

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ОПЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ, НАДЁЖНОСТИ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Игорь Владиславович Григорьев¹
Дмитрий Николаевич Афоничев²
Ольга Анатольевна Куницкая¹
Алексей Анатольевич Просужих³
Сергей Евгеньевич Рудов⁴

¹Арктический государственный агротехнологический университет

²Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

³Ухтинский государственный технический университет

⁴Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного

Во многих отраслях промышленности, например автомобилестроении, лесном машиностроении, для транспортных и технологических машин предлагаются дополнительные технические опции. Это могут быть опции для повышения уровня комфорта оператора, что напрямую способствует повышению эффективности (производительности) его работы, а также опции, направленные, прежде всего, на повышение безопасности, надёжности и энергоэффективности машины. В большей части случаев дополнительные технические опции производятся отдельными компаниями, которые устанавливают свою продукцию на широкую линейку машин с учётом специфики природно-производственных условий эксплуатации. Рассмотрены две важные технические опции, устанавливаемые на сельскохозяйственные, лесные, транспортные машины, – системы автоматического пожаротушения и системы контроля давления в шинах. Системы автоматического пожаротушения позволяют снизить риск влияния человеческого фактора, связанного с недостаточной очисткой отсеков машин, а также риск загорания сельхозмашин по техническим причинам. Обычно эти риски возникают из-за нарушений крепления патрубков и целостности самих патрубков, обусловленных нагрузками при эксплуатации и несвоевременной или неквалифицированной заменой при износе, наличием короткого замыкания, связанного с отсутствием квалифицированного подхода к диагностике электрических цепей и их своевременной замены, а также наличием замыкания в электрических устройствах при износе подшипников. Использование современных систем контроля давления в шинах сельскохозяйственных тракторов, помимо предотвращения преждевременного аварийного выхода из строя, позволяет снизить переуплотнение почвы сельхозугодий, сократить расход топлива и, как следствие, операционные затраты, зависящие от эффективности использования шин, которые могут достигать до 15%.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сельскохозяйственные машины, система автоматического пожаротушения, контроль давления и температуры в шинах, безопасность, надёжность, давление на почву, энергоэффективность.

ADDITIONAL TECHNICAL OPTIONS TO BOOST SECURITY, RELIABILITY AND ENERGY EFFICIENCY OF AGRICULTURAL MACHINERY

Igor V. Grigoriev¹
Dmitriy N. Afonichev²
Olga A. Kunitskaya¹
Aleksey A. Prosuzhikh³
Sergey E. Rudov⁴

¹Arctic State Agrotechnological University

²Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

³Ukhta State Technical University

⁴Military Telecommunications Academy named after the Soviet Union Marshal S.M. Budienny

In many industries, such as automobile manufacturing and forestry machine-building, additional technical options are offered for transport and process machines. These can be options to increase the level of comfort of the operator, which directly contributes to improving the efficiency (productivity) of his work, as well as options aimed primarily at improving the safety, reliability and energy efficiency of the machine. In most cases, additional technical options are made by several companies that supply a wide range of machines with their products taking into account the specifics of environment and working operating conditions. The authors considered two important technical options designed for agricultural, forestry, and transport vehicles, i. e. automatic fire suppression systems and tire air pressure monitoring systems. Automatic fire suppression systems can reduce the risk of human factors associated with insufficient cleaning of machine areas, as well as the risk of fire of agricultural machines for technical reasons. Usually, these risks arise due to violations of the attachment of the pipes and the integrity of the pipes themselves, due to operating loads and untimely replacement or unskilled replacement because of wear, due to short circuit fault associated with the lack of a qualified approach to the diagnosis of electrical circuits and their untimely replacement, as well as short circuit ignition in electrical devices because of bearing wear. The use of modern systems for monitoring tire air pressure of agricultural tractors, in addition to preventing premature exidental failure, reduces soil panning, fuel consumption and, as a result, operating costs (up to 15%) depending on the efficiency of tire use.

KEYWORDS: agricultural machinery, automatic fire suppression system, tire air pressure and temperature control, safety, reliability, soil pressure, energy efficiency.

Введение
Современные сельскохозяйственные машины представляют собой образцы высокотехнологичной и весьма дорогостоящей техники, к которой предъявляются высокие требования по надёжности и эффективности работы [2]. Как показывает практика, преждевременный аварийный выход из строя этих машин происходит в том числе из-за возгораний, а также разрушения шин. Для предотвращения таких ситуаций возможна установка дополнительных технических опций – систем автоматического пожаротушения, а также современных систем контроля давления в шинах PressurePro. Вместе с тем ряд сельскохозяйственных компаний, при весьма значительной базовой стоимости машины (около 20 млн руб.), стараются экономить на всех возможных дополнительных опциях, нечётко понимая, какие конкретно преимущества они дают.

