

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
Факультет літакобудування
Кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури

Пояснювальна записка до дипломної роботи

(тип кваліфікаційної роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему «Поліпшення властивостей автомобілів впровадженням
інтелектуальних систем»

ХАІ.107.163Т.213.274.1601052. ПЗ

Виконав: здобувач (ка) б курсу групи № 163Т

Галузь знань 27 Транспорт

(код та найменування)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код та найменування)

Освітня програма Автомобілі та автомобільне
господарство

(найменування)

Гадяцький М.С.

(прізвище й ініціали студента)

Керівник: Нестеренко С.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Аргун Щ.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 106 с., 58 рисунків, 6 таблиць, 30 джерел.

Мета роботи – дослідити переваги впровадження системи допомоги під час зміни смуги і системи виміру тиску повітря в шинах на автомобіль для збільшення активної безпеки автомобіля і зменшення експлуатаційних витрат.

Метод дослідження – статистичний аналіз даних та розрахунковий метод .

У роботі розглянуто різні типи інтелектуальних систем, які наразі встановлюють на сучасні моделі автомобілів провідні автовиробники. Більш детально були розглянуті такі системи, як система допомоги під час зміни смуги і система моніторингу тиску повітря в шинах. Описано їх види, конструктивні особливості і принцип роботи кожної з них. Проаналізовано переваги використання таких систем на автомобілі. Розглянуті види робіт і трудомісткість модернізації автомобілів вищеперерахованими системами, а також економічна доцільність дообладнання автомобіля розглянутими інтелектуальними системами.

Також шляхом аналізу експериментальних досліджень і розрахунками було доведено та обґрунтовано доцільність використання впроваджених систем на автомобільному транспорті.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ, СИСТЕМА ДОПОМОГИ ПІД ЧАС ЗМІНИ СМУГИ, СИСТЕМА ВИМІРУ ТИСКУ ПОВІТРЯ В ШИНАХ, ВИТРАТА ПАЛИВА, БЕЗПЕКА РУХУ

Зміст

Вступ.....	4
1 Аналіз існуючих методів і засобів підвищення ефективності експлуатації автомобілів.....	6
1.1 Основні тенденції розвитку систем безпеки руху і зниження витрати палива в автомобілебудуванні.....	6
1.2 Види систем допомоги під час зміни смуги.....	21
1.3 Види систем виміру тиску повітря в шинах.....	25
1.4 Постановка завдань дослідження.....	30
2 Оцінка поліпшення експлуатаційних властивостей автомобіля.....	31
2.1 Система контролю тиску в шинах.....	31
2.2 Система допомоги під час зміни смуги.....	46
3 Дослідження і розрахунок параметрів руху автомобіля.....	58
3.1 Дослідження зміни витрати палива і гальмівного шляху залежно від тиску повітря в шинах.....	58
3.2 Розрахунок витрати палива залежно від тиску повітря в шинах.....	64
3.3 Дослідження стійкості і керованості автомобіля при зміні тиску повітря в шині.....	70
4 Види робіт по модернізації автомобіля і рекомендації по експлуатації автомобіля і безпеки руху.....	83
4.1 Види робіт, що виконуються при модернізації базової комплектації автомобіля і їх трудомісткість.....	83
4.2 Виявлення і аналіз небезпечних і шкідливих експлуатаційних чинників, що діють на водія автомобіля.....	88
4.3 Вимоги безпеки при експлуатації автомобіля.....	89
5 Економічна доцільність використання запропонованої методики.....	95
5.1 Економічна доцільність установки додаткових систем на автомобіль.....	95
5.2 Витрати, пов'язані з установкою додаткових систем на автомобіль.....	97
Висновки.....	101
Список використаної літератури.....	102

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасні автомобілі в своїй конструкції мають все більшу кількість інтелектуальних систем, що забезпечують контроль та управління роботою майже усіх систем автомобілів. Але достатньо велика кількість автомобілів не мають певних інтелектуальних систем, хоча їх наявність дозволить покращити експлуатаційні властивості автомобілів.

У роботі досліджується та обґрунтовується можливість встановлення додаткових інтелектуальних систем на автомобілі, що не мають в своїй базовій комплектації цих елементів.

При кожній зміні модельного ряду провідні автовиробники ставлять перед собою мету зацікавити покупця чимось особливим. Одні пропонують розкішний салон і багате оснащення, інші - виховують спортивний характер і покращують потужну динаміку, треті - роблять акцент на більш економічні двигуни з альтернативними джерелами енергії. Проте у всіх випадках майбутнє автомобілебудування немислиме без електронних систем управління. Бурхливий розвиток технологічних «начинок» дає підставу вважати, що прогрес в автомобільній промисловості твердо визначив для себе пріоритетний напрям.

Ускладнення умов руху ставить перед водієм проблеми управління автомобілем, з вирішенням яких не завжди може впоратися людина. Крім того, складніші конструкції автомобілів вимагають оперативного контролю (діагностування) у масштабі реального часу функціональних їх систем, чого водій у повному об'ємі роботи теж не може. Ці проблеми здатні вирішувати, з чим давно вже згодна більшість фахівців, лише бортові обчислювальні системи інтелектуального типу. Саме вони, обробляючи поточну інформацію, можуть систематизувати її, фіксувати, а у разі потреби видавати водієві або коректувати його дії з урахуванням умов руху. Основний шлях реалізації цієї ідеї (і тут розбіжностей між фахівцями теж немає) – багатопроцесорні бортові обчислювальні системи з "фіксованим" розподілом

завдань. Іншими словами, розподілені системи, які складаються з окремих функціональних підсистем, зв'язаних між собою стандартними інформаційними з'єднаннями. До кожної з таких підсистем жодних принципово нових вимог немає. Наприклад, вони, незалежно від того, хто їх розробляє і виготовляє, повинні відповідати таким вимогам:

- 1) повинні функціонально інтегруватися у всі режими роботи автотранспортного засобу (АТЗ);
- 2) інформація повинна оброблятися і розпаралелюватися;
- 3) для програмного забезпечення доцільна ієрархічна організація;
- 4) при появі відмов в обчислювальних засобах або системах АТЗ повинна забезпечуватися реконфігурація структури (вступ до дії резервних пристроїв);
- 5) підсистеми повинні мати резерви для модернізації і нарощування числа функціональних можливостей тощо.

Інтелектуальна бортова обчислювальна система орієнтована насамперед на процеси моделювання в масштабі реального часу, що відносяться саме до рівня штучного інтелекту, і на реалізацію алгоритмів виконавчого рівня, а взаємодія цієї системи з оператором формує основні процедури "бортового інтелекту".

Питання при впровадженні інтелектуальних систем в АТЗ полягає в тому, якими мають бути бортові обчислювальні системи, аби вони адекватно реагували на зміну дорожньої обстановки. Наприклад, очевидно, що бортова обчислювальна система, точніше, її існування, виправдано, лише якщо вона здатна надавати інформаційну і "матеріальну" підтримку водієві, включно з шляхом зниження психологічного навантаження, а також зменшення часу, необхідного йому для ухвалення рішень при різних критеріях вибору оптимального варіанту. Зокрема важливо здійснювати процеси моделювання, що відносяться до рівня штучного інтелекту, у масштабі реального часу, передбачати зміни довкілля і корегувати помилкові рішення водія.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Основні тенденції розвитку систем безпеки руху і зниження витрати палива в автомобілебудуванні

За своєю структурою системи автотранспортного засобу підрозділяються на такі групи (рисунок 1.1), кожна з яких може бути «відкритою» і «закритою» [1]:

- Системи управління автомобілем;
- Системи інформації водія;
- Системи збору і передачі інформації.

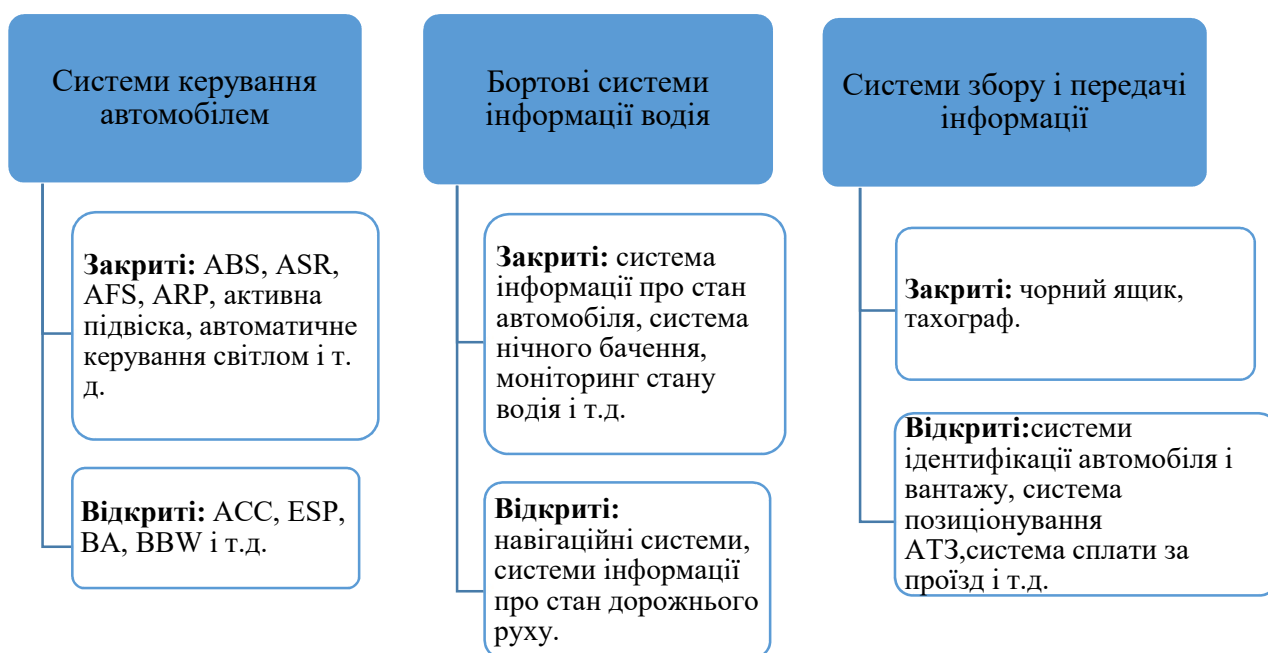


Рисунок 1.1 – Блок-схема класифікації інтелектуальних бортових систем автомобіля

Різновиди інтелектуальних систем, що встановлюються автовиробниками:

– ABS Антиблокувальна система (АБС) призначена для запобігання буксування ведучих коліс (рисунок 1.2). Залежно від виробника антибуксувальна система має такі торгівельні назви:

- ASR (Automatic Slip Regulation, Acceleration Slip Regulation) на автомобілях Mercedes, Volkswagen, Audi і др.;
- ASC (Anti-Slip Control) на автомобілях BMW;
- A-TRAC (Active Traction Control) на автомобілях Toyota;
- ETS (Electronic Traction System) на автомобілях Mercedes;
- STC (System Traction Control) на автомобілях Volvo;
- TRC (Traking Control) на автомобілях Toyota.

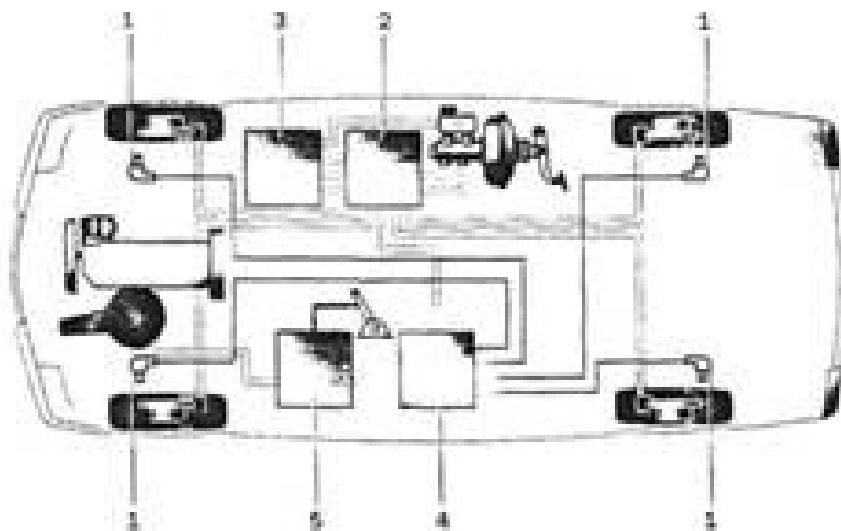


Рисунок 1.2 – Принципова схема АБС [23]:

- 1 – датчики швидкості коліс; 2 – модулятор АБС; 3 – модулятор ПБС;
 4 – блок управління АБС; 5 – блок управління ПБС

Система курсової стійкості.

Система курсової стійкості призначена для збереження стійкості і керуваності автомобіля завдяки завчасного визначенню і усуненню критичної ситуації. Система дозволяє утримувати автомобіль в межах заданої водієм траєкторії при різних режимах руху (рисунок 1.3). Залежно від виробника розрізняють такі назви системи курсової стійкості:

- ESP (Electronic Stability Programme) на більшості автомобілів в Європі і Америці;
- ESC (Electronic Stability Control) на автомобілях Honda, Kia, Hyundai;
- DSC (Dynamic Stability Control) на автомобілях BMW, Jaguar, Rover;
- VDC (Vehicle Dynamic Control) на автомобілях Infiniti, Nissan, Subaru.

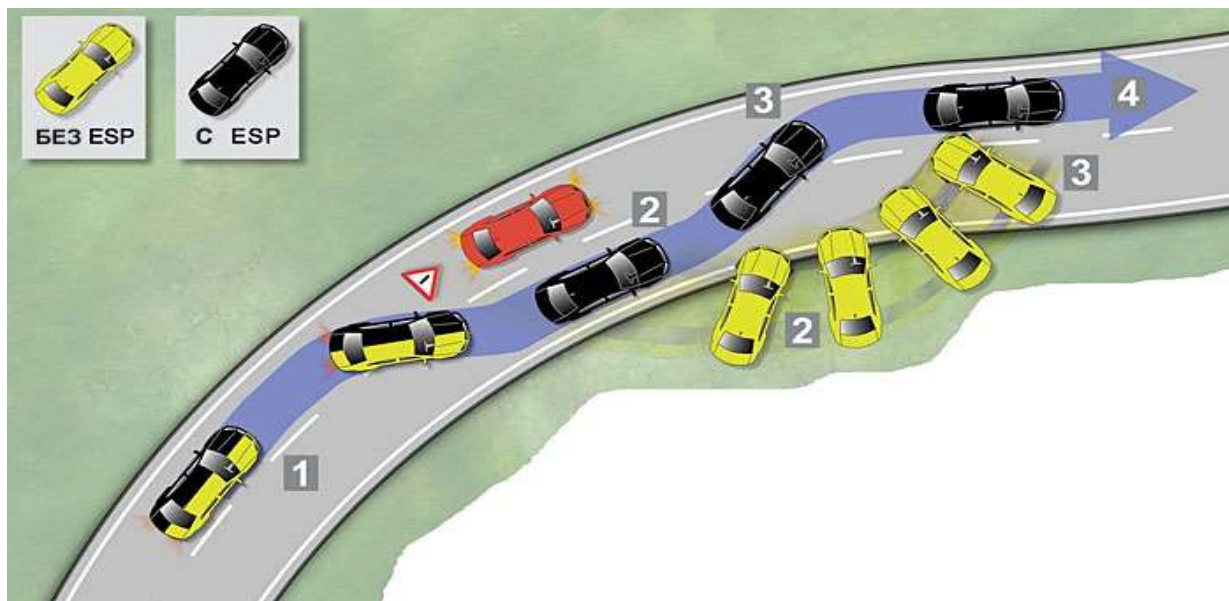


Рисунок 1.3 – Виконання небезпечного маневру з системою ESP і без неї [23]

Система екстреного гальмування.

Система екстреного гальмування призначена для ефективного використання гальм в небезпечній ситуації. Як показує практика, вживання системи екстреного гальмування на автомобілі дозволяє скоротити гальмівний шлях в середньому на 15–20 %. Розрізняють два види систем екстреного гальмування – допомогу при екстремому гальмуванні і автоматичне екстрене гальмування. Система допомоги при екстремому гальмуванні дозволяє реалізувати максимальний гальмівний тиск при натисненні водієм на педаль гальма, допомагає йому. Система автоматичного екстреного гальмування створює частковий або максимальний гальмівний тиск без участі водія, автоматично. Системи допомоги при екстремому

гальмуванні пневматичного типу забезпечують ефективну роботу вакуумного підсилювача гальм (рисунок 1.4). До них відносяться системи:

- BA (Brake Assist), BAS (Brake Assist System)
- EBA (Emergency Brake Assist) на автомобілях Mercedes-Benz, BMW, Toyota, Volvo і др.;
- AFU на автомобілях Renault, Peugeot, Citroen.

