УДК 631.372.012.3.001.2

Совершенствование пневматических шин для колёсных тракторов

С.Г. Пархоменко

Азово - Черноморский инженерный институт –
филиал ФГБОУ ВО Донского государственного аграрного университета
(г. Зерноград, Россия) e-mail: s-parkhom@mail.ru

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 радиальной и диагонально-параллельной конструкции. Шинный тестер позволяет выполнить определение необходимых показателей в реальных условиях эксплуатации. Разработанная методика исследований позволяет определять необходимые характеристики пневматических шин, выполнять сравнения различных вариантов. Деформационные характеристики пневматических шин в общем случае их нагружения показывают, что они испытывают продольную, крутильную и радиальную деформации. Наличие у серийной шины 16,9R30 в отличие от опытной 16,9-30ДП радиальной деформации, направленной от оси колеса в зоне перед поверхностью контакта при ведущем режиме качения, обусловливает в ней большие гистерезисные потери. Экспериментальные тяговые характеристики пневматических шин свидетельствуют о большем КПД диагонально-параллельной шины 16,9-30ДП (на 9,2 %) и меньшем ее буксовании, что предопределяет меньшее истирание почвы данным типом шин. Установлено, что применение опытных шин 16,9-30ДП уменьшает уплотняющее воздействие агрегата на почву. Прирост тягового сопротивления по следу колеса составляет 47,5 % и 27,9 %, соответственно, с серийной и опытной шинами. Определены оптимальные параметры диагонально-параллельной шины: слойность каркаса – 6, угол наклона нитей корда к меридиану в самом широком месте – 33,4о, внутреннее давление воздуха – 0,0995 МПа.

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

Введение Повышение эффективности производства продукции растениеводства возможно путём использования современных технических средств [1], воздействующих на обрабатываемую среду альтернативными способами снижения энергозатрат: с применением вибраций [2], разнонаправленными [3-5] и деформациями растяжения [6], также за счёт оптимизации эксплуатационно-технологических показателей [7, 8].

Одним из факторов, влияющим на показатели функционирования машинно-тракторных агрегатов, является совершенство движителей, среди которых колесные являются доминирующими. В общем случае при движении ведущего колеса по деформируемой поверхности (почве) происходит радиальная и тангенциальная деформации шины, радиальные колебания элементов шины, смятие грунта, проскальзывание отдельных частей пятна контакта шины относительно опорной поверхности, вертикальные колебания и буксование колеса. На все это затрачивается энергия, полученная шиной от двигателя. Тягово-сцепные свойства тракторов могут быть улучшены путем выбора оптимальных для данных условий работы размеров шин, давления воздуха в шинах и нагрузки на шины, применением дополнительных приспособлений (полугусеничного хода, дополнительных почвозацепов, ведущих осей и сдвоенных шин) [9, 10, 11].

Процесс взаимодействия движителей с почвой определяется характером изменения напряжений и деформаций в почве при воздействии на нее движителя и характеризуется затратами энергии на образование колеи, сопротивление перекатыванию и буксование и величиной реализуемой движителями касательной силы тяги.

© С.Г. Пархоменко, 2019
© S.G. Parkhomenko, 2019

Оптимизация параметров пневматической шины как одного из звеньев колебательной системы и основного элемента колесного движителя является одним из направлений повышения эффективности функционирования машинно-тракторных агрегатов [9-11].

Цель исследований. Исследования выполнены с целью разработки эффективной методики определения оптимальных упругодемпфирующих, деформационных, тяговых характеристик тракторных пневматических шин.

Материалы и методы. В процессе экспериментальных исследований изучались характеристики пневматических шин размера 16,9-30 радиальной (серийные) модели Ф-39 и диагонально-параллельной (опытные) конструкции [9-15]. 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-параллельная шина шины расположены таким образом, что составляют острый угол с направлением движения, причем 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.