Материалы и методы

Были изучены конструкции, процессы установки и работы систем автоматического пожаротушения и контроля давления в шинах сельскохозяйственных машин. Проанализированы преимущества, получаемые за счёт использования данных систем.

Результаты и их обсуждение

Автоматические системы пожаротушения

В настоящее время все машины и оборудование работают в таких условиях, в которых практически невозможно полностью устранить основные причины возникновения пожаров, в числе которых можно назвать следующие: высокие температуры рабочих агрегатов двигателей, масла и горюче-смазочных материалов (ГСМ) в подкапотном пространстве, неисправные рукава высокого давления (РВД) и др. Своевременное техобслуживание машин, конечно, снижает риск возгораний, но работающая в экстремальных условиях техника (уборочные комбайны, различные косилки и др.) может давать непредвиденные сбои, приводящие к пожарам.

Практика работы многих предприятий (в том числе и сельскохозяйственных) показывает, что в основном причинами загорания различных машин и оборудования являются высокие температуры. Что касается сельхозмашин, то среди причин можно отметить попадание в подкапотное пространство травы, скопление пыли и т. п.

Наиболее склонными к загоранию узлами сельхозмашин являются двигатели внутреннего сгорания (ДВС), системы распределения, приводные ремни, конвейерные линии, бункеры (у комбайнов), то есть такие узлы, в которых в процессе работы происходит повышение температуры [15]. Существует такое понятие, как температура самовозгорания, например, температура самовозгорания сена составляет 70°C. Это означает, что в ходе круглосуточных уборочных работ, когда отсутствует возможность регулярно очищать технику от того же сена, возникает опасность самовозгорания в тех узлах, где

произошло накапливание этих продуктов производства. Конечно, производители сельхозтехники работают над своими проектами и делают технику максимально безопасной в этом смысле, но с полей в уборочную страду продолжают поступать неутешительные сводки. Исключить эти негативные явления призваны системы автоматического пожаротушения.

Источником огня может стать и залетевшая искра. Даже если люди обнаружат загорание машины, имея под рукой средства пожаротушения, они не всегда успеют предотвратить большой ущерб [14]. Временной период между началом развития пожара и моментом его обнаружения бывает достаточно длительным.

В отсеке двигателя температура около турбин может достигать 370°C, излучающий эффект на поверхности двигателя – 180°C, а диапазон температур самовозгорания для применяемых в машине масел и дизельного топлива составляет 210–230°C [7]. К загоранию машины может привести и короткое замыкание проводки, и тушить его сложно.

Одним из наиболее удачных вариантов автоматической системы пожаротушения (АСПТ) для сельскохозяйственных машин является принцип компоновки жидкостной АСПТ компании Dafo, которая включает пульт управления с индивидуальным источником питания, что даёт гарантию срабатывания АСПТ, даже если бортовая электросеть машины отключена. Система управления АСПТ соединена с баллоном с азотом, обеспечивающим срабатывание при поступлении соответствующей команды с пульта управления. В свою очередь баллон с азотом соединен с баллоном, содержащим огне-тушащую суспензию, который через диафрагму подключён к системе трубопроводов, выходящих на форсунки. Форсунки устанавливаются индивидуально, в зависимости от конструктивных особенностей машины. Принцип работы системы заключается в том, чтобы на первых стадиях огня определить источник его возникновения и локализовать пожар с минимальными потерями для техники. Система управления АСПТ функционирует следующим образом.

1. Кабель детектора реагирует на открытое пламя от 180°C и одновременно передаёт сигнал на блок управления, на аварийный дисплей в кабине оператора и на звуковой оповещатель. Таким образом происходит информирование оператора о том, что в машине имеет место возгорание.

2. С блока управления сигнал поступает на актуатор для запуска азотного блока (используется инертный газ N₂).

3. Газ поступает в нижнюю часть бака с жидкостью Fogtex, где создаётся давление на поршень для вытеснения жидкости.

4. Жидкость Fogtex поступает из бака в распределительную систему, где находятся уникальные форсунки, через которые и происходит тушение пожара.

Достоинствами системы являются: жидкость Fogtex, которая борется со всей пожарной триадой, является биоразлагаемой (разлагается в природе в течение 28 дней) и абсолютно безопасной для человека и техники.

