

Системы проверки давления в шинах (TPMS)¹

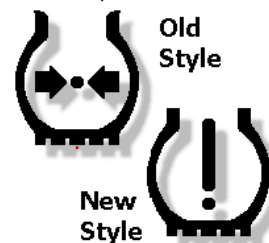
Поскольку автомобили являются транспортными средствами повышенной опасности, то обеспечение безопасности их пользователей и других участников дорожного движения, является одной из главных задач автомобилестроения. Для повышения надежности в современные автомобили внедряются различные электронные системы² активной и пассивной безопасности. Данная статья посвящена описанию системы непрерывного контроля давления автомобильных шин (Tire Pressure Monitoring Systems).

Считаю необходимым заметить, что бытующее среди владельцев автомобилей и части работников СТО мнение о том, что распространение дополнительных систем обеспечения безопасности преследует цели увеличения стоимости машин или увеличения количества "поводов" для посещения сервиса, являются принципиально неверными. Более того, внедрение систем аналогичных рассматриваемой есть не прихоть производителей, а



наоборот, предмет их "головной боли".

С 1 ноября 2003 года в США начал действовать первый этап внедрения системы проверки давления шин (*Tire Pressure Monitoring Systems - TPMS*). Производители должны были обеспечить в первом году наличие этой системы у 10% выпускаемых автомобилей, во втором – 35% и в течение третьего года в 65% всего объема выпуска. На этой стадии требовалось, чтобы система оповещала водителя, если давление в одной или нескольких шинах отличается более чем на 25% от значения указанного производителем. Ожидается, что в период между сентябрем 2005 и августом 2006 года примерно 90% выпущенных в США легковых автомобилей будут оборудованы этой системой. Предполагается, что с 1 сентября 2007 года все машины (легковые автомобили, внедорожники, универсалы и небольшие автобусы) будут использовать систему контроля давления шин и оповещать водителя о возникшей неполадке, включением соответствующего индикатора приборного щитка.



Такие системы установлены, например, в части автомобилей Toyota Sienna, Oldsmobile Alero, BMW 3-й и 7-й серий, Audi A8 (с 2001г.), Ford с 2002, Nissan/Infiniti с 2000 года, VW Touareg и др.

История и причины возникновения "вопроса"

Историю этой системы можно начинать отсчитывать с июля 1988, когда был опубликован стандарт SAE "Flight Deck Tire Pressure Monitoring System (Tpms)", который определял требования к системе проверки давления шин самолетов. Стандарт SAE J2657 (Tire Pressure Monitoring Systems for Light Duty Highway Vehicles Date) вышедший в декабре 2004 года и определяющий требования этой системы на грузовых автомобилях, можно считать ее логическим завершением.

Американская федеральная организация контроля безопасности дорожного движения (*NHTSA - National Highway Traffic Safety Administration*) впервые поднимала вопрос о необходимости проверки давления в шинах еще в 1970 году. Но в связи с тем, что при тогдашнем уровне развития электроники цена такой системы была слишком высока, эта тема не была реализована. Снижения стоимости электронных компонентов позволило 26 января 1981 года начать общественное обсуждение необходимости внедрения этой системы.

Серия нефтяных кризисов тех лет заставила провести исследования, из которых выяснилось, что снижение давления в шинах на 70 kPa (10 psi) повышает на 3 процента расход топлива. Дополнительные исследования показали, что примерно 50 процентов легковых автомобилей и 13 процентов грузовиков эксплуатируются с давлением в шинах ниже рекомендованного производителем. В 2001 году было доказано, что у 36% легковых автомобилей и 40% грузовиков имели давление ниже допустимого, по крайней мере в одном колесе. При этом опросы 2001 года свидетельствовали о том, что 71% владельцев проверяют давление в шинах реже 1 раза в месяц. С другой стороны, 85% случаев неправильного давления являются результатом «медленных» утечек, которые происходят днями, неделями или месяцами. Только 15 процентов снижения давления происходят внезапно, например, из-за прокола. Возможно, что этим объясняется отсутствие привычки проверять давление в шинах своего автомобиля.

¹ Некоторые производители используют другую аббревиатуру. Например, Nissan – LTPWS (Low Tire Pressure Warning System).

² Active Traction control, Blind-spot detection, Door Assist Control, Hill Assist Control, Braking Assist System, Infrared Lamps, Smarted Air Bag, Drowsy/Inattentive Driver Alert System, Lane Keeping Support System, Pedestrian Warning / Auto Braking System, Kinetic Dynamic Suspension System, Night View System, etc.)