Экспериментальные исследования пневматических шин производились на мобильной установке "шинный тестер" [9-12]. Шинный тестер (рис. 1) содержит тягач 1, шарнирную раму, включающую привалочную 2, промежуточную и заднюю секции, ось, закрепленную в измерительных узлах, механизм привода испытуемого колеса, 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. Нагрузка на ось испытуемого колеса задается с помощью грузов 7, размещаемых на задней секции рамы тестера. Для измерения пройденного пути и скорости движения и буксования служит путеизмерительное колесо 9.

Крутящий момент устанавливался на колесе от нуля (ведомый режим) до максимального (ведущий режим). Испытания пневматических шин осуществлялись на бетоне, стерне, пару. Комплекс измерительной аппаратуры для проведения испытаний шин включает приборы, которые позволяют фиксировать число оборотов испытываемого и путеизмерительного колес, давления в пятне контакта, деформацию, угол поворота, силу тяги испытываемого колеса, крутящий момент на оси колеса, угол наклона рамы тестера.

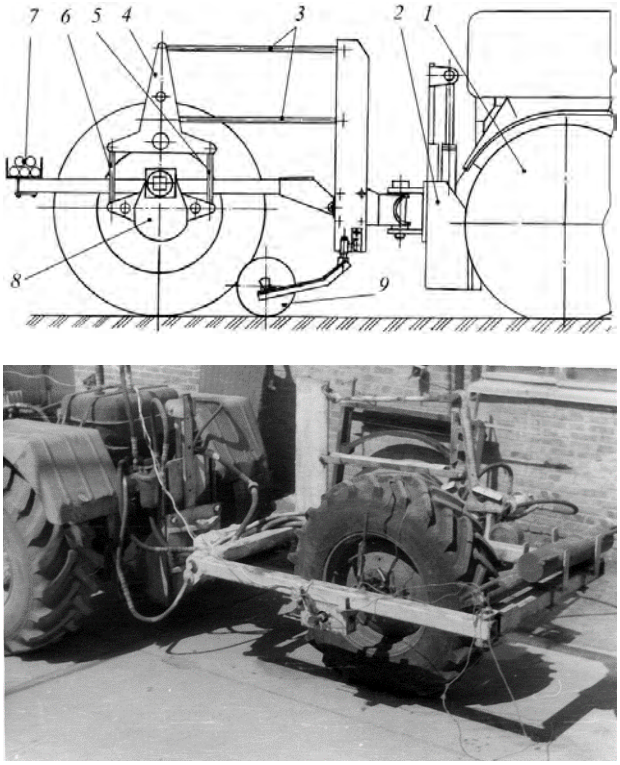
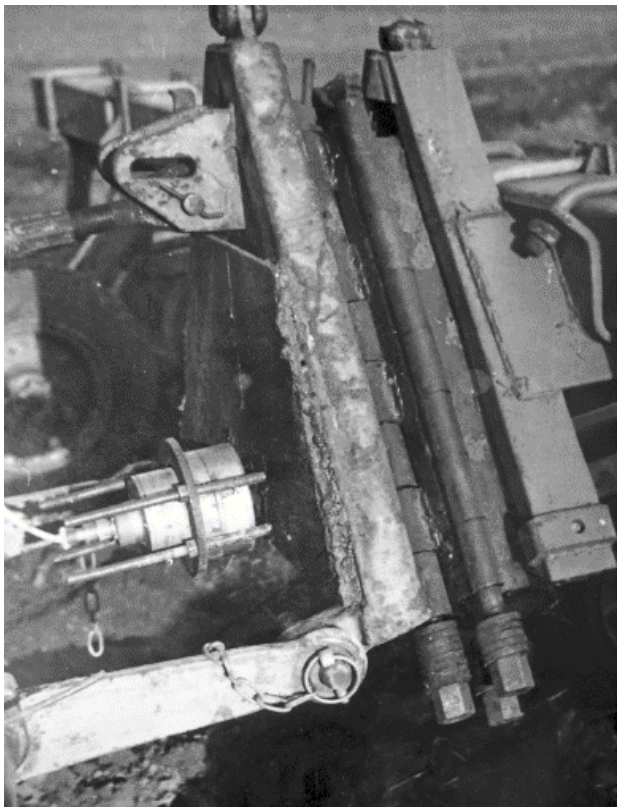


