

**О.Д. Бойко, ад'юнкт**  
Львівський інститут Сухопутних військ  
Національного університету „Львівська політехніка”

## ТЕНДЕНЦІ РОЗВИТКУ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШИНАХ

(Представлено д.т.н., проф. Формальчик Є.Ю.)

*В статті узагальнені та проаналізовані джерела інформації стосовно особливостей конструкцій та ефективності використання систем регулювання (моніторингу) тиску повітря в шинах. На основі таких показників, як складність конструкції, ефективність застосування, можливість та доцільність використання отриманих результатів для військових колісних транспортних засобів проведено систематизацію напрямків робіт та визначено основні завдання щодо подальших досліджень систем регулювання тиску повітря в шинах.*

**Постановка проблеми.** Опорні поверхні, по яких доводиться рухатися колісним транспортним засобам (КТЗ), вирізняються великою різноманітністю, що призводить до збільшення чи зменшення сили опору руху КТЗ. Ця проблема особливо гостро стоїть перед військовими КТЗ, оскільки на колісних базах змонтовано левову частку озброєння і техніки. Серед перспективних новітніх технологій важливе місце посідають системи контролю та регулювання тиску повітря в шинах (СРТПШ), адже зміна тиску повітря в шинах змінює площу контакту шини з опорною поверхнею і значно впливає на прохідність КТЗ, а це, своєю чергою, підвищує їх маневреність та живучість [1].

Починаючи з 80-х років ХХ сторіччя відновився інтерес до необхідності регулювання (моніторингу) тиску повітря в шинах під час руху не тільки для покращення показників прохідності КТЗ, а й з міркувань безпеки, економії палива, продовження ресурсу служби шин і підвіски. Особливо посилив увагу до даного питання опублікований статистичний матеріал досліджень компанії "Porsche" [2], котрий засвідчив, що через зниження тиску в шинах відбувається до 75 % всіх автомобільних аварій у Західній Європі і до 10 % аварій із летальними наслідками. Своєчасне виявлення падіння тиску в шині призводить до непрогнозованих змін напрямку руху при гальмуванні, розгоні та віражах, особливо на слизьких покриттях.

Підтвердженням необхідності поглибленого вивчення даної проблеми стали у 2000 році відгуки компанії "Ford": на той час через різке зниження тиску в шинах Firestone загинуло понад 270 осіб і ще більше отримали поранення різного ступеня тяжкості [2].

Досить частою причиною зіткнень, обумовлених розгерметизацією шин, є аварійна зупинка на небезпечних ділянках з обмеженою видимістю через топологію доріг, умов освітленості, звужень дорожнього полотна тощо. Постійний моніторинг і своєчасне виявлення падіння тиску в шинах на початкових стадіях цього процесу дозволяють виключити як виникнення небезпечних асиметрій шин, так і забезпечити запас часу для прийняття рішення і вибору місця безпечної аварійної зупинки.

**Метою статті** є узагальнення та аналіз напрямків розвитку систем, які забезпечують роботу колісного рушія, а також їх конструктивних особливостей та ефективності застосування на КТЗ. Матеріалами досліджень були опубліковані технічні, науково-технічні в техніко-економічні періодичні вітчизняні та закордонні видання. Методика досліджень базується на порівняльному аналізі вітчизняних та закордонних СРТПШ, їх ефективності застосування на КТЗ, з метою визначення можливості та доцільності використання отриманих результатів для вітчизняних військових КТЗ.

**Викладення основного матеріалу.** Виходячи з різноманітності дорожніх умов експлуатації військових КТЗ, опорні поверхні можна розділити на наступні групи: *тверді рівні і нерівні поверхні* — штучні дорожні покриття, ущільнений ґрунт; *двошарові опорні поверхні з дуже слабким верхнім шаром і відносно твердою поверхнею* — ґрунтові дороги і поверхні в період бездоріжжя, зернистий сніг; *синкі опорні поверхні* — сухий пісок, сніг і нев'язкі ґрунти; *м'які опорні поверхні* — без твердого підшару, вони утворюються різними ґрунтами у вологому стані (заболочений ґрунт, сільськогосподарські землі) і вологим снігом [3].

Рух колісної машини по твердій нерівній поверхні характеризується відсутністю залишкових деформацій поверхні і супроводжується великими динамічними навантаженнями на підвіску і шини машини — опір руху машини внаслідок втрат енергії в підвісці і шинах збільшується. Зменшення динамічних навантажень, а внаслідок цього і опору руху досягається в деякій мірі застосуванням шин великого профілю з пониженим тиском повітря.

У випадку руху машини по двошаровій опорній поверхні верхній слабкий шар видавлюється, і шини коліс досягають твердого підшару. Опір коченню тим вищий, чим більша ширина колії, а зчеплення тим краще, чим більше ґрунтозацепи шини досягають твердого підшару. Для забезпечення витискання

перезволоженого шару зчеплення коліс з щільнішим нижнім шаром і низького опору коченню необхідний великий питомий тиск, який може бути отриманий використанням шин невеликої ширини і великого діаметра.

