

УДК 622.331.002.5

А.Л. Яблонев

РАСЧЕТ ДЕФОРМАЦИИ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО КОЛЕСА ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЕГО С ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖЬЮ

При взаимодействии пневматического колеса с торфяной залежью деформация шины либо не учитывается вообще, либо учитывается введением односложных коэффициентов. В то время, как при эксплуатации пневматических шин низкого давления, деформация оказывает существенное влияние на площадь контакта колеса с опорной поверхностью, удельное давление на грунт и сцепные свойства с грунтом. В статье описывается методика по расчету деформации пневматического колеса во взаимосвязи с давлением воздуха в шине, нагрузкой на колесо, просадкой колеса на торфяной залежи и коэффициентом упругости торфяной залежи.

Ключевые слова: торфяная залежь, пневматическое колесо, деформация, жесткость шины, просадка, коэффициент упругости, диаметр, ширина, давление воздуха в шине, нагрузка на колесо, площадь контакта.

Сопротивление качению колеса с пневматической шиной при его взаимодействии с торфяным грунтом, определяется работой, затрачиваемой на деформирование грунта и образование колеи. При этом деформация шины либо не учитывается вообще, либо учитывается введением односложных коэффициентов. Деформация шины во взаимосвязи с деформацией опорной поверхности изучена недостаточно и точных методик по ее оценке нет.

Деформацию шины, также как и деформацию торфяной залежи, можно вызвать работой, затрачиваемой на сжатие шины. Соотношение работ, затрачиваемых на деформацию грунта и сжатие шины может быть различным и зависит от плотности (прочности) грунта, давления воздуха в шинах, приложенных нагрузок и параметров шины.

Даже при качении колеса с пневматической шиной по недеформируемой поверхности определение

нормальной деформации шины вызывает значительные трудности. Еще сложнее обстоит дело, когда деформации шины и грунта (осадка колеса на торфяной залежи) сравнимы. Между тем, деформация шины, особенно низкого давления, во многом определяет форму площади контакта шины с залежью и, следовательно, такие параметры, как давление на опорную поверхность, силу сцепления колеса с залежью и силу сопротивления передвижению колеса.

Давление P_1 , с которым колесо воздействует на торфяную залежь равно давлению P_2 , с которым торфяная залежь воздействует на колесо. форма эпюры давления P_1 идентична форме эпюры давления P_2 . Иначе говоря, если колесо с приложенным к нему весом Q воздействует на торфяную залежь с силой F через площадь контакта S , то торфяная залежь воздействует на колесо точно такой же силой F через эту же контактную площадь S .

Давление P_2 воздействия торфяной залежи на колесо уравнивается внутренним давлением воздуха в шине P_w и жесткостью каркаса шины. Нагрузка, воспринимаемая колесами, полностью передается на опорную поверхность через площадь контакта и не зависит от давления воздуха в шине. Однако давление воздуха определяет величину нормальных напряжений на контактной поверхности f .

В момент первоначального контакта колеса с залежью всякая деформация отсутствует. В следующий момент можно говорить лишь о деформации залежи, так как прочность колеса значительно больше прочности залежи. При дальнейшем погружении колеса в залежь, залежь под колесом уплотняется, приобретая большую прочность, появляется незначительная заметная деформация колеса. И, наконец, при достижении состояния равновесия, когда погружение колеса в залежь прекращается, деформация колеса имеет наибольшее значение. Таким образом, последовательная работа по деформированию упругих элементов (торфяная залежь и пневматическое колесо) переходит в параллельную работу.

Универсальная формула для определения деформации шины может выглядеть следующим образом:

$$\lambda = \frac{Q}{C_p}, \text{ м}, \quad (1)$$

где Q – нагрузка на колесо, кН; C_p – жесткость пневматической шины, кН/м.