Рис. 1. Шинный тестер [9-12]: 1 – тягач; 2 – привалочная рама; 3, 5, 6 – реактивные штанги; 4 – траверса; 7 – грузы; 8 – цилиндрический редуктор; 9 – путеизмерительное колесо

Измерительный комплекс для полевых испытаний машинно-тракторного агрегата позволяет осуществить измерение частоты вращения коленчатого вала двигателя, ведущих колес трактора, путеизмерительного колеса, пройденного пути, крутящего момента на валу ведущего колеса, горизонтальной составляющей тягового усилия трактора, продольного и вертикальных ускорений трактора, расхода топлива. Горизонтальная составляющая тягового сопротивления навесной сельскохозяйственной машины определена с помощью динамометрической автосцепки (рис. 2) [10-15].

Для определения энергозатрат на обработку почвы по следу ведущих колёс трактора использовался брус культиватора КРН-5,6 с двумя закрепленными на нем секциями и двумя опорными колесами и динамометрическая автосцепка (рис. 3) [10-15].

Результаты и их обсуждение. Деформационные характеристики пневматических шин в ведущем режиме качения на бетоне приведены на рис. 4.



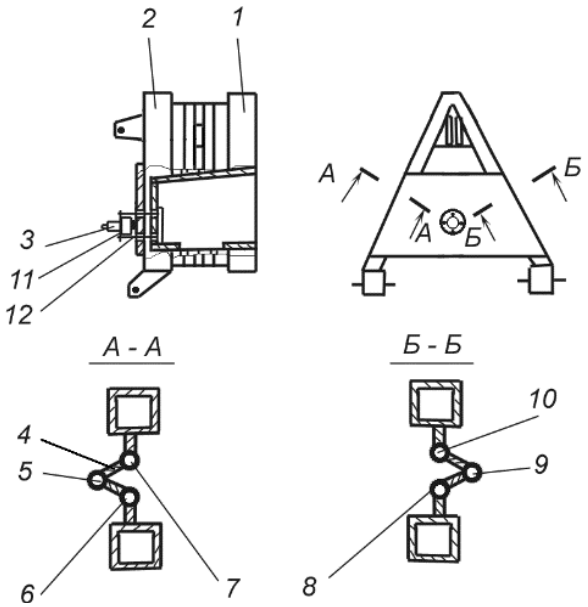


Рис. 2. Динамометрическая автосцепка [10-15]: 1, 2 – автосцепки; 3 – силоизмерительный датчик; 4 – пластина; 5, 9 – подвижные шарниры; 6, 7, 8, 10 – неподвижные шарниры; 11 – кольцо; 12 – шпильки

Тяговая характеристика пневматических шин на пару (рис. 5) показывает, что максимум КПД шины на пару для обоих вариантов приходится на диапазон тягового усилия 3,5…5,0 кН. Тяговый КПД шины 16,9-30ДП в этом диапазоне несколько выше благодаря меньшему буксованию этой шины, а также вследствие ее более выигрышных деформационных характеристик [9-12].



