

УДК 629.3.064

**АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ШИНАХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**ANALYSIS OF AUTOMATIC TIRE PRESSURE CONTROL
SYSTEMS FOR AGRICULTURAL MACHINERY**

Бойков В. П., д-р техн. наук, проф.,
Жданович Ч. И., к-т техн. наук, доц., **Дзёма А. А.**, ст. преп.,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

V. Boykov, Doctor of Technical Sciences, Prof.,
Ch. Zhdanovich, Ph. D. in Eng., Ass. Prof., A. Dzioma, Senior Lecturer
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Проведен анализ существующих систем автоматического регулирования давления в шинах сельскохозяйственной техники, рассмотрены их основные особенности и технические характеристики.

The analysis of the existing systems of automatic tire pressure control in agricultural machinery is carried out, their main features and technical characteristics are considered.

Ключевые слова: шины, давление, автоматическое регулирование, опорная поверхность.

Keywords: tires, pressure, automatic regulation, support surface.

ВВЕДЕНИЕ

Установлено, что регулирование давления воздуха в шинах колесных сельскохозяйственных машин способствует улучшению их тягово-сцепных свойств [1], повышению урожайности и эффективности земледелия за счет меньшего уплотнения почвы колесными движителями при выполнении сельскохозяйственных операций, а также снижению расхода топлива, что в результате приводит к росту экономических показателей сельскохозяйственных предприятий.

Согласно испытаниям, проведенных в Университете прикладных наук Южной Вестфалии (ФРГ), при снижении давления в шинах трактора с 1,8 бар до 0,8 бар при обработке почвы, можно получить на 10 % большее тяговое усилие, что приводит к увеличению обработанной площади на 8% и снижению расхода дизельного топлива на 8 % на гектар. В пересчете на часы работы увеличение площади обработки и снижение расхода топлива приводит к экономии до 10 евро в час [2].

Цель работы - анализ существующих систем автоматического регулирования давления воздуха в шинах сельскохозяйственной техники и их технических характеристик.

СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДАВЛЕНИЯ В ШИНАХ

Большинство крупнейших мировых производителей сельскохозяйственной техники имеют как полностью интегрированные, так и опционально устанавливаемые системы автоматического регулирования давления в конструкцию современных энергонасыщенных тракторов.

На тракторах *John Deere* (США) применяется интегрированная централизованная система подкачки шин (англ. *Central Tire Inflation System (CTIS)*). Она легко настраивается с помощью дисплея *CommandCenter* трактора и отличается быстрым временем накачивания и спуска воздуха. Внутреннее давление комбинации передних шин 650/60R34 и задних шин 710/75R42 можно увеличить с 0,8 до 1,8 бар менее чем за шесть с половиной минут, в то время как для сброса давления из шины требуется менее четырех минут шины, что обеспечивается внутренним диаметром воздухопроводов [3].

Система регулирования давления в шинах *Fendt VarioGrip* – это полностью интегрированная система от *Fendt* (ФРГ), состоящая из высокопроизводительного двухпоршневого компрессора с водяным охлаждением, радиальных поворотных вводов, расположенных на осях, и специальных клапанов, встраиваемых в колесные диски. Система может применяться как для мостов с фланцевым валом, так и мостов с консольным валом, может применяться и для сдвоенных шин. Управление осуществляется с помощью терминала *Varioterminal*. Давление в шинах для полевых работ и движения по дорогам можно настроить отдельно на каждой оси и сохранить в памяти системы, что позволяет осуществлять регулировку давле-

ния в шинах во время движения. Система информирует оператора, если давление в шинах слишком низкое или слишком высокое.

