

УДК 681.5

**ВИКОРИСТАННЯ ДАТЧИКІВ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ КОНТРОЛЮ  
ТИСКУ В АВТОМОБІЛЬНИХ ШИНАХ****Іскандарян Р. Е., Пилипенко Ю. М.**

Київський національний університет технологій та дизайну

***Мета.** Дослідити датчики в автоматизованих системах контролю шин.****Методика.** Використано методи аналізу та порівняння переваг та недоліків високоінтегрованих датчиків контролю тиску в шинах.****Результати.** В результаті порівняння характеристик датчиків вдалося виділити більш ефективний і багатофункціональний датчик.****Наукова новизна.** Наведено методичку порівнянь різних датчиків контролю тиску в шинах для виявлення найбільш ефективного.****Практична значимість** полягає в визначенні найбільш ефективного датчика в системі контролю шин.****Ключові слова:** динамічні параметри автомобільних шин, рівень стійкості автомобіля, курсова стійкість руху, автоматизація та контроль параметрів автомобільних шин, вимірювання параметрів автомобільної шини, датчики контролю параметрів шини, система контролю тиску в шинах, TPMS*

TPMS – (Tire Pressure Monitoring System) – система контролю тиску і температури в шинах автомобіля. Дана система складається з набору автономних датчиків температури, тиску і інформаційного блоку з дисплеєм, що розташований безпосередньо в салоні автомобіля і на який виводяться показники датчиків.

**Постановка завдання**

За даними статистики 85% автовласників не перевіряють тиск в шинах. На око визначити різницю в шинах на кілька десятих бар практично неможливо. А, між тим, за результатами досліджень різниця в 0,3-0,4 бар для провідних передніх коліс або 0,5-0,7 бар – для задніх коліс є критичною. Це означає, що ви не можете бути впевненими в реакції автомобіля на розгін, гальмування або зміни напрямку. Більш того – неправильний тиск в шині може привести до її вибуху. При зміні гуми навесні, коли температура не перевищує + 5 °С градусів, тиск в шині 2 атмосфери, тоді як влітку, коли температура + 30 °С, тиск може змінитися на 3, і навіть 4 атмосфери, в залежності від властивостей гуми і часу нагрівання. Температура в колесі при швидкій їзді по трасі довгий час може, через тертя, досягати 100 °С.

Неправильний тиск в шині несе не тільки загрозу безпеці, але і чисто економічні втрати. Через проблеми з тиском в шинах витрата палива збільшується приблизно на 1,2

літра на 100 кілометрів пройденого шляху. Що при середньорічному пробігу в 20 000 кілометрів дає зайву витрату в 240 літрів бензину! Через зайвого або навпаки недостатнього тиску в шині термін її служби зменшується на 25-30%. Плюс до всього – страждає підвіска вашого автомобіля [3]!

Що стосується контролю над температурою в шинах – це не менш важливо, ніж контроль над тиском. Зміна температури в одному з коліс під час руху може бути викликана несправностями в гальмівній системі (перегрів гальмівних колодок, дисків/барабанів) або ходової частини. Можна сказати, що контроль над температурою в шинах – це важливий захід діагностики ходової частини (наприклад – по різній температурі в колесах можна визначити необхідність проведення «розвалу-сходження»).

#### ***Результати досліджень***

Система контролю тиску і температури в шинах працює наступним чином. Вона починає зчитувати показання датчиків тиску і температури в шинах при включенні запалювання автомобіля. Причому робить це одночасно у всіх шинах. Дані з датчиків інформаційний блок отримує з радіосигналу. Система порівнює отримані дані з інтервалом значень, заданим заводом-виробником або водієм особисто. Якщо відхилень не виявлено, система переходить в пасивний режим спостереження, при цьому на екрані пристрою відображаються поточні значення температури і тиску в кожному з коліс. Система постійно, з деяким інтервалом, оновлює показники датчиків. Якщо під час руху ситуація змінюється – звучить звуковий (чи колірний – на ваш вибір) сигнал, що попереджає про небезпеку, і на екрані пристрою відображається які і в якому колесі відбулися зміни [4].

