$$

где G – нормальная нагрузка на колесо;

G_{nl} – часть нагрузки, воспринимаемая в плоской части контакта. Определяется по характеристикам шин на жестком основании. Ее значение зависит от размеров шины, нормальной нагрузки на колесо, давления воздуха в шине;

R – свободный радиус колеса;

α – расчетный коэффициент, зависящий от параметров шины и контакта [2].

Силу сопротивления качения колеса представим в виде двух составляющих P_{fn} и P_{fu} , учитывающих соответственно потери на деформацию почвы и шины:

$$P_f = P_{fn} + P_{fu}.$$

Составляющая силы сопротивления качению P_{fn} в рассматриваемом случае равняется:

$$P_{fn} = \frac{2b_0\sigma_0^2}{K} \ln ch \frac{K}{\sigma_0} h.$$

Значение составляющей силы сопротивления качению P_{fu} определим по формуле:

$$P_{fu} = K_u B_k \lambda,$$

где B_k – ширина плоской зоны контакта;

K_u – давление шины на дорогу при нулевом значении давления воздуха в шине.

Расчет силы сопротивления качению колеса в зависимости от значения стелы дуги протектора, характеризующей кривизну шин в

радиальной плоскости, показывает, что с уменьшением стрелы дуги протектора почти линейно снижается сила сопротивления качению. Расчет выполнен для случая качения колеса с шиной 22/70-20 по слежавшейся пахоте при нормальной нагрузке на колесо 30 кН.

Уменьшение стрелы дуги протектора с 70 мм (серийная шина 22/70-20 мод. Ф-118) до 10 мм (почти плоская шина) позволило бы снизить силу сопротивления качению в рассмотренных условиях примерно в 1,3 раза. Экспериментально подтверждено положительное влияние уменьшения кривизны шин в радиальной плоскости на показатели взаимодействия с почвой. Аналогичные по характеру экспериментальные данные приведены и в работе [3].

Заключение

1. Разработанная математическая модель взаимодействия пневматического колеса с почвой позволяет определять глубину следа и силу сопротивления качению колес в зависимости от значений диаметра шины, параметров профиля шины в радиальном сечении, нормальной нагрузки на колесо, деформации шины, давления воздуха в шине, свойств почвы. Модель построена на основе объемного представления поверхности контакта шины с почвой.

2. Для сельскохозяйственной техники целесообразно проектировать профиль шин с максимальным радиусом их кривизны в поперечной плоскости.

Список использованной литературы

1. Горин, Г.С., Исследование колеобразования при качении ведомого колеса / Г.С. Горин, Г.И. Гедроить, И.Е. Юреть // 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. Зайцев, С.Д. Тягово-сцепные качества высокоэластичных шин сверхнизкого давления / С.Д.Зайцев, С.В.Гончаренко, Л.С. Стребленченко, В.И. Прядкин, А.Б.Костин // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2008. – № 9. – С. 29-31.