Помимо давления в шинах, решающее значение для передачи реализации силы тяги имеют также балластировка и рабочая скорость. Для определения оптимальных параметров давления в шинах, массы балласта и скорости движения используется помощник *Fendt Grip Assistant*, который имеет два режима: режим выбора скорости и режим выбора балласта. В режиме выбора балласта в зависимости от типа крепления навесного оборудования, влажности почвы, применяемых шин, используемого навесного оборудования на тракторе *Grip Assistant* рекомендует оптимальную рабочую скорость и внутреннее давление в шинах с учетом установленных балластных грузов. В режиме выбора скорости в зависимости от типа навесной системы, влажности почвы, применяемых шин, используемого навесного оборудования помощник рекомендует идеальную рабочую скорость, а также оптимальное давление в шинах для определенного балласта [2, 4]. Регулировка давления происходит с высокой скоростью и точностью. Давление воздуха можно корректировать для каждого колеса в отдельности. Увеличение оборотов двигателя для сокращения времени накачки шины не требуется. Повреждение шины может быть обнаружено из-за падения давления воздуха.

Многие производители сельскохозяйственной техники, такие как *CLASS* (ФРГ), *CASE IH* (США), *STEYR* (Австрия), *NUHN* (Канада) и др., имеют опционально устанавливаемые системы регулирования давления для тракторов, прицепной техники и зерно- и кормоуборочных комбайнов. С помощью специальных элементов основные компоненты системы можно монтировать на различные тракторы за 4–8 часа. Быстродействие систем определяется производительностью компрессоров, сечением подводимых пневматических линий и вентилях. Например, колесные диски, устанавливаемые на трактора *CLASS*, имеют дополнительные специальные вентили увеличенного диаметра для подключения [5].

Следует отметить, чтобы максимально использовать возможности систем регулирования давления в шинах колесных машин требуется применение специальных шин низкого давления. В настоящее время все сельскохозяйственные шины можно разделить на три категории: стандартные, шины с повышенной гибкостью (*IF*) и ши-

ны с очень высокой гибкостью (*VF*). Если сравнивать шины одного типоразмера, например, 650/65R38, то шины *IF* могут работать при давлении на 20 % ниже и выдерживать ту же нагрузку, что и стандартная радиальная шина, а шины *VF* – при давлении на 40 % ниже. Например, если давление в стандартной радиальной шине составляет 1,4 бар, шина *IF* может выдерживать тот же вес при 1,1 бар, а шина *VF* – при 0,8 бар [6].

Одним из лидеров в производстве *IF* и *VF* шин является компания *Michelin* (Франция), которая после приобретения в 2017 году двух европейских фирм *PTG Tire Inflation Systems* и *Teleflow SAS*, специализирующихся на производстве систем контроля и корректировки давления в шинах, представила систему *Michelin ZEN@TERRA*, включающая шины *Michelin EvoBib* с технологией адаптивного рисунка протектора *Adaptive Design* и системы контроля и регулировки давления [7].

Mitas, чешский производитель шин, совместно с компанией *Fendt* предложил концепцию шины *AirCell*, которая легла в основу системы регулировки давления в шинах *VarioGrip Pro*. Конструкция включает внутреннюю шину, которую можно накачать до максимального давления в 8 бар, расположена на ободе колеса и помещается внутрь сельскохозяйственной шины для того, чтобы ускорить и упростить процесс накачивания. При этом, внутренняя шина, занимающая около 30 % внутреннего объема обычного колеса, также служит ресивером и в случае необходимости повышения давления на опорную поверхность, благодаря четырехстороннему клапану, воздух из внутренней шины будет поступать во внешнюю шину. Такая конструкция позволяет увеличивать давление в шинах на 1 бар за 30 секунд во время переключения между режимом работы «в поле» и режимом движения «по дороге». Так как *AirCell* не находится в контакте с самой шиной, то она не создает какого-либо дополнительного трения или нагрева. Датчик и клапана расположены на ободе колеса, а управляющие команды на клапана, текущие параметры датчика и питание передаются между колесом и рамой трактора бесконтактным способом. Подача давления осуществляется посредством пневматического поворотного патрубка [8].

Trelleborg Wheel Systems (Швеция) и *Dana Incorporated* (США) совместно разработали полностью интегрированную систему центральной подкачки шин *CTIS+Inside*. Система состоит из специаль-

ного кольцевого модуля, устанавливаемого на обод колеса, клапана, питающих магистралей, распределителя и компрессора [9].