Форсунки DW2 имеют угол распыла 100 град. и эффективную длину распыла 1 м при постоянном потоке воздуха 25 м/с. Бак, в котором находится жидкость Fogtex, имеет поршневой тип, и поэтому он может располагаться под любым углом, что позволяет устанавливать баки на машине практически в любом удобном месте так, чтобы они не мешали оператору при работе машины, при проведении технического обслуживания и ремонта. Система находится без давления как до пожара, так и после пожара, что позволяет безопасно проводить инспекцию после пожара и ремонтные работы. После пожара легко смывается водой и не вызывает коррозию и окислительную реакцию. Система многократного использования. Срок эксплуатации составляет 10 лет.

АСПТ имеет три варианта запуска – два принудительных и один автоматический. Для автоматического запуска АСПТ используется кабель-детектор, который состоит из двух проводов, разделённых слоем парафина. Под действием повышающейся от огня температуры парафин расплавляется, что приводит к замыканию проводов.

Принудительный запуск АСПТ, при необходимости, использует оператор, если он раньше автоматики обнаружил возникшую проблему. Кнопки принудительного запуска системы установлены внутри и снаружи кабины. Для исключения случайного срабатывания АСПТ кнопки принудительного запуска защищены колпаками.

Установку АСПТ можно заказать у производителя машин как дополнительную техническую опцию, которую надо указать в контракте на поставку машины, или её можно установить на уже имеющуюся машину непосредственно на предприятии. Главное, чтобы у выполняющих эту работу специалистов был соответствующий сертификат, иначе производитель АСПТ не будет принимать претензии в случае каких-либо сбоев в её работе. Обычно на установку АСПТ на одну машину уходит 3–4 дня, всё зависит от конструктивных особенностей машины и защищаемых зон.

Стоимость системы пожаротушения для среднего трактора будет составлять около 0,5 млн руб., для крупной техники может достигать до 2,0 млн руб., но эти затраты можно частично компенсировать меньшей стоимостью страхового полиса на машину, оснащённую такой дополнительной опцией.

Достоинством АСПТ компании Dafo является возможность перезарядки после срабатывания. Это в 5 раз дешевле, чем установка новой. Её также можно перемотировать с одной машины на другую, если они однотипны и идентичны по конструкции. Иначе придётся потратиться на новые трубопроводы и кабели.

Стоимость АСПТ, прежде всего, зависит от объёма защищаемого от загорания отсека и количества отсеков на машине. Стандартный расчёт предусматривает, что на 1 м³ защищаемого пространства отсека требуется 5 л суспензии. Объём баллонов с суспензией варьирует в пределах 5–25 л, если этого недостаточно, то устанавливают несколько баллонов. Чтобы гарантировать работоспособность АСПТ, её надо ежемесячно тестировать.

Системы контроля давления в шинах

Рынок сельскохозяйственной техники сильно отличается от традиционных для рассматриваемой технологии сегментов – таких как горно-добывающие (майнинговые) и транспортные компании (грузовые и автобусные перевозки) [16].

Сельскохозяйственные автомобили, тракторы и комбайны не ездят с высокими скоростями, не возят сверхтяжёлые грузы, но перемещаются в основном по грунтовым дорогам, по стерне, пашне. Необходимость контроля давления в этих условиях не теряет своей актуальности. Влияние неправильного давления в шинах сельскохозяйственных машин на эффективность процесса отличается от обычных транспортных машин [8, 10, 11]. Были выполнены масштабные теоретические и экспериментальные исследования с целью выявления негативного воздействия движителей тяжёлых машин на структуру и свойства почв сельскохозяйственных и лесных угодий [17]. При переуплотнении почвы движителями машин ухудшаются её структура и физико-механические свойства, которые являются важными, а иногда и решающими факторами формирования урожая сельскохозяйственных культур и эффективности различных приёмов их возделывания [3].

подавляющее большинство современных сельскохозяйственных машин имеет колесный движитель, и давление в шинах оказывает существенное влияние на почву. Если шина перекачана, начинается процесс переуплотнения почвы. Через определённый промежуток времени это негативно скажется на урожайности, а значит, и финансовых результатах сельскохозяйственного предприятия. Кроме того, перекаченные шины негативно сказываются на комфорте работы оператора [12].

Обычно колёса сельскохозяйственных машин накачивают на давление 1–3 атмосферы, но компании-лидеры в производстве шин, например Michelin, рекомендуют для сельскохозяйственных машин шины сверхнизкого давления, около 0,8 атмосферы. Такие шины имеют максимальное пятно контакта и соответственно оказывают минимальное давление на почву.