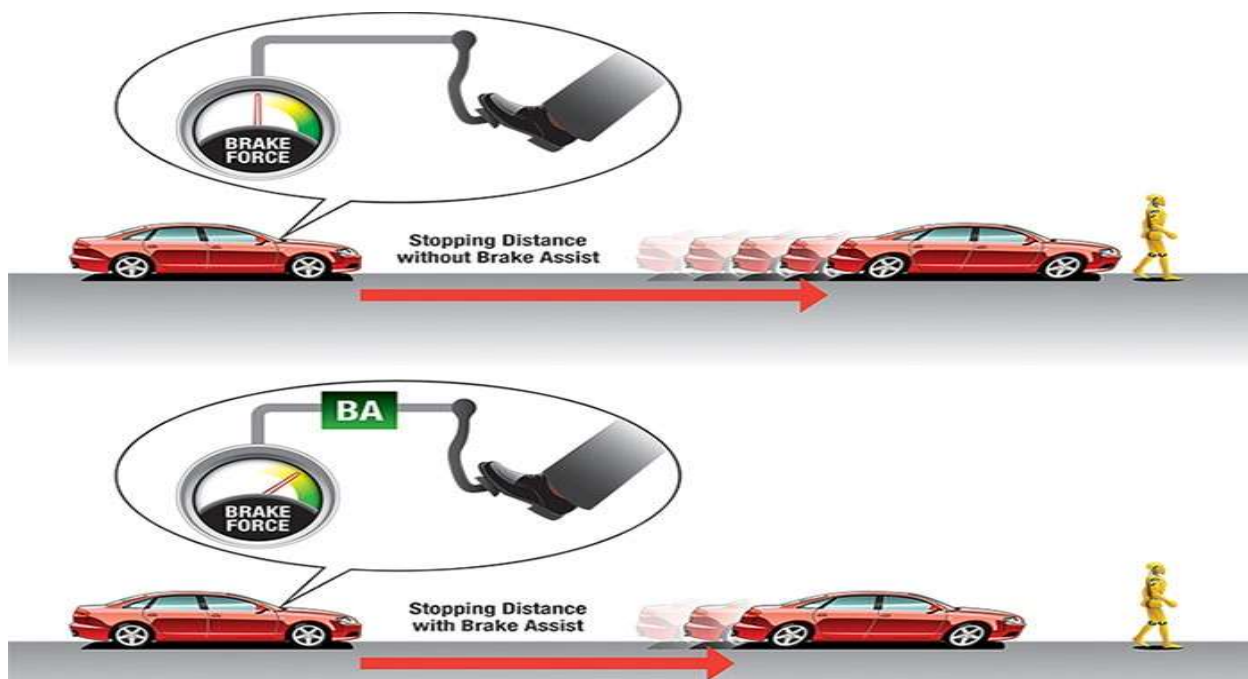


Рисунок 1.4 – Гальмівний шлях з системою Brake Assist і без неї [23]

Електронне блокування диференціала.

Електронне блокування диференціала (EDS, Elektronische Differenzialsperre) призначене для запобігання буксуванню ведучих коліс на початку руху автомобіля, розгоні на слизькій дорозі, русі прямо і в поворотах завдяки пригальмовування ведучих коліс (рисунок 1.5). Система EDS спрацьовує при прослизанні одного з ведучих коліс. Вона пригальмовує ковзаюче колесо, завдяки чому на ньому збільшується крутний момент. Оскільки ведучі колеса сполучені симетричним диференціалом, на іншому колесі (з кращим зчепленням) крутний момент, також збільшується. Система працює в діапазоні швидкостей від 0 до 80 км/год.

Аналогічний принцип дії має система ETS (Electronic Traction System) від Mercedes.

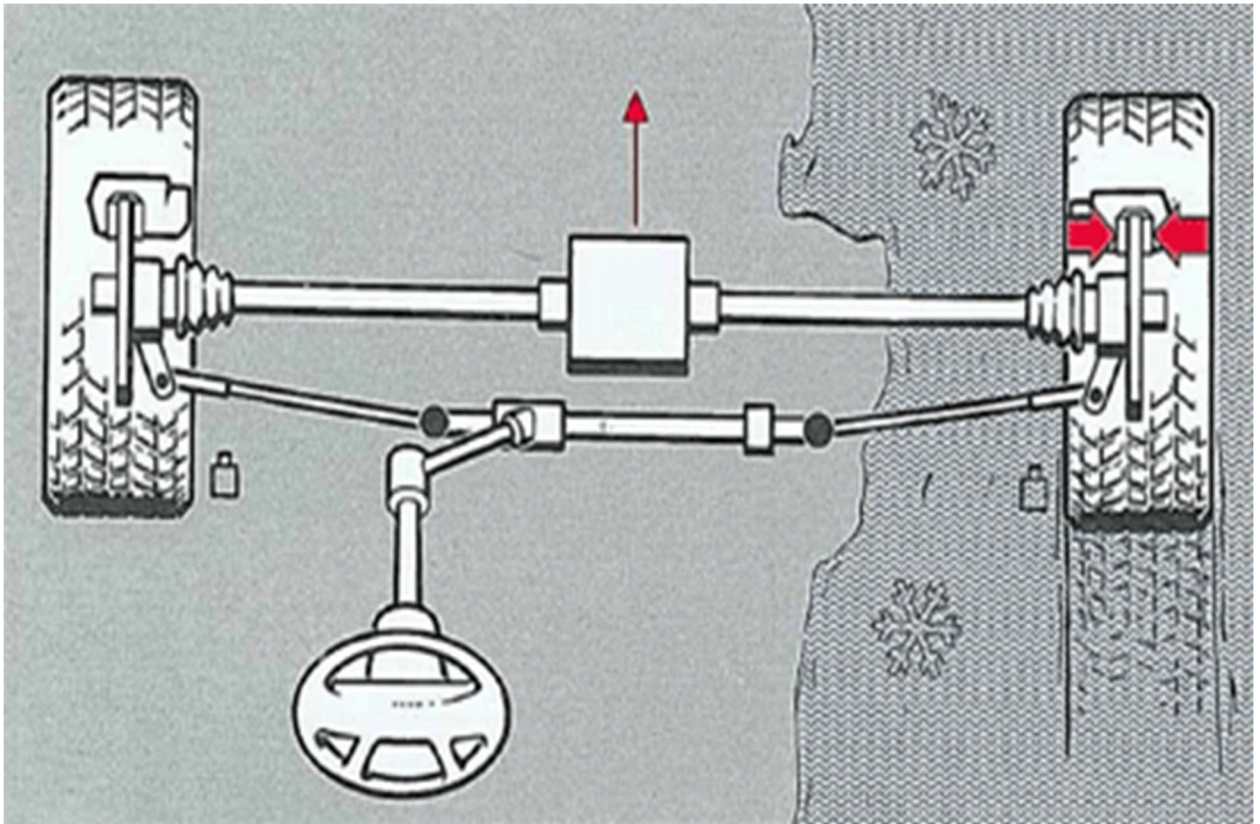


Рисунок 1.5 – Принципова схема роботи системи EDS [23]

Система допомоги під час спуску.

Система допомоги під час спуску призначена для запобігання прискоренню автомобіля під час руху по гірських дорогах. Наявність цієї системи на автомобілі підвищує зручність управління і безпеку.

Система допомоги під час спуску встановлюється, як правило, на легкові автомобілі підвищеної прохідності.

Залежно від автовиробника система має наступні назви:

- HDC, Hill Descent Control від Volkswagen, BMW і др.;
- DAC, Downhill Assist Control від Toyota;
- DDS, Downhill Drive Support від Nissan.

Система допомоги при підйомі.

Система допомоги при підйомі призначена для запобігання відкатуванню автомобіля починаючи рух на підйомі (похилій площині). Вживання цієї системи полегшує старт автомобіля на підйомі, не вимагає використання гальм і підвищує безпеку. Система встановлюється як опція на деякі легкові автомобілі. Залежно від автовиробника система має назву:

- ННС, Hill Hold Control від Volkswagen;
- Hill Holder від Subaru, Fiat;
- НАС, Hill-Start Assist Control від Toyota;
- USS, Uphill Start Support від Nissan.

Паркувальна система.

Паркувальна система (інше найменування – система допомоги при паркуванні, просторічна назва – парктронік) є допоміжною системою активної безпеки автомобіля, що полегшує процес паркування автомобіля. Найбільша ефективність від вживання паркувальної системи реалізується при русі автомобіля заднім ходом, у темний час доби, при сильному тонуванні стекол, а також в обмежених умовах (парковка, гараж і ін.). Паркувальні системи можна умовно розділити на дві великі групи: пасивні і активні. Пасивні паркувальні системи представляють лише необхідну для паркування інформацію, коли управління автомобілем здійснюється водієм. Активні паркувальні системи забезпечують паркування автомобіля в автоматичному або автоматизованому (автоматично виконуються окремі функції) режимі. Відомими пасивними паркувальними системами є:

- Parktronic System, PTS на автомобілях Audi;
- Parking Distance Control, PDC на автомобілях BMW;
- Park Assistant на автомобілях Opel.

Система автоматичного паркування відноситься до активних паркувальних систем, оскільки забезпечує паркування автомобіля в автоматичному або автоматизованому режимі. Різні системи автоматичного

паркування допомагають при виконанні паралельного та перпендикулярного паркування. Автоматичне паркування здійснюється за рахунок погодженого управління кутом повороту рульового колеса і швидкості руху автомобіля (рисунок 1.6). Відомими інтелектуальними системами допомоги при паркуванні є:

- Park Assist на автомобілях Volkswagen;
- Intelligent Parking Assist System на автомобілях Toyota, Lexus;
- Remote Park Assist System на автомобілях BMW;
- Active Park Assist на автомобілях Mercedes-Benz, Ford.

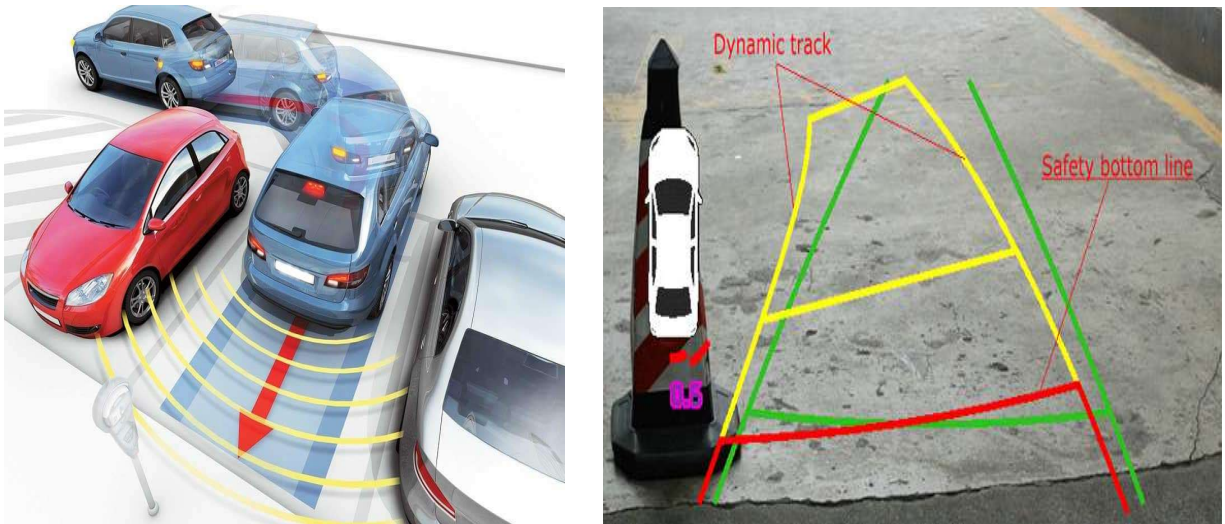


Рисунок 1.6 – Пасивна (зліва) і активна (справа) паркувальні системи [23]

Система кругового огляду.

Система кругового огляду є допоміжною системою активної безпеки. Вона призначена для надання допомоги водієві при виконанні маневрування в обмежених умовах (паралельне паркування, перпендикулярне паркування, рух між рядами, виїзд на «сліпе» перехрестя). Робота системи заснована на відеофіксуванні обстановки довкола автомобіля і виведенні відповідної інформації на інформаційний дисплей. Низка систем кругового огляду мають власні назви:

- Around View Monitor, AVM на автомобілях Nissan;
- Surround Camera System на автомобілях Land Rover;

- Area View на автомобілях Volkswagen.

Система кругового огляду встановлюється, в основному, на автомобілях преміум-сегменту (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Приклад роботи системи кругового огляду [23]

Адаптивний круїз-контроль.

Адаптивний круїз-контроль (Adaptive Cruise Control, ACC) призначений для автоматичного управління швидкістю руху автомобіля. Адаптивний круїз-контроль є подальшим розвитком системи круїз-контролю, яка підтримує задану постійну швидкість руху (рисунок 1.8). Відомими системами адаптивного круїз-контролю є:

- Radar Cruise Control від Toyota;
- Distronic (Distronic Plus) від Mercedes-Benz;
- Active Cruise Control від BMW;
- Adaptive Cruise Control від Volkswagen, Audi, Honda.

Система адаптивного круїз-контролю включає датчик відстані, блок управління і виконавчі пристрої.

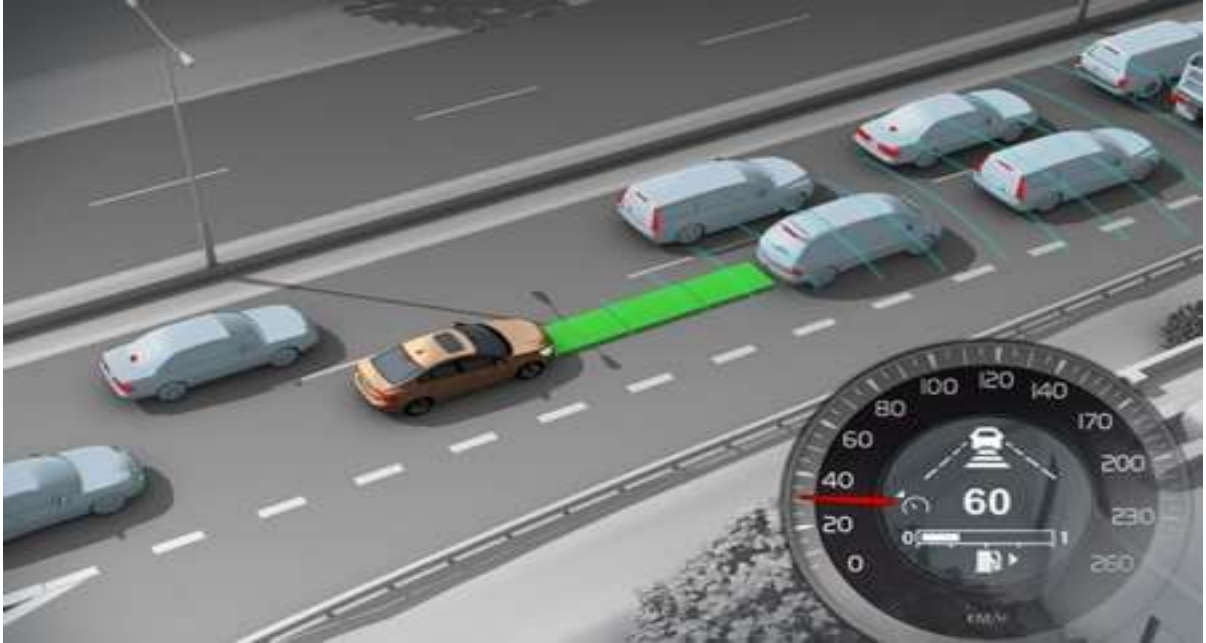


Рисунок 1.8 – Робота адаптивного круїз-контролю [23]

Система допомоги під час зміни смуги.