Правильное давление в колесах является одной из мер обеспечения безопасности движения. Например, исследования *Indiana University* показали, что в 1977 году причиной примерно 260 000 аварий было низкое давление в шинах (1.4% от 18.3 млн. аварий).

Отклонение от нормального давления может быть причиной ухудшения управляемости автомобиля, повышения температуры шин, уменьшение тормозного пути, ухудшения сцепления с дорожным покрытием и др. База данных *NHTSA* 1995-1998 убедительно показывает, что низкое давление в шинах было причиной в среднем 23 464 аварий в год. Примерно 535 смертельных исходов были вызваны проблемами с шинами.

Пониженное давление может быть причиной возникновения следующих ситуаций:

- движение юзом (боковое скольжение, буксование) и/или потеря управления при поворотах или обгонах (т.е. при изменении направления движения).
- проскальзывание автомобиля на мокрой дороге, что может увеличить тормозной путь или спровоцировать потерю управляемости,
- уменьшение тормозного пути,
- разрыв шины, например, из-за перегрева,
- повышенная нагрузка на автомобиль.



Неопубликованные данные доклада фирмы *Goodyear* агентству *NHTSA* показывают, что при среднем пробеге 45 000 миль и средней стоимости шины 61 доллар, уменьшение давления на 7 kPa (1 psi) приводит к снижению ее срока службы на 1.78 процента или на 800 миль. В целом с учетом усредненных данных каждая шина США «недоезжает» примерно 5 440 миль.

Достаточно долго дискутировался вопрос о чувствительности системы. Один вариант предполагал, что эта система должна оповестить водителя о том, что в одной или нескольких шинах давление отличается более чем на 25% относительно рекомендованного производителем. Второй вариант определял 30% порог срабатывания. Был принят первый вариант.

Эффект от внедрения

NHTSA оценивала, что внедрение этой системы позволит сохранять каждый год жизни до 150 американцев и при этом избежать более 10 000 аварий в год.

При этом дополнительные затраты³ в среднем составят примерно 77 долларов США на один автомобиль. Оценивается, что внедрение этой системы позволит избежать примерно



50 смертельных случаев и 4 500 аварий, вызванных юзом автомобиля при торможении,

40 смертельных случаев и 3 500 аварий, причиной которых могло быть сокращение тормозного пути,

40 смертельных случаев и 100 аварий за счет изношенного протектора шин и их разрыва.

Поскольку в США продается более 18 млн. машин, то дополнительные затраты на внедрение составят не менее 1 200 млн. долларов. Таким образом, «стоимость» одной сохраненной жизни составляет примерно 5 млн. долларов. Но при этом, есть и чисто экономический выигрыш. Кроме этого, удастся сократить эксплуатационные расходы на 16.43\$ за все время эксплуатации за счет снижения расхода топлива. \$5.09 – за счет увеличения пробега на одном комплекте резины (примерно на 1 143 мили).

Европейское сообщество поддержало требование введения этой системы и выделило первостепенное значение увеличения надежности и обеспечению учета температурных изменений. По итогам 2005 года в Европе количество смертельных случаев в результате дорожно-транспортных происшествий сократилось на 8 000 по сравнению с 2001 годом.

Виды систем контроля давления

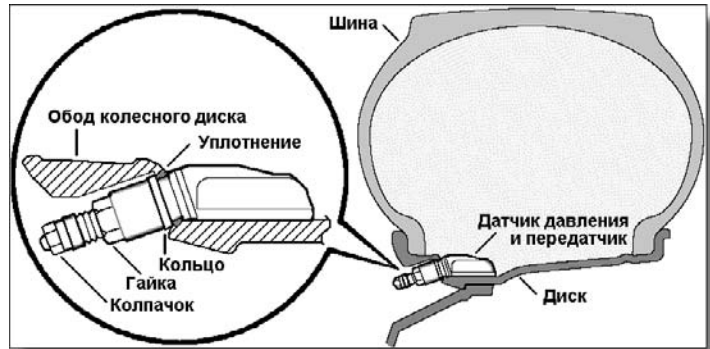
В настоящее время нашли применение два типа систем проверки. Это так называемые системы прямого (*Direct measured*) и косвенного (*Indirect*) измерения.

