ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ НА СДВОЕННЫХ ШИНАХ

НИТКИН Алексей Анатольевич, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

КОЦАРЬ Юрий Алексеевич, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

КОЧЕГАРОВА Ольга Сергеевна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

В процессе исследования рассмотрена проблема снижения результативности агротехнических процессов и эксплуатационных показателей колесного трактора на сдвоенных шинах, возникающая в результате дифференциации радиальных параметров парных колес трактора одной оси. Рассматриваются опытные испытания колесного трактора на сдвоенных шинах с применением измерительного комплекса на базе «ПЛК-150с». По результатам проведенного графического анализа даны рекомендации по повышению результативность эксплуатации колесного трактора.

Введение. В настоящее время колесные трактора являются основной производительной силой аграрных бизнес-структур. Значительно более экономичные по сравнению с гусеничным трактором и высокие эксплуатационно-технические характеристики делают колесный трактор незаменимым в повседневном использовании. Однако существенным недостатком колесных тракторов является высокое давление шин на почву, что снижает эффективность их использования. В качестве одной из мер по снижению уплотнения почвы в результате давления колес является установка дополнительных шин, что приводит к увеличению площади контакта [3] движитель-почва и повышает эффективность использования колесных тракторов.

Однако анализ эксплуатации колесных тракторов показывает, что установка сдвоенных шин не всегда дает ожидаемый результат. В ряде случаев эксплуатации отмечается снижение эксплуатационных показателей и перерасход топлива.

Целью исследования являлось определение влияния совокупности факторов на эксплуатационные показатели тракторов 4к4 на сдвоенных шинах.

Методика исследований. Практика применения сдвоенных шин на колесных тракторах является общепринятой в передовых экономически развитых странах, однако в России она является сравнительно новой и характеризуется определенным «теоретическим вакуумом». Недостаток научно обоснованных и методических рекомендаций по использованию

сдвоенных шин приводит к многочисленным ошибкам в ходе их эксплуатации, снижению эффективности эксплуатации тракторов, и, в результате, к отказу от них. Наиболее часто встречающимися последствиями эксплуатации трактора на сдвоенных шинах относятся [1, 2, 4–8]:

рассинхронизация давления внутреннего и наружного колеса на почву (рис. 1), что приводит к появлению проплешин на посевной площади и увеличению сроков вегетации зерновых культур, произрастающих по следу трактора [1];

снижение тяги на крюке и повышение расхода ГМС;

нарушение геометрической плоскости обрабатываемой поверхности, возникновение колей и ям, приводящее впоследствии к накоплению избыточной влаги и дальнейшей эрозии почв:

неравномерность уплотнения почв по следу колеи и, соответственно, возникновение ситуа-



Рис. 1. Различная глубина колеи внутреннего и наружного колес

3 2021



79

ционных процессов и дальнейшей деградации почвенного слоя.

Причиной негативных последствий от деформации нормальной нагрузки на наружное и внутреннее, так как они имеют различную поперечную базу (рис. 2).

Для определения нормальных реакций на внутреннем и наружном колесах использовался «Метод сил», так как такая конструкция статически неопределима один раз [1, 7]. Для этого ведущая полуось была представлена в виде двухпролетной балки (рис. 3).

В результате решения были получены следующие зависимости, решения которых сводятся к типовому случаю:

$$R_B = \frac{qa}{2} + \frac{M_E}{a}; \tag{1}$$

$$R_{\rm BH} = \frac{\rm qa}{2} - \frac{\rm M_B}{\rm a} - \frac{\rm M_B}{\rm b}, \tag{2}$$

$$M_{\rm B} = -\frac{q a^2}{8(a+b)}. \tag{3}$$

где

Следовательно, $R_{\rm BH} \neq R_{\rm H, a} r_{\rm CTB} \neq r_{\rm CTBH.}$

При различных статических радиусах внутреннего и наружного колес $r_{\rm CTH} \neq r_{\rm CTBH}$ и равной угловой скорости их окружные скорости не равны:

$$U_{H} = \omega * r_{CTH}; \qquad (4)$$

$$U_{BH} = \omega * r_{CTBH}. \tag{5}$$

$$r_{\text{T.K.}} r_{\text{CTB}} \neq r_{\text{CTBH, a}} \omega_{\text{H}} = \omega_{\text{B}} = \omega_{\text{H}}$$

$$r_{\text{C.e.}} U_{\text{H}} \neq U_{\text{BH}}. \tag{6}$$

Таким образом, между колесами спарки возникает кинематическое несоответствие K.

$$K = \frac{U_{\rm H} - U_{\rm BH}}{U_{\rm H}} \cdot 100 \,\%,$$
 (7)