Перестроювання автомобіля з одного ряду руху в інший часто стають причиною аварій, оскільки водій не помічає транспортні засоби на інших смугах. Система допомоги під час зміни смуги (інші назви – система моніторингу «сліпих» зон, система інформування про «мертву» зону, система безпечного перестроювання з ряду в ряд) попереджає водія про небезпеку зіткнення при зміні смуги руху (рисунок 1.9). Відомими розробниками таких систем є:

- Audi, Volkswagen – система Side Assist;
- BMW – система Lane Change Warning;
- Mercedes-Benz – система Blind Spot Assist;
- Ford – система Blind Spot Information System, BLIS™;
- Volvo – система Blind Spot Information System, BLIS.
- Mazda – система Rear Vehicle Monitoring, RVM;
- Porsche – система Spurwechselassistent, SWA.



Рисунок 1.9 – Робота інтелектуальної системи Side Assist [19]

Система нічного бачення.

Система нічного бачення призначена для надання водієві інформації про умови руху в темний час доби. Система дозволяє розпізнавати всілякі перешкоди, учасників дорожнього руху, пішоходів на незасвіченій дорозі, а також подальшу траєкторію траси. Система допомагає зняти навантаження з водія в умовах поганої видимості і тим самим забезпечує підвищення безпеки руху. Розрізняють два типи систем нічного бачення: активні і пасивні. Активні системи використовують додаткове джерело інфрачервоного світла, що встановлюється на автомобіль. Вони характеризуються високим розрішенням зображення і дальністю роботи порядку 150–250 м. Відомими активними системами нічного бачення є:

- Night View Assist від Mercedes-Benz;
- Night View від Toyota.

Пасивні системи нічного бачення не мають власного джерела інфрачервоного випромінювання. Теплова камера (тепловізор) фіксує інфрачервоне випромінювання об'єктів на відстані до 300 м (рисунок 1.10).

- Night Vision від BMW;
- Night Vision від General Motors.



Рисунок 1.10 – Приклад роботи системи нічного бачення [23]

Система контролю втоми.

Система контролю втоми стежить за фізичним станом водія і, якщо фіксує певні відхилення, попереджає водія про необхідність зупинки і відпочинку. Залежно від способу оцінки втоми водія розрізняють три типи систем. Перші побудовані на контролі дій водія, інші – контролі руху автомобіля, треті – контролі погляду водія (рисунок 1.11).

Mercedes-benz встановлює на своїх автомобілях систему Attention Assist, Volvo – систему Driver Alert Control, General Motors – Seeing Machines.

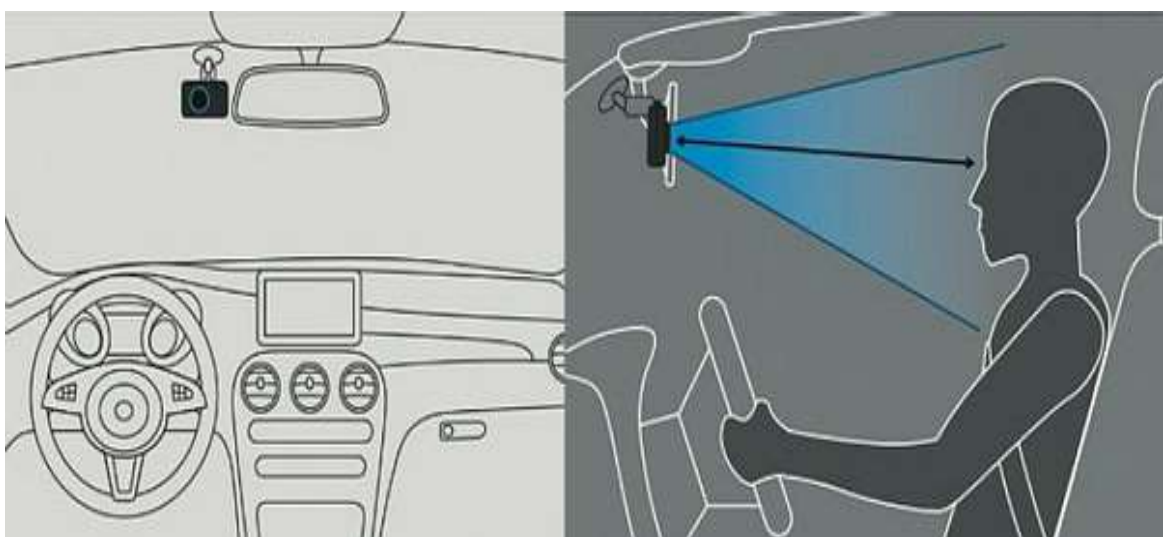


Рисунок 1.11 – Система контролю втоми по аналізу руху очей водія [23]

Система гальмування після зіткнення.

Корпорація Continental представила розробку під назвою Post Crash Braking, яка дозволяє запобігти вторинним аваріям або звести до мінімуму їх наслідки. Система здійснює автоматичне гальмування автомобіля після зіткнення і запобігає можливій подальшій аварії. На підставі сигналів датчиків удару система визначає, що сталося зіткнення і передає сигнал по бортовій мережі передачі даних в електронний блок управління системи курсової стійкості. Система курсової стійкості проводить стабілізацію руху автомобіля після аварії і автоматично доводить його до гальмування чим істотно знижує ризик подальших зіткнень, травм водія і пасажирів (рисунок 1.12). Сьогодні система, упроваджена на автомобілях концерну Volkswagen, і носить свої назви:

- Multi Collision Brake на автомобілях Volkswagen, SEAT, Skoda;
- Secondary Collision Brake Assist на автомобілях Audi.

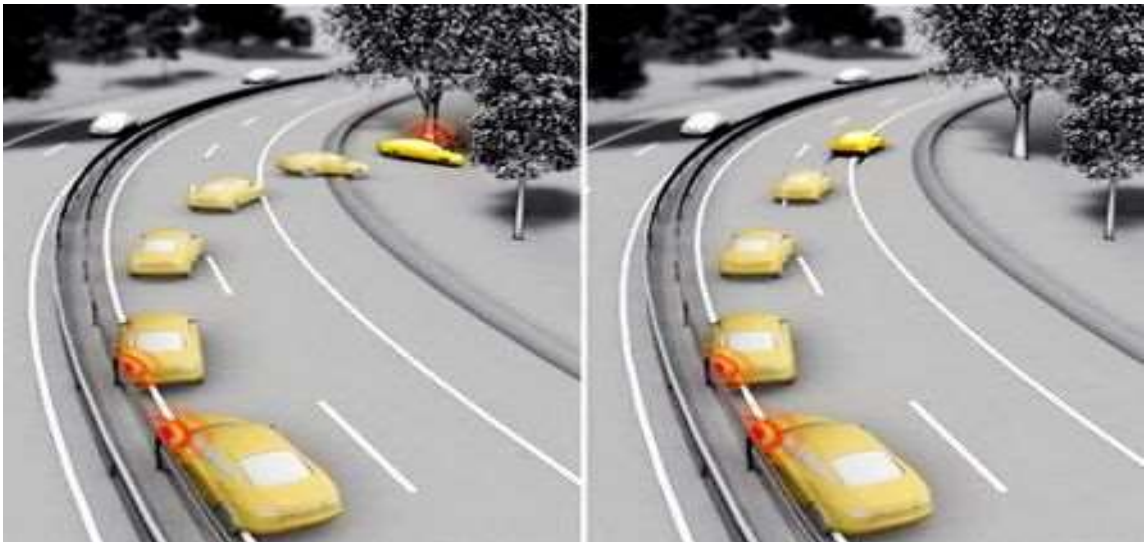


Рисунок 1.12 – Робота системи гальмування після зіткнення [23]

Система голосового управління.

Система голосового управління забезпечує управління деякими функціями автомобіля за допомогою голосових команд, які перетворюються в керівні сигнали і передаються відповідним системам автомобіля. Система

дозволяє водієві не відволікатися від безпосереднього управління автомобілем, чим досягається комфорт і безпека руху. Низка систем голосового управління мають власні назви: Ford Sync, Cadillac User Experience, Linguatronic від Mercedes-Benz. Систему голосового управління використовують на своїх автомобілях Audi, BMW, Kia, Lexus.

Інтелектуальне управління плавністю ходу.

У автомобілях Nissan почали використовувати систему ARC (Active Ride Control), її функція – гасити подовжні коливання кузова на нерівностях дороги. Опція корисна, оскільки при розгойдуванні автомобіля на дорожніх хвилях значно знижується ефективність зчеплення коліс з дорогою. Система розпізнає особливості дорожнього покриття, за наявності хвиль регулює крутний момент двигуна (для моторів об'ємом 2 літри), і одночасно пригальмовує відповідні колеса, усуваючи вірогідність розгойдування (рисунок 1.13).



Рисунок 1.13 – Система інтелектуального управління плавністю ходу [23]

Система контролю тиску в шинах.

Система контролю тиску в шинах (TPMS, Tires Pressure Monitoring System) призначена для попередження про небезпечну зміну тиску в шинах. Ця система пропонується як опція при покупці автомобіля. Систему також

можна придбати і встановити окремо. Система TPMS встановлюється на автомобілі з 2000 року. Наразі наявність системи контролю тиску в шинах є обов'язковою у низці європейських і азіатських країн, а також в США. Розрізняють два види систем контролю тиску в шинах: непрямого і прямого виміру тиску. Найбільш простою з точки зору конструкції є система непрямого виміру тиску, що є програмним розширенням блоку управління системи ABS. Принцип роботи цієї системи заснований на тому, що спущене колесо має менший радіус і проходить за один зворот меншу відстань, ніж справне колесо. Система прямого виміру тиску передбачає вимір тиску в кожному колесі за допомогою відповідного датчика. Система включає датчики тиску в шинах, приймальну антену (антени), блок управління і дисплей (рисунок 1.14).



Рисунок 1.14 – Головний блок і датчики системи контролю тиску в шинах [7]

Система адаптивного освітлення.

Система адаптивного освітлення виходить за рамки традиційного ближнього і дальнього світла фар, оскільки пропонує для конкретних умов руху свій режим освітлення. Широкі можливості для регулювання світлового променя відкрилися з використанням відеокамери (рисунок 1.15). Система управління дальнім світлом дозволяє рухатися з включеним дальнім світлом

постійно, при цьому, не засліплюючи інших водіїв. Системи адаптивного освітлення у різних виробників мають одну загальну назву Adaptive Front lighting System, AFS. Виняток становить система BeamAtic від Valeo. Не дивлячись на загальну назву функції систем можуть розрізнятися. У сучасній системі адаптивного освітлення може бути реалізовано до п'яти режимів освітлення (функцій):

- міське світло;
- світло автомагістралі;
- дальнє світло;
- динамічне освітлення поворотів;
- світло в несприятливих погодних умовах.

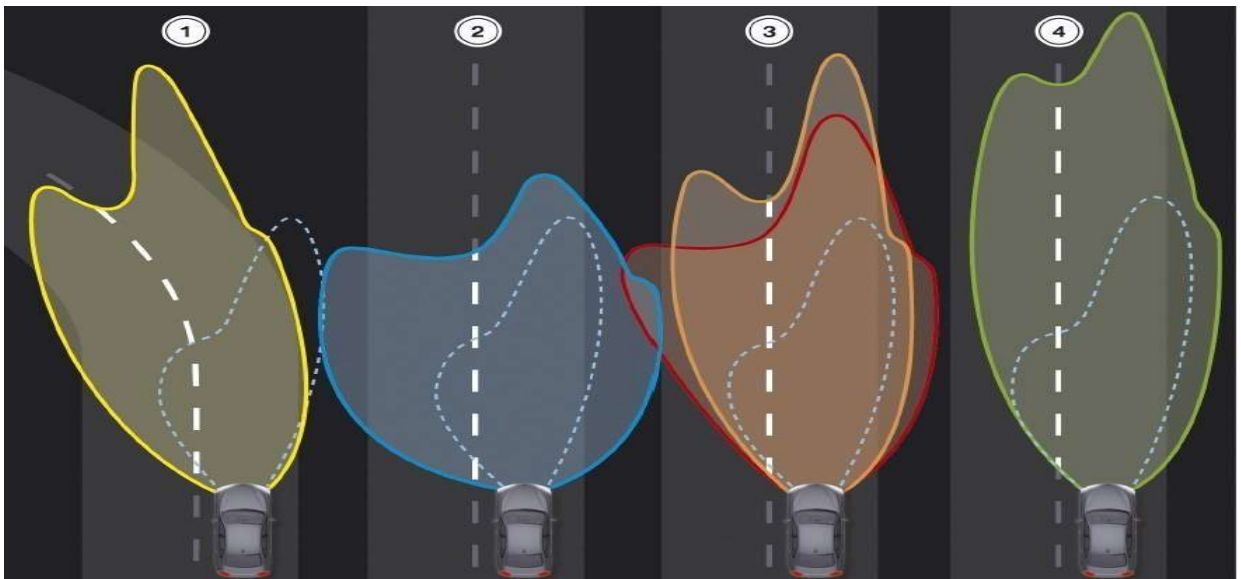


Рисунок 1.15 – Система адаптивного освітлення за різних умов руху автомобіля [23]

Система інтелектуального доступу в автомобіль.

Система інтелектуального доступу в автомобіль (інші назви – система доступу без ключа, розумний ключ, інтелектуальний ключ) – сучасна електронна система комфорту, яка ідентифікує власника автомобіля за кодом відповіді ключа і забезпечує автоматичне розблокування дверей при торканні

ручки і запуск двигуна при натисненні спеціальної кнопки. При цьому електронний ключ може залишатися в кишені. У різних виробників система має свою унікальну назву:

- Advancad Key від Audi;
- Comfort Access від BMW;
- Keyless Entry (KESSY) від Volkswagen, Volvo і др;
- Keyless Go від Mercedes-Benz;
- Intelligent Key від Nissan;
- Smart Key System від Toyota.

Конструктивно система інтелектуального доступу включає транспондер, антени, датчики торкання, кнопку запуску двигуна і електронний блок управління.

Існують також і інші різні системи інтелектуального управління автомобілем, з часом автовиробники покращують вже наявні системи і розробляють нові для того, щоб зняти навантаження з водія, підвищити безпеку і економічність сучасних АТЗ [6].

1.2 Види систем допомоги під час зміни смуги

Усі системи допомоги під час зміни смуги працюють за однаковим принципом, мають схожу конструкцію і виконують такі функції:

- Проводять стеження за рухливими об'єктами;
- Розпізнають нерухомі об'єкти (припарковані автомобілі, дорожнє обгороджування, стовпи і ін.);
- При необхідності включається сигнальна лампа і звуковий сигнал.

Але для визначення об'єктів, що знаходяться в «мертвій зоні» використовуються різні елементи: радары, відеокамери або ультразвукові датчики.

Так, наприклад, принцип роботи системи Side Assist заснований на контролі зон руху поряд з автомобілем і позаду нього за допомогою радара і

включенні застережливого сигналу при намірі водія змінити смугу руху і наявності перешкоди на іншій смузі [12]. Радарні датчики встановлюються в зовнішніх дзеркалах заднього вигляду і випромінюють радіохвилі в певну область біля автомобіля (до 30 м в довжину).

Автомобільний радар – датчик, в якому використовуються радіохвилі для виявлення об'єктів (інші автомобілі, пішоходи, перешкоди) довкола автомобіля (рисунок 1.16). Відстань до об'єкту визначається за часом проходження сигналу до нього і назад. Враховуючи, що швидкість поширення електромагнітної хвилі має постійне значення (швидкість світла), час, витрачений для проходження сигналу до об'єкту, віддзеркалення і повернення в приймач радара, буде пропорційне відстані до об'єкту. Положення об'єкту оцінюється по куту азимута і відстані. Для виміру кута азимута промінь антени послідовно переміщається вгору, вниз, вправо, вліво. Виміри проводяться в сферичній системі координат з центром – антеною радара. Для визначення швидкості об'єкту, відносно транспортного засобу, використовується доплерівський ефект. Відбита хвиля від рухомого об'єкту, змінює частоту і довжину залежно від швидкості і напрямку руху об'єкту. Радар вимірює різницю частот передаючих сигналів, що приймаються, яка відповідає швидкості руху об'єкту.



Рисунок 1.16 – Автомобільний радар [15]

Система BLIS використовує для відстежування «сліпої» зони замість радара цифрову камеру з режимом зйомки 25 кадрів/хв., але цифрова камера недостатньо ефективна в умовах поганої видимості (туман, сніг).

У систем з використанням відеокамер електронний блок управління проводить обробку зображення за допомогою спеціального програмного забезпечення. У результаті виробляються застережливі сигнали водієві (рисунок 1.17).