Рис. 3. Измерение энергозатрат на обработку почвы по следу колес

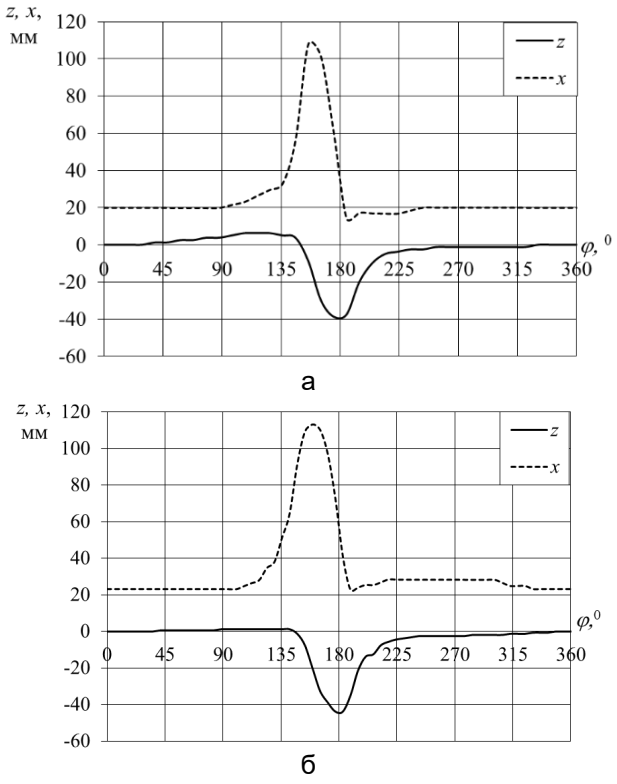


Рис. 4. Деформация шины 16,9R30 (а) и 16,9-30 ДП (б) на бетоне в ведущем режиме качения: z – радиальная деформация, x – окружная деформация

Результаты экспериментальных исследований уплотняющего воздействия шин на почву по методике ГОСТ 26953-86, ГОСТ 26954-86, ГОСТ 26955-86 показывают, что при работе трактора на опытных шинах наблюдается большая

© С.Г. Пархоменко, 2019
© S.G. Parkhomenko, 2019

контурная площадь контакта (на 3,14%), меньшее максимальное давление движителя на почву (на 3,05%) и нормальное напряжение в почве на глубине 0,5 м (на 0,85%) [10-12].

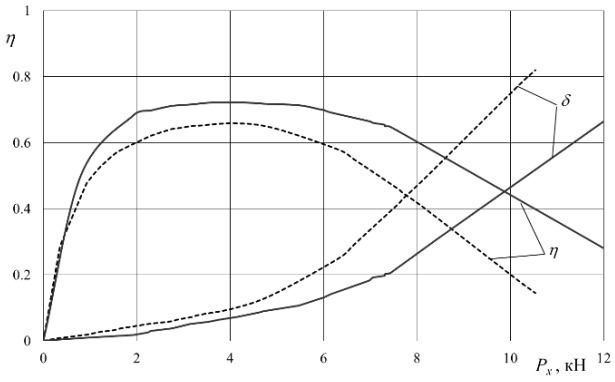


Рис. 5. Тяговая характеристика колеса с шиной 16,9-30 (давление p=0,09 МПа, нагрузка на колесо $G_к$=14 кН): ——— опытный вариант (16,9-30ДП); ..... серийный вариант (16,9R30)

Экспериментально установлено, что в ведущем режиме длина контакта шины с опорным основанием увеличивается (рис.6). Величина изменения длины контакта зависит от крутящего момента на оси колеса, типа конструктивного исполнения, размера пневматической шины, давления в шине, вертикальной нагрузки и типа опорного основания [11, 12].

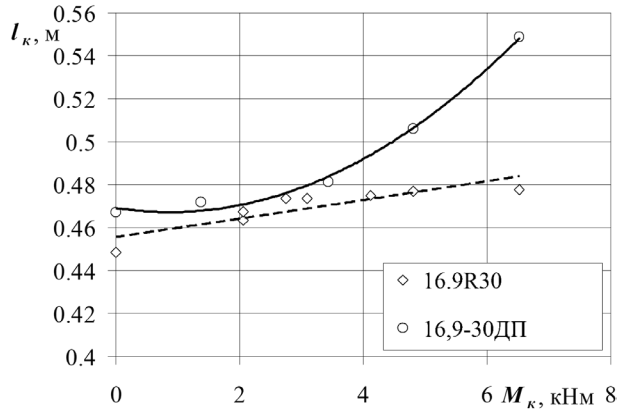


Рис. 6. Зависимость длины контакта колеса на бетоне от крутящего момента: ——— опытный вариант (16,9-30ДП); ..... серийный вариант (16,9R30)

Результаты замеров энергозатрат на обработку следа трактора, которые оценивались тяговым сопротивлением двух секций культиватора КРН-5,6 по следу колес и вне следа показывают, что применение шин 16,9-30ДП позволяет снизить прирост тягового сопротивления по следу колеса на 19,6%.

