

УДК 622.684

Тургенев Илья Александрович, студент АГс-171,  
техник научного центра «Цифровые технологии»  
(КузГТУ, г.Кемерово)

Turgenev Ilya Alexandrovich, student AGs-171,  
technician of the research center «Digital technologies»  
(KuzSTU, Kemerovo)

## СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДАВЛЕНИЯ В ШИНАХ ДЛЯ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

### TIRE PRESSURE MONITORING SYSTEM FOR MINING DUMPS

**Аннотация.** В статье приведены существующие системы контроля давления в шинах. Выделены достоинства и недостатки каждого типа системы. Выявлена система, подходящая для карьерных самосвалов.

**Annotation.** The article presents the existing tire pressure monitoring systems. The advantages and disadvantages of each type of system are highlighted. A system suitable for quarry dump trucks has been identified.

Добыча полезных ископаемых (ПИ) сопровождается большими не только капиталовложениями, но и затратами на расходные материалы. Основная доля добычи ПИ приходится на открытый способ [1-3]. Одним из дорогих технологических циклов добычи ПИ является транспортирование горной массы, в основном осуществляемый карьерными самосвалами (КС) [4-7].

Одним из самых дорогих расходных деталей на карьерном самосвале являются шины. Главной целью использование шин на КС является обеспечение сцепления машины с дорожным покрытием, благодаря чему происходит повышение управляемости и комфорта [8-10].

При нормальном давлении воздуха внутри автошины нагрузка в пятне соприкосновения колеса с дорогой распределяется в равной степени, а значит, шины изнашиваются также равномерно. Нормальное давление в шинах обеспечивает хорошую управляемость автомобиля и умеренный расход топлива. При сниженном давлении в шинах нагрузка на шины распределяется неравномерно – больше всего изнашиваются ее боковые стороны (Рисунок 1) [11, 12].

Боковины спущенных шин становятся более мягкими, в результате чего при повороте руля они подминаются. Снижение давления в шинах

меняет поведение автомобиля – на поворотах он становится менее управляемым.



Рисунок 1 – Влияние давления на износ шины

Трение с дорогой увеличивается и может привести к перегреву шины, ее сползанию и даже разрыву. При температуре ниже 0°C давление в шинах может упасть сразу на 0,3–0,5 атмосферы, это приводит к повышенному расходу топлива. Обнаружить снижение давления можно также по степени деформации колеса, в сторону которого автомобиль будет постоянно уводить [13, 14]. Следовательно, сниженное давление несет следующие последствия:

- 1) Повышенный расход топлива.
- 2) Повышенный износ шин, на них появляются микротрещины.
- 3) КС становится менее управляемым, увеличивается тормозной путь, повышается вероятность заноса.
- 4) Колесо хуже держит удары, сопровождающие проезд рытвин, на боковинах могут появиться грыжи и пробоины, и закраины обода колесного диска могут повредиться.

У перекачанных колес величина пятна сцепления с дорогой будет недостаточной. Нагрузка в большей степени переносится на центральную часть шины, а это приводит к ее неравномерному износу, это представлено на рисунке 1. Из-за этого уменьшается сила трения, которая удерживает авто от скольжения [13, 14]. Следовательно, эксплуатация автомобиля с высоким давлением в шинах несет за собой следующие последствия:

- 1) Ускоряется износ центральных дорожек шины.
- 2) Возрастает риск прокола или разрыва шины.
- 3) КС становится менее управляемым на больших скоростях и поворотах по сравнению с нормальным давлением.
- 4) Страдает подвеска – ей приходится жестче отрабатывать нагрузку от кочек и неровностей.
- 5) Увеличивается тормозной путь из-за меньшего сцепления с дорогой – опасно в дождь или гололед.
- 6) Повышается уровень шума, снижается комфортность езды.

Таким образом, мониторинг давления в шинах КС является актуальной задачей. Для решения этой задачи уже разработано множество решений,

которые в независимости от принципу работы и конструкции называются системами контроля давления в шинах. (TPMS - tire pressure monitoring system).

Система отслеживает параметры давления в колесах с помощью датчиков.

По принципу работы различают 2 вида системы контроля давления: косвенная и прямая (Рисунок 2) [15].