Сучасна система внутрішнього контролю тиску шини має такі переваги:

- показує стан всіх чотирьох коліс одночасно;
- показує не тільки тиск, та ще температуру всередині шин;
- для кріплення внутрішніх датчиків використовуються металеві мундштуки замість гумових, що використовувались раніше. Це полегшує процес установки на СТО і підвищує надійність;
- зменшено вагу датчиків (35 грам для внутрішніх, 10 грам для зовнішніх) – що значно спрощує процес балансування колеса.

- раніше при виході з ладу одного датчика, замінювати потрібно було всю систему, при цьому відключити її можна було тільки на сервісі. Зараз ця проблема вирішена, і кожен датчик може бути замінений окремо [5].

За способом установки датчики тиску і температури в шинах поділяються на внутрішні і зовнішні.

Внутрішні датчики – кріпляться безпосередньо на диск замість мундштука. У середині датчика – елемент живлення, розрахований на 7 років безперебійної роботи. Сучасні внутрішні датчики мають невелику вагу (приблизно в три рази менше, ніж у датчиків попередніх поколінь, 35-40 грам), тому їх установка дуже легка, і здійснити її зможуть в будь-якому СТО.

Зовнішні датчики – просто накручуються на ніпель шини. Це зручно коли у вас кілька машин або ви займаєтеся «off-road» на своєму джипі – переставити датчики з «шосейної» гуми на «внедорожню» не складе труднощів і займе всього кілька хвилин [1].

Датчики тиску і температури в шинах допоможуть вам:

- не допустити вибуху колеса автомобіля під час руху;
- забезпечити контроль над тиском і температурою всередині шин під час руху;
- підвищити керованість автомобіля;
- виявити можливі неполадки в гальмівній системі;
- забезпечити контроль можливої регулювання розвалу-сходження;
- виявити перегрів колеса від впливу сонячних променів під час стоянки.

Характерно, що нові системи TPMS відрізняються більшою функціональністю, інтелектуальністю і реалізацією мультисенсорних і мікросистемних технологій. По дорозі підвищення ступеня інтеграції колісних модулів, максимального об'єднання вимірювальних і системних функцій йдуть практично всі виробники датчиків.

Об'єднання MEMS-датчиків і ряду ASIC-функцій в одному інтегральному корпусі здійснено в датчику TPMS MLX90603 від Melexis.

Системні компоненти, які в одному інтегрованому корпусі включають сенсорний модуль TPMS, згідно з концепцією, розробленою Melexis, – це мостовий п'єзорезистивний датчик тиску на кремнієвому чіпі розміром 1×1×0,5 мм, датчик температури, ASIC, що включає LF-ресивер, Flash, RAM, ROM, EEPROM. Але Roll-датчик (акселерометр), RF-трансмітер, LF-антена, батарея, а також інші пасивні компоненти передбачаються зовнішнє розташування. Комерційно доступний датчик

тиску в шинах MLX90603 здійснює функції моніторингу тиску, температури і напруги, ASIC включає 16-бітне RISC-ядро, програмується в EEPROM і поєднується з більшістю RKE протоколів. Пристрій стійке до ударів. Робочий температурний діапазон –  $-40...+125^{\circ}\text{C}$ .

Компанія Bosch розробила двокристалні модулі контролю тиску шин серії SMD400 з бездротовими комунікаційними функціями, що включають сенсорний модуль і клієнтську ASIC (рис. 1).

