© А.Л. Яблонев, 2010

УДК 622.331.002.5

А.Л. Яблонев

РАСЧЕТ ДЛИНЫ ДУГИ КОНТАКТА ДЕФОРМИРОВАННОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО КОЛЕСА С ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖЬЮ И ПЛОЩАДИ ИХ КОНТАКТА

Учет деформации колеса в зависимости от давления воздуха в шинах, параметров шин и нагрузки на колесо при определении площади контакта позволяет более точно определять возможность эксплуатации машины с пневматическим колесным ходом на торфяной залежи с теми или иными качественными характеристиками. В статье приводится методика расчета площади контакта колеса с торфяной залежью при наличии деформации.

Ключевые слова: торф, торфяная залежь, нормальная деформация, пневматическое колесо, площадь контакта, дуга контакта, давление воздуха в шине, эллипс.

Рассмотрим неподвижное пневматическое колесо радиусом r_1 при вдавливании его в торфяную залежь (рис. 1) в продольной плоскости на глубину H. Границы контактной поверхности колеса с залежью – точки A и C, образующие контактную дугу $\cup AC$. В зоне контакта колеса с залежью наблюдается не только просадка колеса на величину H, но и деформация шины на величину λ. Деформированная дуга контакта колеса радиусом r_1 дает возможность рассматривать взаимодействие с залежью колеса большего радиуса r_2. При этом границы контактной поверхности остаются теми же – точки A и C, а дуга AC образована окружностью большего радиуса

Найдем катет AB прямоугольного треугольника ABO_1:

$$|AB| = \sqrt{r_1^2 - (r_1 - (\lambda + H))^2} \qquad (1)$$

Раскрывая скобки и упрощая получим:

$$|AB| = \sqrt{2r_1(\lambda + H) - (\lambda + H)^2} \qquad (2)$$

С другой стороны, рассматривая прямоугольный треугольник ABO_2, имеем:

$$|AB| = \sqrt{r_2^2 - (r_2 - H)^2}. \qquad (3)$$

Раскрывая скобки и упрощая получим:

$$|AB| = \sqrt{2r_2H - H^2}. \qquad (4)$$

Приравнивая (2) и (4) получим:

$$\sqrt{2r_1(\lambda + H) - (\lambda + H)^2} = \sqrt{2r_2H - H^2}, \qquad (5)$$

или, имея в виду, что левая и правая части (5) – это одинаковые отрезки:

$$2r_1(\lambda + H) - (\lambda + H)^2 = 2r_2H - H^2 \qquad (6)$$

Решая (6) относительно r_2, получим:

$$r_2 = \frac{2r_1(\lambda+H) - (\lambda+H)^2 + H^2}{2H}. \qquad (7)$$

Полученная зависимость позволяет определить радиус замещающего колеса при деформировании его на величину λ и просадке в торфяной залежи на величину H.

Поверхность контакта колеса с залежью в продольной плоскости образована

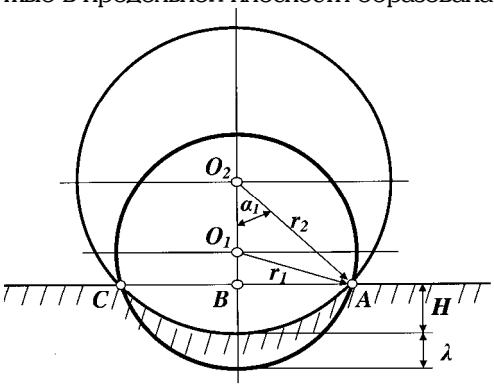

Рис. 1. Схема к определению приведенного радиуса колеса

передней дугой контакта $\cup DE$ и задней дугой контакта $\cup EF$, причем передняя дуга в два раза больше задней (рис. 2).

Определим центральные углы контакта колеса с залежью. Передний угол контакта [1]:

$$\alpha_1 = \arccos\frac{r_2 - H}{r_2}, \qquad (8)$$

и задний угол контакта:

$$\alpha_2 = 0,5\alpha_1. \qquad (9)$$

Тогда передняя дуга [1]:

$$L_1 = |DE| = \frac{\pi r_2 \alpha_1}{180}, \qquad (10)$$

задняя дуга контакта:

$$L_2 = |EF| = \frac{\pi r_2 \alpha_2}{180}. \qquad (11)$$

Полная дуга контакта колеса с залежью в продольной плоскости:

$$L = L_1 + L_2 = \frac{\pi r_2(\alpha_1 + \alpha_2)}{180}. \qquad (12)$$

Форму образующейся в результате контакта колеса с залежью опорной поверхности приближенно можно определить как эллипс площадью S и полуосями a и b (рис. 3). В качестве осей эллипса выступают найденные дуги контакта колеса с залежью в продольной L и поперечной M_3 [2] плоскостях. Площадь эллипса вычисляется по формуле [3]:

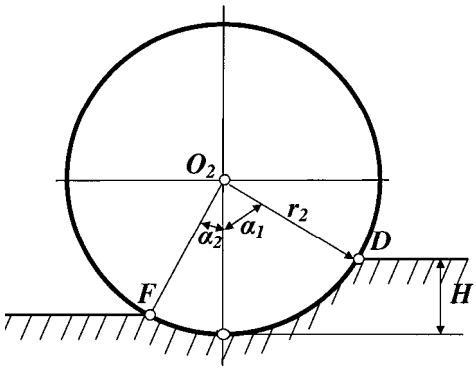

Рис. 2. Схема к определению дуги контакта колеса с грунтом

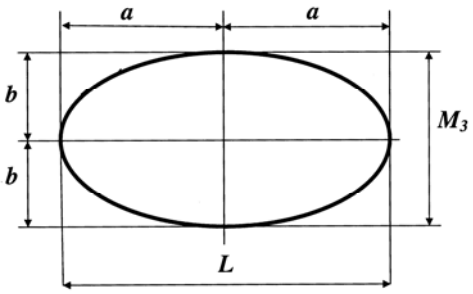

Рис. 3. Схема к определению площади контакта колеса с залежью

$$S = \pi ab = \frac{\pi}{4} L M_3. \qquad (13)$$

Результаты расчетов площади контакта деформированного пневматического колеса по данной методике для четырех типов тракторных колес в зависимости от давления воздуха в шинах и, соответственно, величины нормальной деформации шины, графически представлены на рис. 4. Для сравнения на этом же рисунке приведены данные расчетов площади контакта колеса с торфяной залежью по стандартной методике, не учитывающей ни давление воздуха в шинах, ни нормальную деформацию шины.

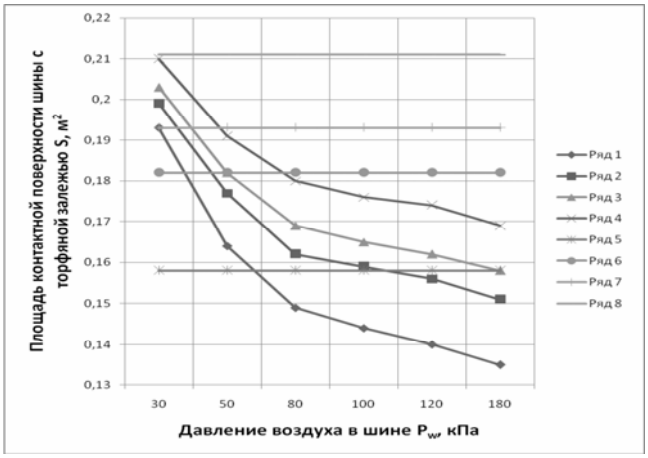

Рис. 4. Зависимость площади контактной поверхности пневматического колеса с залежью от давления воздуха в шине:
- с учетом деформации колеса ряд 1 (1000*400 мм), ряд 2 (1420*500 мм), ряд 3 (1500*600 мм), ряд 4 (1500*840 мм); без учета деформации колеса ряд 5 (1000*400 мм), ряд 6 (1420*500 мм), ряд 7 (1500*600 мм), ряд 8 (1500*840 мм)

Сравнение проводилось методом проверки нулевой гипотезы, состоящей в том, что различия в подсчете средних площадей по описанной и по стандартной методикам существенны [4]. Для каждого типа колеса определялась средняя площадь контакта с залежью $S_{ср}$ и дисперсия D, а оценка состоятельности нулевой гипотезы проводилась сравнением статистики $|\tilde{v}|$ с учетом параметра c на уровне значимости 0,05 с табличным критическим значением $|v|$.

Результаты расчетов показали, что для тракторных колес 1000*400 и 1420*500 сравниваемые средние площади контакта колеса с залежью являются оценками одной и той же генеральной средней. Для колес 1500*600 и 1500*840 сраниваемые средние площади контакта колеса с залежью не являются оценками одной и той же генеральной средней. Такие результаты позволяют сделать вывод о том, что деформация пневматического колеса оказывает существенное влияние на площадь его контакта с залежью при площади диаметрального сечения колеса большей 0,71 м^2. Это необходимо учитывать при проведении как проектных, так и проверочных расчетов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Акопян А.В., Заславский А.А.* Геометрические свойства кривых второго порядка. – М.: МЦНМО, 2007. – 136 с.

2. *Яблонев А.Л.* Расчет ширины площади контакта деформированного пневматического колеса с торфяной залежью // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. - № 7. – С. 21-23.

3. *Бронштейн И.И. Эллипс* // Квант, 1970. - № 9. – С. 12-14.

4. *Богатов Б.А., Копенкин В.Д.* Математические методы в торфяном производстве. – М.: Недра, 1991. – 240 с.

Коротко об авторе

Яблонев А.Л. – кандидат технических наук, ООО «Ортомед», главный инженер, alvovich @ mail. ru