Давление в шинах оказывает существенное влияние на такой важный для сельскохозяйственных тракторов показатель, как тяговое усилие [13]. На многих сельскохозяйственных предприятиях для увеличения тягового усилия тракторов на них устанавливают большое количество балласта [4], но при этом часто забывают, что тяговое усилие трактора можно повысить за счёт оптимальной регулировки давления в шинах. Современные сельскохозяйственные тракторы импортного и отечественного производства являются высокотехнологичными машинами, имеющими возможность использования функции «автопилота» [5], поэтому их эксплуатация во многом отличается от привычной для механизаторов «старой закалки».

Как показывает практика, оптимальная регулировка давления в шинах сельскохозяйственных тракторов позволяет убрать значительное количество балласта и соответственно значительно экономить топливо. Общеизвестно, когда на тракторе размещено 2,5–3 т лишнего металла, закреплённого на всех мостах, расход топлива существенно возрастает, а энергоэффективность падает. При уменьшении давления в шинах увеличивается пятно контакта с почвой, следовательно, увеличивается опорная поверхность, улучшаются сцепные свойства колёс с почвой, что позволяет передавать большую мощность.

В настоящее время уже разрабатываются программы, позволяющие автоматически подбирать оптимальное давление в шинах в зависимости от пробуксовок колёс трактора. Пока системы автоматической регулировки давления в шинах сложно внедрять на сельскохозяйственных машинах ввиду большой стоимости таких систем (ориентировочная стоимость оснащения такой системой одного трактора составляет 10 тыс. долларов США). Отечественные агрохолдинги при базовой стоимости сельскохозяйственного трактора 20 млн руб. стараются экономить на различных дополнительных опциях, поэтому отказываются от автоматической регулировки давления в шинах [1, 6]. Вместе с тем есть более дешёвый вариант, позволяющий оперативно получать сведения о давлении во всех колёсах трактора. Такую систему контроля давления в шинах (СКДШ) PressurePro уже достаточно широко используют многие промышленные компании России и, прежде всего, те, которые для своих образцов сельскохозяйственной техники приобретают очень дорогие шины. В последние годы эти системы достаточно распространены и на лесопромышленных предприятиях, ими оснащают тяжёлые автолесовозы.

Большим достоинством применения СКДШ PressurePro является существенное повышение коэффициента технической готовности (КТГ) техники. Известно, что эксплуатация сельскохозяйственных машин отличается сезонностью, и выход из строя сельскохозяйственной техники в «горячий сезон» даже на один день может принести существенные убытки.

Если трактор выйдет из строя по причине прокола колеса во время полевых работ, да еще и на «подраскисшем» от осадков поле, то вытащить его для проведения ремонтных работ будет крайне трудно. Отметим, что прокол колеса трактора на поле является распространённым явлением (при наезде колеса на обломки плугов и других сельскохозяйственных орудий) [9]. В большей части случаев колесо трактора при этом

не взрывается, а сдувается постепенно. При этом на мощном полноприводном тракторе (200–400 кВт) оператор не ощущает, что колесо начинает терять давление. Это становится заметно только при наступлении аварийной ситуации, которая могла бы и не случиться, если бы у оператора была возможность получать сведения о давлении во всех колёсах. При этом стоимость колёс для сельскохозяйственных машин хотя и меньше, чем для карьерных самосвалов, но всё равно существенная и варьирует в пределах 100–500 тыс. руб. При правильной эксплуатации такие шины должны служить 2–3 года.

Если для подвижного состава грузового автотранспорта около 30% операционных затрат зависят от эффективности использования шин, то для сельскохозяйственных машин это составляет 5–7%. На тяжёлых тракторах операционные затраты, зависящие от эффективности использования шин, могут достигать и до 15%.

Проблема большинства сельскохозяйственных предприятий в рассматриваемом аспекте состоит в отсутствии культуры выбора и эффективного использования шин. На всех предприятиях есть инженер-механик, который заботится о силовых установках, технологическом оборудовании, но нет шинного инженера. Над эффективным использованием шин у отечественных сельхозпроизводителей мало кто всерьёз задумывается. Зачастую можно столкнуться с такими ситуациями, когда на одной оси установлены разные колёса, в том числе и по диаметру.

К сожалению, в практике работы отечественных сельскохозяйственных предприятий не принято варьировать давление в шинах в зависимости от поверхности движения машины. Но ведь на дороге и в поле это давление должно быть разным. Во многом это связано с нежеланием операторов, а также с не совсем правильным нормированием работ, когда оператор теряет время, изменяя давление в шинах, а механик факт изменения оператором давления в шинах проверить не может. СКДШ PressurePro позволяет оперативно отслеживать такие ситуации не только на поле, но и в офисе. Более того, можно задавать геозоны в бортовом компьютере трактора с указанием на них мест, на которых надо работать с высоким давлением в шинах (дорога), а на каких – с низким (поле). При этом если оператор съехал с дороги на поле, не поменяв давление, диспетчеру и в офис придёт уведомление. За счёт имеющегося на тракторе компрессора операция изменения давления в колёсах не занимает много времени (10–15 мин).

