

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИНАХ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

Р. И. Орлов, Ю. А. Шапошников

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

В статье обосновывается эффективность системы регулирования давления воздуха в шинах колесных тракторов в составе машинно-тракторного агрегата. Рассмотрены системы регулирования воздуха, применяемые на колёсной технике. Приведены положения о влиянии давления воздуха в шинах на их эксплуатационные свойства и показатели работы транспортно-технологической машины. Сделаны выводы о перспективе развития данных систем.

Ключевые слова: шина, давление воздуха, машинно-тракторный агрегат, система регулирования, транспортно-технологическая машина, тяговые характеристики.

THE EFFECTIVENESS OF THE SYSTEM REGULATION OF AIR PRESSURE IN THE PNEUMATIC TYRE TRACTOR UNIT

R. I. Orlov, Yu. A. Shaposhnikov

Polzunov Altai State Technical University, Barnaul

The article substantiates the effectiveness of the system of regulation of air pressure in the tires of wheeled tractors in the composition machine-tractor unit. Considered system for the regulation of air used on wheeled vehicles. Given the provisions on the effect of air pressure in the tires on their operational properties and performance of the transport-technological machines. Conclusions are made about the future development of these systems.

Keywords: tire, pressure, tractor units, the system regulation, transport-technological machine, the traction characteristics.

На сегодняшний день наибольшее распространение в сельском хозяйстве получили машинно-тракторные агрегаты (МТА) в составе колесных тракторов, вследствие их большей универсальности по сравнению с гусеничными. Параметры колесного движителя оказывают большое влияние на реализацию тяговых возможностей трактора, сопротивление движению и устойчивость трактора [8].

Установлено, что снижение давления в шинах уменьшает сопротивление качению на грунтовых поверхностях, обеспечивает увеличение площади пятна контакта шины, что способствует снижению давления на опорную поверхность и улучшает реализацию тяговых возможностей. Однако снижение давления приводит к уменьшению грузоподъемности колеса. Кроме того, если машина часть пути движется по дороге с твердым покрытием (транспортный режим), низкое давление в

шинах способствует их быстрому износу [1, 3].

Давление воздуха, как правило, подбирают для так называемых средних условий, определенных исходя из статистического анализа свойств почвы на той или иной местности. Реализуя такой подход, получается, что далеко не всегда в шинах установлено оптимальное давление. Поэтому считается перспективным расширение использования систем регулирования давления воздуха в шинах, которые позволяют корректировать режимы работ колесных движителей в изменяющихся условиях эксплуатации [4].

На рисунке 1 приведена пневматическая система трактора К-744. Данная система обеспечивает работу колесных тормозов трактора и прицепных машин, работу стеклоочистителей и позволяет накачивать шины сжатым воздухом. Главный элемент системы

— двухцилиндровый компрессор поршневого типа, установленный в развале блока цилиндров двигателя и приводимый во вращение клиноременной передачей от вентилятора двигателя. Система работает следующим образом: воздух нагнетается компрессором через воздухоочистители в баллоны, таким образом, создаётся запас воздуха, который затем поступает ко всем потребителям. При создании давления в системе выше порогового значения срабатывает регулятор давления, перепускающий сжатый воздух к клапанному механизму компрессора, при этом открываются впускные клапаны обоих цилиндров. В этом случае подача воздуха в систему прекращается, и компрессор вращается вхолостую. При снижении давления воздуха, клапаны закрываются, и компрессор начинает подавать воздух. Для предохранения пневмосистемы от избыточного давления в случае выхода из строя регулятора давления система оснащена предохранительным клапаном, который стравливает избыточный воздух в атмосферу [7].