Рисунок 1.17 – Автомобільна відеокамера [15]

Ще одним типом датчиків для цієї системи є ультразвукові датчики. Ультразвуковий датчик має низку особливостей, що визначає сферу застосування цього пристрою. Серед них виражена спрямованість сигналів, невелика дальність дії, невисока швидкість поширення хвиль. Основна перевага ультразвукових датчиків – порівняно низька ціна. Сенсорний пристрій, що перетворює електричну енергію в ультразвукові хвилі (механічні вібрації з частотою понад 20 кГц), називається ультразвуковим датчиком (рисунок 1.18). Принцип роботи ультразвукового датчика схожий на радар і оцінює наявність перешкоди на основі інтерпретації відбитого від неї сигналу. Приймаючи швидкість звуку за постійну величину, за

допомогою ультразвукового датчика визначається і відстань до об'єкту, яка відповідає інтервалу часу між відправкою сигналу і поверненням його відлуння [19].



Рисунок 1.18 – Ультразвуковий датчик [15]

Порівняльні випробування показали, що використання радарів в системі переважно. Ультразвукові датчики добре працюють на порівняно невеликій відстані, а надійність роботи відеокамери сильно залежить від погодних умов (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика системи допомоги під час зміни смуги з різними датчиками

Тип датчика /Параметр	Радар	Відеокамера	Ультразвуковий датчик
Дальність дії	До 30 м	До 25 м	До 5 м
Працездатність при забрудненні	Висока	Низька	Середня
Можливість встановлення не заводом–виготовлювачем	Важко	Важко	Легко
Ціна	Висока (від 500\$)	Висока (від 450\$)	Низька (від 100\$)

Ультразвукові датчики не встановлюються на автомобілі заводами–виготовниками, оскільки у них менша дальність дії (3,5 м з боків і 3–5 м ззаду), чим в радарів, але і також нижча ціна, що дає можливість автовласникам модернізувати свій автомобіль такою системою, без істотних фінансових витрат і відносно нескладною роботою по установці системи.

1.3 Види систем виміру тиску повітря в шинах

Системи контролю тиску в шинах розрізняються за типом вимірювання – непряме і пряме, а також за типом датчиків – зовнішні і вбудовані. Принцип роботи приладів, які вимірюють тиск побічно, досить простий. Суть його в тому, що приспущене колесо має менший діаметр, і, отже, проходить за одне обертання менший відрізок шляху. Порівняння з контрольними показниками відбувається за допомогою датчиків обертання коліс системи ABS і, в разі невідповідності, на панелі спалахує лампочка і подається звуковий сигнал [7].

Серед переваг систем контролю тиску в шинах з непрямыми вимірами варто відзначити простоту їх конструкції і низьку ціну. Серед мінусів – вони можуть визначити тиск лише в русі, відрізняються низькою точністю (з погрішністю близько 30 %), тому такі системи наразі відходять на другий план, а все більшого поширення набувають системи прямого виміру.

Найпростішими датчиками тиску в шинах є механічні датчики (рисунок 1.19). Вони накручуються на вентилі коліс і залежно від тиску в шині в такому датчику з'являються різні колірні індикатори: червоний, жовтий, зелений, які відповідають небезпечному тиску, відхиленню від норми, і оптимальному тиску відповідно. Такі датчики мають найнижчу точність і вартість, але з ними належить кожного разу оглядати всі чотири колеса, а також вони схильні до механічної дії і крадіжки [21].



Рисунок 1.19 – Механічні датчики виміру тиску повітря в шинах [13]

Датчики тиску шин для внутрішньої установки. Це повний аналог датчиків, якими оснащують автомобілі на заводах, але зважаючи на відсутність вже вбудованого програмного забезпечення, у власника цих датчиків є декілька варіантів їх підключення.

Перший варіант – окремий блок монітор, до якого вже прив'язані датчики. Такий монітор продається разом з датчиками, і має живлення від бортової мережі автомобіля, наприклад, через прикурювач або у будь-якому іншому місці за бажанням автовласника.

Другий варіант – датчики тиску шин з модулем Bluetooth, які не залежать від якого-небудь конкретного приймального пристрою (монітора), і можуть бути прив'язані до будь-якого гаджета, що підтримує Bluetooth-канал. Як монітор, можна використовувати смартфон на Android або iOS, або отримувати дані від датчиків тиску на будь-який планшет, дзеркало-відеореєстратор, на головний пристрій автомобіля, що підтримує цей вид зв'язку [4].

Ця система дозволяє визначати конкретну шину, в якій впав тиск в режимі онлайн, і постійно отримувати актуальну інформацію, але така система вимагає складнішої установки, ніж система із зовнішніми датчиками, оскільки для установки датчика потрібно разбортувати колесо. До

додаткових переваг прямої системи виміру тиску повітря всередині шин відносяться можливості отримувати інформацію про саму незначну, раптову і дуже сильну зміну тиску (рисунок 1.20). Тут також передбачена адаптація контрольних параметрів в разі заміни шин або самого датчика (перепрограмування може здійснюватися і за допомогою сканера), а також ці датчики найменш схильні до крадіжки і механічних пошкоджень.



Рисунок 1.20 – Система контролю тиску повітря в шинах з внутрішніми датчиками [13]

Датчики тиску шин для зовнішньої установки. Такі датчики володіють рівно тим же функціоналом, що внутрішні, але при цьому не вимагають збірки і розбирання коліс для установки. Вони просто накручуються замість ніпельних голівок (рисунок 1.21).

До незручностей такого варіанту виміру тиску в шинах можна віднести зайву "опуклість", яка в зимовий час сприятиме налипанню снігу, а також схильні до крадіжки. Так само, як і внутрішні, вони комплектуються або власним модулем–монітором, або підключаються по Bluetooth-каналу до одного з ваших мобільних або салонних пристроїв з Андроїдом або iOS.



Рисунок 1.21 – Система контролю тиску повітря в шинах із зовнішніми датчиками [13]

Більшість сучасних систем стеження за тиском, здатні вимірювати і температуру на місці, де вони встановлені. Так, внутрішні датчики, розташовуючись безпосередньо на диску колеса, кожні декілька секунд в реальному часі знімають і передають дані про нагрів, і в разі відхилення від норми (різкого підвищення температури), водій буде оповіщений про це. Якщо в автомобіля підклинюють гальмівні колодки, ступляються, або сильно гріються покриття через порушення розвалу або інших неполадок, водій зможе діагностувати проблему на ранній стадії і усунути її з найменшим фінансовим збитком. Зовнішні датчики менш точно можуть виміряти температуру, оскільки не знаходяться безпосередньо в колесі (таблиця 1.2) [8].

Монітори деяких моделей забезпечені USB-гніздо для зарядки мобільних гаджетів, і можуть мати функції виміру напруги бортової мережі. Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика систем виміру тиску повітря в шинах

Тип системи /Параметр	Система непрямого виміру	Механічні датчики	Електронні зовнішні датчики	Електронні внутрішні датчики
Точність виміру тиску	Найнижча	Низька	Висока	Найвища

Продовження таблиці 1.2

Тип системи /Параметр	Система непрямого виміру	Механічні датчики	Електронні зовнішні датчики	Електронні внутрішні датчики
Точність виміру температури	Ні	Ні	Середня	Висока
Інформація про тиск в конкретному колесі	Ні	Так	Так	Так
Відображення інформації в онлайн режимі	Так (при падінні тиску більше ніж на 25%)	Ні	Так	Так
Стійкість до механічних навантажень	Висока	Низька	Низька	Висока
Можливість втрати/крадіжки	Ні	Так	Так	Ні
Числове відображення інформації	Ні	Ні	Так	Так
Чутливість системи до зміни параметрів	Найнижча	Низька	Висока	Найвища
Ціна	Середня	Найнижча	Середня/Висока	Висока

З таблиці видно, що системи з внутрішніми датчиками дорожчі і складніше в установці, чим інші системи, але оскільки вони є найбільш надійними і найбільш точними з представлених систем і безпосередньо підвищують безпеку руху автомобіля, ці витрати виправдані.

1.4 Постановка завдань дослідження

Мета роботи – впровадження системи допомоги під час зміни смуги і системи виміру тиску повітря в шинах на автомобіль для збільшення активної безпеки автомобіля і зменшення експлуатаційних витрат.

Об’єкт досліджень – процеси, що призводять до поліпшення експлуатаційних властивостей автомобілів.

Предмет дослідження – експлуатаційні властивості автомобілів.

Метод дослідження – статистичний аналіз даних та розрахунковий метод.

Елементи наукової новизни – в роботі теоретично обґрунтовано доцільність додаткового переобладнання автомобілів інтелектуальними системами.

Практичне значення отриманих результатів – впровадження додаткових інтелектуальних системи на автомобілі має практичне значення, оскільки дозволить поліпшити експлуатаційні властивості автомобілів.

2 ОЦІНКА ПОЛІПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АВТОМОБІЛЯ

2.1 Система контролю тиску в шинах

Кількість автомобільних аварій на дорогах світу збільшується з кожним роком. І все це відбувається в епоху, коли все більше і більше електроніки управляє автомобільними вузлами, які повинні допомагати водієві при русі і уникати аварійних ситуацій. Але після аварії, що сталася, дуже складно визначити справжню причину аварії. За проведеними в Європі дослідженнями, кожна шоста аварія відбувається унаслідок відхилення тиску в шинах від норми. Правильний тиск в шинах – це ще і спосіб заощадити на паливі. Недокачані шини збільшують витрату пального, бо виростає опір коченню і навантаження на двигун.

Оптимальний внутрішній тиск повітря в шинах – найважливіше в щоденному догляді за шинами. Правильний внутрішній тиск підтримує рівномірний тиск протектора в плямі контакту при стиканні із землею і перешкоджає нерівномірному зносу шини. Також, завдяки зменшенню опору коченню і швидкому відведенню тепла, забезпечується стабільний рівень внутрішнього нагріву.

Колесо з нормальним тиском повітря повністю стикається з поверхнею дороги (рисунок 2.1). Відбувається рівномірний знос профілю, і забезпечується краще зчеплення з дорогою. Це забезпечує такі переваги [29]:

- Збільшення пробігу шини;
- Зменшення гальмівного шляху;
- Оптимальна стабільність при поворотах;
- Комфорт руху.



Рисунок 2.1 – Нормальний тиск в шині [8]

При дуже високому тиску повітря в шинах зчеплення з дорогою відбувається лише в середині бігової доріжки (рисунок 2.2). Недоліками цього є:

- Нерівномірний знос профілю;
- Зменшення терміну експлуатації шини;
- Зниження комфорту руху.



Рисунок 2.2 – Надлишковий тиск в шині [8]

При дуже низькому тиску повітря центральна частина шини злегка вдавлюється по напрямку вгору, оптимальна передача зусиль на дорожнє полотно проводиться лише краями шини (рисунок 2.3). Це призводить до таких недоліків:

- Сильне підвищення температури шини і, відповідно, небезпека пошкодження її структури;
- Збільшення гальмівного шляху;
- Зменшення терміну експлуатації шини.



Рисунок 2.3 – Недостатній тиск в шині [8]

Дуже низький тиск в шинах часто є причиною пошкоджень шини: якщо тиск в шині залишається низьким впродовж довгого часу, то із-за збільшення роботи деформації підвищується температура шини, що призводить до пошкодження структури шини; якщо структура шини сильно пошкоджена, то це призводить до її руйнування [2].

Об'єм повітря в шині залишається приблизно однаковим. Зміна температури усередині шини безпосередньо впливає на тиск повітря. При зміні температури на 10 градусів тиск повітря підвищується або зменшується

приблизно на 0,1 атм (рисунок 2.4). Температура повітря в шині залежить від таких характеристик:

- Температури зовнішнього повітря/інтенсивності сонячного випромінювання
- Нагріву гальмівних дисків
- Роботи сил деформації шини.

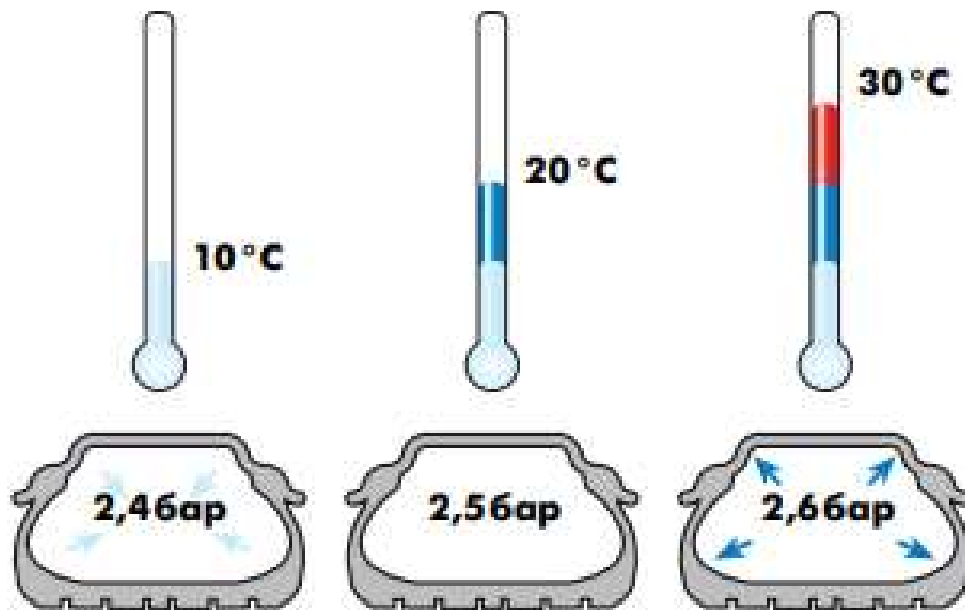


Рисунок 2.4 – Вплив температури на тиск повітря в шині [22]

Автомобільна шина працює у вельми важких умовах. Вона піддається одночасній дії статичних і динамічних навантажень: тиски стислого повітря, вагового навантаження, сил опору дороги, тяги, гальмування і відцентрової сили.

Довговічність автомобільної шини визначається пробігом її в тисячах кілометрів до повного зносу і залежить від конструкції і матеріалу шини, від технології її виробництва, умов роботи і догляду за нею в процесі експлуатації.

Найважливішими експлуатаційними чинниками, що впливають на довговічність шини, є внутрішній тиск повітря, вагове навантаження на шину, тип і стан дороги і умови руху. Тому тиск повітря в шинах автомобіля

окрім безпеки і економічності також безпосередньо впливає на термін експлуатації шини (рисунок 2.5) [11].

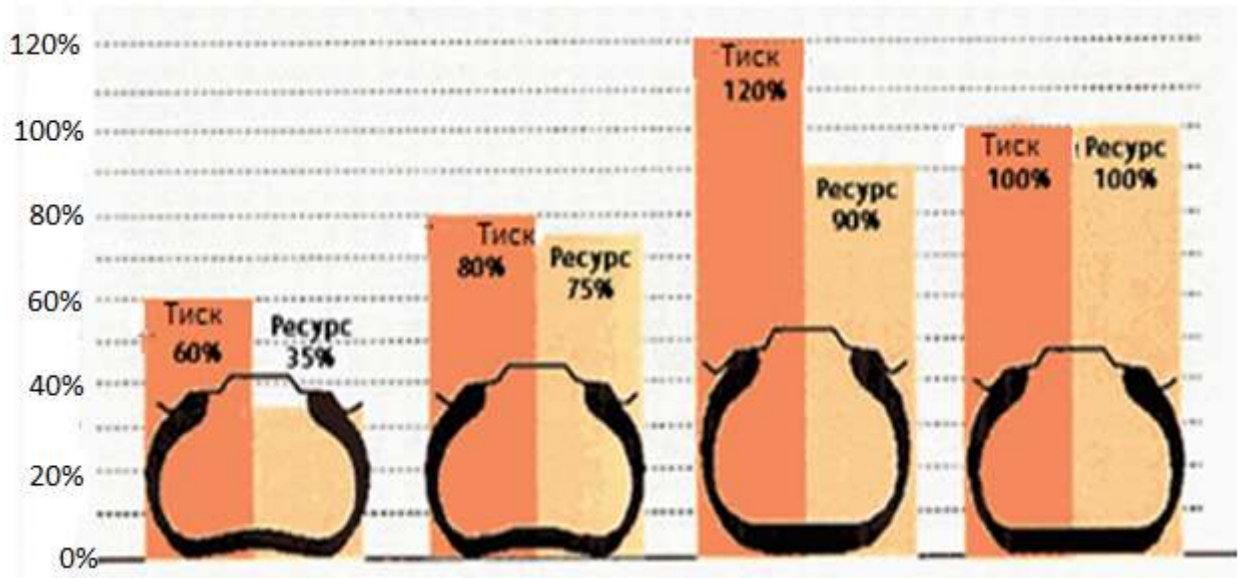


Рисунок 2.5 – Вплив тиску в шині на термін її служби [22]

З графіка видно, як відхилення тиску в шинах від номінального впливає на термін служби. Недостатній тиск на 20 % – знижує пробіг шини на 25 %. Надлишковий тиск на 20 % – знижує пробіг шини на 10 %.