При русі машин по м'якій опорній поверхні колеса сприймають підвищений опір коченню внаслідок великої роботи на деформацію ґрунту і утворення колії, зчеплення коліс з м'яким ґрунтом знижуватиметься. Основним шляхом зменшення опору коченню і одночасного поліпшення зчеплення при заданому навантаженні на колесо є збільшення поверхні контакту шини з ґрунтом при забезпеченні достатньо рівномірного розподілу питомого тиску на площу контакту.

Таким чином, внаслідок зазначених особливостей кочення коліс при русі по різних опорних поверхнях вимоги до шин виявляються вельми різними, тому для військових КТЗ доцільно застосовувати шини, параметри яких можна змінювати в процесі експлуатації. З цією метою в середині 20-го століття було розроблено та виготовлено спеціальні шини з регульованим тиском повітря. Конструкція таких шин допускає можливість їх роботи при змінній величині радіальної деформації до 35 % висоти профілю (у звичайних шин радіальна деформація не перевищує 13 %). Зміна деформованості шини забезпечується шляхом зниження внутрішнього тиску повітря від номінального до мінімального. Перші патентні публікації щодо моделі системи та конструкції механізмів, які б дозволили здійснити дану операцію, з'явилися в США ще на початку 30-х років 20-го століття.

При зниженні тиску повітря в шинах збільшується деформація шин і зменшується питомий тиск на ґрунт. Внаслідок зменшення тиску на ґрунт відповідно знижуються глибина колії, витрати енергії на її утворення, а отже, і опір ґрунту  $f_z$  коченню коліс. Це істотно підвищує прохідність колісної машини по м'яких ґрунтах. Проте збільшення деформації шин призводить до зростання втрат енергії на внутрішню тертя в шинах і на опір коченню  $f_{us}$ , що обумовлюється втратами в шинах.

Застосування СРТПШ дозволило контролювати та регулювати тиск повітря у всіх шинах в статичному положенні та під час руху машини. Водночас наявність на КТЗ СРТПШ збільшує бойову живучість шин, оскільки дозволяє підтримувати достатній тиск в шинах і продовжувати рух машини без заміни коліс за наявності декількох кульових пробойів або проколів шин. Водночас при використанні СРТПШ не слід забувати такий факт: підвищення деформації шин призводить до збільшення втрат на внутрішню тертя в стінках шин, зростання нагріву шин і зниження їх терміну служби. Тому при русі машини при певних дорожніх умовах не можна зменшувати тиск повітря в шинах нижче визначеного для даного типу опорної поверхні. Перевищення встановленої швидкості при русі на пониженому тиску в шинах також не допускається, оскільки нагрів шини визначається не тільки її деформацією, але й швидкістю руху.

Зміна тиску повітря в шинах є одним з найбільш надійних способів підвищення прохідності, тому більшість військових КТЗ оснащуються СРТПШ. Оскільки в КТЗ обмеженої прохідності питомий тиск коліс на ґрунт досягає 29,42-39,23 Н/м<sup>2</sup>, то на КТЗ, які оснащені СРТПШ при зниженні тиску повітря в шинах питомий тиск може бути доведений до 9,8 Н/м<sup>2</sup>. Як показують результати досліджень, для шин критичними є різниці тиску на рівні: для керованих передніх коліс – 20...30 кПа, для задніх коліс – 50...70 кПа [2].

Серед великого різноманіття такого типу систем для порівняльного аналізу тенденцій розвитку конструктивних особливостей було обрано системи, які знайшли широке застосування на КТЗ як військового призначення, так і в КТЗ всіх галузей вітчизняної та зарубіжної економіки.

За призначенням та принципами роботи системи можна розділити на два типи:

*I-й тип* – системи регулювання тиску повітря в шинах;

*II-й тип* – системи моніторингу (контролю) тиску повітря в шинах.

Компоновка елементів і спосіб живлення стислим повітрям зазначених типів систем, які встановлені на вітчизняних та закордонних КТЗ таких відомих марок виробників, як ГАЗ, ЗІЛ, КраЗ, КамАЗ, Арзамаський МЗ, УРАЛ, БАЗ, General Motors, Daimler Benz-Chrysler, Oshkosh, IVECO, MAN, Renault, Scania, Sisu, Tatra та Volvo, в основному використовуються за однаковим принципом, а саме – на КТЗ з гідравлічними гальмівними системами (ГГС) системи виконуються автономними. На середніх і важких КТЗ з пневматичними гальмівними системами (ПГС) вони включаються паралельно в пневматичний привід, причому пріоритет забезпечення стисненим повітрям віддається гальмівній системі.

#### **Перший тип систем**

Системи регулювання тиску повітря в шинах для аналізу їх конструктивних особливостей та перспектив розвитку першого типу систем було обрано системи вітчизняного та закордонного виробництва зокрема: СРТПШ, що використовується на КТЗ, які перебувають на озброєнні підрозділів Збройних сил та інших силових структур України та країн СНД; Central Tire Inflation System (CTIS), яка використовується на КТЗ різних марок, що знаходяться на озброєнні військових підрозділів Сполучених Штатів Америки (США), та ряду інших держав Європи.

Для порівняння характеристик вітчизняних та закордонних СРТПШ в таблиці наведено окремі характеристики КТЗ, що обладнані СРТПШ з різними варіантами компоновки та принципом живлення, оскільки характеристики СРТПШ повністю залежать від конструкції КТЗ.