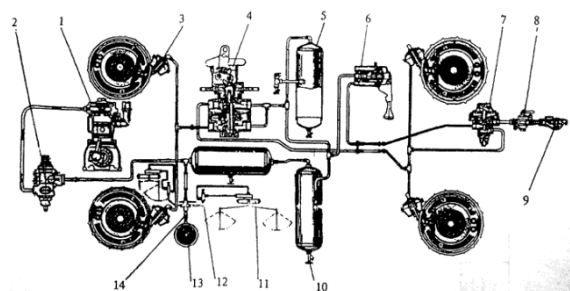


Рисунок 1 – Схема пневматической системы трактора К-744

Система содержит следующие элементы: компрессор 1, регулятор давления 2, тормозную камеру 3, кран тормозной двухсекционный с рычагом 4, баллон воздушный 5, кран тормозной обратного действия с ручным управлением 6, клапан управления тормозами прицепа 7, разобщительный кран 8, соединительную головку 9, кран 10, стеклоочиститель 11, вентили стеклоочистителей 12; указатель давления 13; датчик давления 14 [7].

Сходные по принципу действия системы, применяются и на других колёсных тракторах. Однако они способны поддерживать установленное давление в пневматической системе машины, в том числе давление в шинах, но не позволяют динамически изменять его в процессе работы [1, 7, 8].

Существуют результаты исследований, свидетельствующие о влиянии давления воздуха в шинах, в зависимости от их загружен-

ности, на расход топлива. Для повышения топливной экономичности МТА предлагается устройство для автоматического поддержания установленного значения давления в шинах, схема которого приведена на рисунке 2 [5].

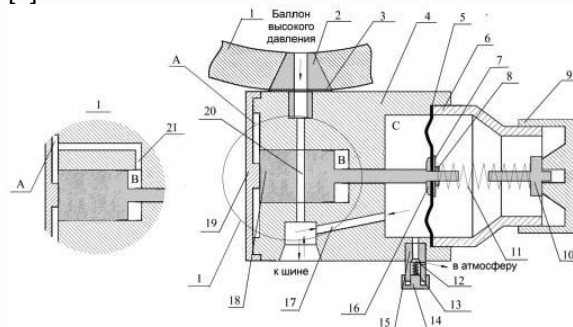


Рисунок 2 – Схема регулятора давления воздуха в шинах колёсных машин

Рассматриваемое техническое решение содержит корпус баллона высокого давления 1, переходной штуцер 2, прокладку переходного штуцера 3, основной корпус регулятора 4, мембрану 5, дополнительный корпус регулятора 6, шайбу 7, гайку 8, регулировочную крышку впускного клапана 9, держатель пружины 10, пружину впускного клапана 11, выпускной клапан 12, пружину выпускного клапана 13, регулировочную крышку выпускного клапана 14, корпус впускного клапана 15, стопорную шайбу 16, соединительный канал 17, впускной клапан 18, крышку основного корпуса регулятора 19, канал впускного клапана 20, перепускной канал 21 [5].

Предлагаемый регулятор давления в шинах колёсных машин, содержит в качестве упругих элементов впускного клапана пружину и мембрану, которая позволяет наиболее точно контролировать процесс открывания и закрывания порта во впускном клапане, и установлен дополнительно выпускной клапан, что позволяет регулировать давление в шине при давлении в ней выше рабочего. Заданное рабочее давление устанавливается при помощи регулировочных крышек [5].

Другое техническое решение направлено на децентрализацию воздуха в шинах колёсных машин. Дело в том, что существующие системы регулирования давления воздуха направлены на поддержание одинакового давления воздуха во всех шинах машины. Однако получившие широкое распространение многоосные, в том числе в сельском хозяйстве, транспортно-технологические машины имеют особенность эксплуатации, заключающуюся в том, что колёса движутся по од-

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУХА В ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИНАХ МАШИННО- ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

ной колее, оказывают воздействие на физико-механические свойства грунта, таким образом, характер взаимодействия каждого последующего колеса с почвой будет несколько отличаться от характера взаимодействия предыдущего. Поэтому, для наилучшей реализации тягово-сцепных возможностей движителя, для разных колёс необходимо подобрать своё рациональное значение давления воздуха в шинах [9].