Також не слід нехтувати температурою автомобільних шин під час руху, оскільки недостатній тиск в шині спричиняє зростання температури всередині шини, а при перегріві її ресурс також зменшується (рисунок 2.6).

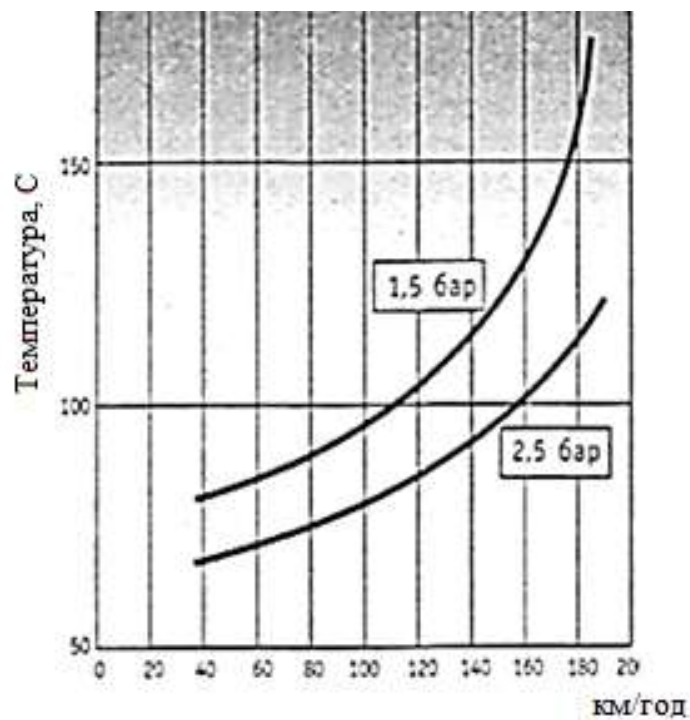


Рисунок 2.6 – Графік залежності температури шини від швидкості і тиску [8]

Система контролю тиску повітря під час поїздки постійно стежить за тиском повітря в шинах. Навіть після зупинки автомобіля контроль тиску повітря здійснюється після короткого проміжку часу. Електроніка колеса в кожній шині вимірює температуру шини і тиск повітря в ній. Отримані дані з певною періодичністю посилаються на антени в колісній ніші або вентилях датчиків (рисунок 2.7). Ці антени сполучені з блоком управління системи контролю тиску повітря в шинах через екрановані високочастотні лінії, в блоці управління відбувається обробка даних, і вони пересилаються далі на блок управління в комбінації приладів за допомогою дроту шини даних CAN (або радіоканалом). Коректні параметри тиску повітря мають бути введені водієм, після підтвердження (натиснення кнопки) вони будуть прийняті системою як необхідні значення [30].

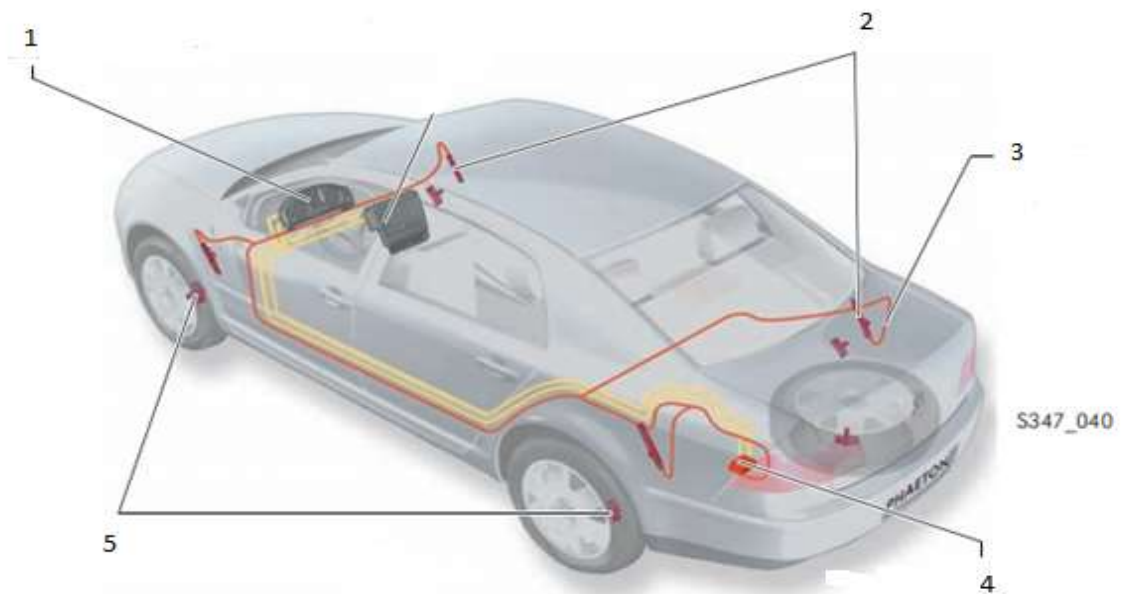


Рисунок 2.7 – Структура системи контролю тиску в шинах:

- 1 – дисплей системи; 2 – антени показчика тиску повітря; 3 – екрановані високочастотні лінії; 4 – блок управління контролю повітря в шинах;
5 – датчики тиску повітря в шинах [30]

Модуль видаленого виміру (Remote Sensing Module – RSM). Одного дня встановлений в колесо, модуль працює як автономний пристрій. Він

повинен володіти достатнім інтелектом, аби управляти різними функціями, такими як вимір тиску і температури, ВЧ передачі, а також управління енергозбереженням. Два нові компоненти, про яких піде мова далі, дозволяють вирішувати всі вище перелічені завдання. Перший – це датчик, який дозволяє вимірювати температуру і тиск. Другий – мікроконтролер і ВЧ передавач, розташовані в одному корпусі (рисунок 2.8) [6].

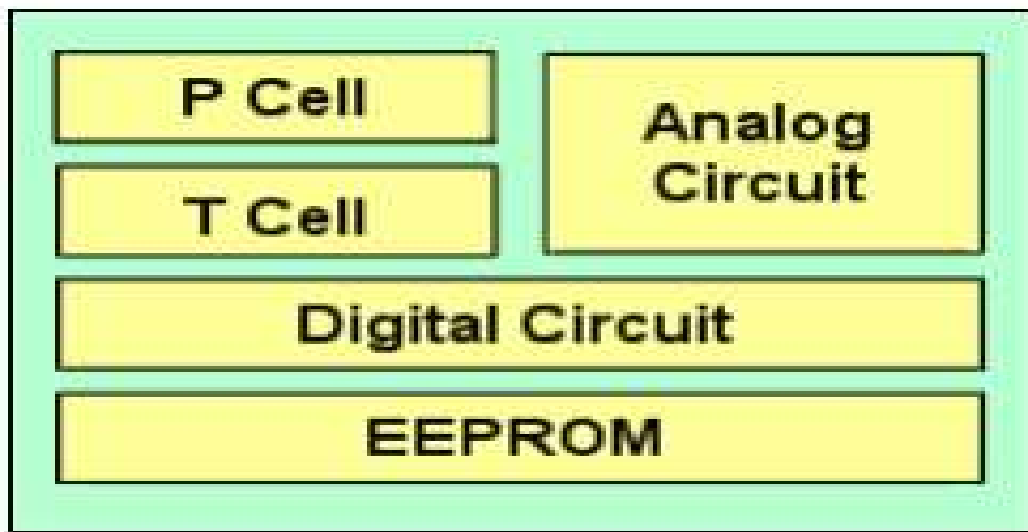


Рисунок 2.8 – Узагальнена схема вимірювального модуля [25]

Датчик тиску для TPMS. Датчик тиску, призначений для TPMS, створений по КМОП технології, відомої по дуже низькому енергоспоживанню. Вжиток датчика в режимі очікування складає менше 0.5 мкА. У зв'язку з тим, що велику частину часу датчик знаходиться саме в цьому режимі, то він ідеально підходить для даного завдання, де однією з найбільш важливих проблем є проблема енергоспоживання.

Комірки виміру тиску і температури є ємкісними, і при необхідності відбувається переклад з ємкості в напругу. У поєднанні з аналоговими функціями, технологія КМОП дозволяє поєднувати і цифрові функції. У датчик вбудована незалежна пам'ять для зберігання калібрувальних даних.

Внутрішня машина станів датчика працює в чотирьох режимах:

- Режим очікування. Всі аналогові і цифрові блоки вимкнені, за винятком внутрішнього низькочастотного генератора, який періодично посилає сигнал «пробудження» на мікроконтролер;
- Вимір тиску. Комірка тиску і перетворювач ємкість–напруга включені;
- Вимір температури. Комірка температури і блок перетворення включені;
- Читання. Після проходження одного з режимів виміру, виміряна величина зберігається на конденсаторі. Режим читання активує АЦ перетворювач і дозволяє контролеру прочитати виміряну величину. Ці чотири режими кодуються двома зовнішніми виводами, які контролюються мікроконтролером.

Мікроконтролер. Ядром модуля служить мікроконтролер HC08. Кристал є поєднанням ядра HC08 і ВЧ передавача в одному 32–висновковому корпусі LQFP. Подвійний чіп не має з'єднань між кристалом контролера і кристалом ВЧ передавача, але висновки оптимально розташовані так, щоб зовнішні з'єднання були мінімальні (рисунок 2.9).

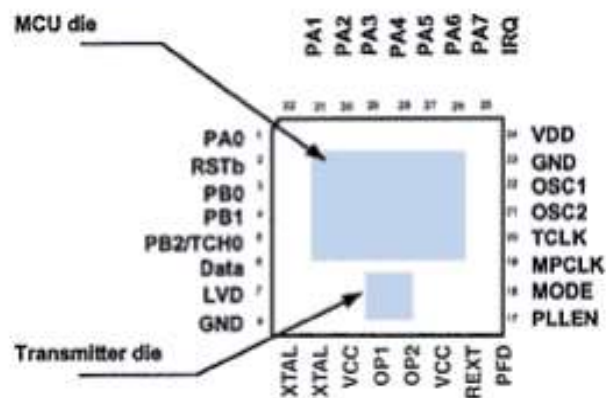


Рисунок 2.9 – Узагальнена структура мікроконтролера [25]

Ядро HC08 ідеально підходить для TPMS застосування не лише по продуктивності, але і по портах введення виводу, а також енергоспоживанні.

До того ж 2 кбайта FLASH пам'яті зі вбудованим джерелом, що підвищує, дозволяють розробникам змінювати вихідний код, при удосконаленні і зміні алгоритмів роботи. Таке рішення, засноване на програмній реалізації, гнучкіше і дешевше порівняно з аналогічними системами на ASIC або дискретних компонентах.

Архітектура системи. Датчик розроблений для погодженої роботи з мікроконтролером, при якій частина функцій, наприклад, управління енергоспоживанням, є спільними. Коли датчик знаходиться в режимі очікування, його внутрішній низькочастотний генератор періодично «будить» мікроконтролер. Після кожного «пробудження» мікроконтролер виконує задану алгоритмом програму. Між двома імпульсами, що «пробуджують», мікроконтролер знаходиться в режимі «stop», при якому забезпечується мінімальне енергоспоживання (рисунок 2.10). У цьому режимі всі функції мікроконтролера відключені, і лише зовнішня подія може «розбудити» його.

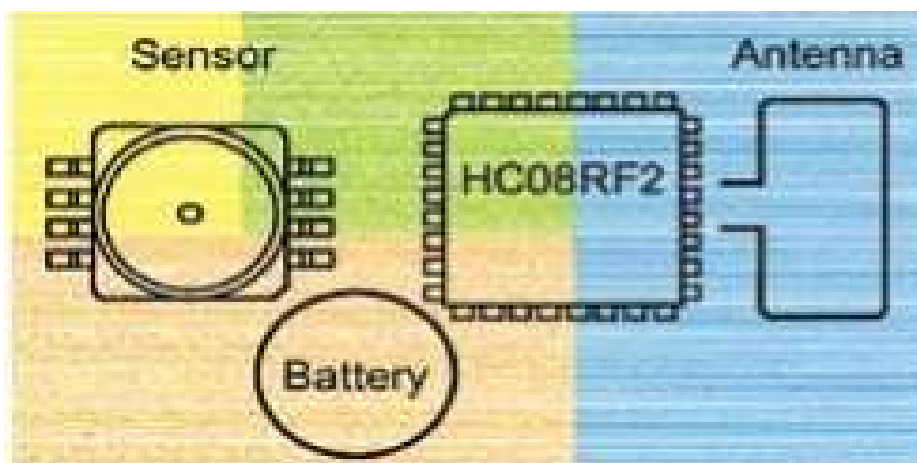


Рисунок 2.10 – Узагальнена архітектура системи [25]

Для поліпшення управління енергозбереженням інерційний ключ може використовуватися для визначення режиму парковки. При парковці немає необхідності проводити виміри тиску, що у свою чергу збільшує термін служби батареї. ВЧ схема розроблялася для оптимальної роботи спільно з

ядром HC08. Процес передачі даних здійснюється з використанням регістрової передачі даних, що мінімізує час роботи, що у свою чергу мінімізує енергоспоживання.

У зв'язку з тим, що модуль встановлюється на диск, він має бути максимально малих розмірів і бути дуже легким. При великій масі може статися дисбаланс колеса. У зв'язку з цим з'являються додаткові механічні вимоги до високо інтегрованого модуля. Таким чином, рішення, що складається з двох кристалів і батареї, є оптимальним.

Приймач. Контроль тиску повітря є новиною в масовому автомобілебудуванні. Але ВЧ приймач, який повинен використовуватися, вже зарекомендував себе роками в «безключових» системах доступу в автомобіль. Обидві системи як контроль доступу, так і контроль тиску можуть використовувати один приймач, тому що вони обидві використовують один формат передачі даних.

У більшості систем приймач інтегрований з бортовим контролером, який має багато інших функцій. Таким чином, процесорний час ділиться між всіма цими завданнями (рисунок 2.11).

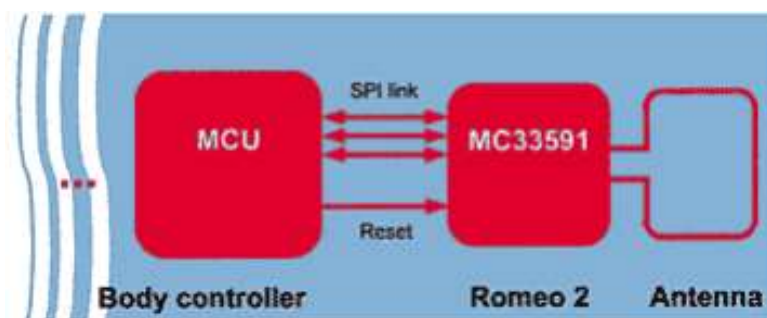


Рисунок 2.11 – Узагальнена схема приймального модуля [25]

Мікросхема, являє собою ВЧ приймач, який ідеально підходить як для безключових систем, так і для систем контролю тиску повітря. Завдяки вбудованому ВЧ декодеру і регістрам даних, мінімізує зв'язок з приймальним контролером. Мікроконтролер не турбується до тих пір, поки повний кадр не

буде прийнятий, підтверджений і збережений. Більш того, приймач конфігурується мікроконтролером через послідовний інтерфейс.

Ініціалізація коліс. Існує два основні способи ініціалізації. Проста це ручна ініціалізація, яка повинна відбуватися в спеціальному центрі, кожного разу при заміні коліс. Друга – це автоматична, в якому система сама ініціалізувала колесо.

При ручній ініціалізації кожен датчик посилає свій індивідуальний ідентифікатор разом з передаваними даними. Під час процедури ініціалізації, приймач зберігає чотири ідентифікатори. Потім оператор повідомляє приймачу, якому колесу відповідає який ідентифікатор по програмному інтерфейсу. Цей інтерфейс може бути безпосередньо підключений до приймального модуля або шини даних автомобіля, або з використанням ВЧ каналу [3].

