

УДК 629.3.027.542.3

О.А. ВОЙТОВИЧ, В.А. ТКАЧ
Херсонский национальный технический университет

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ В ШИНАХ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА

В данной работе рассмотрена проблема влияния давления в шинах автотранспорта на безопасность движения. Результаты исследования показали зависимость жесткости и ресурса покрышки, износа подвески и протектора, расхода топлива от отклонения давления от нормы. Приведенные аргументы доказали необходимость контроля данного показателя и целесообразность установки системы контроля давления в шинах на автомобили, не оснащенные ею на заводе-изготовителе. Рассмотрены различные типы таких систем, их принцип работы, положительные и отрицательные моменты при их эксплуатации.

Ключевые слова: давление, автотранспорт, автомобиль, контроль, шина, покрышка, износ, топливо.

О.А. ВОЙТОВИЧ, В.О. ТКАЧ
Херсонский национальный технический университет

ВПЛИВ ТИСКУ В ШИНАХ НА БЕЗПЕКУ РУХУ АВТОТРАНСПОРТУ

В даній роботі розглядається проблема впливу тиску в шинах автотранспорту на безпеку руху. Результати дослідження показали залежність жорсткості та ресурсу шин, зносу підвіски та протектора, витрати палива від відхилення тиску від норми. Приведені аргументи довели необхідність контролю даного показника та доцільності встановлення системи контролю тиску в шинах на автомобілях, не оснащених ними на заводі-виробнику. Розглядаються різні типи таких систем, їх принцип роботи, позитивні та негативні моменти при їх експлуатації.

Ключові слова: тиск, автотранспорт, автомобіль, контроль, шина, знос, паливо.

О.А. VOYTOVICH, V.A. TKACH
Kherson National Technical University

THE INFLUENCE OF PRESSURE IN THE MACHINES FOR SAFETY OF VEHICLE MOTOR VEHICLES

In this paper, the problem of the effect of pressure in vehicle tires on traffic safety is considered. The results of the study showed the dependence of the stiffness and tire life, deterioration of the suspension and tread, fuel consumption from the deviation of the pressure from the norm. The above arguments proved the need to monitor this indicator and the desirability of installing a tire pressure monitoring system on cars not equipped with it at the factory. Different types of such systems, their principle of operation, positive and negative moments during their operation are considered.

Keywords: pressure, motor transport, car, control, tire, wear, fuel.

Постановка проблемы

Безопасность транспорта для водителя и пассажиров на сегодняшний день является главным требованием к производителям новых моделей автомобилей.

Анализ последних исследований и публикаций

Очевидно, что определить визуально отклонение от нормы давления в шинах возможно не всегда. Существуют современные шины, на которых незаметны даже перекаченность или спущенность колеса. Тогда, как и небольшие отклонения имеют свои последствия [1].

Давление в шинах - один из важных показателей, который влияет на расход топлива любого автомобиля. При снижении давления увеличивается зона деформации шины в пятне контакта (рис.1), что приводит к заметному увеличению сопротивления качению. Увеличение сопротивления качению и ведет к тому, что двигателю нужно тратить больше топлива для поддержания стандартного режима езды автомобиля.

Снижение давления в шине и увеличение нагрузки на колесо приводят к значительной деформации шины [2].

Влияние давления на ресурс шин определяют, также изучая пятно контакта шины. Зона наибольшего давления в пятне контакта протектора шины с дорогой показана на рис.1.



Рис. 1. Пятно контакта шины с поверхностью в зависимости от давления в ней

При нормальном давлении пятно контакта оптимальное, нагрузка в шине распределена равномерно.

При пониженном давлении более высокая нагрузка приходится на края шины, т.е. плечевую зону, провоцируя в этой части протектора повышенный износ.

При повышенном давлении - более высокая нагрузка в пятне контакта приходится на центральную часть протектора. В этом случае центральная часть шины начинает изнашиваться быстрее, чем боковые блоки протектора.

Пониженное давление при высокой скорости приводит к нечетким рулевым реакциям (снижается скорость прохождения поворотов, автомобиль резко срывается в боковой юз, возникает неприятное повизгивание), что небезопасно, к влиянию задней оси на боковом профиле шины, что приводит к риску непрогнозируемого заноса автомобиля, к внутреннему разогреву каркаса и, следовательно, повышенному износу шин [3].

В последние годы обязательным дополнительным устройством легкового транспорта стала система контроля давления в шинах [1-3].

Формулирование цели исследования

Целью статьи является аргументировать необходимость установки такой системы на автомобиле, не оснащенные ею на заводе-изготовителе, произвести обзор существующих видов и принципа их работы.

