УДК 631.372.012.3.001.2

ОСНОВЫ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАКТОРНЫХ ШИН

С. Г. ПАРХОМЕНКО

Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ,
г. Зерноград, Российская Федерация, e-mail: s-parkhom@mail.ru

(Поступила в редакцию 30.05.2018)

Статья посвящена разработке эффективной методики определения оптимального сочетания параметров внутреннего строения тракторных пневматических шин. Одним из факторов, влияющим на показатели функционирования машинно-тракторных агрегатов, является совершенство движителей, среди которых колёсные являются доминирующими. Оптимизация параметров пневматической шины как одного из звеньев колебательной системы и основного элемента колёсного движителя является одним из направлений повышения эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов. Исследования выполнены с целью разработки эффективной методики определения упруго-демпфирующих, деформационных, тяговых характеристик тракторных пневматических шин, позволяющей корректно сравнивать различные их варианты. В процессе экспериментальных исследований изучались характеристики пневматических шин размера 16,9–30 диагонально-параллельной конструкции. Конструкция шин определяется латинским квадратом (3×3). Установка для испытания пневматических шин (шинный тестер) позволяет выполнить определение необходимых показателей в реальных условиях эксплуатации. Разработанная методика исследований позволяет определять необходимые характеристики пневматических шин, выполнять сравнения различных вариантов. При теоретических исследованиях использовали мультипликативный критерии оптимизации. Составлен алгоритм поиска минимума целевой функции. Деформационные характеристики пневматических шин в общем случае их нагружения показывают, что они испытывают продольную, крутильную и радиальную деформации. Определены оптимальные параметры диагонально-параллельной шины.

***Ключевые слова**: пневматическая шина, деформация, коэффициент полезного действия, площадь контакта, почва, уплотнение.*

The article is devoted to the development of an effective technique for determining the optimal combination of parameters of the internal structure of tractor pneumatic tires. One of the factors affecting the performance indicators of machine-tractor units is the perfection of the propulsors, among which the wheels are dominant. Optimization of the parameters of pneumatic tire as one of the links of oscillatory system and the main element of wheel propulsion is one of the directions of increasing the efficiency of operation of machine and tractor units. The research was carried out with the aim of developing an effective technique for determining the elastically damping, deformation, and traction characteristics of tractor pneumatic tires, which makes it possible to correctly compare their various variants. In the course of experimental studies, the characteristics of pneumatic tires of the size 16.9-30 of diagonally parallel structures were studied. The design of the tires is determined by the Latin square (3×3). Installation for testing pneumatic tires (tire tester) allows you to perform determination of the required indicators in real operating conditions. The developed research methodology allows you to determine the necessary characteristics of pneumatic tires, perform comparisons of various options. In theoretical studies, the multiplicative optimization criteria were used. An algorithm for finding the minimum of objective function was made. The deformation characteristics of pneumatic tires in the general case of their loading show that they experience longitudinal, torsional and radial deformations. We have determined the optimal parameters of diagonal-parallel tire.

***Key words**: pneumatic tire, deformation, coefficient of efficiency, contact area, soil, compaction.*

Введение

Повышение эффективности производства продукции растениеводства возможно путём использования современных технических средств, воздействующих на обрабатываемую среду альтернативными способами снижения энергозатрат: с применением вибраций, разнонаправленными и деформациями растяжения, также за счёт оптимизации эксплуатационно-технологических показателей [1–11].

Эксплуатационно-технологические показатели тракторов могут быть улучшены путём выбора оптимальных для данных условий работы тягово-сцепных свойств, зависящих от характеристик шин: размеров, давления воздуха в них и нагрузки, применением дополнительных приспособлений (полугусеничного хода, почвозацепов, ведущих осей и сдвоенных шин) [12, 13].

Одним из факторов, влияющих на показатели функционирования машинно-тракторных агрегатов, является совершенство движителей, среди которых колёсные являются доминирующими.

Оптимизация параметров пневматической шины как одного из звеньев колебательной системы и основного элемента колёсного движителя является одним из направлений повышения эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов.

