

УДК 631.372

**А. Ю. РЕБРОВ**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»;

**Р. П. МИГУЩЕНКО**, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМОСТИ ШИН НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРАХ**

Предложена методика определения эффективности использования тракторных шин по коэффициенту эффективности шин на тяговых технологиях. Рассмотрены данные применения типоразмеров шин на зарубежных сельскохозяйственных тракторах. Приведены результаты теоретических исследований перспективности комплектования отечественных тракторов шинами, которые используются зарубежными производителями тракторов.

**Ключевые слова:** тракторная сельскохозяйственная пневматическая шина, типоразмер шины, обод колеса, типовая сельскохозяйственная операция.

**Введение.** Ходовые системы (в частности шины) являются одним из важнейших показателей тракторов. Наряду с массой трактора и мощностью двигателя шины во многом определяют технико-экономические показатели колесных тракторов и машинно-тракторных агрегатов (МТА). Колесные тракторы занимают преобладающий сегмент в сельскохозяйственном тракторостроении. На долю колесных тракторов приходится до 95% всех производимых зарубежными компаниями тракторов. Правильный выбор шин для сельскохозяйственных тракторов существенно повышает технико-экономические, тягово-энергетические показатели и производительность МТА, а также обеспечивает агротехнически допустимое воздействие на почву.

Поэтому представляет интерес анализ опыта мирового тракторостроения в области комплектации выпускаемых тракторов соответствующими типоразмерами шин, а также рассмотрение перспектив комплектации отечественных тракторов новыми шинами.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Проблематике обоснованного выбора шин в литературе уделено достаточно мало внимания, несмотря на то, что этот вопрос во многом влияет на показатели эффективности сельскохозяйственных тракторов. Современные всемирно известные марки фирм-производителей тракторной техники в основном являются представителями ведущих транснациональных корпораций [1]. Среди них корпорация AGCO Corporation, в состав которой входят: Challenger (United Kingdom, Великобритания) [2], Valtra (Finland, Финляндия) [3], Massey Ferguson (France, Франция), Fendt (Germany, Германия), White (USA, США) [2]. В состав корпорации CNH входят: Case IH (United Kingdom, Великобритания), New Holland (United Kingdom, Великобритания), Steyr (Austria, Австрия) [2]. Одно из лидирующих мест по объемам продаж тракторов занимает всемирно известная корпорация John Deere (USA, США) [2]. В Европе наряду с указанными производителями, практически без отставания по объемам продаж позиционируется корпорация Same-Deutz-Fahr [4], в состав которой входят: Same (Italy, Италия) [5], Deutz-Fahr (Germany, Германия), Lamborghini (Italy, Италия) [6], Hurlimann (Switzerland, Швейцария) [7]. В состав корпорации ARGO входят производители тракторов, [8]: McCormick (United Kingdom, Великобритания) [9], Landini (Italy, Италия). На североамериканском континенте также хорошо зарекомендовали себя тракторы Buhler Versatile (Canada, Канада) [10], а в Европе Claas (Germany, Германия) [11].

**Цель и постановка задачи.** Цель данной работы является анализ

© А.Ю. Ребров, Р.П. Мигущенко, 2015

применяемости шин на тракторах зарубежного производства с учетом их возможной взаимозаменяемости, а также рассмотрение вопроса комплектации тракторов отечественного производства перспективными, широко используемыми типоразмерами шин. Обоснованием применения новых шин на отечественных тракторах является высокая взаимозаменяемость шин на ободу колеса, расширение альтернативных поставщиков шинной продукции, а также повышение технико-экономических показателей трактора на новых шинах.

**Анализ применяемости шин на сельскохозяйственных тракторах зарубежного производства.** Для анализа были выбраны колесные тракторы мировых производителей в диапазоне мощностей двигателей от 80 кВт до 400 кВт (масса от 4480 кг до 23083 кг) – всего 1108 моделей, которые в течение последних нескольких лет представлены на мировом рынке [2, 12].

Учитывая, что в мировой практике тракторостроения преобладают трактора классической компоновки 4К4а, анализ производился для шин задних колес тракторов. В ходе анализа было определено количество тракторов, на которое устанавливается соответствующие типоразмеры шин. Далее типоразмеры шин сортировались по количеству тракторов, на которых они применяются. Результаты для наиболее распространенных типоразмеров шин приведены на рис. 1.