Системы прямого измерения непосредственно измеряют температуру и давление в шинах и используют передатчик. Системы косвенного измерения проверяют давление в шинах по различиям в скорости вращения колес. Гибридные системы и системы с подкачкой находятся в разработке и легковых автомобилях пока не используются.

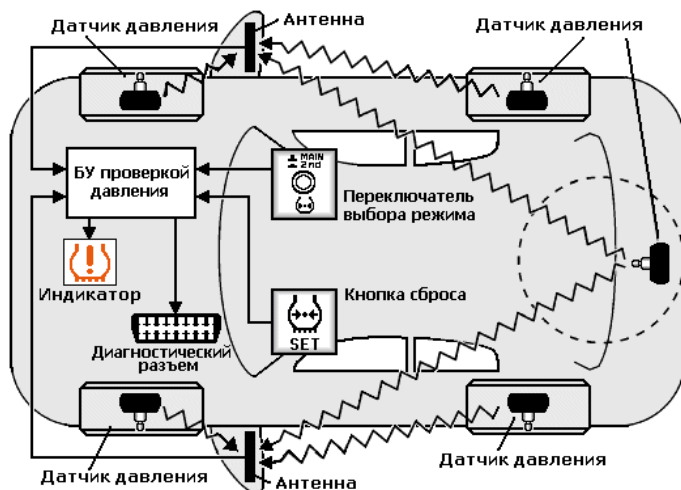
³ Затраты на внедрение косвенной системы составляют примерно \$21.13 на машину. Цена внедрения для авто без АБС составляет примерно \$143, вместе с АБС – 253.

Система прямого измерения

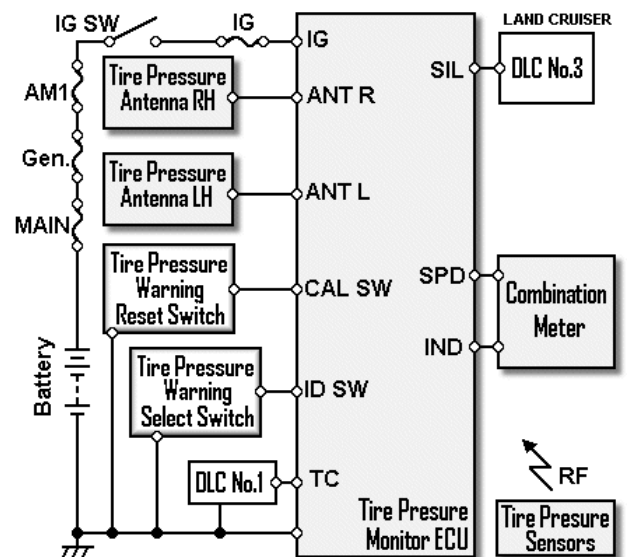
Система прямой проверки использует датчики, размещенные внутри колеса и непосредственно измеряет давление и температуру в шинах. С помощью передатчика, расположенного внутри датчиков, данные о состоянии шины передаются сигналами ВЧ диапазона (350-450 МГц). В датчике обычно установлена литиевая батарея. Сигналы поступают в приемник и далее анализируются в блоке проверки давления. Приемник может располагаться как в самом блоке, так и за его пределами. Например, в корпусе зеркал заднего вида (LC100, LX470). При возникновении недопустимых изменений давления, этот **блок** включает индикатор и таким образом оповещает водителя автомобиля о случившемся. При возникновении неисправностей в системе индикатор будет моргать (blinked). При проведении инициализации такой системы в память записывается давление на момент ее проведения. Поэтому перед этой процедурой не стоит забывать проверить давление во всех шинах автомобиля.



Такие системы в состоянии определить состояние каждой шины и достаточно высокой точностью, примерно ± 7 kPa (± 1 psi). Интересно, что новые датчики в состоянии поставки находятся в режиме "sleep mode" и активируются только при давлении большем, чем 40 kPa (0.4 kgf/cm², 5.8 psi).



Функциональная и структурная схемы системы прямого измерения давления в шинах



На всемирном конгрессе ассоциации инженеров автопромышленности (SAE) 2003 года фирмы *Goodyear Tire & Rubber Co* и *Siemens VDO Automotive* представили новые датчики, которые не используют источники автономного питания, а применяют встроенный преобразователь, который генерирует напряжение питания.