Таблиця

Характеристики вітчизняних та закордонних КТЗ, оснащених СРТПШ

Характеристика	ГАЗ-66-11	БТР-80	КрАЗ-6322-02	MTVR MK25
Повна вага машини, кг	5940	13600	12400	13013
Колісна формула	4x4	8x8	6x6	6x6
Тип СРТПШ	механічна	напівавтоматична	механічна	напівавтоматична
Тип живлення СРТПШ	автономна	автономна	від ПГС	від ПГС
Межі тиску повітря, в яких воно надходить в СРТПШ, кПа	560-730	550-650	637-784	556-966
Межі зміни тиску в шинах, кПа	49-274,7	49-294,3	98,1-392,4	82,8/172,5/ 241,5/425-750
Механізм керування системою підкачки шин	механічний	механічний	механічний	електричний, 24V
Марка шин	К-65, К-70	КИ-80Н, К-58	ВИД-201, ВИ-3, ИД-267	XZL
Розмір шин	12.00-18 (320×457)	13.00-18 (340×457)	1300×530-533	16.00 R 20 Michelin tubeless
Кількість/ємність одного ресивера, л.	1/7,3	1/20,5	3/40	3/40
Об'єм однієї шини, л.	0,44	0,55	0,78	0,97
Робочий об'єм компресора, см <sup>3</sup>	-	-	-	380 або 600
Продуктивність компресора (при номінальних об/хв. двигуна), м <sup>3</sup> /хв.	0,22 (2000)	0,22 (1880)	0,22 (1225)	0,390 або 0,570 (1200)
Продуктивність компресора (при max. об/хв. двигуна), м <sup>3</sup> /хв.	0,352 (3230)	0,343 (2930)	0,377 (2100)	0,610 або 0,880 (1800)
Час зменшення тиску в шинах коліс від номінального до min., при 10 °С, хв.	≤ 15	≤ 30	≤ 40	≤ 30
Час збільшення тиску в шинах коліс від min до номінального, при 10 °С, хв.	≥ 11	≥ 35	≥ 43	≥ 35 або 24 хв.
Точність механізму контролю та підтримання тиску повітря в СРТПШ, кПа.	механізм відсутній	±30	механізм відсутній	± 40
Швидкість руху при мінімально допустимому тиску в шині, км/г.	10	10	10	10

Роботи щодо створення вітчизняної СРТПШ були розпочаті в 1949 році під керівництвом В.Ф. Родіонова та Н.І. Орлова на підставі аналізу недоліків американської системи, якими були обладнані американські тривісні вантажні амфібії "GMC DUKW 353", що потрапили в СРСР по ленд-лізу з США в кінці 40-х. Після її створення та застосування на КТЗ ЗИС-485 та БТР-152В у 1955 році вона на державних випробуваннях отримала високу оцінку стосовно її ефективності, а відповідно отримала зелене світло щодо розвитку та широкого впровадження на КТЗ військового призначення.

На даний момент СРТПШ характеризуються великою різноманітністю конструктивних рішень в елементах системи і відсутністю взаємозамінності конструктивних елементів системи між різними марками КТЗ за винятком компресора, що ускладнює їх ремонт та обслуговування. Для аналізу конструктивних особливостей обрано СРТПШ бронетранспортера БТР-80 (рис. 1), яка майже однакова з СРТПШ бойової розвідувально-дозорної машини БРДМ-2. Ці системи мають найвдалішу конструкцію серед вітчизняних СРТПШ.

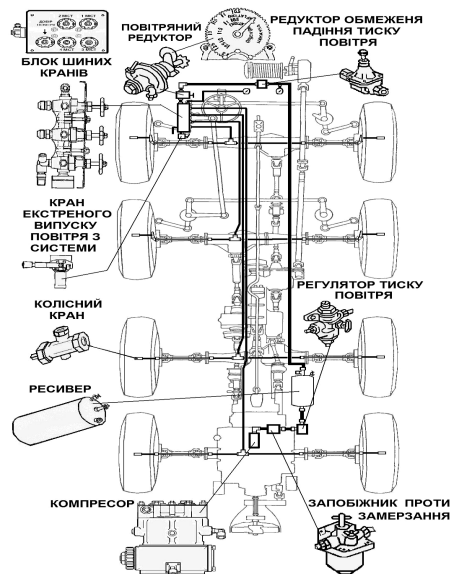


Рис. 1. Схема системи регулювання тиску повітря в шинах БТР-80

До конструктивних елементів СРТПШ відносяться:

компресор поршневого типу (непрямоточний, двоциліндровий, одноступінчатого стиснення), який є джерелом стиснутого повітря, уніфікованої конструкції для всіх військових КТЗ. Основна його відмінність полягає у кріпленні, механізмі привода від двигуна КТЗ;

наявність мережі трубопроводів;

запобіжник проти замерзання, який дозволяє запобігати замерзанню конденсату повітря в трубопроводах і механізмах пневматичної системи шляхом збагачення стисненого повітря парами спирту. На окремих КТЗ замість нього встановлюють вологомасловідокремлювач;