Система *Trelleborg Variable Inflation Pressure (VIP)* представляет собой автономное колесо в сборе, способное автоматически регулировать давление в шине зерноуборочных комбайнов и оснащенное набором датчиков, измеряющих несколько параметров, включая нагрузку, давление и температуру, электронным процессором, управляющим компрессором, установленным на ободе колеса, и клапаном для регулировки давления. Система может распознавать разность нагрузки между колесами одной оси и устанавливать разное давление в них, что дает огромное преимущество на склонах [10].

Для более эффективно управления давлением в шинах в сочетании с системой центрального регулирования давления может применяться адаптивная система управления шинами *Trelleborg ATMS*, которая в реальном времени собирает данные о шинах для обеспечения оптимальной производительности, измеряя динамическую нагрузку, давление и температуру каждой шины, а также оценивая условия эксплуатации. Данные, полученные датчиками шин, обрабатывается шлюзом и отправляется через *CAN*-шину трактора с возможностью мониторинга данных через видеотерминал в салоне. Кроме этого, управление возможно, как через мобильное приложение для прямого датчика *Bluetooth Low-Energy (BLE)*, так и через веб-платформу, что позволяет управлять данными о тракторах или автопарке через облако. Данное решение будет доступно с июня 2024 года [11].

Разработку систем автоматического регулирования давления шин выполняют также предприятия, специализирующиеся на выпуске автокомпонентов и систем, например, ПАО «Полтавский автоагрегатный завод» (Украина) [12] или *S.Krude Fahrzeugbau* (ФРГ) [13]. Такие системы представляют собой модульную систему.

В табл. 1 приведены основные характеристики устанавливаемых систем регулирования давления в шинах сельскохозяйственной техники.

Таблица 1 – Сравнение систем регулирования давления в шинах

Модель сельскохозяйственной техники	Наименование системы	Тип установки системы*	Применяемые типоразмеры шин	Диапазон регулирования давления**	Время снижения давления	Время повышения давления
<i>John Deere 8R, 9R series</i>	<i>John Deere Central Tire Inflation System</i>	И	710/75R42 650/60R34 [3]	от 0,8 до 1,8 бар [3]	< 4 мин [3]	< 6 мин 30 сек [3]
Fendt 600, 700, 800, 900, 1000 series	<i>Fendt Vari-oGrip</i>	И	Любая	от 0,6 до 2,5 бар [2]	< 1 мин [2]	1-2 мин [2]
Fendt 900 series	<i>Fendt Vari-oGrip Pro</i>	И (О)	710/75R42 [4, 8]	от 0,8 до 1,8 бар [8]	30 с [8]	30 сек [8]
<i>Class, Claas Jaguar</i>	<i>CLASS CTIS</i>	О	Любая	с 0,8 до 1,8 бар [5]	< 1 мин [5]	80 сек [5]
Любая с/х техника	<i>Zen@Terra Michelin</i>	О	Любая	от 0,8 до 2,5 бар [7]	–	–
Любая с/х техника	<i>Trelleborg CTIS+Inside + Trelleborg ATMS</i>	О	VF600/70R30 [9]	с 0,8 до 1,1 бар [9]	34 с [9]	–
Зерноуборочные комбайны <i>Fendt</i>	<i>Trelleborg VIP</i>	О	ТМ 3000 IF800/70R32 [10]	–	–	–
Любая <i>John Deer 8310R</i>	ПАО «Полтавский автоагрегатный завод»	О	Любая 420/85R34 480/80R50 [12]	от 0,6 до 2,5 бар [13]	–	–
Любая с/х техника	<i>S.Krude Fahrzeugbau</i>	О	Любая 600/65R38 [13]	от 0,6 до 2,5 бар [12]	–	–

*Тип установки системы: И – интегрированная, О – опционально.

** Диапазон и время регулирования приведены на основании указанных источников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение систем автоматического регулирования актуально для различной сельскохозяйственной техники: тракторов и зерно-, кормо-, овощеуборочных комбайнов, самоходных опрыскивателей.

