

УДК 631.372

А. Ю. РЕБРОВ, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПИ»;
В. В. КУЧКОВ, аспирант НТУ «ХПИ»;
И. С. КРАСНОЯРУЖСКИЙ, магистр НТУ «ХПИ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ ТРАКТОРНЫХ ШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

В статье рассмотрена возможность улучшения тягово-сцепных свойств тракторных шин при выборе оптимальных параметров: вертикальной нагрузки и внутреннего давления воздуха в шине, с использованием известных методик, которые применяются при расчете взаимодействия ведущего колеса с опорной поверхностью.

Ключевые слова: трактор, буксование, сила тяги, нагрузка на колесо, деформация шины.

Введение. Колесные сельскохозяйственные тракторы являются основным тяговым агрегатом в сельском хозяйстве и широко используются во всем мире. Но, несмотря на преимущества колесных тракторов, они имеют недостатки, связанные с ограниченным использованием на ранних весенне-полевых работах при повышенной влажности почвы, что объясняется увеличенным буксованием колес и повышенным уплотняющим воздействием на почву.

Увеличение сцепного веса трактора, а также вертикальной нагрузки на колесо, способствует улучшению тяговых свойств колеса и сцепления с почвой. Но вертикальная нагрузка на колесо не должна превышать максимально допустимое значение при соответствующем давлении воздуха, которое указано в технической характеристике шины.

Поэтому возникает вопрос, при какой радиальной нагрузке и каком давлении будет получена максимальная касательная сила тяги, КПД ходовой системы и коэффициент использования сцепного веса и как будут меняться эти параметры, при варьировании давлением воздуха.

Анализ последних достижений и публикаций. Математические модели тягово-сцепных характеристик для колесного сельскохозяйственного трактора рассматривались в работе [1], где были получены статистический прогиб шины, площадь пятна контакта, деформация грунта и другие параметры колеса.

Зависимость касательной силы тяги колеса от коэффициента буксования по различным методикам, которые широко применяются при расчете тягово-энергетических показателей рассматривались в работах [2-4]. Сравнение этих методик на совмещенной топологии приведено в работе [5]. В работе [6] анализировались типоразмеры шин для трактора ХТЗ-17221 и построены универсальные характеристики шин по методике [4].

Цель и постановка задачи. Целью данной работы является исследование тягово-сцепных свойств одиночного колеса при варьировании внутришинным давлением воздуха и радиальной нагрузкой, решение задачи по определению оптимальной нагрузки на колесо.

Математическая модель. Математическая модель основана на исследовании взаимодействия ведущего колеса с деформируемой опорной поверхностью, в которой учитывается радиальная нагрузка на колесо, коэффициент буксования, давление воздуха в шине, типоразмер шины, физико-механическими свойствами почвы. Модель дает возможность получить собственную универсальную характеристику любой шины

по методикам, которые используются в расчетах трактора. Зависимости касательной силы тяги колеса от коэффициента буксования приведены в работе [5].

Универсальную характеристику шины рационально оценивать по КПД ходовой системы, который, в случае одиночного колеса, равен КПД колеса:

$$\eta_{\text{хс}} = \frac{F_{\text{к}} - P_{\text{ф}}}{F_{\text{к}}} \cdot (1 - \delta) \quad (1)$$

где $F_{\text{к}}$ – касательная сила тяги колеса, определенная с учетом радиальной нагрузки на колесо, внутришинного давления [1], коэффициента буксования [5];

$P_{\text{ф}}$ – сила сопротивления качению;

δ – коэффициент буксования колеса.

Коэффициент использования сцепного веса:

$$\varphi_{\text{кр}} = \frac{F_{\text{к}} - P_{\text{ф}}}{G_{\text{к}}} \quad (2)$$

где $G_{\text{к}}$ – радиальная нагрузка на колесо.

Полезная крюковая сила одиночного колеса:

$$F_{\text{кр}} = F_{\text{к}} - P_{\text{ф}} \quad (3)$$

Анализ результатов исследования. В качестве примера приведены результаты исследования и универсальная характеристика шины 21,3 R24 при различном давлении воздуха (табл. 1). В табл. 1, представлены значения крюковой силы колеса, коэффициента использования сцепного веса и вертикальной нагрузки в точках **А-Г** (рис. 1-2), которые соответствуют максимальному КПД колеса. Однако максимум КПД, определенный по методикам [2-4] имеет численное расхождение значений, связанное, в том числе и с характеристиками связных и несвязных почв.