наявність регулятора тиску повітря, який дозволяє підтримувати тиск стислого повітря в заданих межах;

ресивер(и), що є накопичувачем стиснутого повітря й сприяє відокремленню конденсату від повітря;

редуктор обмеження падіння тиску повітря в СРТПШ відокремлює СРТПШ від пневматичної системи машини при падінні тиску нижче 470 кПа;

повітряний редуктор мембранного типу дозволяє водієві змінювати та підтримувати тиск повітря в СРТПШ в необхідних межах. В більшості систем використовується кран керування, який не дозволяє підтримувати тиск повітря;

блок шинних кранів надає водієві можливість відокремлювати одну (в БРДМ-2) або дві шини коліс одного моста (в БТР-80) від СРТПШ. В більшості систем такий елемент непередбачений;

кран екстреного випуску повітря дозволяє зменшити час випуску повітря з СРТПШ в непередбачуваній ситуації. В більшості систем такий елемент непередбачений;

колійні крани дозволяють від'єднувати шини від СРТПШ при довготривалих стоянках; Крім того, використовуються покажчики (манометри) тиску повітря в пневматичній системі машини та в СРТПШ [4]. Компресор, запобіжник проти замерзання, регулятор тиску і ресивер є пристроями, які призначені для отримання і зберігання стиснутого повітря СРТПШ та допоміжних пневматичних систем.

Аналіз елементів СРТПШ вітчизняного виробництва показав, що вони мають ряд суттєвих недоліків, зокрема:

в більшості систем відсутні елементи (механізми) автоматичної підтримки необхідного тиску;

велика похибка вимірювань тиску елементів контролю тиску а в більшості КТЗ такі елементи відсутні взагалі;

відсутність в системі елемента контролю швидкості;

відсутність в конструкції звукових та світлових елементів сигналізації про несправність і пошкодження елементів системи і колісного рушія;

доволі низька продуктивність джерела стислого повітря;

широкий діапазон зміни тиску в шинах, що вимагає від водіїв глибоких знань експлуатаційних вимог до конкретного зразка КТЗ.

Серед закордонних СРТПШ широкого застосування набула СТІС, яка є спільною розробкою науковців США, Нової Зеландії та Канади. Сучасну назву отримала в 1996 р., є прямим нащадком обладнання, яке було розроблено американськими військовими вченими, і вперше почала

використовуватися з вересня 1942 р. на американських тривісних вантажних амфібіях "GMC DUKW 353". З того часу система зазнала багатьох змін, доки набула сучасної конструкції.

На даний момент CTIS характеризуються великою різноманітністю конструктивних рішень в елементах системи. Конструктивно система дозволяє забезпечити контроль та регулювання тиску повітря в кожній шині, що покращує характеристики руху машини на різних опорних поверхнях. У світі є два головних виробники CTIS: американська корпорація Dana і заснований у Франції Syegon (підрозділ GIAT). Корпорація Dana має дві версії: CTIS для військових КТЗ і система Tire Pressure Control System (TPCS) для вантажних та легкових КТЗ, що експлуатуються з номінальним тиском у шинах і не вимагають його зміни. TPCS здійснює контроль і підтримку тиску повітря в шинах і доводить до норми в разі його відхилення. Для аналізу конструктивних особливостей було обрано CTIS [5, 10], яка застосовується на MTVR MK25 корпорації Oshkosh (рис. 2).



Рис. 2. Схема CTIS та модифікації її окремих елементів

До конструктивних елементів CTIS відносяться:

компресор поршневого типу (буває різної продуктивності), він є джерелом стиснутого повітря; мережі трубопроводів;

ресивер(и), який є накопичувачем стислого повітря й сприяє відокремленню конденсату від повітря;

вимикач повітря (Pressure Switch), який, як правило, встановлюється на ресивер і містить датчик тиску, він забезпечує відокремлення системи від пневматичної системи машини;

електронний блок контролю та управління операціями (Electronic Control Unit Option ECU) – розташовується позаду пасажирського місця і є мозковим центром системи, містить детектори ковзання колеса, детектор швидкості КТЗ і систему обробки сигналів. ECU виконує такі функції: обробляє команди водія, контролює всі сигнали в системі і дає команди системі перевіряти шини кожних 10 хвилин, щоб переконатися в стабільності тиску повітря, і подає команди пневматичному пристрою управління системою. Він також може керувати коробкою швидкостей, ABS та міжосьовим диференціалом в разі необхідності;

пневматичний пристрій керування (Pneumatic Control Unit) - містить чутливі елементи і виконує такі функції: безпосередньо керує клапанами коліс, керує повітряною системою в цілому та передає команди колісним клапанам і отримує від них сигнали для ECU;

об'єднаний пульт керування (Integrated Control Switch/Driver Display Module) дозволяє водієві обирати необхідний тиск повітря в шинах, який відповідав би дорожнім умовам руху. Блок керування може мати механічні або сенсорні кнопки управління з цифровим дисплеєм;

датчик швидкості (Speed Sensor) розташовується на коробці перемикачів швидкостей;

розподільчий клапан (Quick Release Valves) мембранного типу, який розподіляє повітря між колесами одного моста, проводить відведення повітря з системи при необхідності його понизити, а також дозволяє підключення зовнішнього шлангу;

колісний клапан (Wheel Valve) мембранного типу з датчиком тиску, розміщений на кожному колесі. Для подвійних коліс клапан зазвичай з'єднується тільки із зовнішнім колесом, оскільки спарені колеса підключаються паралельно і тиск між двома шинами буде урівноважений. Колісний клапан ізолює шину

від системи, коли це необхідно, наприклад, на зупинках, видає сигнал щодо необхідності збільшення чи зменшення тиску в шині [9, 10].