Перспективные решения систем автоматического регулирования давления в шинах позволяют осуществлять контроль внутреннего давления воздуха в шине, динамической нагрузки, приходящейся на колесо и регулировать давление в шине во время движения без непосредственного участия оператора.

ЛИТЕРАТУРА

1. К вопросу создания системы автоматического регулирования давления в шинах мобильных машин / В. В. Гуськов и [др.] // Научные решения проблем развития тракторной техники, многоцелевых колесных и гусеничных машин, городского электротранспорта [Электронный ресурс]: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященный 65-летию кафедры «Тракторы», 20–21 января 2019 / редкол.: В. П. Бойков (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2019. – С. 108–123.

2. Integrated tyre pressure regulation system Fendt VarioGrip : [сайт]. – URL: <https://www.fendt.com/us/technologies/fendt-variogrip> (дата обращения: 01.05.2024).

3. 8 Series Row Crop Tractors | 8R, 8RT, 8RX | John Deere US : [сайт]. – URL: <https://www.deere.com/en/tractors/row-crop-tractors/row-crop-8-family> (дата обращения: 28.04.2024).

4. Agritechnica-2015: инвестиции в будущее : [сайт]. – URL: <https://agroobzor.ru/sht/a-257.html> (дата обращения: 03.05.2024).

5. Система регулирования давления в шинах CTIC : [сайт]. – URL: <https://www.claas.com/ru-mn/servisy/zapasnyye-chasti-prinadlezhnosti/detali-claas-original/sistema-regulirovaniya-davleniya-v-shinakh> (дата обращения: 02.05.2024).

6. What are VF tractor tyres? : [сайт]. – URL: <https://vftyres.com/vf-tyres-ultimate-guide/>. – Дата доступа: 05.05.2024.

7. Zenaterra–MICHELIN services : [сайт]. – URL: <https://business.michelin.co.uk/service/ctis-agricultural-tyre-inflator#-what> (дата обращения: 03.05.2024).

8. Технология Mitas AirCell позволит быстро регулировать внутреннее давление сельскохозяйственных шин [сайт]. – URL: <https://www.4tochki.ru/news/novosti-rynka-shin-i-avtokomponentov/2015/sentyabr/18/tehnologiya-mitas-aircell-pozvolit-bystro-regulirovat-vnutrennee-davlenie-selskohozyaystvennyh-shin.html> (дата обращения: 03.05.2024).

9. Trelleborg and Dana jointly develop advanced Central Tire Inflation Pressure System for the agricultural machinery industry : [сайт]. – URL: <https://www.trelleborg-tires.com/en/news-and-events/news/agricultural-tires-news/trelleborg-and-dana-jointly-develop-advanced-central-tire-inflation-pressure-system-for-the-agricultural-machinery-industry> (дата обращения: 04.05.2024).

10. Trelleborg to Display Latest Innovation, the VIP - Variable Inflation Pressure - System at Farm Progress Show 2017 : [сайт]. – URL: <https://www.trelleborg-tires.com/en/news-and-events/news/agricultural-tires-news/trelleborg-to-display-latest-innovation-the-vip-system-at-farm-progress-show-2017> (дата обращения: 04.05.2024).

11. ATMS. Adaptive Tire Management System : [сайт]. – URL: <https://www.trelleborg-tires.com/en-us/tools-and-resources/agriculture-and-forestry-tires/atms> (дата обращения: 04.05.2024).

12. ПААЗ разработал эффективную систему регулирования давления в сельскохозяйственных шинах : [сайт]. – URL: <https://www.4tochki.ru/news/novosti-rynka-shin-i-avtokomponentov/2018/iyul/20/paaz-razrabotal-effektivnuyu-sistemu-regulirovaniya-davleniya-v-selskohozyaystvennyh-shinah.html> (дата обращения: 02.05.2024).

13. Прокачай свой трактор. Часть 4 : [сайт]. – URL: <https://agroreport.ru/spetsproekty/layfkhak/proka-chay-svoy-tractor-chast-4/> (дата обращения: 02.05.2024).

Представлено 07.05.2024