Там же фирмой *Motorola's Sensor Products Division* была представлена система MEMS (micro electromechanical System) с встроенными датчиками давления, 8- or 16-bit микроконтроллерами, передатчиком и батареей. *GM* использует датчики со встроенной необслуживаемой 3-volt литиевой батареей с гарантией 10 лет или 100 000 миль. Точность измерения: ± 2 psi при скорости автомобиля до 210 mph.



Затраты на внедрение системы прямого измерения составляют примерно 70\$ на машину (при использовании специального дисплея) и 66\$ при оборудовании автомобиля только индикатором. Средняя годовая стоимость для всех автомобилей (48,19×16 млн.) составляет примерно 771 миллиона в год.

В части автомобилей возможно запоминание разных комплектов шин. Выбор осуществляется с помощью переключателя (Tire Pressure Warning Switch «MAIN/2nd»). На фото слева, например, этот переключатель *Lexus RX350, ES350*.

Датчики давления обычно необслуживаемые. Гарантия на источник питания более 10 лет. Батарея меняется вместе с датчиком. Агентство оценивало, что датчики придется заменять после второй замены шин (примерно при 90 000 – 100 000 миль). При средней стоимости 1 датчика (7.5 или 30 для всех) и с учетом розничных наценок, стоимость для систем непосредственного измерения составляет примерно 41 доллар. Таким образом, агентство оценивает, что для всех легковых автомобилей и при 25 процентном пороге срабатывания величина эксплуатационных издержек составит 27 долларов и примерно составит 435 млн. долларов.

Система косвенной проверки

Система косвенной проверки используют датчики ABS и проверяют скорость вращения колес («по диагонали»). Например, сумма скорости правого переднего (RF) и левого заднего (LR) колес сравнивается с суммой скоростей левого переднего и правого заднего колес. Деление разницы сумм на среднюю скорость всех четырех колес допускает этой системе определить коэффициент (отношение) к средней скорости автомобиля. Этот коэффициент выражается следующим уравнением: $[(RF + LR) - (LF + RR)] / \text{Средняя скорость}$.

Если этот коэффициент выходит за допустимые границы, то делается вывод о том, что в одной или нескольких колесах аномальное давление шин.

Система косвенной проверки давления в шинах при движении автомобиля проверяет колебания (изменения) скорости вращения колес. Обычно для этого используются выходные сигналы датчиков системы антиблокировки тормозов (ABS). При возникновении недопустимых отклонений водитель оповещается об этом включением индикатора (low tire pressure warning light) в щитке приборов. Косвенной «уликой» того, что в автомобиле используется система косвенной проверки, является наличие кнопки (На фото справа – ее расположение на Lexus RX330 2006MY) «Tire Pressure Warning Set Switch», которая используется для инициализации системы (например, после замены неисправной шины).



Несмотря на некоторую внешнюю скромность такой системы, она используется даже в Toyota Camry (GSV40) 2007 модельного года.

Система косвенного измерения давления использует два метода: определение низкого давления посредством расчета относительных различий между скоростями вращения колес и частотный резонансный метод, которым определяется низкое давление во всех четырех колесах.

Тойота, которая использует обе системы предполагает, что следующие поколения косвенного измерения смогут обеспечить 20% порог срабатывания, проверяя частоту резонанса и изменения динамического радиуса шин. Но, к сожалению, пока это достижимо только при движении не менее 20 мин в «идеальных» условиях: по прямой и при скорости от 30 до 60 км/час.

Метод относительных различий скорости вращения колес

Относительный метод использует изменения в скорости вращения колес, которые происходят когда фактический радиус колес уменьшается из-за уменьшения давления в шинах. По сигналам



колесных датчиков система вычисляет ожидаемую среднюю скорость вращения для всех четырех колес в пределах заданного периода времени и сравнивает ее со значением скорости каждого колеса. При ощутимом отличии скорости вращения конкретного колеса от средней скорости всех колес, система считает, что в нем недопустимо низкое давление. Основным недостатком этого метода является неспособность

определить неисправность, если уменьшено давление во всех четырех колесах. Это объясняется тем, что для проверки используется изменение скорости вращения относительно средней скорости всех колес. То есть при снижении давления во всех четырех колесах определить это окажется невозможным.