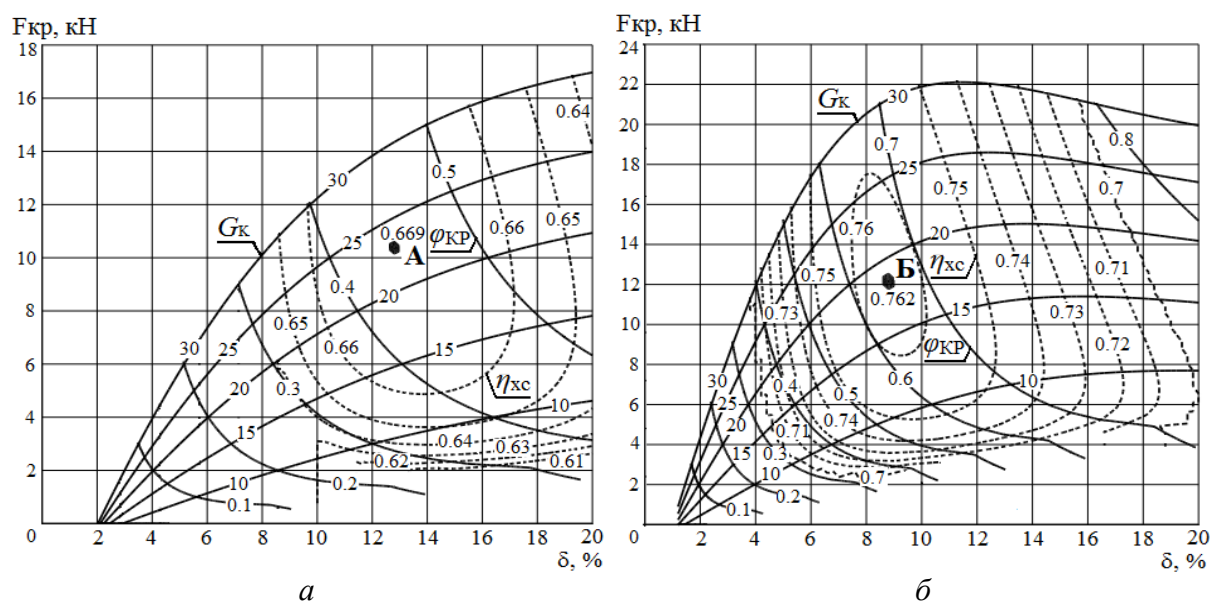


Рисунок 1 – Универсальная характеристика шины 21,3 R24 при давлении в воздухе в шине 0,1 МПа: *a* – методика [2]; *б* – методика [3].

Исследования показали, что для каждой шины существует свой максимальный КПД при определенной радиальной нагрузке. На рис. 1-2 приведены универсальные характеристики шины 21,3 R24 при давлении в шине 0,1 МПа для несвязных и связных почв. В табл. показаны основные параметры колеса при максимально возможном КПД при разном давлении по рассмотренным методикам [2-4].

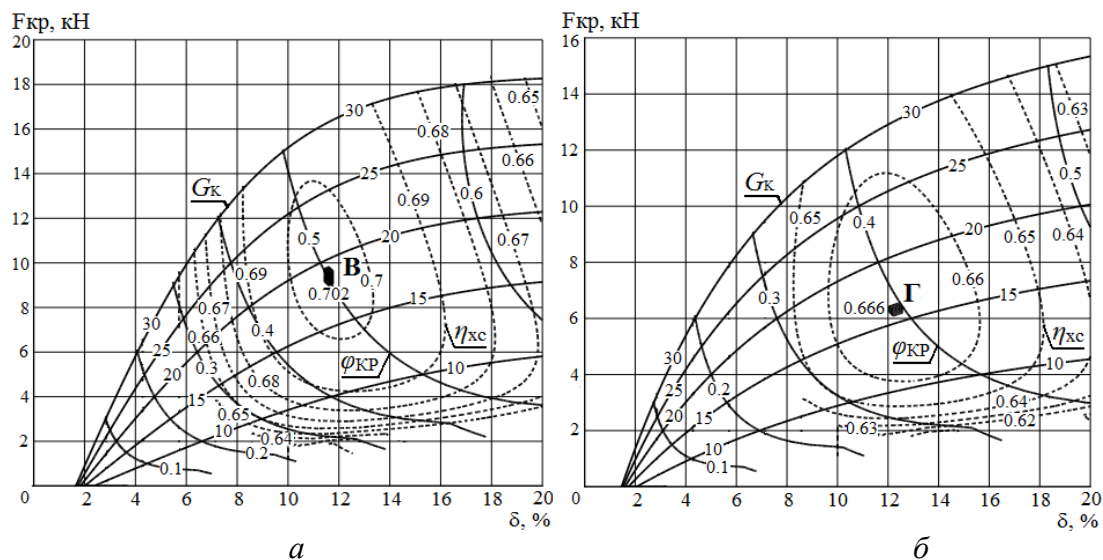


Рисунок 2 – Универсальная характеристика шины 21,3 R24 при давлении в воздухе в шине 0,1 МПа: а – методика [3]; б – методика [4].