но т.к. оба колеса находятся на одной полуоси и вращаются с одной угловой скоростью, то посту-

пательные скорости *U*" равны:

$$U''_{H} = U''_{BH}.$$
 (8)

Выравнивание начальных скоростей ведущих колес осуществляется в результате сколь-

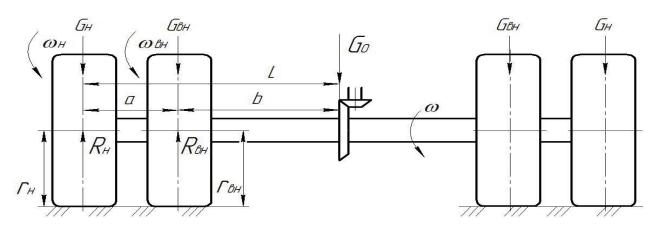


Рис. 2. Схема ведущего моста: $r_{_{\rm H}}$ – статический радиус наружного колеса; $r_{_{\rm BH}}$ – статический радиус внутреннего колеса; $R_{_{\rm H}}$ и $R_{_{\rm BH}}$ – реакция почвы на наружное и внутреннее колесо; $\omega_{_{\rm H}}$ – угловая скорость наружного колеса; $\omega_{_{\rm CH}}$ – угловая скорость внутреннего колеса; $\omega_{_{\rm CH}}$ – угловая скорость ведущей оси; $G_{_{\rm R}}$, $G_{_{\rm BH}}$ – нормальная нагрузка на наружное и внутреннее колеса; b – расстояние между внутренним колесом и центром оси; L – расстояние между наружным колесом и центром оси; d – расстояние между наружным колесом и внутренним колесом; d – нагрузка на ось

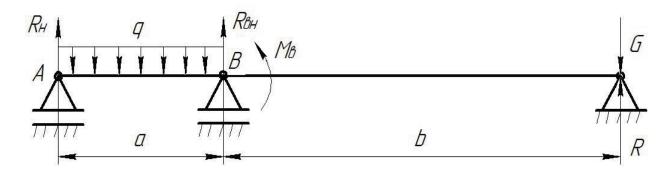


Рис. 3. Расчетная схема полуоси трактора на сдвоенных шинах

3 2021



жения одного из колес и буксования другого. Данный процесс сопровождается увеличением внутренних потерь в спаренных шинах, что приводит к снижению силы тяги на крюке трактора и значительному увеличению расхода ΓCM [2].

Статические радиусы [5] колес при прочих равных условиях определяются вертикальной нагрузкой, действующей на них (R), и внутренним давлением воздуха в шинах $(P_{_{\rm BH}})$ и описываются следующей зависимостью [5]:

$$r_{\rm CT} = r_{\rm CB} - K \frac{R^{0,75}}{1 + P_{\rm BH}},\tag{9}$$

где r_{CB} – свободный радиус колеса (R=0); K_{B} – коэффициент взаимной деформации шины и грунта;

Для определения влияния давления воздуха в шинах были проведены лабораторно-полевые исследования в соответствии с ГОСТ 7057-2001 и ГОСТ 80745-2011 на тракторе МТЗ-1221 в агрегате с дисковым лущильником ЛДГ-10 на поле после уборки яровой пшеницы, при глубине обработки 10-12 см.

Результаты исследований. В ходе проведения научных исследований измеряли и регистрировали следующие эксплуатационные



Рис. 3. Цифровой комплекс на тракторе: 1 – вывод данных в цифровом значении на экран; 2 – блок регистрации анализа; 3 – дифференциальный расходомер топлива DFM; 4 - «пятое» путеизмерительное колесо;

5 - первичные датчики, регистрирующие частоту вращения ведущих колес трактора

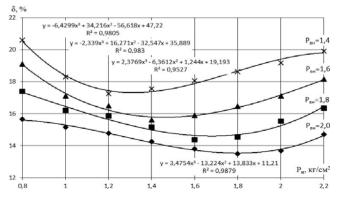


Рис. 4. Зависимость буксования МТА от давления воздуха в шинах спаренных колес

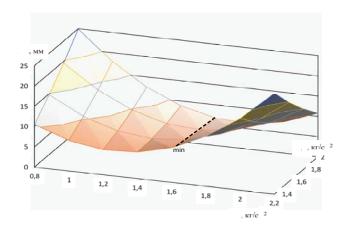


Рис. 5. Графическая зависимость $\Delta h = f(P_{av}, P_{v})$ $npu P_{au} \neq P_{u}$

показатели: рабочая скорость $U_{\rm p}$, величина буксования δ , %, расход топлива G_{on} , глубина колеи по следу внутреннего $h_{\scriptscriptstyle \mathrm{ZBH}}$ и наружного колес $h_{_{\mathrm{ZH}}}$. Переменным управляемым фактором являлись давление в шинах $P_{\mathtt{BH}}$ заднего моста, передний мост был отключен. Для выявления характеристик эксплуатационных зовался цифровой измерительный комплекс (рис. 3).