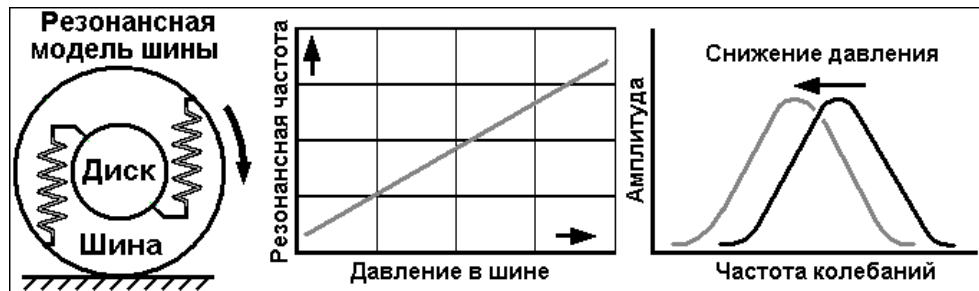
Резонансный метод

Частотно-резонансный метод определяет состояние шин всех четырех колес. Как известно, изменение давления в шинах приводит к изменению их коэффициента упругости (скручиванию). Поэтому при движении автомобиля в его шинах возникают колебания, которые модулируют основные сигналы датчиков скорости вращения колес. По спектральному составу этих сигналов определяются изменения резонансной частоты шины. Это, что в свою очередь, позволяет оценить их упругость и таким образом определить изменения давления.

Если любой метод определяет низкое давление, то эта система включает индикатор неисправности. Применение двух алгоритмов проверки позволяет значительно увеличить ее эффективность и надежность. И как следствие, увеличить безопасность эксплуатации автомобиля.

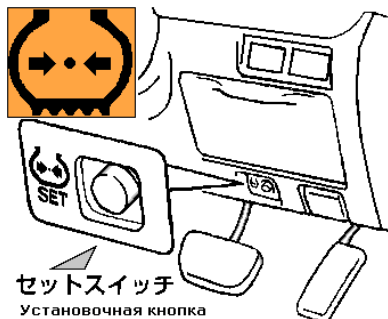
Принято считать, что в будущем будут использоваться только системы прямого измерения.

Следует помнить, что для этой системы



действуют известные ограничения, согласно которым невозможно определение аномального давления при следующих ситуациях:

- использование нестандартных ли шин разных производителей и типов
- при движении автомобиля при слишком малой или избыточно большой скорости
- ротации/замены шин невыполнении начальной инициализации после замены дисков
- при движении на скользкой дороге или по дороге с плохим покрытием
- при резком ускорении/торможении и при резких поворотах
- при температуре вне диапазона действия этой системы
- при перегрузке автомобиля или при использовании прицепа
- использование шин разного размера
- значительная разница в износе.



При всем уважении к американским автомобильным законодателям, не могу не заметить, на RHD автомобилях внутреннего японского рынка аналогичная система использовалась гораздо раньше. Например, автомобиль RHD *Toyota CHASER* 1999 года выпуска оборудован системой контроля давления шин косвенного типа. Слева фрагмент иллюстрации из инструкции по эксплуатации этого автомобиля.



На фото справа датчик давления RHD *Toyota Celsior* 430 2004 года выпуска.

Хочу привести поучительный пример диагностики рассмотренной системы, выполненной г. Jason Stimis, сертифицированным техником дилерской станции Тойота в Easley (Южная Каролина, США).

В автомобиле 2004 г.в. *Toyota 4Runner* с пробегом 2041 миль при заведенном двигателе продолжал светиться индикатор низкого давления в шинах, что было свидетельством присутствия неисправности.

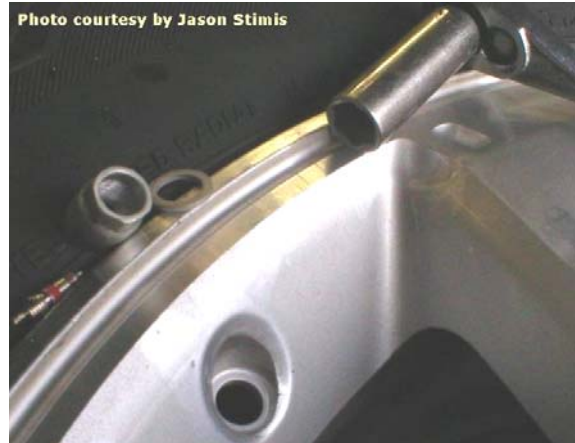
С помощью т.н. диагностического сканера ([MTS3100](#) by *Vetronix*) были проверены давление и температура шин автомобиля.