Данные, полученные от СКДШ, могут служить в качестве арбитра при спорах оператора и руководства агрохолдинга или спорах с поставщиком шин о причинах раннего и аварийного их выхода из строя. Надо помнить, что неправильный подбор шин, например по слоистости, составу резиновой смеси, допустимой нагрузке, ряду других параметров, приведёт к быстрому выходу из строя без вины эксплуатирующей организации. Данные СКДШ позволяют предъявлять рекламации к производителям (поставщикам) шин, требовать соблюдения гарантийных обязательств.

За счёт функции разграничения права доступа в СКДШ имеется возможность защиты меню настроек монитора паролем для предотвращения случайного или намеренного перепрограммирования.

Конструктивно СКДШ сложна и представляет собой конструктор. На колёса трактора (комбайна) устанавливаются датчики стоимостью около 5 тыс. руб., к ним в комплект на машину устанавливается интегрирующее устройство стоимостью около 30 тыс. руб., то есть система контроля давления для машины с шестью колёсами будет стоить около 60 тыс. руб. Как и АСПТ, при необходимости СКДШ можно довольно просто переставить с одного трактора на другой, поскольку датчики накручиваются на вентили шин, как колпачки.

Давление воздуха в шине преобразуется в радиосигнал, который посылается на установленное в кабине автоматическое устройство управления с монитором. При установке СКДШ на трактор не нужны соединительные провода, значит, нет опасности их обрыва. Автоматическое устройство управления принимает и обрабатывает сигналы от датчиков, и при отклонении от нормы выдает сигнал. СКДШ можно настроить в соответствии с особенностями конструкции и эксплуатации трактора, например отдельно по осям, если порог нормы давления в шинах должен быть различным.

Сами датчики неразборные, герметичные, ударопрочные и виброустойчивые, с автономным источником питания, срок службы которого зависит от культуры эксплуатации и составляет 2–5 лет. Пока давление в шине находится в пределах заданного диапазона, датчик уходит в «режим сна» (на 5–120 мин.). Если давление в шине выходит за заданный нормативно диапазон значений, датчик начинает передавать сигнал раз в 5 с, чтобы оператор мог видеть динамику изменения давления. Если оператор не предпринимает никаких действий для исправления ситуации, источник питания датчика быстрее садится, и неразборный датчик приходится заменять целиком. Функционал системы позволяет задать временной интервал, в течение которого будет отслеживаться заданный процент отклонения давления.

СКДШ PressurePro можно интегрировать с ведущими провайдерами диспетчеризации и мониторинга. Это позволяет не только оператору, но и диспетчеру (механику), при наличии технической возможности, получать оперативную информацию о давлении в каждой шине каждого трактора.

Программирование датчиков на базовое давление осуществляется непосредственно при накручивании датчика на вентиль и даёт возможность выставить базовое давление на каждой оси и позиции отдельно на мониторе. При достижении колёсами рабочей температуры и соответствующем увеличении давления в шине за счёт нагрева СКДШ временно воспринимает его как базовое. Пороги срабатывания системы настраиваются вручную на повышение и на понижение давления, начиная от 6%. При этом погрешность измерений системы составляет 2% при устойчивой работе от –40 до +70°C, в диапазоне 0,5–20,5 атмосферы.

Большим достоинством СКДШ PressurePro для сельскохозяйственных машин является возможность уловить случаи снижения давления в шинах при езде на склонах. Когда у трактора спускает колесо при движении по полю, расположенному под углом к горизонту, уловить снижение диаметра колеса при его проколе оператору становится значительно сложнее.

Исходя из особенностей эксплуатации сельскохозяйственных машин, прежде всего их низких эксплуатационных скоростей, такие известные технологии сбережения шин на грузовом автотранспорте, как динамическая балансировка колёс и центровочные втулки для ступиц колёс не будут эффективными. Также неэффективной будет система выравнивания давления в спарке колёс.

Приобретение и оснащение сельскохозяйственных машин СКДШ недостаточно для экономии шинного бюджета. Надо также менять отношение персонала, прежде всего операторов. Опыт работы компании TYREMAN group показывает, что многие операторы сначала не воспринимают адекватно информацию, выводимую на монитор, могут даже отключать систему оповещения. В этом случае СКДШ никакого эффекта не даст. При правильной работе с СКДШ можно получить увеличение пробега шины на 15–50%.