Для шины 16,9-30ДП определены следующие оптимальные параметры: слойность каркаса – 6, угол наклона нитей корда к меридиану – 33,4°, внутреннее давление воздуха – 0,0995 МПа [12].

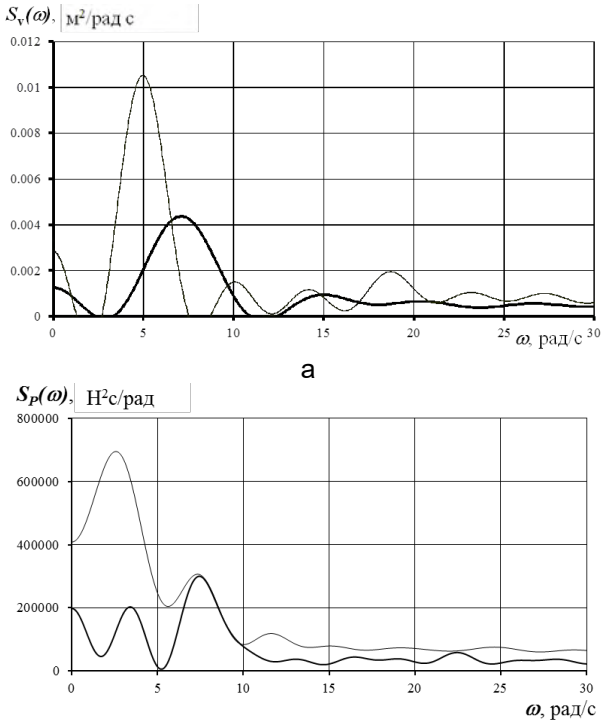


Рис. 7. Спектральные плотности процесса изменения скорости движения агрегата (а) и силы тяги трактора (б): ——— – 16,9R30; ——— – 16,9-30ДП

Результаты полевых испытаний культиваторного агрегата МТЗ-80+КРН-5,6 с шинами ведущих колес трактора размера 16,9-30 модели Ф-39 серийной радиальной и опытной диагонально-параллельной конструкции показывают повышение производительности на опытных шинах по сравнению с радиальными на 8..10% и снижение погектарного расхода топлива на 4...6 %; уменьшение удельного сопротивления по следу опытных шин при культивации на 13%; меньшую, чем с радиальными шинами, интенсивность колебаний скорости движения, силы тяги трактора (рис. 7), ведущего момента на колесах трактора и лучшую плавность хода. В итоге наблюдается и лучшее качество выполняемой технологической операции [9-12].

Выводы

Разработанная методика экспериментальных исследований позволяет определять

необходимые характеристики пневматических шин, выполнять сравнения различных вариантов.

Деформационные характеристики пневматических шин в общем случае их нагружения показывают, что они испытывает продольную, крутильную и радиальную деформации. Наличие у серийной шины 16,9R30 в отличие от опытной 16,9-30ДП радиальной деформации, направленной от оси колеса в зоне перед поверхностью контакта при ведущем режиме качения обусловливает в ней большие гистерезисные потери.

Экспериментальные тяговые характеристики пневматических шин свидетельствуют о большем КПД диагонально-параллельной шины 16,9-30ДП (на 9,2%) и меньшем ее буксовании, что предопределяет меньшее истирание почвы данным типом шин.

Оптимальные параметры шины 16,9-30ДП: слойность каркаса – 6, угол наклона нитей корда к меридиану – 33,4о, внутреннее давление воздуха – 0,0995 МПа

Культиваторный агрегат МТЗ-80+КРН-5,6 показывает повышение производительности на опытных шинах по сравнению с радиальными на 8..10% и снижение погектарного расхода топлива на 4...6 %; уменьшение удельного сопротивления по следу опытных шин при культивации на 13%.

Литература

1. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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.

5. Пархоменко Г.Г. Исследование процесса трансформации почвообрабатывающих рабочих органов / Г.Г. Пархоменко // Механізація та електрифікація сільського господарства. 2013. Т. 1. С. 142-150.

6. 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.

7. 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.

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

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

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

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

12. Пархоменко С.Г. Основы методики исследования характеристик тракторных шин / Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №3. С. 173-175.