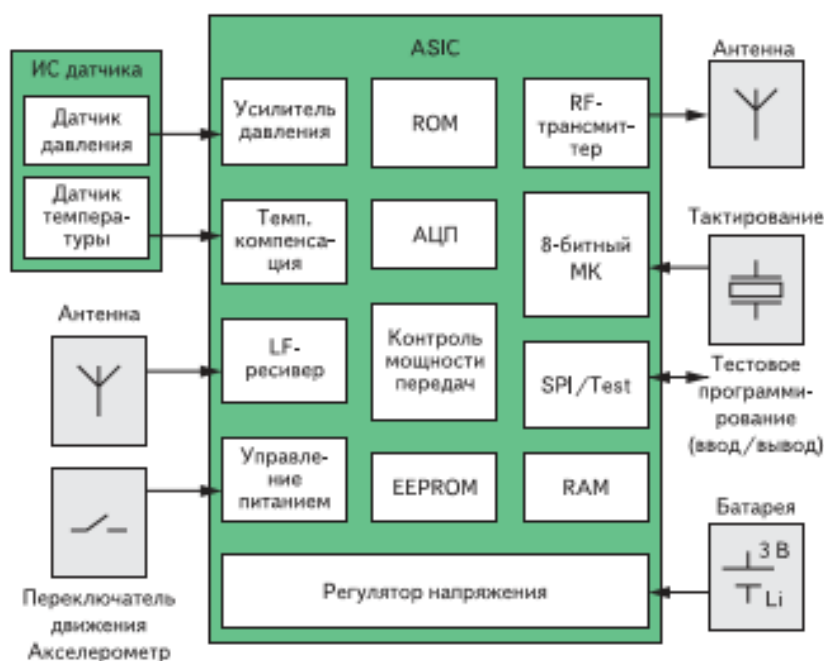


Рис. 1. Функціональна діаграма інтегрованих датчиків контролю тиску в шинах серії SMD400 Bosch

Вихідні дані сенсорної частини датчика SMD400 – тиск, температура, напруга. Стандартний діапазон виміру тиску модулів SMD410/420/430/440 – 1 – 627,5 кПа. Принцип вимірювання тиску – п'єзорезистивний, з оцифруванням тиску від датчиків за допомогою 12-бітного АЦП.

Рівень інтеграції пристрою досить високий. ASIC включає цифрове ядро, з запрограмованими алгоритмами, RF-трансмiтер, LF-ресивер і вихідний кабель для формування цифрового SPI-інтерфейсу. З урахуванням температури і діапазону, значення тиску обчислюється за допомогою запрограмованих алгоритмів і коефіцієнтів.

Для роботи датчика потрібна зовнішня батарея, RF-антена і кристалічний резонатор для тактування вбудованого в ASIC 8-бітного мікроконтролера.

Навіть різні датчики контролю тиску в шинах SP12 від Infineon комбінують в ASIC-корпусі, не тільки кремнієвий мікромеханічний датчик тиску (100-450 кПа), інтегрований датчик температури (-40...+ 125 ° С), датчик напруги тиску (1,8-3,6 В), але і одновісний акселерометр (12-115g). Датчик SP12 включає мультиплексор сигналів з усіх сенсорних осередків (датчиків тиску, температури, прискорення, напруги), АЦП, підтримує можливість калібрування і формує цифровий інтерфейс SPI для комунікації із зовнішнім мікроконтролером максимальною частотою 500 кГц. SP12 забезпечують два спеціальних виходи – WAKEUP і RESET, які можуть використовуватися для переривання або скидання зовнішнього мікроконтролера. SP12 включає два осцилятора: малопотужний для роботи з частотами порядку 2,5 кГц і тактування інтервалів, і другий мегагерцовий тактовий генератор для вимірювання і передачі даних.

Нові датчики Infineon виконують практично всі вимірювальні функції (тиску, температури, радіального прискорення, напруги живлення батареї), розраховані на роботу не тільки жорстких навколишніх умов, але і допускають високі обсяги масового виробництва TPMS, що відрізняються низькою ціною.

Модуль SP30 Infineon (рис. 2, а) являє собою датчик тиску з різними діапазонами тиску – від 100 до 450/700/800/900/1400 кПа і більш високого рівня інтеграції. SP30 інтегрує RISC-мікроконтролер для обробки даних від датчиків тиску, температури, прискорення, напруги живлення і для формування протоколу даних. Протокол передається через зовнішній UHF-трансмiтер. Пристрій в малому друкованому корпусі DS014 приблизно 104,5 мм<sup>2</sup>, включає також вхідну інтегровану LF-ступінь (для опитування датчика).

Модуль SP35 (рис. 2, б) – ще більш високоінтегрований сенсорний пристрій, що представляє собою IC в корпусі P – DSOSP – 14 – 6. Крім датчиків тиску, температури, прискорення, напруги, ще включає в собі вбудований мікроконтролер 8051, ASK LF-ресивер на 125 кГц і трансмітер FSK/ASK на 315/434 МГц. Діапазон вхідного тиску 100-450 кПа, вимірюваного об'ємним MEMS датчиком тиску, причому точність вимірювання тиску в діапазоні робочих температур 0...+ 70 ° С не перевищує ±10 кПа.