Для этого предлагается система регулирования давления воздуха в шинах, которая содержит компрессор, пневматический баллон, датчик давления воздуха, электромагнитные клапаны управления давлением и эжекторы по числу осей, колесные клапаны по числу колес, связанные посредством трубопроводов и шлангов, электрический блок управления, связанный посредством электрических цепей с блоком управления давлением воздуха и электромагнитными клапанами управления давлением [9].

Данная система работает следующим образом: давление воздуха, подводимого к электромагнитным клапанам управления, создаётся компрессором и изменяется регулятором давления в зависимости от вертикальной нагрузки, приходящейся на ось за счёт механической связи с подвеской машины. Параметры работы задаются водителем в зависимости от условий движения машины [9].

Кроме тракторов, регулирование воздуха в шинах актуально для транспортно-технологических машин (ТТМ), масса которых значительно изменяется в процессе работы. К ним относятся, прежде всего, ТТМ для внесения химических средств защиты растений и удобрений. Масса таких ТТМ может уменьшиться в два раза, соответственно уменьшиться и нагрузка на колесо [2]. Известно также, что геометрические параметры колеса влияют на показатели сопротивления качению [1, 3].

Для того, чтобы оценить возможную эффективность применения системы изменения давления в шинах ТТМ, необходимо провести анализ того, как изменится сила сопротивления качению при использовании шин с разными геометрическими размерами, при разном давлении и нагрузке на колесо.

Для исследования взяты шины двух типоразмеров: 320/85R38, 380/90R48. Подобные шины устанавливаются на прицепные и самоходные сельскохозяйственные опрыскиватели. Основные геометрические размеры данных шин приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные геометрические размеры шин

Основные геометрические размеры	Типоразмер	
	320/85R38	380/90R48
Ширина профиля (bк), мм	320	380
Высота профиля (H), мм	272	342
Диаметр колеса (Dк), мм	1509	1903

Таким образом, шина 380/90R48 имеет по сравнению с шиной 320/85R38 большую на 16% ширину профиля, большую на 20 % высоту профиля и больший на 21% наружный диаметр.

Сила сопротивления качению определяется [6]:

$$P_f = f_K * R_{Nk1} \quad (1)$$

где, f_K – коэффициент сопротивления качению колеса;

R_{Nk1} – вертикальная нагрузка на колесо, Н.

Коэффициент сопротивления качению определяется [6]:

$$f_K \approx 0,19 * 10^{-2} * k^{\frac{1}{3}} \sqrt{\frac{R_{Nk1}(1+10,2p)^2}{D_K^2 * b_K}} + 8,83 * 10^{-4} \sqrt{\frac{1+10,2p}{p^2 * D_K * b_K}} \quad (2)$$

где, k – коэффициент деформации грунта ($0,0224 \text{ м}^3/\text{МН}$);

D_K – диаметр колеса;

b_K – ширина колеса;

p – давление воздуха в шине, МПа.

Результаты расчетов силы сопротивления качению в зависимости от давления в шинах и нагрузки на колесо приведены в графической форме на рисунке 3.

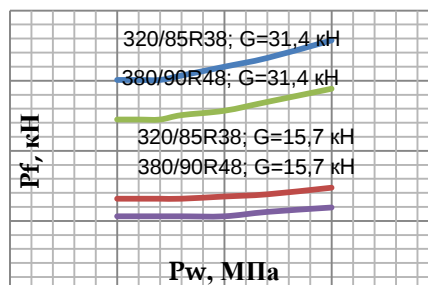


Рисунок 3 – Зависимость величины силы сопротивления качению колес, оснащенных пневматической шиной, от давления воздуха в ней, при разной нагрузке

Расчеты проводились для величин давления воздуха в шинах: 0,1; 0,12; 0,14; 0,16;

0,2; 0,24; 0,3 МПа. Данные величины давления, наиболее часто используются в шинах ТТМ сельскохозяйственного назначения [6]. Нагрузки на колесо приняты равными 31,4 и 15,7 кН.