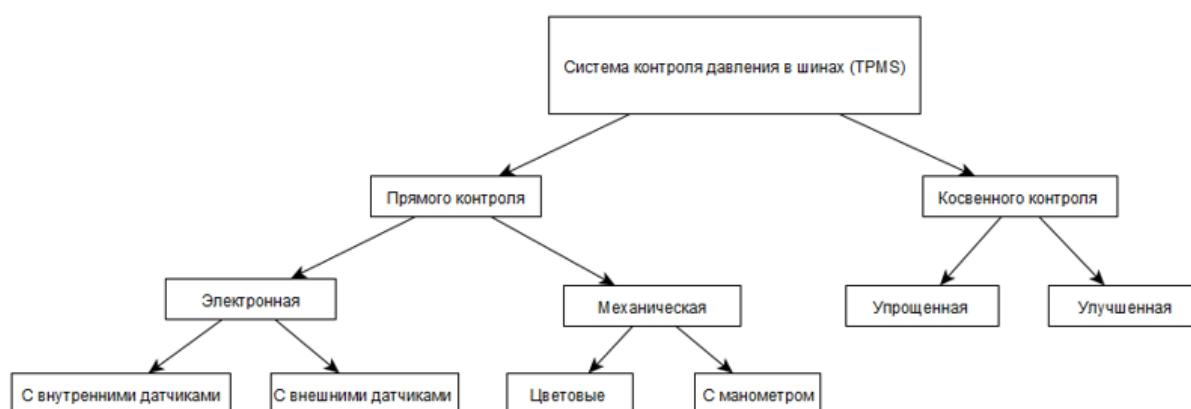


Рисунок 2 – Классификация систем контроля давления в шинах

Система косвенного контроля отслеживает изменения в давлении в шинах по косвенным показателям посредством антиблокировочной системы (АБС) которая есть в машине. Косвенная TPMS производит мониторинг давления с помощью штатных датчиков вращения колеса. Если давление в шинах снижено, его радиус уменьшается, соответственно увеличивается число оборотов. Электронная функция это фиксирует, подает водителю звуковой сигнал и выводит на приборную панель сообщение о неполадке.

Косвенные системы бывают двух версий: упрощенная и улучшенная. В упрощенной версии водитель получает сигнал об отклонениях, но система не уточняет, в какой шине проблема. В улучшенной версии на мониторе высвечивается информация о колесе, в котором обнаружилось пониженное или повышенное давление, тем самым облегчает диагностику неисправности. По отзывам, упрощенная система чаще принимает за отклонения от нормы в давлении такие ситуации, как буксование на скользкой поверхности, перегрузку, подъем по крутой дороге [16].

Из этого можно выделить, что косвенные системы имеют следующие недостатки:

- 1) Неточность и ложные срабатывания.
- 2) Медленная реакция на изменения.
- 3) Требует периодической поверке (диагностики).

Преимущество косвенной системы:

- 1) Низкая цена.
- 2) Отсутствие дополнительных модулей.

## TPMS прямого контроля

Система прямого контроля измеряет давление в шинах с помощью колесных датчиков. Их часто устанавливают прямо на производстве и выпускают автомобили уже с системой контроля давления.

Системы прямого контроля бывают механические и электронные.

Механическая система контроля предполагает, что датчики для мониторинга давления воздуха крепятся снаружи колес, и владелец авто сам следит за показаниями устройств, или же подключается в отдельный контур пневмосистемы и считывается давление с него отдельным манометром [17].

К механическим датчикам относятся колпачки с индикаторами, которые накручиваются на вентиль. Внутри прибора — клапан для измерения давления. В колпачках-индикаторах три цветовых области, внешний вид таких датчиков представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Внешний вид механического датчика давления в шинах

Недостаток наружных приборов мониторинга:

- 1) Легкость снятия и установки, могут быть подвержены краже.
- 2) Устройства подвержены внешним нагрузкам, от механических повреждений не защищены, поэтому могут легко сломаться.
- 3) Создает некоторое неудобство тот факт, что при каждом накачивании колеса, колпачки-индикаторы придется отвинчивать.
- 4) Зависимость от метеоусловий. Клапан в зависимости от погодных может иметь искажение.
- 5) Отсутствует единый модуль контроля, следовательно, водителю требуется вручную делать обход и устанавливать давление в шинах.
- 6) Отсутствует индикация повышенного давления.