Крім датчиків, мікроконтролера 8051, трансмітера і ресивера основні функціональні ознаки SP35 включають: наявність інтегрованої флеш-пам'яті в 6 кбайт, 256 байт RAM, контроль живлення, режим wake-up, що обирається, потужність 5 або 8дБм.

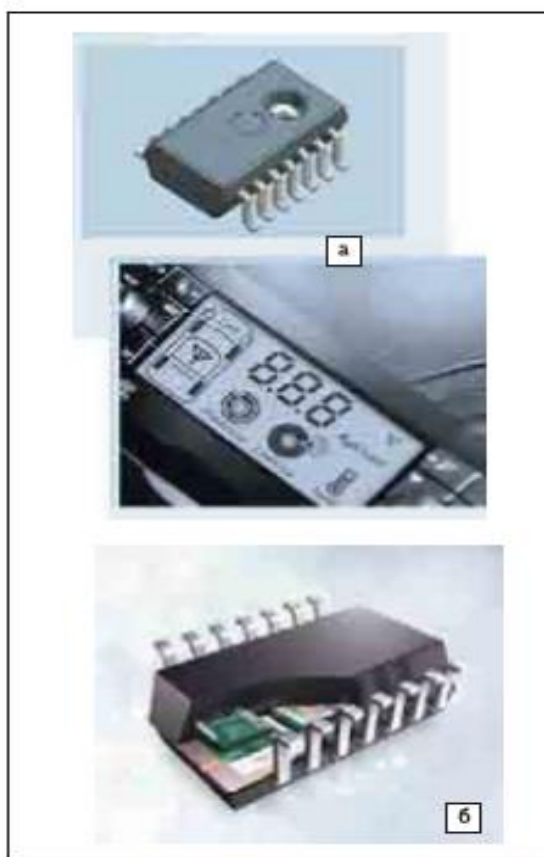


Рис. 2. Високоінтегровані датчики контролю тиску в шинах від Infineon:  
а) датчик з інтегрованим мікроконтролером, акселерометром і LF-ресивер; б) датчик з інтегрованим мікроконтролером, акселерометром, LF-ресивер і RF-трансмiтер

Компанія Freescale Semiconductor вже сьогодні пропонує виробникам максимально інтегровані датчики для коліс серії MPXY83000 (рис. 3).

Модулі серії MPXY83000 – інтегральні однокристальні цифрові датчики тиску в стандартних діапазонах 250-450кПа і 500-900 кПа. Ці датчики реалізовані за стандартною КМОП-технології і включають поверхневу мікромеханічну ємнісний осередок вимірювання тиску, а також датчик температури і інтерфейсну схему, розміщену на одному чіпі, 8-бітний MCU забезпечується пам'яттю в 512 байт RAM і 8 кбайт Flash. Пристрій сумісний з багатьма технологіями Freescale RKE, але для їх функціонування необхідно зовнішній мікроконтролер.

Рівень системної інтеграції, реалізованої в датчиках MPXY83000, вимагає мінімальне число зовнішніх компонентів, що знижує системну ціну і цикл розробки ТРМ. Для різних застосувань серія датчиків MPXY83000 програмується.