При проведении опыта информация с датчиков поступала в блок регистрации и анализа, где обрабатывалась по определенному алгоритму и после окончания опыта выводилась на экран (см. рис. 3) в цифровом виде. Регистрация сигналов проводилась по времени, которое задавалось через контроллер.

Результаты исследования отражены на рис. 4, 5 в виде графических зависимостей изменения эксплуатационных показатели МТА от давления воздуха в шинах наружных колес $P_{_{\rm H}}$ при фиксированных значениях в шинах внутренних колес

Заключение. Анализ графических зависимостей наглядно демонстрирует, что изменение давления воздуха в шинах существенным образом влияет на расход топлива. Так, при снижении давления воздуха во внутренней шине, при фиксированном давлении в наружней, расход топлива повышается. При изменении давления в наружней шине и фиксированном во внутренней отмечается сокращение расхода топлива до определенного значения, а затем возрастание. При снижении давления во внутренней шине зона оптимального давления перемещается в сторону снижения давления в наружней шине.

Характер протекания кривых определяется двумя взаимосвязанными факторами: изменением силы сопротивления качению колеса от внутреннего давления; изменением статических радиусов внутреннего и наружного колеса.



Таким образом, выравниванием давления воздуха в шинах спаренных колес можно снизить расход топлива на 10-12~% в зависимости от эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Бочаров Н.Ф. Определение потерь при качении пневмокатков в зависимости от окружной эластичности резино-кордной оболочки // Известия вузов. 1964. N° 8. С. 97–111.
- 2. Евграфов А.Н., Петрушов В.П. Расчет нормальной жесткости шин для оценки их эксплуатационных показателей // Автомобильная промышленность. 1977. N^2 3. C. 20–22.
- 3. Егоров А.Н., Петрушов В.А. Расчет нормальной жесткости шин для определения эксплуатационных показателей // Автомобильная промышленность. 1977. № 3. С. 20-22.
- 4. Отчет по научной работе по Госбюджетной теме «Исследование воздействия на почву ходовой системы трактора с многолетними наблюдениями за восстановлением почвы и урожайностью и выдачи рекомендаций» / А.С. Аникин [и др.]. Саратов, 1990.
- 5. Петрушов В.А. Способы обобщенной оценки влияния схемы привода на расход топлива автомобиля // Автомобильная промышленность. 1966. N° 12. С. 23–27.

- 6. *Петрушов В.А.* Зависимость нормального прогиба пневматической шины от нормальной нагрузки и внутреннего давления воздуха шины // Тр.НАМИ. 1976. Вып. 158. С. 3–11.
- 7. Файфер П. Повышение производительности, снижение потерь и сохранение качества при применении зерноуборочных комбайнов при уборке урожая. Дрезден, 1971. 205 с.
- 8. Чудаков Д.А. О тяговой динамике трактора с четырьмя ведущими колесами // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1957. С. 8–182.

Ниткин Алексей Анатольевич, инженер, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Коцарь Юрий Алексеевич, д-р техн. наук, проф. кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Кочегарова Ольга Сергеевна, канд. пед. наук, доцент кафедры «Математика, механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60. Тел.: (8452) 74-96-63.

Ключевые слова: трактор; сдвоенные шины; особенности эксплуатации; КПД; кинематическое несоответствие; расход топлива.

INCREASING EFFICIENCY OF OPERATION OF AGRICULTURAL TRACTORS WITH DOUBLE TIRES

Nitkin Alexey Anatolyevich, Engineer, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Kotsar Yuri Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Technosphere Safety and Transport and Technological Machines", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Kochegarova Olga Sergeevna, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the chair "Mathematics, Mechanics and Engineering Graphics", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: tractor; dual tires; operating features; efficiency; kinematic discrepancy; fuel consumption.

The article discusses the problem of reducing the effectiveness of agricultural processes and performance indicators of a wheeled tractor with dual tires, which arises as a result of differences in the static radii of the outer and inner wheels of the tractor. Experimental tests of a wheeled tractor on dual tires using a measuring system based on a free-programmed controller "PLK-150c" are considered. Based on the results of the graphical analysis, recommendations are given to improve the performance of the operation of a wheeled tractor.