Цель исследований: разработка эффективной методики определения упруго-демпфирующих, деформационных, тяговых характеристик тракторных пневматических шин, позволяющей корректно сравнивать различные их варианты.

Основная часть

Методика включает теоретические и экспериментальные исследования. Экспериментальным исследованиям подвергались пневматические шины, конструкция которых определяется латинским (3×3) квадратом [13]. Теоретические исследования включали поиск минимума целевой функции с использованием мультипликативного критерия оптимизации методом покоординатного спуска.

В процессе исследований изучались характеристики экспериментальных пневматических шин

размера 16,9–30 опытной диагонально-параллельной конструкции [12]. Элементы наружной геометрии и высота грунтозацепов, коэффициент насыщенности рисунка протектора опытных шин такие же, как у серийных шин 16,9R30 модели Ф-39. Нити корда диагонально-параллельной шины расположены таким образом, что составляют острый угол с направлением движения, причём направление нитей в смежных слоях одинаковое. Вследствие этого под действием крутящего момента они работают на растяжение, а под действием вертикальной нагрузки в зоне контакта – на изгиб.

Для исследований диагонально-параллельных шин использовалась оригинальная установка, разработанная автором [12, 13], «шинный тестер» (рис.).

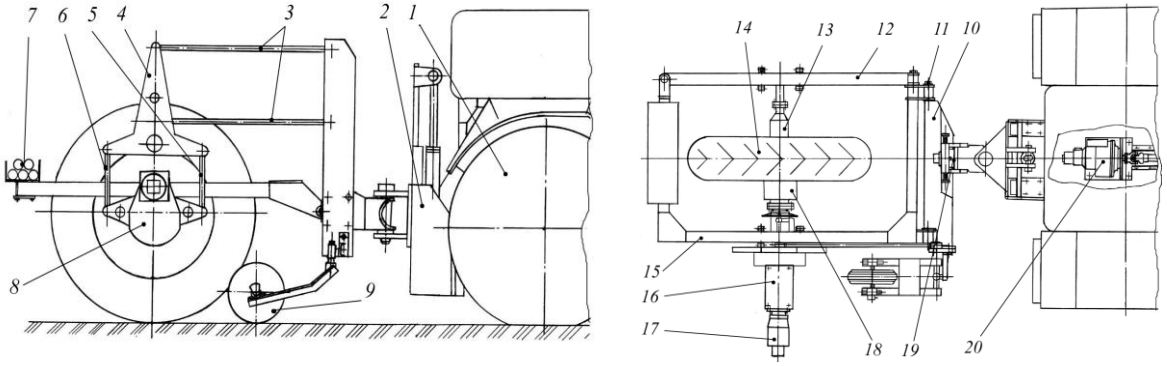


Рис. Шинный тестер [13]: 1– тягач; 2 – привалочная рама; 3, 5, 6 – реактивные штанги; 4 – траверса; 7 – грузы; 8 – цилиндрический редуктор; 9 – путеизмерительное колесо; 10 – промежуточная рама; 11 – горизонтальный шарнир; 12 – боковая балка; 13 – ось; 14 – исследуемое колесо; 15 – рама; 16 – обгонная муфта; 17 – гидромотор; 18 – планетарный редуктор; 19 – продольный шарнир; 20 – гидронасос с регулируемой подачей