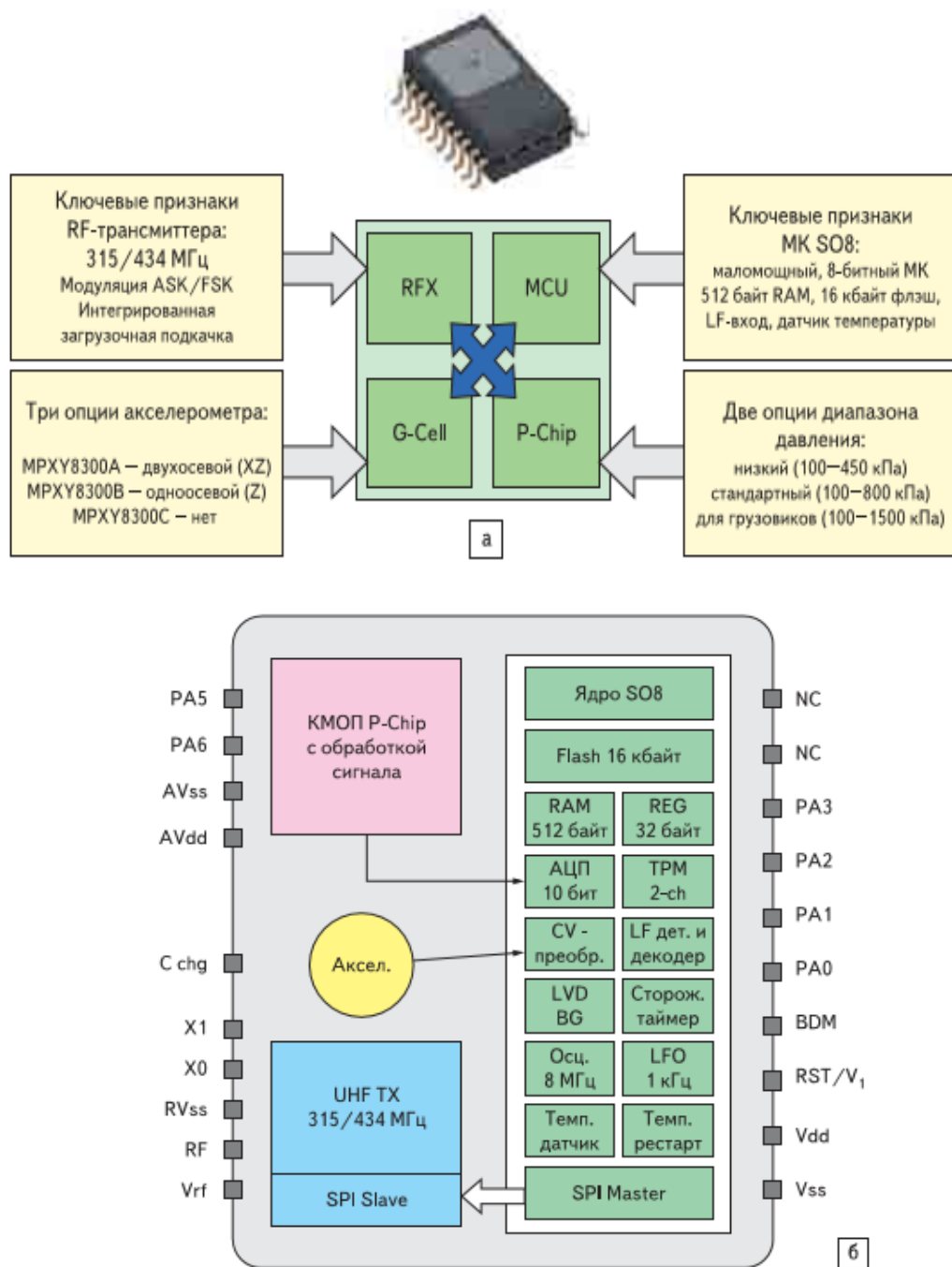


Рис. 3. Високоінтегровані датчики контролю тиску в шинах серії MPXY8300: а) архітектура датчика, що включає 4 пристрої: мікроконтролер (MCU), радіотрансмітер (RFX), осередок вимірювання тиску (P-chip), акселерометр (G-cell), б) функціональна схема датчика

Діапазони тиску, вимірювані датчиками серії 8000 в корпусі SSOP 8, наведені в межах 50-637,5 кПа і 50-900 кПа. Діапазони тиску, для датчиків серії 8300, визначені в 100-450 кПа і 100-900 кПа. Основна відмінність серії 8300 від серії 8000 датчиків те, що, за винятком датчиків температури, який в MPX8000 також є вбудованим, всі інші функції

MPX8300 потребують зовнішніх компонентів: зовнішній мікроконтролер (MCU RF2/QF4), який поєднує функціональність обробки сигналу з датчиком напруги, UHF-трансмітера, зовнішнього LF-ресивера і декодера.

При проходженні практики були зрівняні дані датчики. Порівняльні дані датчиків наведені в таблиці 1 та в таблиці 2.