В качестве рекомендаций по оптимизации расходов на приобретение шин можно отметить правильность работы не с одним, а хотя бы двумя-тремя их производителями,

чтобы иметь возможность сравнивать их по показателю стоимости владения шиной (не стоимости покупки, а именно стоимости владения), в которую входит количество простоев машины из-за проблем с шинами, стоимость ремонта шины.

Лидерами в производстве шин для сельскохозяйственных машин в настоящее время являются компании Michelin, Trelleborg, BKT, Bridgestone, Continental. Российскими шинами оснащают в основном небольшие тракторы, в то время как на мощные и дорогие машины ставят практически на 100% шины зарубежных брендов.

Конструкции шин низкого давления для сельскохозяйственных машин принципиально отличаются, например от шин для грузовых автомобилей. Шины для сельскохозяйственных машин – радиальные, бескамерные, имеют усиленную боковину, что предотвращает и боковые проколы, и саморазбортировку. Такие шины могут работать с давлением от 0,7 атмосфер.

По аналогии с машиной можно купить более дешёвые шины, но при этом много тратить на ремонт и обслуживание и нести потери из-за простоев. В настоящее время компания TYREMAN group внедряет в горно-добывающем секторе программный комплекс, позволяющий вести учёт истории каждой шины по таким пунктам, как пробег, ремонт, интенсивность износа протекторов и др. Это даёт возможность определить, какая шина для конкретных условий эксплуатации наиболее эффективна. При наличии в парке предприятия 150 тракторов средний шинный годовой бюджет составит 75–100 млн руб. – достаточно мотивирующая сумма, чтобы серьёзно отнестись к этому вопросу.

Безусловно, исходя из известного принципа «кадры решают всё» крупным и средним сельскохозяйственным предприятиям необходимо иметь в своём штате отдельного шинного инженера, занимающегося учётом и эксплуатацией шин. Обучить такого человека можно либо в компаниях-производителях шин, либо в специализированных учебных центрах, например в компании TYREMAN group.

В ближайшей перспективе можно ожидать выхода на пробную эксплуатацию более совершенной, но и более дорогой системы контроля давления в шинах сельскохозяйственных машин. Она представляет собой две интегрированные системы: систему централизованной накачки шин (ЦНШ) и систему контроля давления шин (СКДШ), которые включают следующие элементы.

1. Панель индикации ПВ-3 с системой ЦНШ отображает контуры накачки машины, давление в контуре, заданное давление в контуре для выбранного типа покрытия, тип покрытия при накачке; предупреждает о превышении скорости для заданного уровня давления при выполнении накачки в движении; выдаёт информационные сообщения о работе системы ЦНШ; предупреждает о неисправностях в системе ЦНШ (звуковая и световая сигнализация неисправности).

2. Панель индикации ПВ-3 с системой СКДШ отображает давление в шинах, температуру в шинах; определяет «прокол» в шине, межколёсную разницу давления в одной оси, межосевую разницу давления по шинам, критически высокий и критически низкий уровни давления, превышение скорости для заданного уровня давления; позволяет добавлять или удалять радиодатчики в соответствии с колёсной схемой машины, диагностическую информацию по радиодатчику давления. При этом колёсный клапан автоматически открывает и закрывает подачу воздуха к шине; может быть адаптирован под требования заказчика; разгружает ступичные уплотнения после завершения процесса накачки, продлевая их ресурс. Максимальное давление – 20 бар; минимальное давление, до которого может быть сдута шина, – 0,8 бара. Накачка и сдув шин – в движении.

3. Модуль МИ15.1 (СКДШ) считывает данные с радиодатчиков давления; передаёт данные о давлениях в шинах по J1939 в панель ПВ-3. Можно использовать МИ-15.1 как универсальный блок одновременно для тягача и для полуприцепа (прицепа) в одной CAN шине за счёт наличия конфигурации. Один МИ-15.1 считывает данные с 20 датчиков одновременно, а за счёт наличия антенны считывает данные с датчиков, находящихся на расстоянии до 100 м.

4. Модуль МИ-15.Т (ЦНШ) управляет электрическими клапанами накачки и сдува для контуров; автоматически устанавливает для четырёх типов дорожных покрытий соответствующие уровни давления в шинах; передаёт данные о процессах при управлении накачкой или сдувом в шину CAN J1939 для отображения в панели ПВ-3. Один модуль МИ-15.Т может управлять одновременно шестью электромагнитами и считывать данные с двух датчиков давления.