Изложение основного материала исследования

Заданным значениям нагрузки на шину и давления воздуха в ней соответствует определенная осадка (деформация) шины. Если сила тяжести, приходящаяся на колесо, уменьшится, то жесткость шины (в первом приближении) останется прежней. Можно, однако, уменьшить давление в шине настолько, чтобы ее осадка достигла прежней величины. Тогда жесткость шины уменьшится, а ее осадка и напряжения в каркасе останутся примерно прежними, и существенного уменьшения срока службы шины не произойдет.

Осадка шин

$$f_{\phi} = \frac{M_a g}{2c_{\phi}}, \tag{1}$$

где c_{ϕ} - жесткость шин, пропорциональна давлению p_{ϕ} в шинах:

$$2\tilde{n}_{\phi} = \hat{A}_0 + \hat{A}_0 \delta_{\phi}, \tag{2}$$

где A_0, B_0 – коэффициенты.

Тогда

$$f_{\phi} = \frac{M_a g}{A_0 + B_0 p_{\phi}}. \tag{3}$$

Различным значениям $M_a g$ соответствует семейство гипербол. Например, для шины 9,75—18 в среднем $B_0 = 100$ см; $A_0 = 170$ кг/см, паспортное давление в шинах для исследуемого грузового автомобиля – 4,0 кг/см². Пусть пределы изменения нагрузки на заднее колесо при разгрузке-нагрузке этого автомобиля составляют 800—1700 кг. На основании приведенных данных и формулы (3) построены кривые, показанные на рис. 2, а (цифры на кривых обозначают нагрузку в процентах) [2].

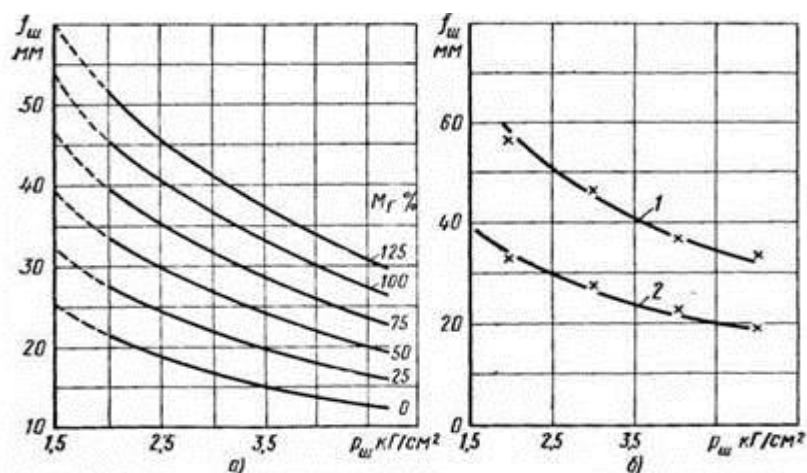


Рис. 2. Влияние статической нагрузки на шину марки 9,75-18 и внутреннего давления воздуха на ее осадку:

- а – по результатам расчета для задней шины грузового автомобиля;
- б – по данным испытаний для задней шины автобуса

При повышенном давлении возрастает ударопрочность шины и диска. Каркас шины рассчитан на более чем 10-кратные точечные перегрузки, но он абсолютно не рассчитан на резкий удар, когда острый край ямы сминая шину и с огромным усилием прижимает ее к диску. На малых скоростях защиту колеса оказывает защитный борт, двойной каркас, дополнительный слой резины в боковине. Однако на высокой скорости только высокое давление, которое не дает сомкнуться диску и краю выбоины. Если смыкание произошло, то вероятным последствием будет дыра в боковой поверхности шины и погнутый диск или «шишка» и, возможно, подмятый диск (рис.3).



Рис. 3. Колесо автомобиля после попадания в яму с острыми краями на высокой скорости

Максимальный ресурс шины достигается при рекомендуемом заводом-изготовителем давлении (рис.4) [4].