Анализ данных показал, что компьютер «Tire Pressure Monitor ECU» не получает эти данные от четырех из пяти колес автомобиля. Другими словами, БУ не знает ни температуру ни давление в четырех шинах. Из диалога с владельцем автомобиля выяснилось, что он решил "поменять резину" вместе с дисками и вместо шин фирмы *Michelin* установил сделанные *Bridgestones*. Сама по себе такая замена не содержит в себе ничего





"криминального". Но во время ее проведения была нарушена заводская инструкция по выполнению этой операции. В результате чего оказалось, что в системе остались зарегистрированными датчики предыдущих дисков и новые датчики (их номера) не были «прописаны»⁴. Поэтому функция проверки давления оказалась невыполнимой и для ее восстановления надо было провести процедуру инициализации. Замечу, что для определения номера датчиков пришлось демонтировать новые колеса и снимать резину (шины) так идентификационный номер датчика нанесен на его корпусе.



После этого в режиме сканера "OBD/MOBD Menu -> 4: Tire Pressure -> Diagnostic Menu Tire pressure -> 5: Utility" передатчики были вновь закодированы. То есть их номера (ID) введены в память блока управления (*Identify Transmitter*). И только после этого при заведенном двигателе индикатор перестал светиться (стал гаснуть). "Паспортный режим" вновь соблюдается и система может анализировать состояние шин. На Screen Shot (фото справа) можно увидеть, что БУ «видит» давление и температуру всех пяти шин.

В большинстве случаев рассмотренная система проверки давления в шинах оборудована системой самодиагностики, которая позволяет не только считать коды неисправности, но проверить ее состояние. Кроме этого, доступно считывание кодов самодиагностики по вспышкам индикатора. Например, так выглядит список кодов неисправности этой системы этого автомобиля.



Chassis Manufacturer Codes (Toyota 4Runner)

- DTC No. / Flash codes - Неисправность
- C2111 / 11 - Tire pressure sensor ID1 operation stop
 - C2112 / 12 - Tire pressure sensor ID2 operation stop
 - C2113 / 13 - Tire pressure sensor ID3 operation stop
 - C2114 / 14 - Tire pressure sensor ID4 operation stop
 - C2115 / 15 - Tire pressure sensor ID5 operation stop

When about DTC deletion operation is transmitter with an ID code that is registered in the ECU, or the ID code of the tire pressure sensor is newly registered in the ECU.

- C2121 / 21 - Tire pressure sensor ID1 not received
- C2122 / 22 - Tire pressure sensor ID2 not received
- C2123 / 23 - Tire pressure sensor ID3 not received
- C2124 / 24 - Tire pressure sensor ID4 not received
- C2125 / 25 - Tire pressure sensor ID5 not received
- C2141 / 41 - A malfunction in the tire pressure sensor registered to ID1
- C2142 / 42 - A malfunction in the tire pressure sensor registered to ID2
- C2143 / 43 - A malfunction in the tire pressure sensor registered to ID3
- C2144 / 44 - A malfunction in the tire pressure sensor registered to ID4
- C2145 / 45 - A malfunction in the tire pressure sensor registered to ID5

⁴ Отмечу, что регистрация датчиков обязательна далеко не на всех автомобилях. Например, согласно сервисному бюллетеню Nissan (ITB04-009), на всех Infiniti после ротации шин эта процедура совершенно не нужна. Но в тоже время, она необходима после замены датчиков или блока управления подвеской (ESM).

When about DTC deletion operation is implemented or the ID code of the tire pressure sensor is newly registered in the ECU

- C2165 / 65 - Abnormal temperature inside ID1 tire
- C2166 / 66 - Abnormal temperature inside ID2 tire
- C2167 / 67 - Abnormal temperature inside ID3 tire
- C2168 / 68 - Abnormal temperature inside ID4 tire
- C2169 / 69 - Abnormal temperature inside ID5 tire
- C2171 / 71 - Tire pressure sensor ID not registered
- C2176 / 76 - Tire pressure monitor receiver is error

When about DTC deletion operation is implemented or the ID code of the tire pressure sensor is newly registered in the ECU

- C2181 / 81 - Tire pressure sensor ID1 not received (test diagnosis)
- C2182 / 82 - Tire pressure sensor ID2 not received (test diagnosis)
- C2183 / 83 - Tire pressure sensor ID3 not received (test diagnosis)
- C2184 / 84 - Tire pressure sensor ID4 not received (test diagnosis)
- C2185 / 85 - Tire pressure sensor ID5 not received (test diagnosis)
- C2191 / 91 - Vehicle speed signal error (test diagnosis)

When deletion conditions of the ID codes have been established or departing from the test mode.