Установка содержит тягач 1, шарнирную раму, включающую привалочную 2, промежуточную 10 и заднюю 15 секции, ось 13, закреплённую в измерительных узлах, механизм привода исследуемого колеса, состоящий из гидромотора 17, обгонной муфты 16, цилиндрического 8 и планетарного редуктора 18, механизм компенсации реактивного момента, состоящий из траверсы 4 и реактивных тяг 3, 5 и 6, путеизмерительное колесо 9, регистрирующую аппаратуру и пульт управления, расположенные в кабине трактора. Задняя секция 15 шарнирной рамы выполнена разъёмной с поворотной боковой балкой 12, один конец которой соединён с рамой вертикальным шарниром, а другой – резьбовым соединением. Исследуемое колесо 14 крепится к водилу планетарного редуктора 18. Ось выполнена разъёмной и опирается на раму через наборные шариковые подшипники, установленные в измерительных узлах. Конструкция подшипников позволяет оси колеса совершать вращательное движение относительно своей оси, боковое перемещение (вдоль своей оси), а также продольное перемещение. В измерительных узлах установлены звенья для регистрации продольных сил. Механизм привода исследуемого колеса – гидростатическая передача ГСТ-90. На тракторе-тягаче установлен насос с переменной подачей масла 20, который связан с ВОМ трактора. Гидромотор 17 через обгонную муфту 16 соединён с цилиндрическим редуктором 8, который связан с входным валом планетарного редуктора 18. Корпус планетарного редуктора соединён с рамой посредством реактивных штанг 3, 5, 6. Вертикальные штанги 5 и 6 являются измерительными звеньями для реактивного момента, равного и противоположно направленного крутящему моменту колеса. Вертикальная нагрузка на ось исследуемого колеса задается с помощью грузов 7, размещаемых на задней секции рамы 15 тестера. Для измерения пройденного пути и скорости движения и буксования служит путеизмерительное колесо 9. Измерительный комплекс включает датчики (силоизмерительные, оборотов колеса, давления в контакте с опорным основанием, деформации шины, угла поворота оси колеса) и регистрирующую аппаратуру. Динамометр устанавливается вместо задней вертикальной штанги 6 механизма компенсации реактивного момента

Исследуемое колесо устанавливалось на «шинный тестер». При этом нормальная нагрузка на шины составляла 14 кН. Изменением подачи гидронасоса «шинного тестера» за счёт рассогласования скоростей тягача и исследуемого колеса создавался требуемый крутящий момент, величина которого определялась по динамометру. Крутящий момент устанавливался на колесе от нуля (ведомый режим) до максимального (ведущий режим).

Запись исследуемых показателей производилась при строго прямолинейном движении тестера. Площадь контакта на почвенном опорном основании определялась по контактным давлениям с использованием потенциометрических датчиков. Датчики устанавливаются на выступах грунтозацепов в плечевых зонах, по экватору и между экватором и плечевыми зонами пневматической шины. При качении колеса в ведомом режиме осуществлялась запись контактных давлений, которые характеризуют длину поверхности контакта шины с почвой в соответствующем сечении.

Деформационные характеристики пневматических шин в общем случае их нагружения показывают, что они испытывают продольную, крутильную и радиальную деформации [12, 13].

Исходя из условий работы универсально-пропашного трактора «Беларусь», для которого основные требования к движителю заключаются в обеспечении минимального уплотняющего воздействия на почву при достаточно высоких тягово-энергетических [14] показателях, задача оптимизации пневматических шин может быть сформулирована так: найти такое сочетание слойности, угла наклона нитей корда каркаса и внутреннего давления воздуха в шине, которое создаёт максимум её площади на поле, подготовленном под посев, при минимальных значениях радиальной деформации, сопротивления качению на стерне и бетоне и коэффициента увеличения площади контакта на стерне по сравнению с бетоном. Дополнительно принимается во внимание и величина КПД шин на стерне и поле под посев.

Оптимизация по частному критерию с заданными ограничениями носит субъективный характер и не всегда позволяет найти правильное сочетание конструктивных параметров, удовлетворяющее всем предъявляемым требованиям. Более целесообразно использовать аддитивный или мультипликативный критерии оптимизации. Составлен алгоритм отыскания минимума целевой функции, по которому произведены расчёты в среде MATHCAD [13, 15] поиска минимума целевой функции методом покоординатного спуска.

Заключение

Разработана методика определения характеристик тракторных шин. Для пневматических шин размера 16,9–30 опытной диагонально-параллельной конструкции определено минимальное значение целевой функции (3540) при слойности каркаса – 6, угле наклона нитей корда к меридиану в самом широком месте – 33,4°, внутреннем давлении воздуха – 0,0995 МПа. Площадь контакта шины на поле, подготовленном под посев – 0,175 м^2 при относительной радиальной деформации 22,1 %. Значения КПД шины на стерне озимой пшеницы и поле, подготовленном под посев, составляют соответственно 0,728 и 0,70. Величина коэффициента сопротивления качению такой шины на бетоне – 0,021, на стерне – 0,031. Коэффициент увеличения площади контакта на стерне по сравнению с бетоном – 1,064.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пархоменко, Г. Г. Машины для глубокой обработки почвы в засушливых условиях юга России / Г. Г. Пархоменко, В. Б. Рыков, В. И. Таранин // Техника и оборудование для села. – 2005. – №9. – С. 15–16.