Согласно графику, приведенному на рисунке 3 можно сделать ряд выводов. На графике наглядно представлено, что с ростом давления в шинах происходит увеличение силы сопротивления качению. В случае нагрузки 31,4 кН на колесо, для обоих типоразмеров шин данный рост составил порядка 15% при увеличении давления с 0,1 МПа до 0,3 МПа. При нагрузке 15,7 кН рост составил порядка 10% для обоих типоразмеров шин. Для шины, имеющей большие ширину и высоту профиля, и наружный диаметр при всех значениях давления в представленном диапазоне, сила сопротивления качению меньше на 20% по сравнению с шиной, обладающей меньшими геометрическими размерами. При снижении нагрузки на шины обоих типоразмеров отмечается снижение силы сопротивления качению около 60%.

Таким образом, правильный выбор типоразмера шин и уровня давления может значительно снизить энергозатраты при работе ТТМ. С другой стороны, снижение давления ухудшает показатели курсовой устойчивости агрегата. Поэтому, используя шины низкого давления, нужно учитывать, как это может повлиять на устойчивость движения агрегата и соответственно выполнение технологических операций. А также насколько важна устойчивость движения в конкретных условиях.

Для ТТМ, предназначенных для внесения химических средств защиты растений и удобрений, устойчивость движения является один из важнейших факторов, влияющих на точность и равномерность внесения средств защиты растений. В то же время, как указывалось выше, полная масса подобной ТТМ, в течение технологической операции, может уменьшиться до двух раз [2]. Следовательно, для поддержания технологических параметров можно регулировать давление в шинах без изменения энергозатрат на движение машины. Тем самым обеспечить требуемые показатели устойчивости хода. Однако необходимо учитывать то, что масса подобного рода ТТМ меняется постепенно в ходе рабо-

ты. Поэтому для наиболее эффективного соотношения энергозатрат и устойчивости движения, давление в шинах должно изменяться пропорционально изменению массы ТТМ, и нагрузки на колесо. Применение системы регулирования воздуха в шинах обеспечить выполнение требуемых технологических показателей работы ТТМ.

Список литературы

1. Агейкин, Я. С. Проходимость автомобилей / Я. С. Агейкин. – Москва: Машиностроение, 1981. – 232 с.
2. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные машины / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Левшин. – Москва: КолосС, 2008 – 816 с.
3. Кнороз, В. И. Работа автомобильной шины / В. И. Кнороз, Е. Б. Кленников, И. П. Петров, А. С. Шелухин, Ю. М. Юрьев. – Москва: Транспорт, 1976 – 238 с.
4. Козлов, Д. Г. К вопросу о выборе шин и балластировании трактора при выполнении технологических операций / Д. Г. Козлов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (46). – С. 119 – 125.
5. Лещенко, Е. А. Снижение расхода топлива на транспортных работах установкой рациональных давлений воздуха в шинах колёсных тракторов (на примере трактора МТЗ-82) : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Е. А. Лещенко. – Челябинск, 2014. – 24 с.
6. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия / под ред. И. П. Ксенович. – Москва: Машиностроение, 2003. Т. 1. – 743 с.
7. Скоростная сельскохозяйственная техника / А. П. Антонов [и др.]. – Москва: Россельхозиздат, 1986. – 191 с.
8. Тракторы: Теория: Учебник для вузов по спец. «Автомобили и тракторы» / В. В. Гуськов [и др.]; под. общ. ред. В. В. Гуськова. – Москва: Машиностроение, 1988. – 376 с.
9. Усиков, В. Ю. Повышение проходимости автомобилей многоцелевого назначения путем децентрализации регулирования давления воздуха в шинах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / В. Ю. Усиков. – Челябинск, 2015. – 16 с.

Шапошников Юрий Андреевич – д.т.н., профессор кафедры АиАХ, АлтГТУ им. И. И. Ползунова, тел.: 8(3852)29-08-22, E-mail: u_shaposhnikov@mail.ru;

Орлов Роман Игоревич – аспирант кафедры АиАХ, АлтГТУ им. И. И. Ползунова, тел.: 8(3852)29-08-22, E-mail: roman-orliv-1990@mail.ru