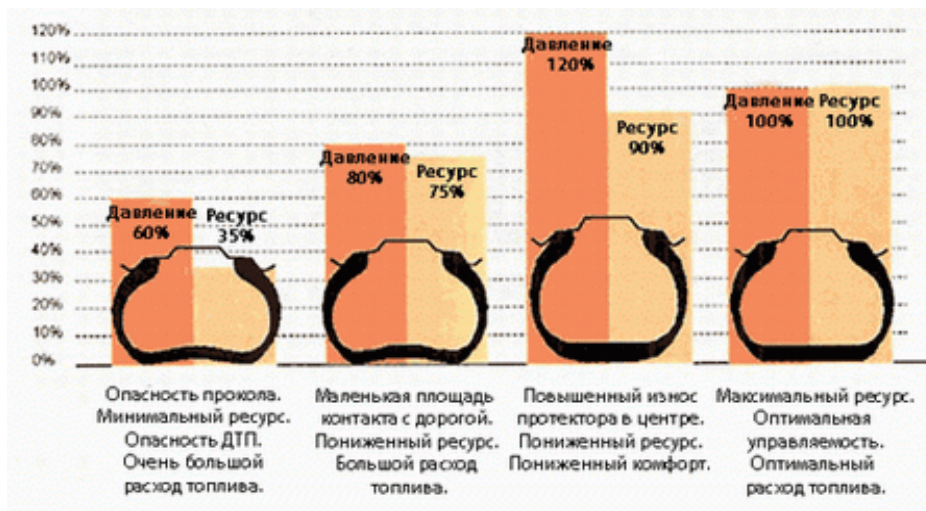


Рис.4. Диаграмма зависимости ресурса шины от давления в ней

Как видно, пониженное давление гораздо губительней для шин, чем повышенное.

Кроме уже описанных явных минусов пониженного давления в шинах, стоит упомянуть еще несколько.

Разгонная динамика - на мощном автомобиле заметить ухудшение динамики сложно, но на относительно маломощных автомобилях уменьшение давления относительно заводских рекомендаций может увеличить разгон до сотни на 0,5-1 сек.

Тормозная динамика - центральная часть шины не прижимается к дорожному полотну с необходимым усилием, поэтому давление в пятне контакта неравномерно. Тормозной момент распределяется неверно, что приводит к усложнению дозирования необходимого давления в контурах тормозной системы водителем. При замедлении на грани блокировки шин (с заниженным давлением) раньше сработает АБС. Все это приводит к увеличению тормозного пути. Неравномерный износ шин - пониженное давление приводит к повышенному износу плечевой зоны, т.е. быстрее изнашиваются края шины. В большей степени это будет заметно на более загруженной оси.

Все минусы ярче проявятся на низкопрофильных шинах с жесткой боковиной, из-за которой большая часть нагрузки при низком давлении будет приходиться на края шины. При проезде водяных преград на широких низкопрофильных шинах с низким давлением значительно снизится скорость начала аквапланирования. Это связано с тем, что водяной клин между шиной и дорожным покрытием начнет вминать центральную часть шины вовнутрь, тем самым значительно ухудшая отвод воды от центра шины. С этой проблемой давно борются инженеры. Основным методом борьбы является - повышенная жесткость каркаса шины в центре, которая стабилизирует распределение давления в пятне контакта. Повышенная жесткость центральной части шины также противостоит огромным центробежным силам, которые на высокой скорости пытаются выдуть центральную часть шины и дестабилизировать пятно контакта.

Исходя из вышесказанного, давление в шинах имеет большое значение для комфортной и, главное, безопасной езды на автомобиле (табл. 1).

Таблица 1

Зависимость показателей автомобиля от давления в шинах

Показатель	Давление в шинах выше нормы	Давление в шинах ниже нормы
Жесткость покрышки	Увеличивается	Уменьшается
Ресурс покрышки	Уменьшается	Уменьшается
Подвеска	Увеличивается износ	-
Протектор	Увеличивается износ средней части протектора	Увеличивается износ боковых частей протектора
Движение в пути	Снижается сцепление колеса с дорогой	Увеличивается сила трения качения, снижается курсовая устойчивость (особенно в поворотах), проявляется эффект «подламливания резины»
Топливо	-	Увеличивается расход

Таким образом, во избежание грядущих финансовых затрат на замену покрышек, ремонт подвески, перерасхода топлива и для повышения комфортности езды, необходимо 1 раз в неделю или чаще при изменении погодных условий, загруженности автомобиля, планирования дальних поездок и др. контролировать давление в шинах манометром или установить на автомобиль систему контроля давления в шинах (TPMS – Tires Pressure Monitoring System).

Такая система позволяет водителю держать под контролем уровень давления в шинах, способна реагировать на небезопасные перепады давления и передавать соответствующую информацию на специальные индикаторы.

Системы контроля могут быть разными в зависимости от того, каким именно способом проводится измерение давления в шинах:

- косвенное, когда данные о наполнении колеса воздуха получают по расстоянию, которое оно проезжает за один оборот;
- прямое, когда непосредственно на само колесо устанавливаются специальные датчики, которые измеряют давление.