Таблиця 1

Датчики	SMD400(SMD410/420/430/440) Bosch	SP12 Infineon	SP30 Infineon	SP35 Infineon
Функціональний опис	Модуль моніторингу тиску в шинах	Датчик тиску шини	Датчик тиску шини	Датчик тиску шини
Датчик температури	Має	Має	Має	Має
Датчик прискорення	Має(SMD430)	Має	Має	Має
Датчик напруги	Має	Має	Має	Має
LF-ресивер	Має (125±3,75 кГц), опціоно	Немає	Має	LF 125 кГц ASK
Трансмітер	Має, 315/433 МГц(SMD410/420), 315/433 МГц(SMD430/440)	Немає	Немає	FSK/ASK 315/434 МГц
Діапазон виміру тиску, 10 <sup>5</sup> Па	0,01-6,275	1-4,5	1-9	1-4,5
Похибка вимірювання тиску, кПа	±1	±20	±17,5	±17,5
Діапазон виміру прискорення, g	-12-115	-12-115	-12-115	-12-115
Похибка вимірювання прискорення, g	±18,75	±12	±8,5	±12
Діапазон виміру температури, °C	-40-120	-40-125	-20-125	-40-125
Похибка виміру температури, °C	±1	±10	±4	±5
Напруга живлення, В	1,8-3,6	1,8-3,6	1,8-3,6	1,9-3,6
Похибка виміру живлення, мВ	±100	±100	±100	±100
Корпусування	Не вказано	14-виводний SOP	DSO 14	P-DSOSP-14-6
Мікроконтролер	Має	Немає	Має	Має(8051)



Таблиця 2

Датчики	MLX90603 Melexis	MPXY8020A/MPXY8040A Freescale	MPXY8300 Freescale
Функціональний опис	Датчик тиску шини	Датчик для моніторингу тиску шини	Датчик для моніторингу тиску шини
Датчик температури	Має	Має	Має
Датчик прискорення	Немає	Немає	Має
Датчик напруги	Має	Немає	Має
LF-ресивер	Має	Немає	Має
Трансмітер	Немає	Немає	Має
Діапазон виміру тиску, $10^5$ Па	1-4,5	2,5-4,5 / 5-9	1-15
Похибка вимірювання тиску, кПа	$\pm 1$	$\pm 95 / \pm 90$	$\pm 16$
Діапазон виміру прискорення, g	—	—	0-60
Похибка вимірювання прискорення, g	—	—	$\pm 2$
Діапазон виміру температури, $^{\circ}\text{C}$	-40-125	-40-125	-20-125
Похибка виміру температури, $^{\circ}\text{C}$	$\pm 5$	$\pm 4$	$\pm 4$
Напруга живлення, В	1,8-3,6	2,1-3,6	2,1-3,6
Похибка виміру живлення, мВ	$\pm 100$	$\pm 100$	$\pm 100$
Корпусування	SO16	SSOP8	SOIC20WB
Мікроконтролер	Має	Немає	Має

### Висновки

В результаті проведення порівнянь датчиків виміру тиску шини, високоінтегровані датчики внутрішнього виміру тиску шині серії сенсорних пристроїв MPXY8300 більш ефективні і багатофункціональні. Вони мають такі переваги над іншими датчиками:

- більший діапазон виміру тиску;
- забезпечують контроль над тиском і температурою всередині шин під час руху одночасно;
- підвищують керованість автомобіля;

- забезпечують контроль можливих проблем регулювання розвалу-сходження;
- рівень системної інтеграції вимагає мінімальне число зовнішніх компонентів, що знижує системну ціну і цикл розробки ТРМ;
- виявляють перегрів колеса від впливу сонячних променів під час стоянки;
- легше програмується, ніж інші серії датчиків.

Огляд показує, що високоінтегрованих датчиків існує багато, серед яких серія сенсорних пристроїв МРХУ8300 пропонує найширший спектр при визначенні діапазонів ознак та функціональності.

Правильне застосування системи автоматизації слідкування за параметрами шин дозволить до мінімуму звести аварійно небезпечні ситуації, що пов'язані з керуванням автомобілю.