Жесткость шины для шин арочного профиля может быть определена по зависимости, предложенной В.М. Шпыневым (1):

$$C_p = \pi P_w \sqrt{DD_{\pi}}, \text{ кН/м}, \quad (2)$$

где D – наружный диаметр шины в продольной плоскости в ненагруженном состоянии, м; D_{π} – диаметр шины в поперечной плоскости в ненагруженном состоянии, м; P_w – давление воздуха в шине, кПа.

Для шин всех остальных профилей диаметр D_{π} в этой формуле заменяется на ширину колеса B .

Максимальное давление, оказываемое шиной на залежь, может быть определена по зависимости:

$$P_{\text{max}} = KH, \text{ кПа}, \quad (3)$$

где K – коэффициент упругости торфяной залежи, кН/м³; H – максимальная просадка колеса на залежи, м.

Максимальная просадка колеса в залежи может быть найдена по формуле, предложенной М.В. Мурашовым [2]:

$$H = \sqrt{\frac{2Q}{K\pi\sqrt{DD_{\pi}}}}, \quad (4)$$

где η – коэффициент деформации пневматической шины. По данным М.В. Мурашова, для шин на торфяной залежи $\eta = 0,8$.

В случае, когда нормальное напряжение на контактной поверхности шины по площади контакта шины с залежью и максимальное давление, оказываемое шиной на залежь описываются соотношением

$$\sigma = P_w \geq KH, \quad (5)$$

деформации шины не возникает. Уравнивание колеса на залежи достигается только просадкой колеса в залежи.

Если

$$\sigma = P_w < KH, \quad (6)$$

то работа затрачивается как на деформацию залежи, так и на деформацию пневматической шины.