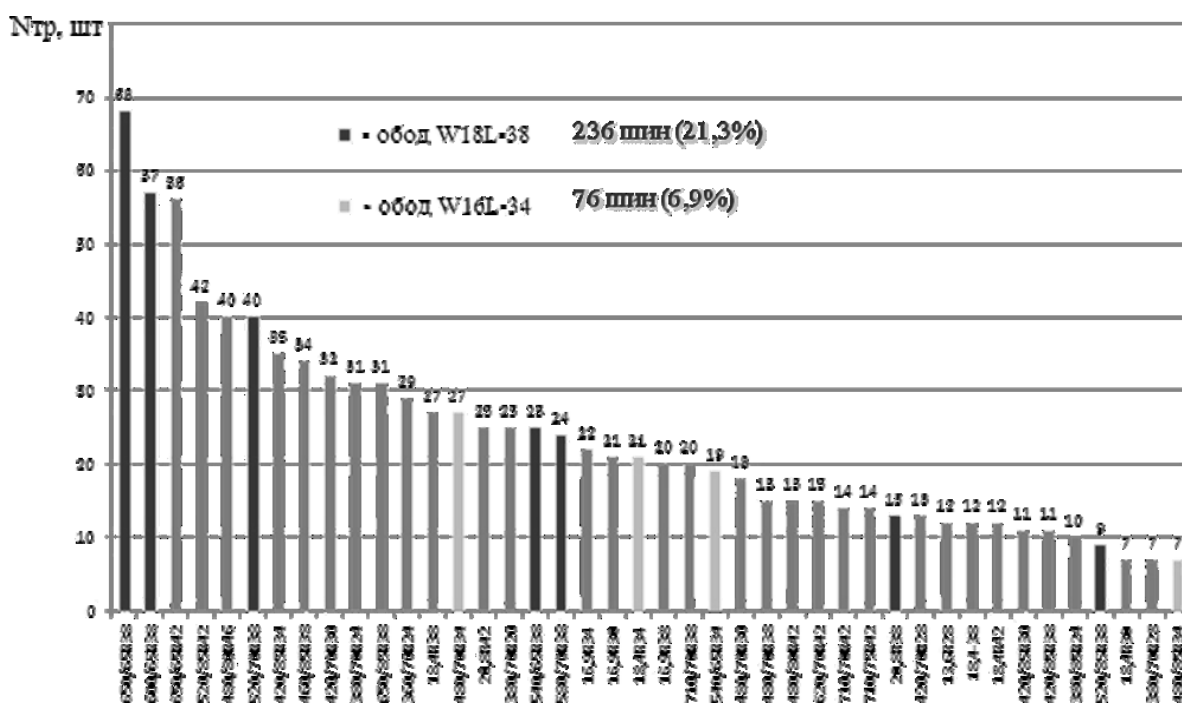


Рисунок 1 – Применяемость типоразмеров тракторных шин на зарубежных тракторах (Nтр, шт)

Также были установлены наиболее распространенные ободья колес. Так наиболее распространенными оказались ободья W18Lx38 и W16Lx34. На ободе W18Lx38 могут монтироваться следующие типоразмеры шин (в зависимости от рекомендаций производителя): 650/65 R38 – 68 тракторов; 600/65 R38 – 57 тракторов; 520/70 R38 – 40 тракторов; 540/65 R38 – 25 тракторов; 580/70 R38 – 24 трактора; 20,8 R38 – 13 тракторов; 520/85 R38 – 9 тракторов (всего 236 тракторов – 21,3% выборки). На ободе W16L-34 могут монтироваться следующие типоразмеры шин:

480/70 R34 – 68 тракторов; 18,4 R34 – 57 тракторов; 540/65 R34 – 40 тракторов; 480/85 R34 – 25 тракторов (всего 76 тракторов – 6,9% выборки).

Альтернативой ободу W18Lx38 может быть обод DW20Bx38 (в большинстве случаев они взаимозаменяемы). В зависимости от производителя рекомендуемым и допускаемым могут быть оба обода.

Далее был произведен анализ возможного повышения чистой производительности при установке разных типоразмеров шин на обод W18Lx38 для трактора эксплуатационной массой 9000 кг и мощностью двигателя 240 л.с. Для анализа были выбраны шины 540/65 R38, 580/70 R38, 650/65 R38, 600/65 R38, 20,8 R38, 520/85 R38, 520/70 R38 – 2, 2, 4, 3, 3, 3, 3-х производителей соответственно (всего 20 вариантов). В выбранном ряде шин представлены такие производители как Good Year, Michelin, Mitas, Rosava, Белшина. Шины обеспечивают максимальную грузоподъемность 3075–4740 кг при максимальном давлении 0,16–0,24 МПа и грузоподъемность 1670–3085 кг при минимально допустимом давлении 0,04–0,06 МПа. Указанный ряд шин сравнивался с шинами 23,1 R26 производства Rosava (Украина).

Шины сравнивались по теоретически определенному коэффициенту эффективности на тяговых технологиях, таких как вспашка и культивация. При определении коэффициента эффективности моделировалась работа тракторного двигателя во всем нагрузочно-скоростном диапазоне. Производительность при выполнении технологических процессов вспашки и культивации рассчитывалась на 4 передачах основного тягового диапазона трактора-прототипа.