Наиболее распространенной и часто используемой конструкцией системы контроля давления в шинах является первый вариант. По своей сути это часть электронного блока управления ABS (антиблокировочной системы торможения), которые представлены в виде датчиков частоты вращения колес автомобиля. Таким образом, электронная система способна определять протяженность пути, которую проходит шина каждого колеса. Однако она не может сравнивать скорость отдельного колеса, поскольку движение автомобиля очень редко происходит по прямой линии, а на поворотах путь

внешнего колеса всегда будет большим, чем путь внутренних колес. Система контроля разработана таким образом, что скорость каждого двух колес, которые расположены по диагонали, суммируется, из полученных результатов вычисляется разница и делится на среднюю скорость каждого колеса. Внутри системы полученные данные сравниваются с установленными контрольными параметрами и если они не совпадают, на приборной панели загорается контрольная лампочка (индикатор).

Преимуществами такой системы являются:

- отсутствие необходимости устанавливать дополнительное оборудование, что в разы снижает стоимость системы в целом;

- возможность адаптировать ее к необходимым изменениям параметров давления, связанных с заменой шин или другими сервисными работами.

Однако существует и ряд недостатков:

- для «запоминания» нормальных параметров автомобилю необходимо проехать 30-50 км;
- после сигнала индикатора водителю необходимо проводить визуальный осмотр всех колес, чтобы определить спущенное;

- система не позволяет определить резкое падение давления (например, если пробилось колесо);

- система не указывает на одновременное падение давления в колесах;

- на работоспособность системы значительно влияют степень пробуксовки колес, загрузка автомобиля, состояние автомобильной резины;

- для того чтобы индикатор засветился, давление в колесах должно упасть не менее, чем на 25-30 %;

- не определяется давление в колесах до начала движения автомобиля [5].

Принцип системы контроля с прямым измерением давления в шинах заключается в том, что характеристики колебательного контура, состоящего из шины и диска, напрямую зависят от упругости шины, т. е. давления воздуха в ней.

Система прямого измерения давления в шинах состоит из датчиков давления, блока управления, антенны и экрана (дисплея) (рис.5) и работает по принципу измерения давления в каждом колесе.



Рис. 5. Дисплей системы контроля давления в шинах

Сам датчик устанавливается на место обычного вентиля, замеряет давление и передает данные замера на блок управления с помощью приемной антенны. Далее все происходит так же: в случае несовпадения с контрольными показателями загорается лампочка и возникает звуковой сигнал. В более новых моделях приборов используется текстовое и графические изображения, которые выводятся на дисплей.

Если автомобиль оснащен бортовым компьютером – для этой цели используется его дисплей.

Система контроля давления в шинах прямого измерения отличается высокой точностью измерения, быстротой реакции на изменившуюся ситуацию, а также – возможностью перепрограммирования после смены шин.

Дисплеи приборов могут устанавливаться на панель, зеркало заднего вида, а сам прибор может идти в комплексе с парковочным устройством. В большинстве случаев, датчики оснащены аккумуляторами, которые после окончания службы замене не подлежат – и приходится покупать новые датчики.

Однако система контроля такого типа может неправильно отображать информацию при определенных условиях:

- если она не соответствует типоразмеру шины;

- если размер, тип и модель колес и резины не совпадают;
- если колеса имеют разное сцепление с дорогой;
- использование запасного колеса, на которое система не настроена;
- использование цепей противоскольжения;
- превышение скорости езды;
- ненастроенная система и отсутствие контрольных параметров;
- езда по неровной или обледенелой дороге;
- скорость движения меньше 30 км/ч;
- длительность поездки менее 5 минут;
- высокая стоимость (в несколько раз выше, чем косвенной системы контроля) [6].

Выводы

Таким образом, технически обосновано использование системы контроля давления в шинах для обеспечения безопасности движения автотранспорта. Она позволяет экономить топливо и обеспечивает долговечность автомобильных покрышек за счет исключения избыточной деформации, нагревания материала, разрушения шин во время движения.

Список использованной литературы

1. Toyota. Система контроля давления в шинах (TPMS) [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа до ресурсу: http://autodata.ru/article/all/sistema_kontrolya_davleniya_v_shinakh_toyota/.
2. Ротенберг Р.В. Подвеска автомобиля/ Роберт Ротенберг. – М.: Машиностроение, 1972. – 316 с.
3. Ресурс шин [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа до ресурсу: http://rezina.biz.ua/faq/resurs_shin
4. Система контроля давления в шинах: как обеспечивается безопасность на дороге? [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <https://auto.today/bok/1956-sistema-kontrolya-davleniya-v-shinah-ili-kak-obespechivaetsya-bezopasnost-na-doroge.html>.
5. Skoda Octavia Антрацитовая ракета > Бортжурнал > Система контроля давления в шинах – есть ли толк? [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.drive2.ru/l/593866/>.
6. Передерий В.П. Устройство автомобиля/ Виктор Передерий. – М.: Монолит, 2011. – 285 с.