Аналіз показав, що CTIS корпорації Dana, які широко застосовуються на КТЗ в різних галузях економіки розвинутих держав, мають ряд переваг в порівнянні з вітчизняними, зокрема:

- дана система, містить електронну систему контролю, що сповіщає водія про пошкодження шини;
- дозволяє контролювати швидкість транспортного засобу при зменшеному тиску повітря в шинах;
- система безшумна у дії;
- попереджає, якщо швидкість не відповідає величині тиску в шинах, а при відсутності дій водія протягом певного часу автоматично розпочинає підняття тиску в шинах.

Як недоліки можна відзначити:

велика похибка вимірювань тиску;

повна залежність від електромережі машини, що інколи може викликати перекриття сигналів з екранними сигналами системи запалювання машин з карбюраторним двигуном.

**Другий тип систем**

Серед систем другого типу особливої уваги заслуговує Tyre Pressure Monitoring System (TPMS), яка попереджає про низький або високий тиск в шині. Дана система має дуже великий спектр конструктивних рішень, оскільки може встановлюватись на КТЗ, на яких не було передбачено СРТПШ без особливих конструктивних змін, вона контролює тиск повітря в шинах, а в окремих варіантах дозволяє, як і TPCS, підтримувати вказаний виробниками тиск повітря в шинах шляхом використання стислого повітря пневматичної системи КТЗ та їх причепів.

Проблемою розвитку систем TPMS займаються багато фірм виробників КТЗ та шин. Ця система автоматично й безперервно контролює тиск в шині, попереджає водія про небезпеку звуковим та світловим сигналом або індикатором на LCD екрані. Наприклад, остання розробка компанії Mobile Awareness MA-TPMS не тільки попереджає про низький або високий тиск, але і контролює температуру шин. Всі параметри програмуються водієм [10,11,12].

Сучасний стан розвитку конструкції систем контролю (моніторингу) тиску в шинах КТЗ характеризується двома напрямками вирішення проблеми вимірювання тиску повітря в шинах:

систем прямого вимірювання тиску;

систем непрямого вимірювання тиску.

**Перший напрямок** історично виник в японському проєкті “Ніссан – 2000” на початку 80-х років 20 століття. За основу була прийнята базова схема прямого вимірювання, що містить:

- напівпровідникові тензодатчики тиску, мікроконтролер обробки даних первинних вимірювань, прийнятно-передавальний пристрій і джерело автономного живлення, розміщені у монолітних блоках усередині кожної шини;
- безпроводний електронний блок приймання та обробки інформації, підключений до електронного блока керування з показником або бортового комп'ютера в салоні автомобіля;
- антену, світловий чи звуковий індикатори (рис. 3).

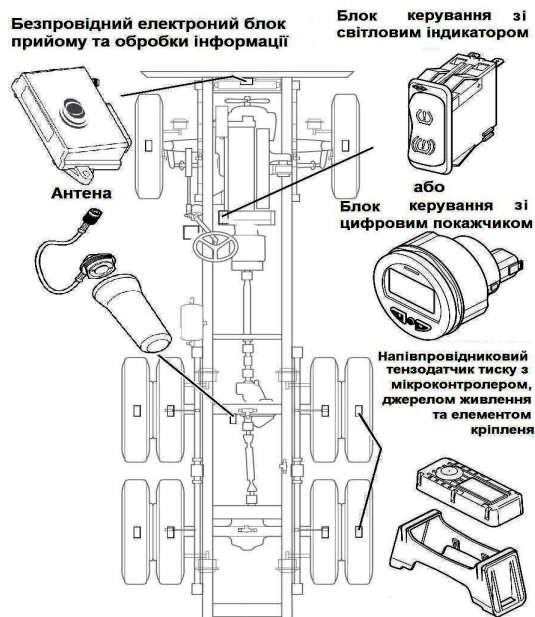


Рис. 3. Базова схема TPMS(прямого вимірювання)  
та модифікації її окремих елементів

Провідні фірми виробники Європейського Союзу вважають, для того, щоб гарантувати довгострокову точність і надійність TPMS, не менш важливим є вимірювання температури. Контроль за температурою дозволяє системі компенсувати зміну тиску внаслідок зміни температури шин і температурної нестабільності самого датчика тиску. Це полегшує блокування системи у разі різкого підвищення температури. Хоча всі TPMS будують з розрахунку роботи в типовому для автомобілів діапазоні від  $-40$  до  $+125$  °C, різкий перегрів шин може виникати внаслідок високої температури гальмівного диска або при їзді в агресивних умовах, коли поверхнева температура диска може досягати  $900$  °C. З цієї причини деякі системи містять теплове блокування, в інших системах допускається тепловий перегрів до  $170$  °C протягом 3–5 хвилин.