Найбільш простим, але в той же час найбільш дорогим способом автоматичної ініціалізації є використання приймача на кожному колесі. Кожен приймач підключається до центрального комп'ютера по своїх дротах або по загальній шині. Це найбільш надійний метод, і його висока ціна не позначиться на машинах високо класу. Інший найбільш дешевий спосіб, це установка лише антен в кожне колесо. ВЧ мультиплексор встановлюється між антенами і центральним приймачем, який управляє мультиплексором. Таким чином відбувається прив'язка отриманого сигналу з колесом.

Ідентифікація коліс. У простому випадку водієві поважно знати, що тиск в якому–небудь колесі виходить за певні кордони. Більш інформативні системи, що повідомляють про тиск в кожному конкретному колесі автомобіля. Останній спосіб може бути реалізований за допомогою двонаправленої ВЧ зв'язки. Це рішення є надійним способом ідентифікації. Ще одна його перевага полягає в тому, що приймач може спілкуватися з кожним модулем, і тому енергія батареї витрачається найефективніше. У стандартній однобічній передачі, модуль повністю «глухий» і передає вимірне значення тиску періодично і асинхронно від кожного. У

двонаправленій ВЧ передачі модуль передає дані лише за запитом, уникаючи колізій і здійснюючи контроль над витратою батареї ефективніше.

Основним елементом системи прямого контролю тиску в шинах є датчик тиску. По конструкції розрізняють зовнішні і внутрішні датчики тиску. Зовнішній датчик встановлюється зовні на вентиль колеса. Внутрішній датчик розташовується на місці штатного вентиля колеса, при цьому його сенсорна частина знаходиться усередині шини.

Датчик тиску в шинах встановлюється на кожне колесо і має незалежне джерело живлення. Деякі системи пропонують додатковий датчик тиску в запасному колесі. Найбільше вживання в системах контролю знайшли внутрішні датчики тиску в шинах.

Датчик тиску в шинах є складним багатофункціональним пристроєм, який окрім контролю тиску виконує вимір температури в шинах, напруги акумуляторної батареї, прискорення колеса.

Типова конструкція датчика включає сенсорний модуль, електронні компоненти обробки і формування сигналу, трансмітер (транспондер), антену і акумуляторну батарею (рисунок 2.12). Всі елементи датчика поміщені в корпус з високоміцного пластика. Датчик тиску в шинах розрахований на роботу при температурі від -40 до $+125^{\circ}\text{C}$ [13].

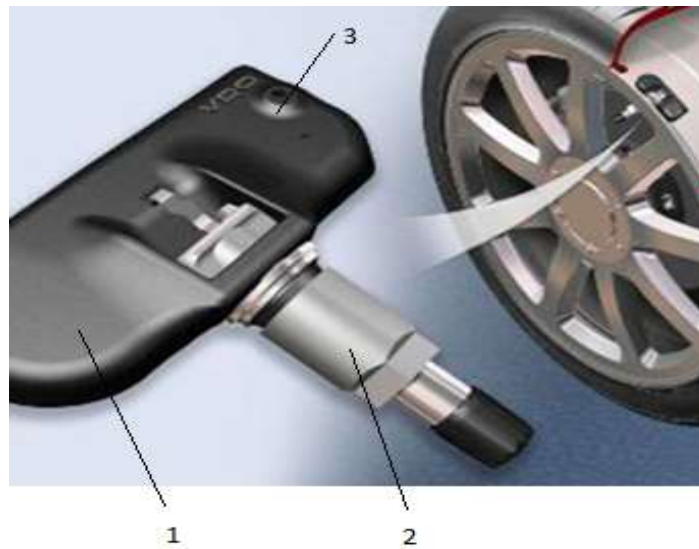


Рисунок 2.12 – Спрощена структура внутрішнього датчика тиску в шині [9]:

1 – батарея; 2 – антена; 3 – датчик тиску

Основну вимірювальну функцію виконує ємкісний або п'єзорезистивний датчик тиску. На додаток до нього використовуються датчик температури, датчик прискорення (акселерометр) і датчик напруги живлення.

Датчик температури забезпечує температурну компенсацію виміру тиску, а також контролює перегрів шини. Датчик прискорення використовується для виявлення руху колеса, при якому датчик переводиться в активний режим. Датчик напруги живлення стежить за станом акумуляторної батареї. При зниженні напруги нижче певного рівня система видає спеціальний сигнал на панелі приладів.

Сенсорний модуль сполучений з інтегральною мікросхемою (ASIC), яка забезпечує обробку сигналів датчиків і формування вихідного цифрового сигналу для трансмітера.

Загальними елементами для всіх конструкцій датчика є мікроконтролер, аналогово–цифровий перетворювач (АЦП), оперативна пам'ять (RAM), постійний пристрій, що запам'ятовує (ПЗП). Окрім цього, до складу ASIC можуть входити трансмітер, ресивер каналу опиту датчика, елементи управління живленням і ін.

Трансмітер у складі датчика тиску в шинах використовується для формування радіочастотного сигналу і передачі його в ресивер.

Сигнал транслюється на наступних робочих частотах: 434 МГц для датчиків в Європі і Азії, 315 МГц для датчиків в Америці.

Окрім даних про тиск в шині сигнал включає ідентифікаційний номер датчика.

У більшості систем TPMS радіочастотний сигнал транслюється пакетами кожні 60с, при зміні тиску в шині частота сигналів збільшується (кожні 15с).

Необхідно відзначити, що сигнали датчиків тиску не впливають на роботу інших електронних пристроїв в автомобілі (мобільного телефону, радіоприймача, радар–детектора і ін.), оскільки працюють на різних з ними частотах.

Безпосередню передачу радіочастотного сигналу здійснює антена. Як антена може використовуватися металевий корпус вентилля колеса, сполучений з датчиком. Роботу датчика забезпечує літєва акумуляторна батарея, розрахована на 7–10 років [24].

Для скорочення енергоспоживання, підвищення терміну служби батареї в конструкції датчика тиску в шинах реалізуються різні технічні рішення:

- активація датчика лише при русі автомобіля;
- імпульсна передача пакетів сигналів;
- використання малопотужних елементів і режимів мінімального вжитку енергії;
- підвищення міри інтеграції, об'єднання вимірювальних і системних функцій;
- опит датчика по спеціальному сигналу 125 кГц з певним робочим циклом;
- адаптивне управління живленням.

У вибраній системі радіочастотний сигнал за допомогою вентиля колеса, який виконує функції антени передається на аналогово–цифровий перетворювач, функцію якого виконує модуль в салоні автомобіля.

Там відбувається порівняння поточного сигналу із заданим і виведення інформації по кожному колесу в цифровому вигляді на дисплей модуля, якщо відхилення перевищило критичний рівень – буде поданий ще і звуковий сигнал.

Зі всього вище сказаного слідує те, що система контролю тиску повітря в шинах інформуватиме водія про актуальний тиск в шинах в реальному часі, і при своєчасному реагуванні на дану інформацію, покращуватиме ряд параметрів автомобіля таких як: безпека, економія палива і термін експлуатації автомобільних шин (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики системи контролю температури і тиску повітря в шинах

Технічні характеристики колісних датчиків і розташованих в них передавачів	
Термін служби джерел живлення	більше 7 років при нормальній експлуатації
Температура зберігання °С	– 40...+125
Діапазон робочих температур °С	– 30...+120
Робоча частота передавачів, МГц	433,92
Точність виміру тиску, атм	±0,07 (у нормальних умовах експлуатації)
Точність виміру температури °С	±4 (у нормальних умовах експлуатації)
Потужність передавача, мВт	3,2
Напруга елемента живлення, В	3,6
Вага колісного датчика, г	35

Технічні характеристики основного пристрою	
Напруга живлення, В	12
Споживана сила струму, мА	200
Діапазон температур, що відображуються °С	– 30...+125
Діапазон робочих температур °С	– 30...+85

Отже дана система є важливою складовою у забезпеченні певних експлуатаційних властивостей автомобілів (стійкості руху, керованості, витрат палива та інших).

2.2 Система допомоги під час зміни смуги

Одна із причин аварій в попутному напрямі на дорогах є недостатній огляд водія, наявність так званих «мертвих зон» в автомобілі.

«Мертвою зоною» автомобіля називається явище, при якому, автомобіль, що обганяє або випереджає, на деякий час стає невидимим для водія ні в дзеркала заднього вигляду, ні візуально при повороті голови. «Мертва зона», як правило, знаходиться ззаду справа або зліва від автомобіля, а також з його заднього боку. Мертва зона автомобіля, яка знаходиться ззаду, по своїй величині прямо пропорційна габаритам самого автомобіля. Не бачивши попутно рухомий автомобіль в цій зоні водій, може зробити різкий маневр управо або ліво і стати винуватцем ДТП [25].

Дзеркала заднього вигляду дають можливість лише поверхнево вивчити ситуацію, яка виникає під час руху ззаду машини, а також дозволяють лише у загальних рисах отримати і взяти до відома всю інформацію про події, що відбуваються збоку автомобіля (рисунок 2.13).

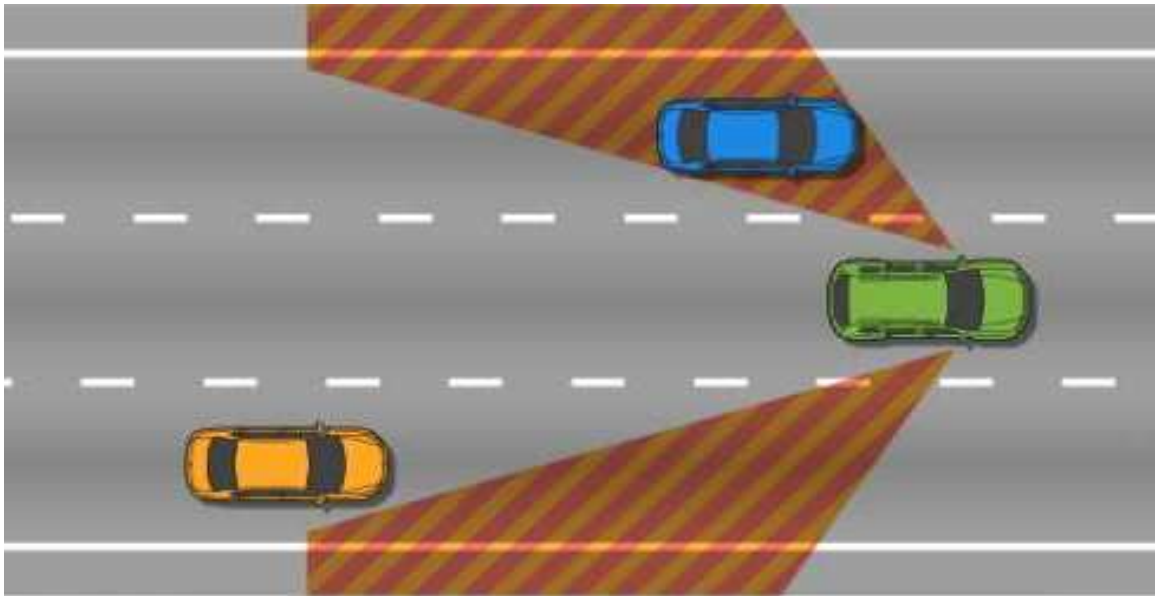


Рисунок 2.13 – «Мертві зони» легкового автомобіля [15]

В деяких випадках перебування автомобіля, який здійснює обгін в так званій «мертвій зоні», може послужити однією з головних причин виникнення ДТП. Як правило, це виявляється у вигляді аварій, які з'являються із-за попутного зіткнення. Це пояснюється тим, що водій автомобіля, який обганяють, не бачить в дзеркалах заднього вигляду того, хто обганяє, тому він може почати під час руху робити перестроювання. Також слід пам'ятати, що із зростанням швидкості риси мертвої зони розширюються. Першочергова причина цього – звуження зони периферичного зору.

Європейська Комісія і представники Міжнародного союзу автомобільного транспорту (IRU) провели дослідження, в ході якого з'ясувалося, що близько 75% дорожньо-транспортних пригод за участю вантажних транспортних засобів трапляються саме із-за «мертвих зон», оскільки в більш габаритних транспортних засобів «мертві зони» більші, ніж у легкових автомобілів (рисунок 2.14) [22].

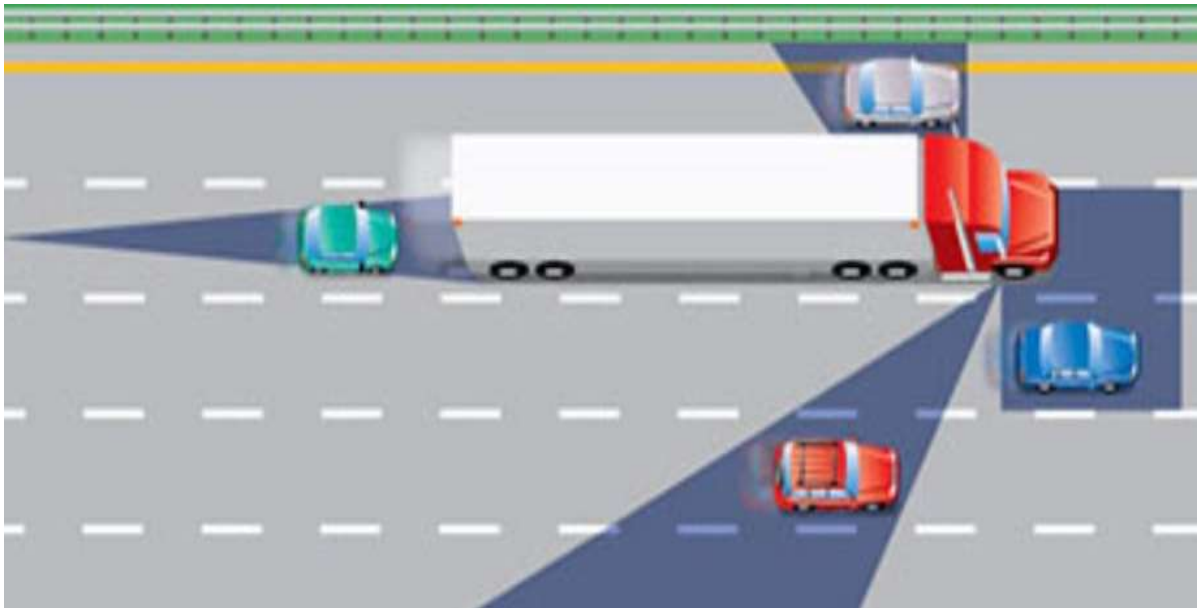


Рисунок 2.14 – «Мертві зони» вантажного автомобіля [15]

Для усунення даної проблеми були розроблені пристрої контролю «мертвих зон». Вони вже стали звичним атрибутом автомобілів підвищеного комфорту і можуть додаватися під час заводської збірки. Проте є і такі системи, які можна встановити на автомобіль окремо, без участі автовиробника.

Система контролю сліпих зон включає 4 спеціальних ультразвукових датчика, 2 мініатюрних LED індикатора і компактний мультифункціональний дисплей зі вбудованим динаміком. Датчики встановлюються в передньому і задньому бамперах автомобіля, LED індикатори вмонтовуються в салоні або бічних дзеркалах, дисплей – в будь-якому зручному для перегляду місці. Під час руху датчики здійснюють моніторинг сліпих зон на відстані до 3-х метрів від автомобіля. При виявленні перешкоди в невидимій зоні спрацьовує система графічних, світлових і звукових сповіщень (рисунок 2.15). Характер сповіщень дозволяє водієві легко і просто контролювати «сліпі» зони, без втрати концентрації на дорозі [20].