5. Пульт управления ПКК-01.1 обеспечивает возможность установить любое давление в диапазоне от минимального до максимального уровня; наличие кнопки активации системы ЦНШ; имеет четыре кнопки задания уровней давления: асфальт (HWY), бездорожье (FIELD), песок-снег (SAND), аварийный (EMER). Наличие кнопки «RESET» позволяет разгружать контуры после накачки шин, если давление отличается от заданного. Двухцветовая подсветка кнопок (белый и зелёный).

Основные свойства и преимущества систем ЦНШ и СКДШ:

- могут работать как комплексная система, а могут быть реализованы по отдельности как независимые системы для любых шасси 4×4, 6×6, 8×8;
- увязаны между собой, что исключает ложные срабатывания;
- ЦНШ может автоматически накачать давление шин на четыре уровня: дорога, бездорожье, поле, смешанный (уровни можно менять по требованию);
- предусмотрена возможность установки любого уровня давления помимо четырёх предустановленных;
- установка колёсного клапана на шину позволяет разгружать после накачки ступичные уплотнения каналов подвода воздуха автоматически, предотвращая их износ;
- наличие колёсного клапана ЦНШ вместо ручного крана позволяет осуществлять накачку и сдув шин в движении, улучшая потребительские свойства машины;
- наличие встроенной системы СКДШ позволяет повысить технический уровень машины, что создаёт конкурентные преимущества производителю машины;
- использование СКДШ позволяет потребителям техники экономить топливо, защищать шины, управлять правильным давлением для почвы и тяги;
- СКДШ защищает шины и предупреждает оператора о проколах, повышая пассивную и активную безопасность дорожного движения;
- СКДШ позволяет определять проколы шин, межколесный перекося давления на оси, межосевой перекося давления шин, критически низкий уровень давления шин, критически высокий уровень давления шин;
- возможно обнаружение превышения скорости в соответствии с текущим давлением в шинах с аварийной сигнализацией для исключения перегрева шин;
- процедура добавления и удаления радиодатчиков давления шин при замене шин или радиодатчиков давления предусмотрена прямо из кабины посредством электронной панели ПВ-3;
- диагностика радиодатчиков выполняется в кабине машины;
- мультязычный интерфейс отображает параметры по требованию заказчика.

Стоимость такой системы прогнозируется в пределах 3–4 тыс. долларов США.

Выводы

Установка системы автоматического пожаротушения на сельскохозяйственные машины позволяет гарантированно избежать существенных потерь из-за самовозгорания машины, а также снизить стоимость её страховки.

Установка СКДШ на сельскохозяйственные машины позволяет получить следующие преимущества:

- сохранить плодородие полей за счёт уменьшения переуплотнения почвы;
- увеличить тягу тракторов;
- уменьшить количество балласта на тракторах;
- снизить затраты на шины за счёт их своевременного ремонта и увеличения ходимости;
- сократить простои машин (максимизация КТГ);
- повысить точность выполнения задач при автоматизации сельскохозяйственных работ (работе автопилота трактора по системе точного земледелия) за счёт исключения необходимости в подруливании из-за разности давления в колёсах;
- увеличить долю шин, пригодных к восстановлению;
- снизить расход топлива (в пределах 3–10%).

Библиографический список

1. Автоматическое устройство для регулирования давления воздуха в шинах энергонасыщенных тракторов с заблокированным приводом осей / Ю.Г. Горшков, Ю.Б. Четыркин, А.В. Богданов, Е.А. Лещенко // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 12. – С. 9–12.
2. Афоничев Д.Н. Совершенствование организации технического сервиса в сельском хозяйстве / Д.Н. Афоничев, Е.В. Кондрашова, И.И. Аксенов // Лесотехнический журнал. – 2014. – Т. 12, № 3. – С. 230–236.
3. Бердов Е.И. Пути и методы снижения уплотняющего воздействия движителей тракторов высоких тяговых классов / Е.И. Бердов, М.А. Русанов, В.М. Коновалов // Вестник Челябинского агроинженерного университета. – 2004. – Т. 41. – С. 22–25.
4. Богданов А.В. Снижение буксования ведущих колёс – фактор повышения эффективности и безопасности движения колёсных машин / А.В. Богданов, И.С. Житенко, И.А. Мурог // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 2 (40). – С. 87–89.
5. Богданов А.В. Улучшение курсовой устойчивости как фактор повышения эффективности использования колесных мобильных машин и снижения дорожно-транспортных происшествий / А.В. Богданов, С.Ю. Попова // Агропродовольственная политика России. – 2015. – № 1 (37). – С. 19–22.
6. Богданов А.В. Обоснование параметров устройства для поддержания заданного давления воздуха в шинах колесных машин / А.В. Богданов, Ю.Б. Четыркин, Е.А. Лещенко // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 11–1 (103). – С. 44–46.
7. Годжаев З.А. Энергоустановки мобильных сельхозмашин с применением вихревых эжекторов выхлопных газов / З.А. Годжаев, Р.А. Серебряков, А.И. Кусков // Тракторы и сельхозмашины. – 2020. – № 2. – С. 3–8.
8. Горшков Ю.Г. Оптимальное давление воздуха в шинах колесных тракторов / Ю.Г. Горшков, А.В. Богданов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – № 9. – С. 15–18.
9. Качурин В.В. Безотказность комбинированных агрегатов на севе / В.В. Качурин // Сельский механизатор. – 2014. – № 11. – С. 17.