З подальшим розвитком TPMS стала містити чотири функціональні блоки:

- датчик і передавач в зборі для кожної шини;
- приймач на шасі;
- підсистему відображення;
- багатофункціональний канал керування (рис. 4).

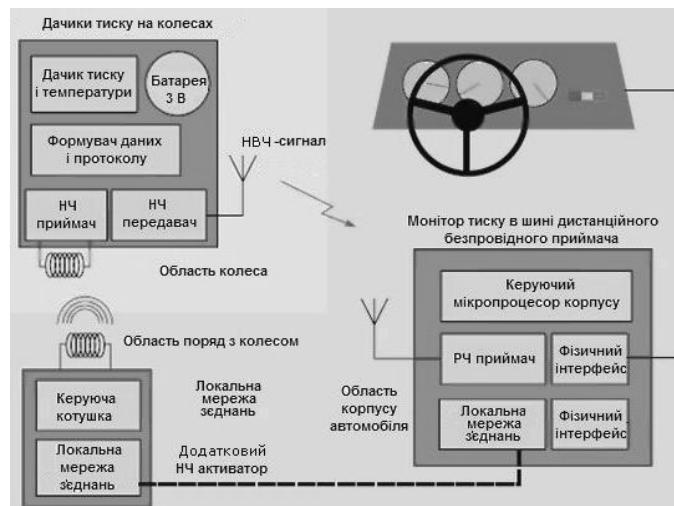


Рис. 4. Структурна схема системи моніторингу тиску в шинах прямого вимірювання

Базова система використовує тільки передавальні канали, засновані на неліцензованому діапазоні частот ISM (індустріальний, науковий і медичний) 315 МГц (США) або 434 МГц (Європа), з варіацією до 448 МГц для корейського ринку. В цьому випадку робота датчика колеса абсолютно автономна від будь-яких централізованих інтелектуальних систем і необхідно, щоб вмиканням і вимиканням датчика керував акселерометр для того, щоб продовжити термін служби батареї.

Хоча це і збільшує вартість системи, але додавання каналу управління спрощує виведення показів датчика і дає можливість виробникові зробити повний огляд і продемонструвати всі її можливості.

Канал управління зазвичай виконують у вигляді індуктивного каналу зв'язку на частоті 125 кГц. Він інтегрується з дистанційним безкнопковим пультом, який працює через поширену місцеву мережу зв'язку автобусів LIN. На відстані 2 м канал дає можливість установки, перевірки і відналаштування TPMS на автомобільному конвеєрі. Незалежно від особливостей виконання TPMS наявність каналу управління отримала назву "POD" (тиск на вимогу). Згідно з оцінками, велика вартість систем обмежує їх ринкову частку приблизно в 10 % від усього ринку транспортних засобів, і до цієї частки входять автомобілі вищого класу люкс.

До основних технічних проблем, з якими довелось зіткнутися розробникам систем першого напрямку, відносяться:

- значний вплив температури всередині шини на результати вимірювання тиску, що вимагає введення до складу вимірювальної частини датчиків температур з метою компенсації температурної похибки;
- екрануюча дія металокордун шин для радіосигналів, що вимагає зміни конструкції і матеріалів кордун шин;

- недостатня міцність монолітного блока датчиків і його елементів, зокрема літєвих батарей, в умовах значних перевантажень (понад 250 g при швидкості більше 150 км/год.);
- обмежений ресурс джерел живлення і жорсткі обмеження за температурою ( $-20 - +100$  °C);
- значна трудомісткість монтажу в колесах автомобіля, обумовлена необхідністю розбортування шин з обов'язковим подальшим балансуванням.

Вирішення останніх 3-х технічних проблем в даний час не знайдено, і вони утворюють комплекс недоліків систем прямого вимірювання, що доповнюється обмеженням області їх застосування безкамерними шинами без металокорду. Фірма Firestone замінила металокорд в конструкціях шин, але через його дефекти, що викликали раптове руйнування шин, відмовилася від нововведень. До того ж ці руйнування супроводжувалися в 2000 р. серією катастроф з 270 смертельними випадками. Це й послужило поштовхом для розробки законопроекту щодо обов'язкового оснащення всіх шин датчиками тиску. Слід зазначити те, що дефекти конструкції корду шин логічно ніяк не пов'язані із моніторингом тиску, а виявленням неприпустимого зносу корду повинна займатися діагностика стану шин. Розв'язання цієї задачі виходить за межі потенційних можливостей систем прямого вимірювання тиску.

Другий напрямок заснований на непрямих вимірюваннях різниць тиску за частотою обертання коліс (рис. 5) і отримав розвиток в кінці 80-х років 20 століття, коли був опублікований патент на спосіб непрямого вимірювання тиску [6, 11]. Авторами були співробітники британської фірми "Dunlop", виробника автомобільних шин.