## Электронная прямая система контроля

При таком типе системы на колесах закрепляются электронные датчики давления, которые передают информацию о давлении на специальный блок управления, при установки таких систем на крупную автомобильную технику устанавливают дополнительную антенну или радиокабель.

Датчики в таких системах бывают двух видов — внешние или внутренние. Частота передачи у датчиков унифицировано, для американского рынка - 315 МГц, а для европейского рынка - 434 МГц. Внешний вид электронных наружных датчиков давления представлен на рисунке 4.

Устройства внешнего типа ставятся на вентиль вместо колпачка, как

и механические, но измеряют давление гораздо точнее, а также в комплект поставки входят тройники для возможной подкачки без снятия датчика.



Рисунок 4 – Внешний вид электронных наружных датчиков давления в шинах

Блоки управления в комплекте электронной TPMS – маленькие мониторы со светодиодной индикацией. Водитель может расположить их в удобном месте, чаще всего их устанавливают на верхней торпедо, расположенная над головой водителя, или же на по центру центральной торпедо, направленной на водителя. Дисплей в некоторых системах работает от прикуривателя, внешний вид представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Расположение блока управления-дисплея СКТ на БелАЗ 7555

На мониторе водитель может увидеть параметры давления и температуры для всех четырех шин сразу или пролистать их по очереди. Последний вариант не очень удобен, так как, чтобы просмотреть все четыре колеса, водителю нужно отвлечься от дороги.

Сигнализация об состоянии и отклонениях производится с помощью цветовой индикации зеленым, желтым и красным цветом. Если обнаружено отклонение от нормы давления, на дисплее появится предупреждающий символ.

Минусы у электронных датчиков внешнего типа те же, что и у механических колпачков, но отсутствуют такие недостатки как:

- 1) Необходимость снятие датчика для подкачки, так как в электронных датчикам можно устанавливать тройники.
- 2) Нет зависимости от метеоусловий, так как используется электронный датчик, а не клапан.

Преимущества наружных электронных устройств:

- 1) Высокая точность. Замеры показателей более точные, по сравнению с механическими аналогами;
- 2) Работают от батарейки, которую можно заменить, в отличие от элемента питания во внутренних датчиках.
- 3) Есть единый модуль контроля, следовательно, уменьшение времени для обхода водителем и возможность проводить мониторинг состояния каждого колеса во время поездки.
- 4) Стоимость датчиков ниже, чем у внутренних.
- 5) Долговечность датчиков, при выполнении условий эксплуатации.

Внутренние электронные датчики устанавливаются внутрь шины до ее монтажа на колесный диск, совмещаются с воздуховодом, их внешний вид представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Внешний вид внутренних электронные датчиков давления в шинах

Для монтажа таких устройств используются вентили, которые прилагаются в комплекте. Внутренние электронные датчики также передают информацию с помощью радиосигнала или по bluetooth на блок управления.

Преимущества внутренних датчиков перед наружными:

- 1) Точно измеряют показатели.
- 2) Надежно защищены от внешнего воздействия.
- 3) Внутреннее устройство незаметно и не нужно его снимать при накачивании колеса.
- 4) Такое приспособление невозможно украдь - только вместе с колесом.

Недостатки внутренних датчиков:

- 1) Высокая стоимость.
- 2) Сложность настройки и монтажа.
- 3) Одноразовые, невозможно заменить батарейку в приспособлении.