13. Пархоменко С. Г. Автосцепка для динамометрирования навесных сельскохозяйственных машин/ Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. №3. С. 165-167.

14. Пархоменко С.Г., Пархоменко Г.Г. Динамометрирование навесных сельскохозяйственных машин // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124. № 1. С. 125-129.

15. Пархоменко С.Г., Пархоменко Г.Г. Измерение силы тяги на крюке трактора в агрегате с навесной сельскохозяйственной машиной // Тракторы и сельхозмашины. 2016, № 4. С. 15-19.

References

1. Parkhomenko, G. and Rykov, V. (2005). Kombinirovannye agregaty dlya osnovnoy obrabotki pochvy v zasushlivykh usloviyakh. Dostizheniya nauki i tekhniki APK, (7), pp.38-39.

2. Medovnik, A., Tverdokhlebov, S., Parkhomenko, G., Svetlova, E. and Utka, I. (2013). Ustroystvo dlya bezotvalnoy obrabotki pochvy. 2486730 RF.

© С.Г. Пархоменко, 2019
© S.G. Parkhomenko, 2019

3. Parkhomenko, G., Medovnik, A. and Tverdokhlebov, S. (2011). Eksperimentalnoe issledovanie glubokorykhlitelya dlya obrabotki pochvy v mezhduryadyakh mnogoletnikh nasazhdeniy. Mezhdunarodnyy tekhniko-ekonomicheskiy zhurnal, (3), pp.76-78.

4. Parkhomenko, G. and Tverdokhlebov, S. (2012). Sravnitelnaya otsenka energeticheskikh pokazateley pluga sadovogo chizelnogo s razlichnymi variantami rabochikh organov. Vestnik MichGAU, (3), pp.152-156.

5. Parkhomenko, G. (2013). Issledovanie protsessa transformatsii pochvoobrabatyvayushchikh rabochikh organov. Mekhanizacija ta elektryfikacija siljsjkogho ghospodarstva, 1, pp.142-150.

6. Bozhko, I. and Parkhomenko, G. (2014). Osobennosti bezotvalnoy posloynoy obrabotki pochvy v zasushlivykh usloviyakh. Agrotekhnika i energoobespechenie, (1(1), pp.25-30.

7. Parkhomenko, G. and Shchirov, V. (2013). Teoriya glubokorykhlitelya: Raschet vzaimodeystviya rabochikh organov s pochvoy v zasushlivykh usloviyakh. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing.

8. Parkhomenko, G. and Shchirov, V. (2011). Opredelenie tyagovogo soprotivleniya pochvoobrabatyvayushchikh mashin. Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva, (8), pp.23-24.

9. Parkhomenko, S. and Parkhomenko, G. (2016). Povyshenie energoeffektivnosti mobilnykh pochvoobrabatyvayushchikh agregatov. Innovatsii v selskom khozyaystve, (3 (18), pp.40-47.

10. Parkhomenko, S. (1999). Sovershenstvovanie funktsionirovaniya MTA s kolesnym traktorom klassa 1,4 na osnove optimizatsii parametrov pnevmaticheskikh shin. PhD in Engineering.

11. Parkhomenko, S. and Parkhomenko, G. (2017). Eksperimentalnoe issledovanie kharakteristik traktornykh pnevmaticheskikh shin. Traktory i selkhozmashiny, (11), pp.40-48.

12. Parkhomenko, S. (2018). Osnovy metodiki issledovaniya kharakteristik traktornykh shin. Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii, (3), pp.173-175.

13. Parkhomenko, S. (2018). Avtostsepka dlya dinamometrirovaniya navesnykh selskokhozyaystvennykh mashin. Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii, (3), pp.165-167.

14. Parkhomenko, S. and Parkhomenko, G. (2016). Dinamometrirovanie navesnykh selskokhozyaystvennykh mashin. Trudy GOSNITI, 124(1), pp.125-129.

15. Parkhomenko, S. and Parkhomenko, G. (2016). Izmerenie sily tyagi na kryuke traktora v agregate s navesnoy selskokhozyaystvennoy mashinoy. Traktory i selkhozmashiny, (4), pp.15-19.