#### Список використаних джерел

1. Сысоева С. Топ-предложения ИС и модулей датчиков для системы активной безопасности автомобилей // Chip News. 2007. – № 5.
2. Автомобильные шины / В. Л. Бидерман [и др.]. – М. : Госхимиздат, 1963. – 384 с.
3. Анализ факторов, влияющих на изменение давления газа в шинах при эксплуатации. В. А. Гудков, И. М. Рябов, А. В. Сычев, К. В. Чернышов // Автотранспортное предприятие. 2007. – №5. – С. 46-48.
4. Tire Pressure Monitoring System FMVSS No.138.
5. Shaw Mark L. Integrating Freescale's Advanced Tire Pressure Monitoring System (TPMS) Solution into the Automobile. Freescale Semiconductor, Inc. 2007
6. Пилипенко Ю. М. Рекурсивні функції у задачах апроксимації значень багатовимірних таблиць / Вісник КНУТД. –К.: 2011. – №6(62). – С. 42-48.

#### References

1. Sysoeva S. (2007) *Top-predlozheniya IS i moduley datchikov dlya sistemy aktivnoy bezopasnosti avtomobiley* [Top-offers of IS and sensor modules for the active safety system of cars] // Chip News. № 5.
2. *Avtomobilnye shiny* [Car tires] / V. L. Biderman [i dr.] (1963). – M. : Goskhimizdat, – 384 p.
3. *Analiz faktorov, vliyayushchikh na izmenenie davleniya gaza v shinakh pri eks-pluatatsii* [Analysis of factors affecting the change in gas pressure in the tires during operation]. Gudkov, B.A., Ryabov, I.M., Sychev, A.V., Chernyshov, K.V. (2007). // The motor transport enterprise. №5. – Pp. 46-48.
4. Tire Pressure Monitoring System FMVSS No.138.
5. Shaw Mark L. Integrating Freescale's Advanced Tire Pressure Monitoring System (TPMS) Solution into the Automobile. Freescale Semiconductor, Inc. 2007
6. Pylypenko Y. M. (2011). *Rekursyvni funktsii u zadachakh aproksymatsii znachen bahatovymirnykh tablyts*. [Recursive functions in problems of approximation of values of batch-dimensional tables] Visnyk KNUTD. Kyiv. №6(62), P. 42-48.

*Iskandaryan Roman**[sigosa1@yandex.ru](mailto:sigosai@yandex.ru)**Kyiv National University of  
Technologies and Design**Pylypenko Yurii*ORCID: *<https://orcid.org/0000-0003-4093-7298>**[Py120453@gmail.com](mailto:Py120453@gmail.com)**Kyiv National University of  
Technologies and Design****Использование датчиков в системе контроля давления в шинах******Искандарян Р. Е., Пилипенко Ю. Н.****Киевский национальный университет технологий и дизайна****Цель.*** Исследовать датчики в автоматизированных системах контроля шин.***Методика.*** Используются методы анализа и сравнения преимуществ и недостатков высокоинтегрированных датчиков контроля давления в шинах.***Результаты.*** В результате сравнения характеристик датчиков удалось выделить более эффективный и многофункциональный датчик.***Научная новизна.*** Приведена методика сравнений различных датчиков контроля давления в шинах для выявления наиболее эффективного.***Практическая значимость*** заключается в определении наиболее эффективного датчика в системе контроля шин.***Ключевые слова:*** динамические параметры автомобильных шин, уровень устойчивости автомобиля, курсовая устойчивость движения, автоматизация и контроль параметров автомобильных шин, измерения параметров автомобильной шины, датчики контроля параметров шины, система контроля давления в шинах, TPMS***Use of sensors in the tire pressure monitoring system******Iskandaryan R., Pylypenko Y.****Kiev National University of Technology and Design****Purpose.*** Explore sensors in automated tire control systems.***Methodology.*** The methods of analysis and comparison of the advantages and disadvantages of highly integrated tire pressure monitoring sensors have been used.***Findings.*** As a result of comparing the characteristics of the sensors, it was possible to allocate a more efficient and multifunctional sensor.***Originality.*** The method of comparison of different pressure control sensors in tires is shown for the most effective detection.***Practical value*** is to determine the most effective sensor in the tire control system.***Keywords:*** dynamic parameters of automobile tires; level of stability of the car, exchange rate stability, automation and control of parameters of automobile tires, measuring parameters of the car tires, tire pressure monitoring sensors, tire pressure monitoring system, TPMS