- Frequency of the sensor is 314.98 MHz.
- Sensor with five different ID code range are used on one vehicle.

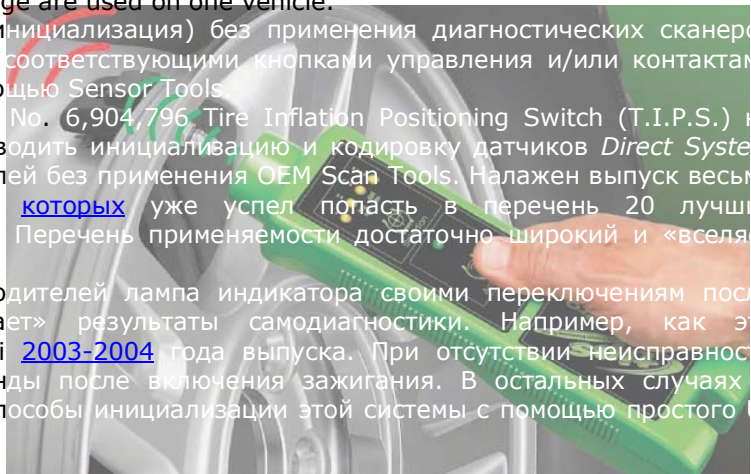
Также возможна активация (инициализация) без применения диагностических сканеров данных, а только манипуляциями с соответствующими кнопками управления и/или контактами диагностического разъема или с помощью Sensor Tools

В США [зарегистрирован](#) Patent No. 6,904,796 Tire Inflation Positioning Switch (T.I.P.S.) в устройство, которое позволяет проводить инициализацию и кодировку датчиков *Direct System* большинства выпускаемых автомобилей без применения OEM Scan Tools. Налажен выпуск весьма «бюджетных» [устройств](#), [один](#) из [которых](#) уже успел попасть в перечень 20 лучших диагностических средств [2005](#) года. Перечень применяемости достаточно широкий и «вселяет оптимизм».

В системах некоторых производителей лампа индикатора своими переключениями после включения зажигания «докладывает» результаты самодиагностики. Например, как это реализовано у автомобилей Infiniti [2003-2004](#) года выпуска. При отсутствии неисправности индикатор гаснет через одну секунду после включения зажигания. В остальных случаях согласно таблице. В Сети описаны способы инициализации этой системы с помощью простого образного магнита.



Датчик давления в шине Lexus RX350 (GSU35L-)