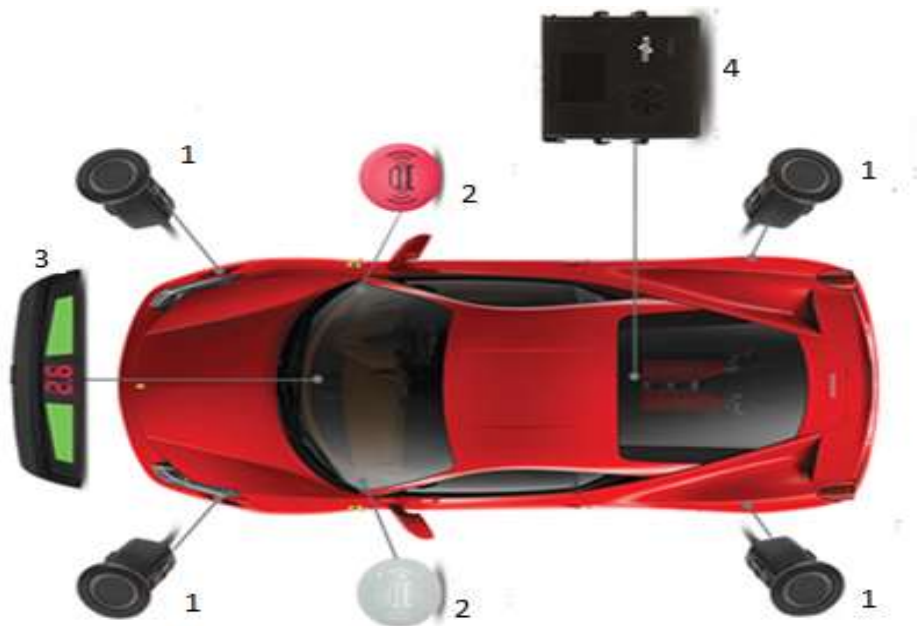


Рисунок 2.15 – Елементи системи контролю «мертвих зон»:

1 – датчики; 2 – LED-індикатори; 3 – трьохкольоровий дисплей;

4 – центральний блок [21]

Система включає 4 спеціальних ультразвукових датчика (рисунок 2.16), які встановлюються в передньому і задньому бамперах автомобіля. Датчики здійснюють моніторинг сліпих зон на відстані до 3-х метрів від автомобіля. Це дозволяє фіксувати появу об'єктів в невидимій зоні навіть в діапазоні «через ряд», що забезпечує повноцінний контроль перешкод при повороті, перестроюванні в сусідній ряд або іншому маневрі.



Рисунок 2.16 – Загальний вигляд датчика [21]

Сенсорний пристрій, що перетворює електричну енергію в ультразвукові хвилі (механічні вібрації з частотою понад 20 кГц), називається ультразвуковим датчиком. Принцип роботи ультразвукового датчика схожий на радар і оцінює наявність мети на основі інтерпретації відбитого від неї сигналу. Приймаючи швидкість звуку за постійну величину, за допомогою ультразвукового датчика визначається і відстань до об'єкту, яка відповідає інтервалу часу між відправкою сигналу і поверненням його відлуння.

Ультразвуковий датчик має ряд особливостей, що визначає сферу застосування даного пристрою. Серед них виражена спрямованість сигналів, невелика дальність дії, невисока швидкість поширення хвиль. Основна перевага ультразвукових датчиків – порівняно низька ціна. У автомобілях ультразвукові датчики використовуються в різних паркувальних системах: парктроніку, системі автоматичного паркування. Ультразвукові датчики із збільшеною дальністю дії застосовуються у ряді конструкцій системи допомоги під час зміни смуги для контролю за «сліпими» зонами.

Основу ультразвукового датчика складає перетворювач, об'єднуючий активний елемент і діафрагму. Перетворювач працює як передавач і як приймач. Активний елемент генерує короткий імпульс і приймає його відлуння від перешкоди. Він виготовляється з п'єзоелектричного матеріалу. Алюмінієва діафрагма є контактною поверхнею датчика і визначає його акустичні характеристики. Перетворювач має пружну підставу, що поглинає вібрації. Всі елементи ультразвукового датчика поміщені в пластмасовий корпус з роз'ємом для підключення.

При здобутті зовнішнього сигналу активний елемент заставляє вібрувати діафрагму, яка посиляє ультразвукові імпульси в простір. При зустрічі з перешкодою імпульси відбиваються, повертаються до перетворювача і створюють вібрації активного елемента, з якого знімається електричний сигнал (рисунок 2.17).

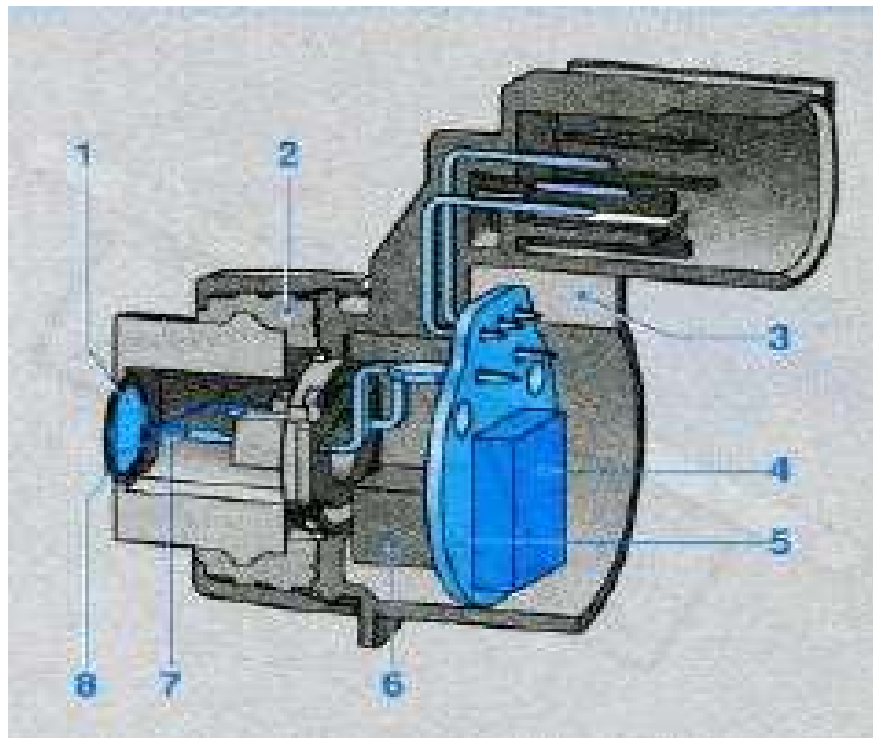


Рисунок 2.17 – Ультразвуковий датчик в розрізі:

1 – п'єзоелектричний елемент; 2 – роз'єднуюче кільце; 3 – пластмасовий корпус з штирковим роз'ємом; 4 – ASIC; 5 – друкарська плата з передавальною і оцінюючою електронікою; 6 – перетворювач; 7 – гнучкий металевий провідник; 8 – алюмінієва діафрагма [26]

Основними технічними характеристиками ультразвукового датчика є дальність виявлення перешкоди, частота сигналу, швидкодія (швидкість визначення перешкоди). Сучасні паркувальні датчики мають дальність виявлення до 2,5 м, частоту сигналу 40 кГц і швидкодію порядку 0,1 с. Ультразвукові датчики в системі автоматичного паркування, системі допомоги під час зміни смуги мають дальність дії до 4,5 м [5].

Електричний сигнал з датчиків поступає в блок управління, де відбувається його обробка (порівняння з еталонними значеннями) і при відхиленні від заданих параметрів (при знаходженні перешкоди в мертвій зоні) сигнал з блоку управління подається на LED-індикатори і на дисплей, де відображується сторона, з якою виявлена перешкода і відстань до неї.

При включенні сигналу повороту на додаток до всього подається звуковий сигнал.

Не дивлячись на безперечні переваги, ультразвуковий датчик має серйозні функціональні обмеження. Працездатність датчика і відповідно точність свідчень знижуються в поганих погодних умовах (дощ, сніг, лід) і при забрудненні. Сенсор може пропустити дрібні предмети (стійки обгороджування), поверхні, що мають низьку здатність відображати сигнал. Датчик може невірно працювати при русі автомобіля по крутому схилу, коли поверхня землі сприймається як перешкода. Але як вже було сказано раніше, його головною перевагою є ціна.

2 спеціальних світлових LED-індикатора призначені для візуальної сигналізації про небезпеку (рисунок 2.18). Прилади мають невеликі розміри і встановлюються в салоні автомобіля. Якщо при включенні сигналу повороту система виявить поблизу небезпечний об'єкт, відповідний індикатор (правий або лівий) почне блимати.



Рисунок 2.18 – LED-індикатор [21]

Для звукових і графічних сповіщень про небезпеку система комплектується мультифункціональним кольоровим дисплеєм LCD з вбудованим динаміком (рисунок 2.19). Дисплей має компактні габарити і може встановлюватися в будь-якому зручному для перегляду місці, не

обмежуючи при цьому огляд водієві. Схема роботи графічних сповіщень на дисплеї інформує водія про відстань до перешкоди (з відображенням дистанції), і попереджає, з якого боку поступає сигнал про виявлення небезпечного об'єкту.

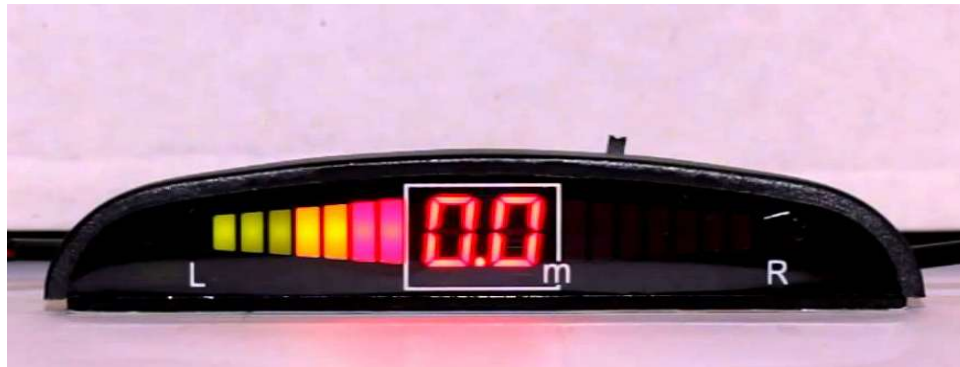


Рисунок 2.19 – Загальний вигляд LCD дисплея [21]

Система включає блок обробки сигналів з датчиків (рисунок 2.20), який працює по інтелектуальному алгоритму із захистом від помилкових спрацьовувань. Блок може розпізнавати специфіку перешкоди в сліпій зоні, ігноруючи об'єкти, які не представляють потенційної загрози зіткнення, наприклад, автопоїзда, дорожні обгороджування, паралельно рухомі автомобілі і ін. Такий принцип роботи дозволяє оповіщати водія лише про реальну небезпеку і повністю виключити помилкові спрацьовування системи.

Система контролю сліпих зон повністю сумісна з будь-яким автомобілем і комплектується всім необхідним (рисунок 2.21) для підключення і подальшої експлуатації (таблиця 2.1).



Рисунок 2.20 – Загальний вигляд блоку обробки сигналів [21]

Інструкція з роботи системи контролю сліпих зон:

- Якщо перешкоду бачать одночасно і передній датчик і задній – система мовчить (дозволяє системі не реагувати на відбійники, припарковані авто, паралельно рухомий потік машин і так далі).
- Якщо перешкода бачить спочатку передній датчик, потім задній – система мовчить (ми обігнали автомобіль, ми його бачили і знаємо, що він збоку від нас).
- Якщо перешкода бачить спочатку передній датчик, потім задній і об'єкт знаходиться в зоні видимості заднього датчика більше 5 секунд, система почне сигналізувати про об'єкт в «сліпій» зоні.
- Якщо в зоні видимості переднього датчика вільно, а в зоні видимості заднього з'явився об'єкт – система сигналізуватиме про перешкоду в «сліпій» зоні (саме той найнебезпечніший випадок, про який система і повинна інформувати водія) [9].

Таблиця 2.1 – Характеристики системи допомоги під час зміни смуги

Основні характеристики	
Напруга живлення	DC 12V/24V
Струм споживання	<300 мА
Основні характеристики	
Температура експлуатації	-30°C – +70°C
Комплектація	4 ультразвукових сенсора, 2 бічних LED індикатора, центральний дисплей, центральний блок управління, монтажний комплект.
Сумісність з автомобілем	Універсальна
Сенсори	
Ультразвукова частота	40 кГц
Максимальна відстань виявлення об'єкту	<3 м
Швидкість виявлення об'єкту	0,1 сек
Місце установки	Передній і задній бампери автомобіля
Алгоритм захисту від помилкових спрацьовувань	Так
Габарити	87x83x25 мм
LED-індикатори	
Колір індикації	Червоний

Продовження таблиці 2.1

LED-індикатори	
Система індикації	3 режиму індикації, залежно від відстані від автомобіля до перешкоди: 2 р/с, 4 р/с, безперервно.
Місце установки	Бічні дзеркала/Передні бічні стійки салону
Дисплей	
Тип відображення	Трьохкольоровий LCD
Вбудований динамік	Так, з функцією відключення
Колір індикації	Червоний/жовтий/зелений
Відображення дистанції до об'єкту	Так
Габарити	70x18x37 мм



Рисунок 2.21 – Комплектація системи контролю «мертвих зон» [21]

Проаналізувавши вищесказане можна зробити висновок, що «мертві зони» – це бічні області довкола автомобіля, при попаданні в які будь–який об'єкт стає невидимим в бічні дзеркала. Контролювати такі зони, покладаючись на власні сили і досвід, неможливо, у зв'язку з конструктивними особливостями будь–якого транспорту. Таким чином система контролю сліпих зон – це активний комплекс допоміжного устаткування, яке своєчасно попереджає водія про виявлення об'єкту в сліпій зоні, тим самим значно підвищуючи безпеку при русі автомобіля.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

3.1 Дослідження зміни витрати палива і гальмівного шляху залежно від тиску повітря в шинах

В ході дослідження були проведені тест-виміри витрати палива залежно від тиску в шинах. Для тесту був вибраний автомобіль з об'ємом двигуна 1,6л, без наддуву.

Базовий тиск, що рекомендується заводом – 2,3 атм. Окрім виміру витрати палива при різному тиску, також був визначений гальмівний шлях автомобіля.

Якщо стежити за тиском і витримувати рекомендації заводу виробника автомобіля, то автовласник отримує оптимальну економічність і збалансовані зчіпні характеристики автошини. Автомобіль упевнено керується, без запізнювання на обертання рульового колеса. Витрата палива в міському циклі – 8,8 л/100 км., гальмівний шлях на сухому асфальті – 40,4 м. Якщо тиск в шинах складе 2,8 атм, то витрата палива знизиться на 0,2 л/100 км. Гальмівний шлях залишиться практично незмінним – 40,3 м (рисунок 3.1).

Висновки:

1. Водій зможе їздити активніше, небагато економити паливо при сталих швидкостях руху. Шини менш схильні до пошкодження при русі по дорогах з поганим покриттям.

2. Центральна частина шини зношуватиметься швидше, комфорт при русі знизиться із-за погіршення амортизаційних властивостей покриття.

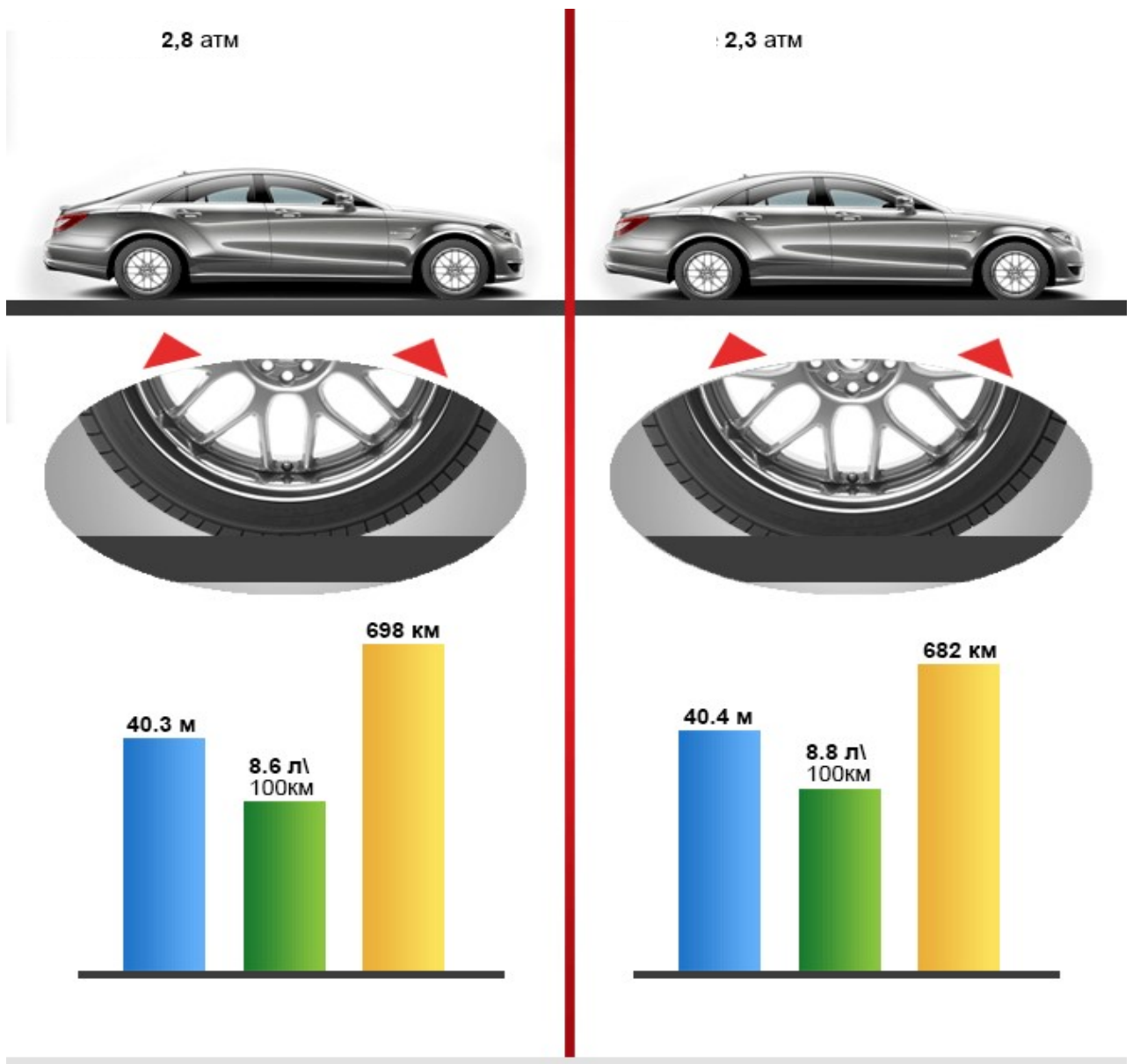


Рисунок 3.1 – Порівняння витрати палива [■], гальмівного шляху [■] і пробігу на одному баку пального [■] при нормальному тиску і при підвищеному [25]

Якщо понизити тиск до 1,8 атм, то гальмівний шлях зменшиться на 1 м до 39,4 м, але витрата палива зросте на 0,7 л на 100 км (рисунок 3.2). З врахуванням сьогоднішньої (за станом на 31.10.2018) вартості палива марки А95 35 грн./л – ця перевитрата в грошовому еквіваленті складатиме 24,5 грн./100 км.