Таким образом, исходя из представленного материала можно сделать вывод для КС лучшим вариантом будет применения электронной системы прямого контроля давления в шинах с внешними датчиками, а также

возможно рассмотреть применения данного типа системы с внутренними датчиками.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению от 30.09.2022г. №075-15-2022-1198 с ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс») в рамках реализации мероприятия «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» в части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.*

### **Список литературы**

1. Developing the concept of autonomous control of the quarry vehicles movement / I. V. Chicherin, B. A. Fedosenkov, D. M. Dubinkin, W. Zhenbo // E3S Web of Conferences: VIth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 19–21 октября 2021 года. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – Р. 03023. – DOI 10.1051/e3sconf/202131503023.
2. Чичерин, И. В. Мониторинг текущих траекторий перемещения автономных тяжёлых платформ по карьерным маршрутам горнорудных предприятий / И. В. Чичерин, Б. А. Федосенков, Д. М. Дубинкин // Горная промышленность. – 2021. – № 5. – С. 76-83. – DOI 10.30686/1609-9192-2021-5-76-83.
3. Дубинкин, Д. М. Обоснование типа передней подвески автономного карьерного самосвала грузоподъемностью до 90 тонн / Д. М. Дубинкин, Д. А. Пашков, А. Е. Ушаков // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 5(157). – С. 10-18. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-5-10-18.
4. Анализ и перспективность применения отечественного тягового привода автономного карьерного самосвала грузоподъемностью 240 т / Д. М. Дубинкин, В. Ю. Садовец, А. Б. Карташов [и др.] // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 2(17). – С. 22-36. – DOI 10.26730/2618-7434-2022-2-22-36.
5. Дубинкин, Д. М. Методика определения нагрузок, действующих при погрузке и разгрузке грузовой платформы (кузова) карьерного самосвала / Д. М. Дубинкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 3(161). – С. 31-49. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-3-31-49.
6. Дубинкин, Д. М. Перспективы высокотехнологичного производства карьерных самосвалов / Д. М. Дубинкин, Н. Н. Голофастова //

Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2022. – № 5. – С. 180-184.

7. Хорешок, А. А. Обзор конструкций несущих систем (рам) карьерных самосвалов грузоподъемностью до 110 т / А. А. Хорешок, Д. М. Дубинкин, Е. А. Зеляева // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 1(16). – С. 4-15. – DOI 10.26730/2618-7434-2022-1-4-15.

8. Анализ и перспективность применения отечественного двигателя внутреннего сгорания автономного карьерного самосвала грузоподъемностью 240 т / Д. М. Дубинкин, А. В. Ялышев, Г. А. Арутюнян, С. В. Назаренко // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 2(17). – С. 4-21. – DOI 10.26730/2618-7434-2022-2-4-21.

9. Дубинкин, Д. М. Основы цифрового создания автономных карьерных самосвалов / Д. М. Дубинкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 2(160). – С. 39-50. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.

10. Research of control algorithm of traction drive of a mining dump truck using simulation models of motion / A. S. Muravyev, V. A. Shishkina, N. V. Buzunov [et al.] // Journal of Physics: Conference Series : 3, Veliky Novgorod, 06–07 сентября 2021 года. – RUS: IOP Publishing Ltd, 2021. – Р. 012028. – DOI 10.1088/1742-6596/2052/1/012028.

11. Дубинкин, Д. М. Обоснование количества и типа размера шин для беспилотных карьерных самосвалов / Д. М. Дубинкин, А. Б. Карташов, Г. А. Арутюнян // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – № 3(149). – С. 25-33. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-3-25-33.

12. Колбасов А.Ф. Некоторые актуальные вопросы работы автомобильной шины // Фундаментальные Исследования. 2011. № 8–1.

13. Гечекбаев Ш.Д., Шеневский Г.С., Акимов Р.Р. Влияние давления воздуха в шине на курсовую устойчивость и динамику автомобиля // Вестник Махачкалинского Филиала Мади. 2014. № 14.

14. Желтышев А.В. Влияние давления воздуха в шинах на топливную экономичность автомобиля при движении по неровной дороге // Механики Хxi Веку. 2006. № 5.

15. Шибаев А.А. et al. Классификация систем контроля давления в шинах автомобиля. Издательство “Перо,” 2021. Р. 172–175.

16. Иванов А.М., Шадрин С.С., Карпухин К.Е. Разработка внешней косвенной системы контроля давления в пневматических шинах // Известия МГТУ Мами. 2014. Vol. 1, № 3 (21).

17. Радаев В.С. Системы контроля и регулирования давления воздуха в автомобильных шинах. ООО “СитИвент,” 2021. Р. 87–92.