Анотація

Удосконалення пневматичних шин для колісних тракторів

С.Г. Пархоменко

Стаття присвячена розробці ефективної методики визначення оптимального поєднання параметрів внутрішньої будови тракторних пневматичних шин. Одним з факторів, що впливає на показники функціонування машинно-тракторних агрегатів, є досконалість рушіїв, серед яких колісні є домінуючими. Оптимізація параметрів пневматичної шини як однієї з ланок коливальні системи і основного елемента колісного рушія є одним з напрямків підвищення ефективності функціонування машинно-тракторних агрегатів.

Дослідження виконані з метою розробки ефективної методики визначення пружно-демпфуючих, деформаційних, тягових характеристик тракторних пневматичних шин, що дозволяє коректно порівнювати різні їх варіанти.

У процесі експериментальних досліджень-ний вивчалися характеристики пневматичних шин розміру 16,9-30 радіальної і Диагеннально-паралельної конструкції. Шинний тестер дозволяє виконати визначення необхідних показників в реальних умовах експлуатації. Розроблена методика досліджень дозволяє визначати необхідні характеристики пневматичних шин, виконувати порівняння різних варіантів. Деформаційні характеристики пневматичних шин в загальному випадку їх навантаження показують, що вони відчувають поздовжнє, крутильне і радіальну деформації. Наявність у серійної шини 16,9R30 на відміну від досвідченої 16,9-30ДП радіальної деформації, спрямованої від осі колеса в зоні перед поверхнею контакту при провідному режимі кочення, обумовлює в ній великі гістерезисна втрати. Експериментальні тягові характеристики пневматичних шин свідчать про більше ККД діагонально-паралельної шини 16,9-30ДП (на 9,2%) і меншій її буксовании, що визначає менше стирання грунту даним типом шин. Встановлено, що застосування дослідних шин 16,9-30ДП зменшує уплотняющее

вплив агрегату на ґрунт. Приріст тягового опору по сліду колеса становить 47,5% і 27,9%, відповідно, з серійної і досвідченою шинами. Визначено оптимальні параметри діагонально-паралельної шини: слойность каркаса – 6, кут нахилу ниток корду до меридіану в найширшому місці – 33,4о, внутрішній тиск повітря – 0,0995 МПа.

Ключові слова*: пневматична шина, деформація, коефіцієнт корисної дії, площа контакту, грунт, ущільнення.*

Abstract

Improving pneumatic tires for wheeled tractors

S.G. Parkhomenko

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 radial and diagonal-parallel structures were studied. Tire tester allows to perform determination of the required indicators in real operating conditions. The developed research methodology allows to determine the necessary characteristics of pneumatic tires, perform comparisons of various options. The deformation characteristics of pneumatic tires in the general case of their loading show that they experience longitudinal, torsional and radial deformations. The presence in 16.9R30 serial tire in contrast to the 16.9-30DP experimental tire of radial deformation directed from the wheel axis in the zone in front of the contact surface under the driving rolling mode causes large hysteresis losses in it. The experimental traction characteristics of pneumatic tires show a higher efficiency of the diagonal-parallel 16.9-30DP tire and its less slipping, which predetermines less abrasion of the soil with this type of tire. It has been established that the application of the experimental tires 16.9-30DP reduces the sealing effect of the unit on the soil. It has been established that the application of the experimental tires 16.9-30DP reduces the compaction of the unit on the soil. The increase in tractive resistance along the wheel is 47,5 % and 27,9 %, respectively, with production and experimental tires The optimal parameters of diagonal-parallel tire were determined: the ply lamination is 6, the cord inclination to the meridian in the widest place is 33,4o, the internal air pressure is 0,0995 MPa.

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

Представлено від редакції: М.А. Подригало / Presented on editorial: M.A. Podrigalo
Рецензент: М.Ю. Шуляк / Reviewer: M.Ju. Shuljak
Подано до редакції / Received: 05.03.2019

© С.Г. Пархоменко, 2019
© S.G. Parkhomenko, 2019