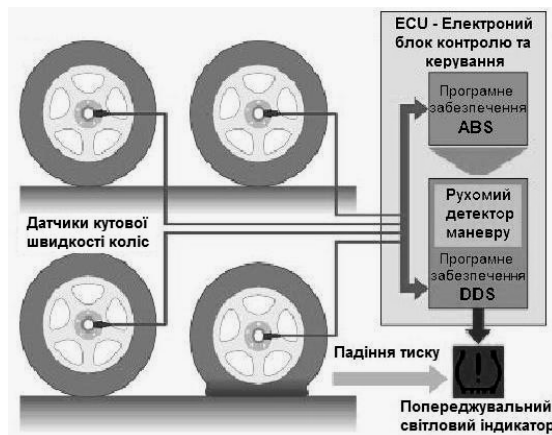


Рис. 5. Структурна схема системи моніторингу тиску в шинах непрямого вимірювання

В основі способу лежить лінійна залежність статичного радіуса шини від тиску повітря в ній, що визначається законом Гука для пружних деформацій. За експериментальними даними для шин із статичними радіусами від 250 до 320 мм зміна тиску на 100 кПа супроводжується зміною статичних радіусів на 1 мм.

При прямолінійному русі без проковзувань усі колеса автомобіля мають однакові лінійні швидкості, а кутові швидкості певним чином залежать від статичних радіусів і, відповідно, від тиску. Падіння тиску в шині призводить до того, що колесо починає обертатися дещо швидше за інші. Вимірювання частот та їх обробка дозволяють оцінити різницю тисків і їх абсолютних значень.

Привабливість цього способу полягає в тому, що він не вимагає для своєї технічної реалізації ніяких додаткових апаратних засобів, якщо автомобіль обладнаний датчиками антиблокувальної системи Antilock Brake System (ABS) і бортовим комп'ютером для обробки і відображення результатів вимірювань. В даний час для автомобілів з ABS фірми Dunlop і Continental розробили системи Warnair і DDS (Display and Debrief Subsystem), запропоновані як додаткова функція в складі Electronical Stability Programm (ESP) для автомобілів GM, BMW M3, 5, 7 серій і Mercedes Benz S і E класів та інших. До недоліків цього методу відносяться:

- неможливість ідентифікації положення колеса з шиною зниженого тиску, що обумовлене інтегральним видом функціонала F, використаного для оцінки;
- неможливість виявлення одночасного зниження тиску в недиагональних парах шин;
- значний (для оцінювання частот) рівень похибки вимірювань (0,2 %), що обмежує порогові значення виявлення падін тиску рівнем  $\sim 60$  кПа;
- додатковий вплив на сумарну похибку роблять мікроковзання коліс і проходження віражів, що супроводжується помилковими спрацьовуваннями аварійної сигналізації.



Спроби інженерів подолати зазначені недоліки впродовж останніх 15 років супроводжувалися незначними досягненнями.

Включення ж програм непрямих вимірювань як додаткову опцію ESP в даний час носить, на наш погляд, швидше рекламний характер. Крім того, область застосування систем непрямого вимірювання обмежується автомобілями, обладнаними датчиками ABS і бортовими комп'ютерами. Система не здатна виявити різницю тиску менше 30 % [7]. Також при заміні шини потрібне додаткове регулювання системи на основі повторного вимірювання динамічних співвідношень між всіма колесами. В результаті виникає необхідність довічного обслуговування і періодичного калібрування. Крім того, система дозволяє тільки порівнювати параметри коліс і не може незалежно оцінити кожне колесо, тому неможливо виявити дефект за ситуації, коли, наприклад, всі чотири шини недостатньо накачані, що досить часто трапляється після тривалого періоду експлуатації. Потенційно система може бути вдосконалена шляхом аналізу резонансних частот кожного колеса, але цей метод досить дорогий, оскільки вимагає істотних витрат на вимірювання і обчислення. На даний час продовжуються дослідження цього методу, спрямовані на подолання його обмежень. Наприклад, дослідники зі Стенфордського університету пропонують комбінацію стандартних датчиків автомобіля і GPS для того, щоб забезпечити точність визначення відмінностей тиску в шинах близько 5 % [8].

Проте при випробуваннях NHTSA чотирьох OEM (Original Equipment Manufactured) - систем на основі непрямого методу було знайдено, що пороги попередження про низький тиск дали розкид від 8 % до 46 %, а одна система не видала ніякого попередження взагалі при зниженні тиску до 98 кПа [8]. Агентство також визнало значним недоліком великий розкид в часі (10 хвилин) отримання сигналу небезпеки за однакових умов випробувань, а також виявило високу чутливість методу до якості дорожнього покриття, зокрема, на ділянках шосе, які загудровані чи мають нерівності.

Для порівняння, випробування агентством комерційно доступної системи TPMS з прямим вимірюванням тиску показали, що система сигналізує про зниження тиску на 20 % і дає сигнал тривоги при зниженні тиску на 36 % нижче рекомендованого рівня. До того ж різниця в часі появи сигналу попередження варіювалася в інтервалі всього лише від 8 до 136 секунд, і це було викликано тільки різним періодом оновлення даних. У порівнянні з системами непрямого вимірювання, системи з прямим методом мають такі недоліки, як велика вартість установки, обмежений термін служби вбудованої батареї (від 5 до 10 років) і потенційна можливість пошкодження датчика при заміні шин або при ударі в бордюр. Однак в цілому, прямий метод продемонстрував свою перевагу фактично в усіх відношеннях, особливо в питанні надійного сповіщення про стан окремої шини.