Так как на некоторых передачах максимальная производительность достигалась при повышенном буксовании, превышающем 15 %, или вне пределов скоростного режима технологической операции (в частности для вспашки 1,6...3,0 м/с – 5,8...10,8 км/ч). Поэтому для корректировки полученных результатов определялась среднеинтегральная производительность с учетом ограничений по буксованию переднего и заднего ведущих мостов:

$$\delta_{п,з} \leq \delta_{доп} = 0,15, \quad (1)$$

и с учетом ограничений скоростного режима технологической операции:

$$V_{min} \leq V \leq V_{max}. \quad (2)$$

Среднеинтегральная чистая производительность определялась с использованием соотношения:

$$S_{инт} = \frac{V_S}{R_O}, \quad (3)$$

где  $V_S$  – объем, заключенный под поверхностью производительности, которая зависит от нагрузочного и скоростного режима работы двигателя на соответствующей передаче и определяется с учетом ограничений (1) и (2);

$R_O$  – поле режимов работы двигателя с учетом ограничений (1) и (2).

$$V_S = \int_0^{M_{max}} \int_{\omega_{min}}^{\omega_{max}} K_{\Sigma} \cdot S(M, \omega) d\omega dM, \quad (4)$$

где  $S(M, \omega)$  – чистая производительность МТА как функция нагрузочных и скоростных режимов работы тракторного двигателя на соответствующей операции и передаче;

$M_{\max}$  – максимальный крутящий момент двигателя;  
 $\omega_{\min}, \omega_{\max}$  – минимальная и максимальная угловая скорость вала двигателя;  
 $K_{\Sigma}$  – коэффициент учитывающий ограничения (1) и (2).

$$K_{\Sigma} = K_V \cdot K_{\delta_1} \cdot K_{\delta_3}, \quad (5)$$

где  $K_V, K_{\delta_1}, K_{\delta_3}$  – коэффициенты, учитывающие ограничения по скоростному режиму технологической операции (2) и по буксованию мостов трактора (1).

$$K_V = 1 \text{ при } V_{\min} \leq V \leq V_{\max} \text{ иначе } K_V = 0,$$

$$K_{\delta_1} = 1 \text{ при } \delta_1 \leq 0,15 \text{ иначе } K_{\delta_1} = 0,$$

$$K_{\delta_3} = 1 \text{ при } \delta_3 \leq 0,15 \text{ иначе } K_{\delta_3} = 0.$$

Поле режимов работы двигателя с учетом ограничений (1) и (2) определяется интегралом:

$$R_O = \int_{\omega_{\min}}^{\omega_{\max}} K_{\Sigma} \cdot M(\omega) d\omega. \quad (6)$$

**Анализ результатов исследования.** После получения численных значений чистой производительности при вспашке и культивации на 4 передачах основного тягового диапазона трактора-прототипа они нормируются относительно значений полученных для шин 23,1 R26. Далее определялся коэффициент эффективности шин на тяговых технологиях как среднее арифметическое вектора из 8 нормированных значений производительности. Результаты расчета коэффициента эффективности шин на тяговых технологиях приведены на рис. 2.