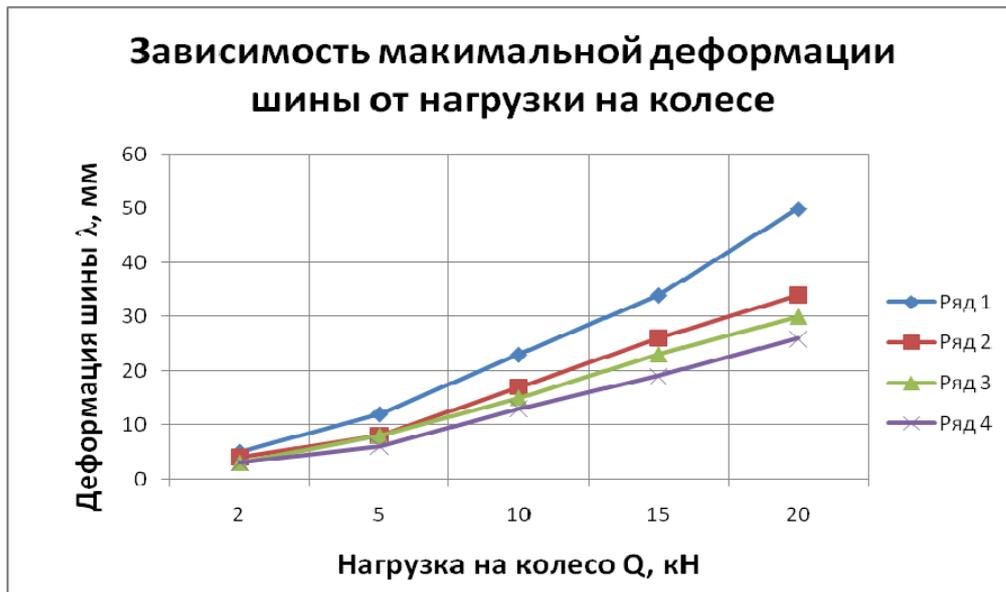


Рис. 1. Зависимость деформации шины от нагрузки на колесе

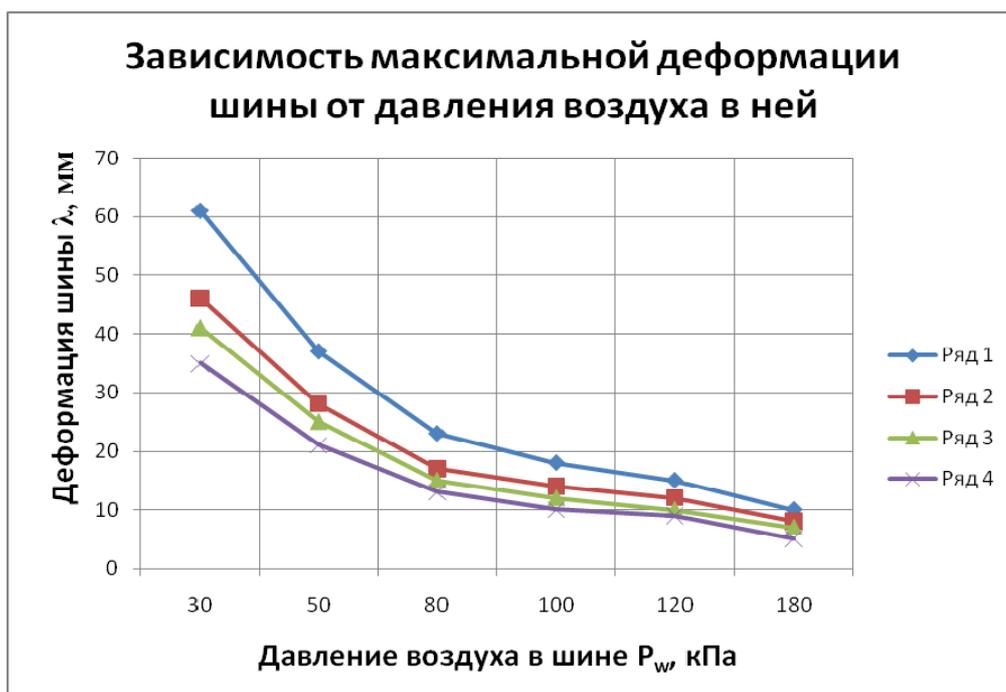


Рис. 2. Зависимость деформации шины от давления воздуха в ней

Перепишем (5) в виде:

$$P_w = P_{\max 1}, \quad (7)$$

можно определить при каком максимальном давлении колеса на залежь начинается деформация. Если же иметь в виду, что:

$$P_{\max 1} = KH_1, \quad (8)$$

то можно определить просадку колеса на залежи H_1 , при которой начинается деформация пневматической шины и продолжается деформация залежи:

$$H_1 = \frac{P_w}{K}, \text{ м} \quad (9)$$

Сила, затрачиваемая на полную деформацию торфяной залежи без деформации пневматической шины может быть найдена из зависимости (4), но без учета λ , так как данный коэффициент как раз и учитывает взаимное деформирование шины и залежи:

$$Q_1 = \frac{H^2 \pi K \sqrt{DD_{\text{п}}}}{2}, \text{ кН.} \quad (10)$$

Сила, затрачиваемая на деформацию пневматической шины Q_2 :

$$Q_2 = Q - Q_1 \text{ кН,} \quad (11)$$

где Q – общая нагрузка, приложенная к колесу, кН.

Тогда деформация пневматической шины, происходящая совместно с деформацией торфяной залежи:

$$\lambda = \frac{Q_2}{C_p}, \text{ м} \quad (12)$$

На рис. 1 и 2 представлены зависимости деформации шины от нагрузки на колесо и внутреннего давления воздуха в шине. Данные получены для 4-х типов тракторных шин: 1 - 1000×400 мм; 2 - 1420×500 мм; 3 - 1500×600 мм; 4 - 1500×840 мм. Коэффициент упругости залежи принят 1000 кН/м³.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шпынев В.М. О связи коэффициента упругости основания и жесткости пневматической шины // Механизация добычи торфа. – Калинин: КПИ, 1974. - № 17. – С. 35-37.

2. Торфяные машины / С.Г.Солопов, М.В.Мурашов, М.А.Миркин и др. Под ред. С.Г.Солопова. – М: Высшая школа, 1962. – 354 с. **ИЛАС**

Коротко об авторе

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