**Висновок.** На основі проведеного аналізу інформаційних джерел стосовно вітчизняних та закордонних систем, що забезпечують роботу колісного рушія, їх конструктивних особливостей і ефективності застосування, з урахуванням та узагальненням результатів досліджень експлуатаційної та конструктивної надійності даних систем було зроблено їх розподіл за призначенням, напрямками розвитку, встановлено велику різноманітність конструктивних рішень, відображених в елементах цих систем, що певною мірою ускладнює їх експлуатацію та ремонт в польових умовах. Що є особливо важливо для КТЗ військового призначення, оскільки вимагає глибоких знань водіями експлуатаційних вимог. Оpubліковані матеріали є неповними і всесторонньо не охоплюють досліджуваної проблеми. Всі дослідники даної проблематики пропонують різні способи здійснення зміни, контролю та підтримання тиску в шинах, однак немає досліджень, пов'язаних з визначенням показників, які впливають на динамічні якості КТЗ при пошкодженні колісного рушія та елементів СРТПШ з точки зору безпеки руху та живучості КТЗ.

**Напрямами подальших дослідження можуть бути:**

- визначення основних елементів СРТПШ, що найбільше впливають на динаміку руху транспортного засобу;
- визначення критеріальної оцінки ефективності роботи СРТПШ при отриманні транспортним засобом бойових та аварійних пошкоджень;
- пошук конструктивних рішень для зменшення впливу пошкоджень СРТПШ на динаміку руху транспортного засобу.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Медведков В.И., Агейкин Я.С., Антонов Д.А., Аржанухин Г.В., Бильк С.Т., Комаров Ю.Н., Мамлеев А.И., Чайковский И.П. Боевые колесные машины (армейские автомобили и бронетранспортеры). – М.: Воениздат, 1974. – 378 с.
2. Бузников С.В. Современное состояние и перспективы развития автомобильных систем мониторинга давлений в шинах // Электронный журнал / Исследовано в России. – 2004. – № 257. – С. 2767–2776.
3. Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей. – М.: Машиностроение, 1981. – 232 с.

4. Бронетранспортер БТР-80. Техническое описание. 5903-0000010 ТО. Издание второе. – М.: Воениздат, 1988. – 384 с.
5. <http://www.dana.com/>. Перевірено 20.01.2009
6. John C. Walker, Thomas Holmes. Method of detecting a deflated tire on vehicle. US Patent (№ 4, 876.528) Oct. – 1989. – 24.
7. Дэвид Марш. Контроль безопасности: беспроводные датчики давления в шинах Chip News. – № 8 (91). – 2004. – 26–33.
8. <http://www.reed-electronics.com/ednmag/article/CA446986?pubdate=09%2F02%2F2004/>  
– Перевірено 20.01.2009.
9. <http://www.oshkoshtruck.com/> – Перевірено 20.01.2009.
10. <http://www.roadranger.com/> – Перевірено 20.01.2009.
11. [http://www.conti-online.com/generator/www/de/en/continental/automobile/general/extended%20mobility/tpms\\_en.html](http://www.conti-online.com/generator/www/de/en/continental/automobile/general/extended%20mobility/tpms_en.html). – Перевірено 20.01.2009.
12. <http://www.tyresite.com/>. – Перевірено 20.01.2009.

БОЙКО Олег Дмитрович – ад'юнкт науково-організаційного відділу Львівського інституту Сухопутних військ Національного університету „Львівська політехніка”.

Наукові інтереси:

– конструктивна та експлуатаційна надійність систем регулювання тиску повітря в шинах, вплив на динамічні якості колісного транспортного засобу.

Тел.: 8 067 857 66 41.

E-mail: BOYKO\_O\_D@ukr.net

Подано 30.01.2009

**Бойко О.Д.** Тенденції розвитку систем регулювання тиску повітря в шинах

**Бойко О.Д.** Тенденции развития систем регулировки давления воздуха в шинах

**Boyko O.D.** Progress of the systems of regulation of pressure of air trends are in tires

УДК 629.3.027 : 629.3.064

**Тенденции развития систем регулировки давления воздуха в шинах // О.Д. Бойко**

В статье обобщены и проанализированы источники информации относительно особенности конструкций и эффективности использования систем регулировки (мониторинга) давления воздуха в шинах. На основе таких критериев как сложность конструкции, эффективность применения, возможность и целесообразность использования полученных результатов для военных колесных транспортных средств, проведена систематизация направлений работ и определены основные задачи последующих исследований систем регуляции давления воздуха в шинах.

УДК 629.3.027 : 629.3.064

**Progress of the systems of regulation of pressure of air trends are in tires // O.D.Boyko**

The feature of constructions and efficiency of the use of the systems of adjusting (to monitoring) of pressure of air in tires are analysed and generalized In the article. Also in the article systematization of directions of works is conducted and the basic tasks of subsequent researches of the systems of adjusting of pressure of air are certain in tires. The criteriaof the researches are: complication of construction, efficiency of application and possibility and expedience of drawing on the got results for the military wheeled vehicles.