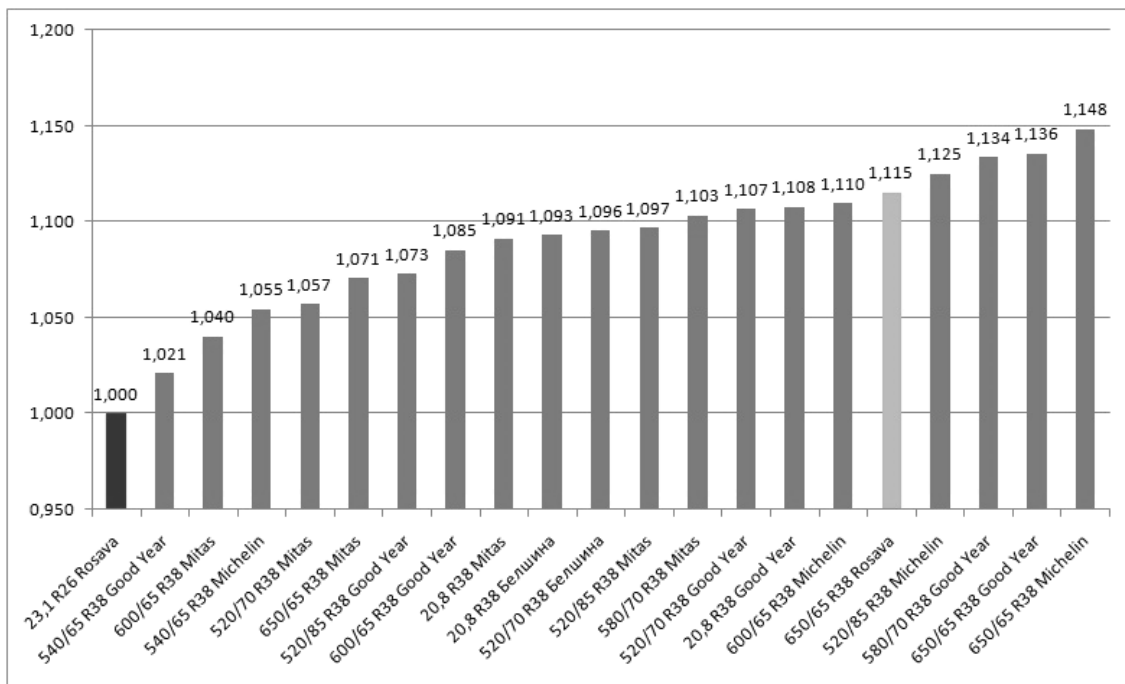


Рисунок 2 – Коэффициенты эффективности шин на тяговых технологиях

Полученные результаты свидетельствуют о возможности повышения чистой производительности трактора-прототипа на величину до 14,8%. Из производителей шин стран СНГ наилучшие показатели получены для шин 650/65 R38 (Rosava), которые обеспечивают повышение производительности на тяговых операциях в среднем на 11,5%.

**Выводы.** Обод W18Lx38 представляется перспективным. Его применение позволяет повысить производительность трактора массой 9000 кг с мощностью двигателя 240 л.с. в среднем на 9–15%. Использование шин группы обода W18Lx38 подразумевает наружный диаметр колес в интервале 1,675–1,852 м и ширину профиля 0,519–0,646 м. Поэтому для перспективы дальнейшего повышения мощности и массы тракторов отечественного производства необходимо рассмотреть вопросы компоновки колес с наружным диаметром до 2 м.

Альтернативой ободу W18Lx38 может быть обод DW20Bx38 (в большинстве случаев они взаимозаменяемы). В зависимости от производителя рекомендуемым и допускаемым могут быть оба обода. DW20Bx38 позволяет монтировать популярные шины 600/60R38, 650/60R38, 600/65R38, 650/65R38, 620/70R38, 650/85R38, 650/75R38 (всего 7 типоразмеров).

Перспективной представляется компоновка шины 650/65R38 (лидера мирового использования) производства Rosava с ободом DW20Bx38 на линейку тракторов отечественного производства. Это обеспечит повышение чистой производительности в среднем на 11–12% на типовых сельскохозяйственных операциях.

**Список литературы:** 1. Долгов И.А. Тенденции развития конструкций моторно-трансмиссионных установок и сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 6. – С. 3–9. 2. <http://tractortestlab.unl.edu>. 3. [www.valtra.com](http://www.valtra.com). 4. [www.samedeutz-fahr.com](http://www.samedeutz-fahr.com). 5. [www.same-tractors.com](http://www.same-tractors.com). 6. [www.lamborghini-tractors.com](http://www.lamborghini-tractors.com). 7. [www.hurlimann.com](http://www.hurlimann.com). 8. [www.argottractors.com](http://www.argottractors.com). 9. [www.mccormick-intl.com](http://www.mccormick-intl.com). 10. [www.versatile-ag.com](http://www.versatile-ag.com). 11. [www.claas.com](http://www.claas.com). 12. [www.dlz-agrarmagazin.de](http://www.dlz-agrarmagazin.de).

**Bibliography (transliterated):** 1. Dolgov I.A. Tendencii razvitija konstrukcij motorno-transmissionnyh ustanovok i sel'skohozjajstvennyh traktorov . Traktory i sel'skohozjajstvennye mashiny. – 2006. – No 6. – P. 3–9. 2. <http://tractortestlab.unl.edu>. 3. [www.valtra.com](http://www.valtra.com). 4. [www.samedeutz-fahr.com](http://www.samedeutz-fahr.com). 5. [www.same-tractors.com](http://www.same-tractors.com). 6. [www.lamborghini-tractors.com](http://www.lamborghini-tractors.com). 7. [www.hurlimann.com](http://www.hurlimann.com). 8. [www.argottractors.com](http://www.argottractors.com). 9. [www.mccormick-intl.com](http://www.mccormick-intl.com). 10. [www.versatile-ag.com](http://www.versatile-ag.com). 11. [www.claas.com](http://www.claas.com). 12. [www.dlz-agrarmagazin.de](http://www.dlz-agrarmagazin.de).

*Надійшла (received) 01.02.2015*