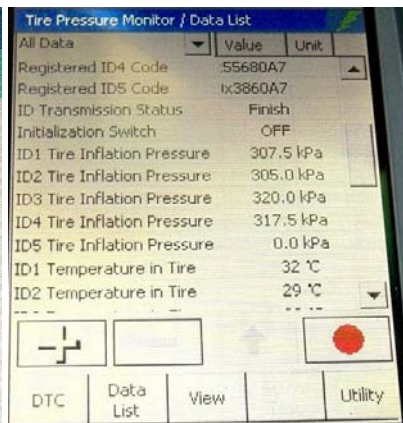
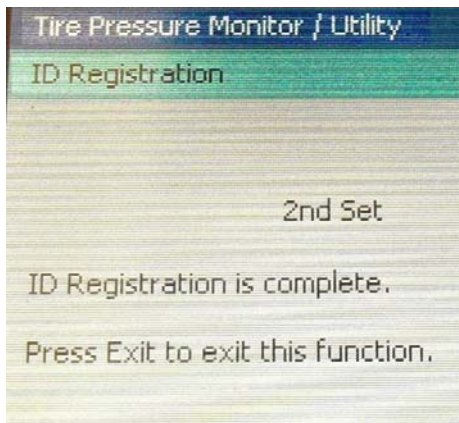
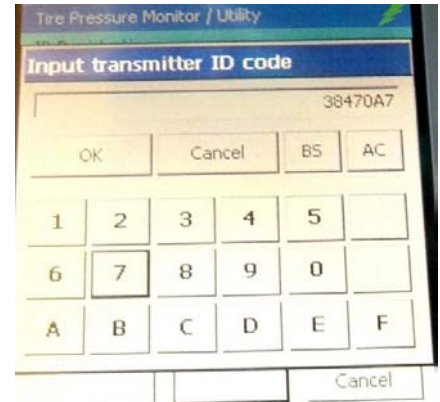
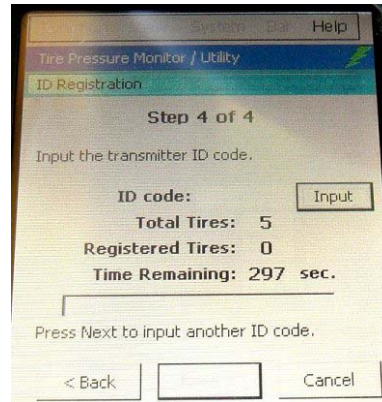
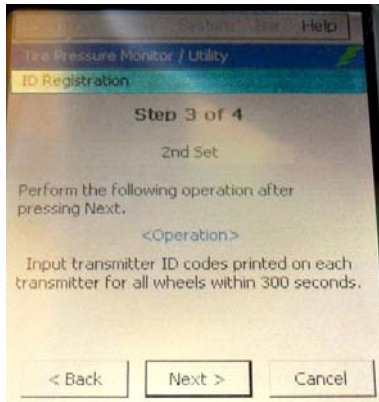
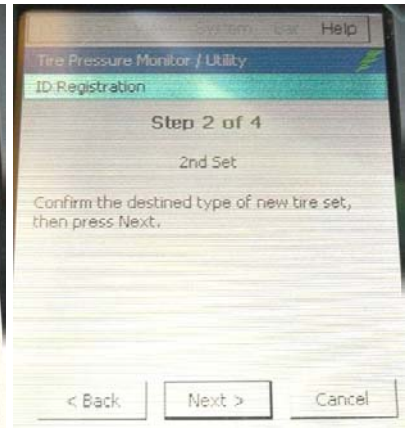
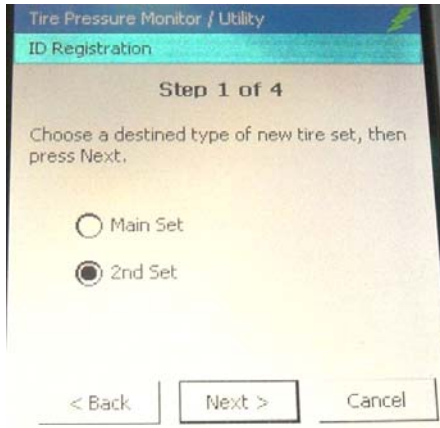
Симптом	Возможная причина	Необходимое действие
Мигание в течение 2 сек с последующим выключением	Не активированы все датчики	Активация всех датчиков
Индикатор «моргает» 1 раз	Не активирован левый передний датчик	Активация датчика
Индикатор «моргает» 2 раза	Не активирован правый передний датчик	Активация датчика
Индикатор «моргает» 3 раза	Не активирован правый задний датчик	Активация датчика
Индикатор «моргает» 4 раза	Не активирован левый задний датчик	Активация датчика
Индикатор не гаснет	Отсутствие питания или поломка	Проверка и ремонт

Чуть позже история повторилась, и хотя к счастью не в виде фарса, но с элементами трагикомедии.

В Lexus LX470 2006MY загорелся этот индикатор примерно через 100 миль после покупки в автосалоне. После неоднократных посещений СТО при автосалоне, где методично обнуляли память соответствующего блока и, понятно, что с нулевым результатом, этот «корабль загородных трасс» попал ко мне. Увы, все оказалось банально. При сборке, ничего не подозревающие мастера этого дела, поставили первый попавшийся комплект, не догадываясь о том, что диски «персонифицированы» под «свой» автомобиль и тем самым породили эту проблему. Господа диагнозтики не удосужились проверить и проанализировать параметры этой системы в меню Data List, а просто шли по проторенной дорожке со столь привычным для многих сценарием. Коды «сбросили», лампу «потушили» - значит «отремонтировали»!

Но этот Lexus, как и его собрат 4Runner, нуждался только в прописывании датчиков давления и температуры установочных шин. Как впрочем, и родной брат LX470, который тоже где-то ездит с не своими дисками...

Далее только Screen Shots, так как все понятно без слов, так процедура «проще не куда».



May-September 2006

Copyright © V. P. Leshchenko 2006
Copyright © photo V. P Leshchenko 2006
Copyright © photo Jason Stimis 2005

[вопрос по GX470](#)
[Владельцы 330-х просветите, плз\(+\)](#)
[GS 300-й 2005 года](#)