Таблица – Параметры колеса с шиной 21,3 R24

Параметры колеса	Мет. [2]	Мет. [3]	Мет. [3]	Мет. [4]
Давление воздуха в шине 0,1 МПа				
Коэффициент буксования колеса δ , %	12,9	8,8	11,5	12,2
Полезная тяговая сила колеса $F_{кр}$, кН	10,4	12	9,5	6,3
Вертикальная нагрузка на колесо G_k , кН	23,1	18,4	18,5	16
Максимум КПД ходовой системы $\eta_{хс}$	0,669	0,762	0,702	0,666
Коэффициент использования сцепного веса $\phi_{кр}$	0,452	0,657	0,5	0,394
Давление воздуха в шине 0,12 МПа				
Коэффициент буксования колеса δ , %	13,2	8,9	11,8	12,6
Полезная тяговая сила колеса $F_{кр}$, кН	11,3	13,5	10,5	7,1
Вертикальная нагрузка на колесо G_k , кН	25	20,5	20,5	18
Максимум КПД ходовой системы $\eta_{хс}$	0,66	0,754	0,693	0,654
Коэффициент использования сцепного веса $\phi_{кр}$	0,451	0,653	0,499	0,393
Давление воздуха в шине 0,14 МПа				
Коэффициент буксования колеса δ , %	13,3	9	12,6	12,9
Полезная тяговая сила колеса $F_{кр}$, кН	12,3	14,5	11,5	7,9
Вертикальная нагрузка на колесо G_k , кН	27,6	22,7	23,2	20
Максимум КПД ходовой системы $\eta_{хс}$	0,65	0,747	0,684	0,644
Коэффициент использования сцепного веса $\phi_{кр}$	0,451	0,653	0,499	0,393
Давление воздуха в шине 0,16 МПа				
Коэффициент буксования колеса δ , %	13,6	9,2	12,2	13,1
Полезная тяговая сила колеса $F_{кр}$, кН	13,5	16	12,5	8,9
Вертикальная нагрузка на колесо G_k , кН	30,1	24,3	25	22,5
Максимум КПД ходовой системы $\eta_{хс}$	0,641	0,74	0,676	0,634
Коэффициент использования сцепного веса $\phi_{кр}$	0,449	0,651	0,499	0,394

Для шини 21,3 R24 по методике [3] для связных почв при давлении воздуха 0,1-0,16 МПа, радиальная нагрузка должна быть в диапазоне 18,4-24,3 кН, чтобы получить максимум КПД ходовой системы который находится в пределах 0,762-0,74, буксование колеса составляет 8,8-9,2%.

Для несвязных почв при давлении воздуха 0,1-0,16 МПа, радиальная нагрузка должна быть в диапазоне 16,0-30,1 кН, чтобы получить максимум КПД ходовой системы который находится в пределах 0,67-0,70, буксование колеса составляет 11,5-13,6%.

Выводы

1. Увеличение давления в шине приводит к уменьшению максимума КПД одиночного колеса, возрастанию коэффициента буксования и необходимости увеличения вертикальной нагрузки.
2. Рассмотренные методики определения касательной силы тяги колеса имеют численный разброс значений между собой в пределах 3%.
3. Для каждой шины существует свой максимум КПД ходовой системы, который можно получить при определенной нагрузке и внутришинном давлении.

Список литературы: 1. Самородов В. Б. Развитие классических методов тягового расчета трактора с учетом основных технико-экономических показателей МТА / В. Б. Самородов, А. Ю. Ребров // Вісник НТУ «ХП». – 2008. – № 58. – С. 11–20. 2. Гуськов А. В. Оптимизация тягово-цепных качеств тракторных шин / А. В. Гуськов // Тракторы и сельхозмашины. – 2007. – № 7. – С. 19–21. 3. Гуськов В. В. Тракторы: Теория / В. В. Гуськов, Н. Н. Велев, Ю. Е. Атаманов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с. 4. Шепеленко Г. Н. Основы теории самоходных машин / Г. Н. Шепеленко. – Х. : Основа, 1993. – 216 с. 5. Ребров А. Ю. Анализ аналитических зависимостей для определения коэффициента буксования тракторных шин / А. Ю. Ребров, В. В. Кучков // Вісник НТУ «ХП». – 2012. – № 64. – С. 22–25. 6. Кучков В. В. Аналіз різних типорозмірів шин з точки зору підвищення тягово-зчіпних властивостей трактора ХТЗ-17221 / В. В. Кучков // Вестник ХНТУСХ им. Петра Василенка. – 2013. – №135. – С. 185 – 192 .

Поступила в редколлегию 15.05.2013

УДК 631.372

Исследование тягово-цепных свойств тракторных шин с использованием их универсальных характеристик / А. Ю. Ребров, В. В. Кучков, И. С. Краснояружский // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – № 30 (1003). – С. 75–78. – Бібліогр.: 6 назв.

У статті розглянута можливість поліпшення тягово-зчіпних властивостей тракторних шин при виборі оптимальних параметрів: вертикального навантаження і внутрішнього тиску повітря в шині, з використанням відомих методик, які застосовуються при розрахунку взаємодії ведучого колеса з опорною поверхнею.

Ключові слова: трактор, буксування, сила тяги, навантаження на колесо, деформація шини.

The article considers the possibility of improving the traction characteristics of tractor tires when selecting the optimal parameters: the vertical load and internal air pressure in the tire, using known techniques, which are used in the calculation of the interaction of the drive wheel with the ground.

Keywords: tractor, slip, traction soil, wheel load, the deformation of the tire.