10. Определение рационального давления воздуха в шинах колесного трактора / Ю.Г. Горшков, А.В. Богданов, Ю.Б. Четыркин, Е.А. Лещенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 11. – С. 25–26.
11. Определение рациональных давлений воздуха в шинах колесных машин (тракторов) при выполнении транспортных работ / Ю.Г. Горшков, А.В. Богданов, Ю.Б. Четыркин, Е.А. Лещенко // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2012. – Т. 61. – С. 26–30.
12. Особенности улучшения работы машинно-тракторного агрегата за счет снижения колебания нагрузки / Д.Д. Нехорошев, П.В. Коновалов, А.Ю. Попов, Д.А. Нехорошев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1 (53). – С. 345–351.
13. Повышение тягово-сцепных свойств и безопасности движения колесных машин подтормаживанием полуоси буксующего колеса / Ю.Г. Горшков, А.В. Богданов, Ю.Б. Четыркин и др. // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 9. – С. 45–47.
14. Снижение времени свободного развития пожара путем усовершенствования пожарной колонки / Г.А. Полуниин, А.А. Гребенщиков, А.В. Зайнишев, А.В. Богданов // Техносферная безопасность. – 2018. – № 3 (20). – С. 24–29.
15. Сравнительный анализ противопожарных систем защиты лесных машин / И.В. Григорьев, О.А. Куницкая, О.И. Григорьева, С.А. Войнаш // Строительные и дорожные машины. – 2019. – № 1. – С. 45–49.
16. Технические решения для повышения срока службы шин автолесовозов / И.В. Григорьев, О.А. Куницкая, Ю.В. Ланских, А.А. Перминов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2019. – № 5. – С. 13–19.
17. Шегельман И.Р. Оценка рейсовой нагрузки лесного трактора как важнейшего фактора проектирования и создания прогрессивных лесных машин / И.Р. Шегельман, П.В. Будник, В.Н. Баклагин // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 11. – С. 78–83.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Игорь Владиславович Григорьев – доктор технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесного комплекса ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, e-mail: silver73@inbox.ru.

Дмитрий Николаевич Афоничев – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: dmafonichev@yandex.ru.

Ольга Анатольевна Куницкая – доктор технических наук, профессор кафедры технологии и оборудования лесного комплекса ФГБОУ ВО «Арктический государственный агротехнологический университет», Россия, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, e-mail: ola.ola07@mail.ru.

Алексей Анатольевич Просужих – старший преподаватель кафедры технологии и машин лесозаготовок ФГБОУ ВО «Ухтинский государственный технический университет», Россия, Республика Коми, г. Ухта, e-mail: prosuzhikh75@mail.ru.

Сергей Евгеньевич Рудов – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры № 3 ФГКВУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного» Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Санкт-Петербург, e-mail: 89213093250@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 18.09.2020

Дата принятия к печати 09.11.2020

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Igor V. Grigoriev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dept. of Technology and Equipment of the Forest Complex, Arctic State Agrotechnological University, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, e-mail: silver73@inbox.ru.

Dmitriy N. Afonichev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Dept. of Electrical Engineering and Automation, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: et@agroeng.vsau.ru.

Olga A. Kunitskaya, Doctor of Engineering Sciences, Professor, the Dep. of Technology and Equipment of the Forest Complex, Arctic State Agrotechnological University, Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, e-mail: ola.ola07@mail.ru.

Aleksey A. Prosuzhikh, Senior Lecturer, the Dept. of Technology and Machinery, Ukhta State Technical University, Russia, Komi Republic, Ukhta, e-mail: prosuzhikh75@mail.ru.

Sergey E. Rudov, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer, the Dept. No. 3, Military Telecommunications Academy named after the Soviet Union Marshal Budienny S.M., Russia, Saint-Petersburg, e-mail: 89213093250@mail.ru.

Received September 18, 2020

Accepted after revision November 09, 2020