2. Пархоменко, Г. Г. Комбинированные агрегаты для основной обработки почвы в засушливых условиях / Г. Г. Пархоменко, В. Б. Рыков // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – №7. – С. 38–39.

3. Патент 2486730 РФ A 01 B 35/00, A 01 B 35/20, A 01 B 39/20. Устройство для безотвальной обработки почвы / А.Н. Медовник, С.А. Твердохлебов, Г.Г. Пархоменко, Е.А. Светлова, И.А. Утка // ФГБОУ ВПО КубГАУ. – Заявл. 28.02.2012. Опубл. 10.07.2013.

4. Патент 2231241 РФ A 01 B 35/32, A 01 B 39/28. Способ регулирования параметров колебаний вибрационных рабочих органов почвообрабатывающих машин и устройство для его осуществления / В. П. Богданович, Г. Г. Пархоменко, В. Б. Рыков, В. Н. Щиров; заявитель и патентообладатель: ГНУ ВНИПТИМЭСХ. – Заявл. 07.12.2001. Опубл. 27.06.2004.

5. Пархоменко, Г. Г. Исследование процесса трансформации почвообрабатывающих рабочих органов / Г. Г. Пархоменко // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2013. – Т. 1. – №98. – С. 142–150.

6. Пархоменко, Г. Г. Сравнительная оценка энергетических показателей плуга садового чизельного с различными вариантами рабочих органов / Г. Г. Пархоменко, С. А. Твердохлебов // Вестник МичГАУ. – №3. – 2012. – С. 152–156.

7. Пархоменко, Г. Г. Экспериментальное исследование глубокорыхлителя для обработки почвы в междурядьях многолетних насаждений / Г. Г. Пархоменко, А. Н. Медовник, С. А. Твердохлебов // Международный технико-экономический журнал. – 2011. – № 3. – С. 76–78.

8.Божко, И. В. Особенности безотвальной послойной обработки почвы в засушливых условиях / И. В. Божко, Г. Г. Пархоменко // Агротехника и энергообеспечение. – 2014. – № 1(1). – С. 25–30.

9. Божко, И. В. Кольцевой рабочий орган для обработки почвы / И. В. Божко, Г. Г. Пархоменко // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения. Материалы 7-й международной научно-практической конференции в рамках 17-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш – 2014». – Ростов-н/Д, 2014. – С. 78–81.

10. Пархоменко, Г. Г. Теория глубокорыхлителя: Расчёт взаимодействия рабочих органов с почвой в засушливых условиях / Г. Г. Пархоменко, В. Н. Щиров. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 80 с.

11. Пархоменко, Г. Г. Определение тягового сопротивления почвообрабатывающих машин / Г. Г. Пархоменко, В. Н. Щиров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – №8. – С. 23–24.

12. Пархоменко, С. Г. Совершенствование функционирования МТА с колесным трактором класса 1,4 на основе оптимизации параметров пневматических шин: дисс….канд. техн. наук: 05.20.01 / Пархоменко Сергей Геннадьевич.– Зерноград, 1999. – 156 с.

13. Пархоменко, С. Г. Экспериментальное исследование характеристик тракторных пневматических шин / С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – №11. – С. 40–48.

14. Пархоменко, С. Г. Повышение энергоэффективности мобильных почвообрабатывающих агрегатов / С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – №3 (18). – С. 40–47.

15. Пархоменко, Г. С. Моделирование на ПЭВМ по программному комплексу «МВТУ» усовершенствованной силовой САР трактора МТЗ-80 / Г. С. Пархоменко, С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Материалы XLIII Международной научно-технической конференции (г. Челябинск, Челябинский ГАУ, 29-31 января 2004 г.). – Челябинск, 2004. –Ч.3. – С. 22–26.