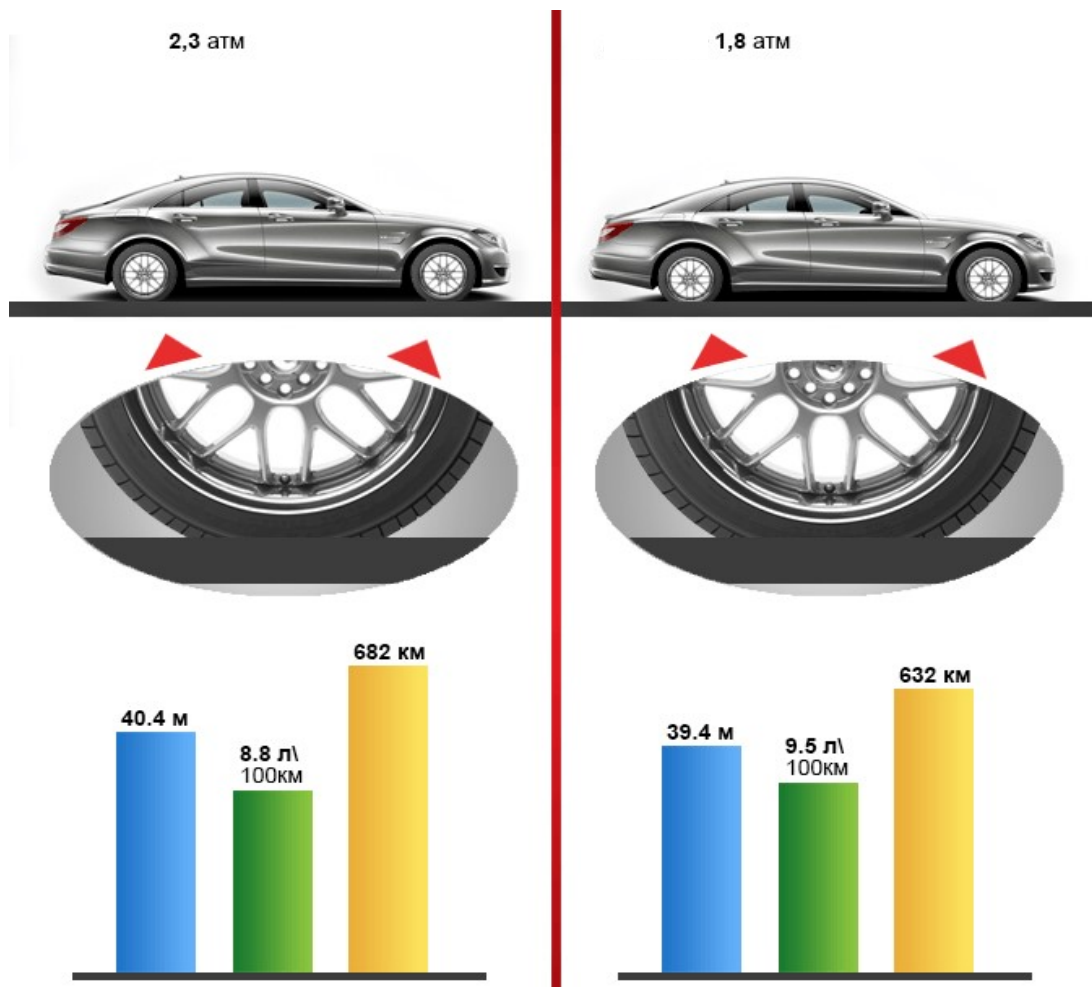


Рисунок 3.2 – Порівняння витрати палива [■], гальмівного шляху [■] і пробігу на одному баку пального [■] при нормальному тиску і при зниженому [25]

Також в плані витрати палива великий вплив має критично низький тиск в шині, це буває, коли водій не помітив вчасно прокол однієї з шин і продовжує експлуатацію автомобіля на злегка спущеному колесі. Безкамерна шина при малому пошкодженні може втрачати тиск не один день. У результаті одне заднє колесо з частковою втратою тиску в межах 50 % дає різкий стрибок у витраті палива. У міських умовах при коротких поїздках з невеликою швидкістю водій може тривалий час не помічати погіршення керованості автомобіля.

Підсумок експерименту такий: одна спущена шина до тиску в 1 атм. здатна збільшити витрату палива до 30% (рисунок 3.3). Замість базових 8,8 л/100 км. автомобіль починає витрачати 11,5 літрів на 100 км [26].

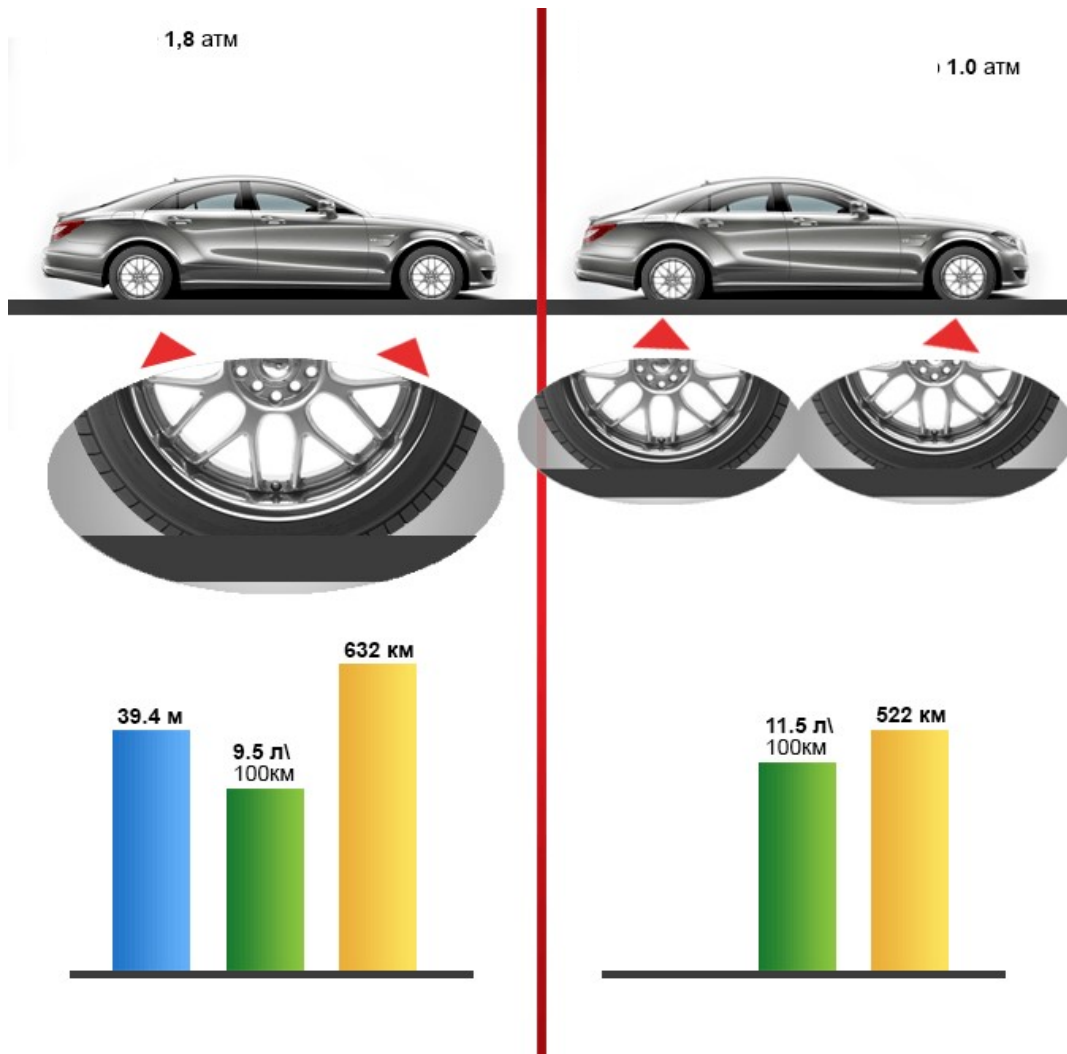


Рисунок 3.3 – Порівняння витрати палива [] і пробігу на одному баку пального [] при недостатньому тиску і критичному тиску повітря в одному з коліс [25]

Якщо передбачити, що автомобіль за 1 рік проїде 30000 км., то при середньому збільшенні витрати палива на 0,7 л/100 км. отримуємо:

$$(0,7/100) \cdot 30\ 000 = 210 \text{ літрів};$$

$$210 \text{ л} \cdot 35 \text{ грн/л} = 7350 \text{ грн.}$$

Для порівняння 210 літрів при замському режимі їзди – це більше 2500 км. пробігу.

З проведеного дослідження можна зробити наступний висновок: підтримка оптимального тиску в шинах – застáva не лише безпеки руху, високого ресурсу покриток і відмінної керованості автомобіля, але і

економічно виправданий крок. Наприклад, проїжджаючи в рік 30 000 км. лише при підтримці необхідного тиску в шинах, що рекомендується заводом виробником, можна заощадити значні кошти.

Також були проаналізовані дані двох експериментів для інших автомобілів.

Для першого експерименту був вибраний автомобіль «Лада-112» на шинах Kleber Viaxer розмірністю 175/70R13. Навантаження – водій і оператор. Перед тестом шини прогрівалися шляхом пробігу автомобіля на дистанцію 10 км. Були виміряні наступні параметри для нормального, зниженого і підвищеного тиску в шинах: вибіг, гальмівний шлях, швидкість при виконанні «переставки», витрата палива, а також суб'єктивні оцінки поведінки автомобіля на дорозі.

Процес проведення маневру «переставка» виглядає таким чином: тестовий автомобіль з певною маркою шин, яка невідома водієві, здійснює маневр по об'їзду конусів, розставлених так, щоб утворювати криволінійний коридор. По суті, емулюється об'їзд раптово виниклої перешкоди з поверненням на свою смугу руху. Проводиться серія подібних заїздів для зменшення впливу «людського чинника». Заміряється максимальна швидкість виконання. Після цього на автомобілі із зміненими параметрами шин повторюється ця ж вправа. Природно, що на максимальну швидкість маневру окрім шин впливають безліч інших чинників – починаючи від конструкції і стану підвіски, закінчуючи водійськими навиками пілота. Але сам факт того, що заїзд виконується одним і тим же водієм на одному і тому ж автомобілі, дозволяє вважати порівняльні результати коректними, оцінюючи по ним зчипні властивості шин.

Вибігання – несталий режим роботи машини при швидкості, що поступово зменшується, після відключення двигуна або іншого джерела руху. Під час вибігання рух продовжується за інерцією, кінетична енергія витрачається на подолання тертя, опори зовнішнього середовища і тому подібне. Кількісно вибігання може вимірюватися в одиницях часу до зупинки,

пройденої відстані (наприклад, для автомобіля), кута повороту, кількості зворотів і тому подібне З величини вибігу можна судити про ККД роботи машини (механізму): чим більше величина вибігу, тим менше енергії витрачається на подолання сил опору руху [10].

За результатами цього тесту були отримані наступні дані, приведені в таблиці 3.1.

Вправа	Тиск, атм.		
	2,0	1,5	2,5
Вибіг зі швидкості 80 км/год, м	1175	1108	1232
Гальмівний шлях зі швидкості 100 км/год, м	46,0	44,8	45,9
Швидкість при виконанні «переставки», км/год	65,9	64,8	66,9
Оцінка плавності ходу, бал	8	9	6
Оцінка курсової стійкості, бал	8	7	8
Оцінка керованості, бал	8	6	7
Оцінка зручності гальмування, бал	8	9	7
Витрата палива %	100	102	98,4

Таблиця 3.1 – Результати вимірів і оцінок тесту

Виходячи з цього тесту висновки наступні: відхилення тиску в шинах в ту або іншу сторону, не лише впливає на опір коченню, але і руйнує баланс споживчих якостей автомобіля. До того ж при будь-якому аномальному тиску протектор зношується нерівномірно. В приспущених шин інтенсивніше зношуються краї – плечова зона, а в перекачаних – середня частина протектора. Виходить, що в шинах слід підтримувати той тиск, що рекомендує виробник автомобіля.

У другому експерименті брав участь автомобіль «Opel Omega» 2.5V6, шини 225/55R16. Стандартний тиск 2,2 атм. Витрата палива при нормальному тиску в шинах в міських умовах склала 13,8 л/100 км. Після цього тиск в шинах знизили до 1,65 атм. Візуально низькопрофільні шини з відносно жорсткою боковиною не виглядали явно спущеними. При цьому

витрата палива підвищилася до 15,5 л/100 км. Легші автомобілі не так сильно реагують на зниження тиску підвищеною витратою палива, а у важчих автомобілів витрата палива помітно підвищується [17]. В даному випадку при зниженні тиску повітря в шинах на 25 %, витрата палива збільшилася на 12 %.

3.2 Розрахунок витрати палива залежно від тиску повітря в шинах

Витрата палива автомобіля в значній мірі залежить від тиску повітря в шинах, оскільки він визначає опір коченню колеса. Опір коченню показує, наскільки сильне тертя, яке виникає на поверхні стику коліс з ґрунтом. Найбільший вплив на тертя мають властивості шини, яка під час їзди піддається деформації. Наслідком цього є втрата енергії у вигляді тепла. Мінімальний опір коченню, забезпечує меншу витрату енергії. Результатом є мінімальний вжиток палива.

Високий опір коченню, може бути викликано недостатнім тиском в шині. Воно збільшує провисання і меншу стабільність блоків протектора при контакті з дорогою. Тиск нижче 1 атм від рівня, що рекомендується, викликає більше опір коченню приблизно на 30 відсотків. Наслідком цього є збільшення витрати палива. Нестача повітря в шинах викликає непотрібне застосування сили при обертанні колеса і як наслідок паливна економічність автомобіля знижується.

Під паливною економічністю автомобіля розуміють сукупність властивостей, що визначають раціональне використання енергії палива, що спалюється двигуном при експлуатації в різних умовах. Паливна економічність є важливою експлуатаційною властивістю, тому що витрати на паливо складають значну частину загальної собівартості перевезень. Чим менша витрата палива, тим нижча вартість експлуатації автомобіля.

Розмір і тип шин безпосередньо відбиваються на експлуатаційних властивостях автомобіля. Радіус автомобільного колеса з еластичною шиною

не залишається постійним при зміні режиму роботи автомобіля. В зв'язку з цим при аналізі експлуатаційних властивостей розрізняють декілька різних радіусів колеса (рисунок 3.4).

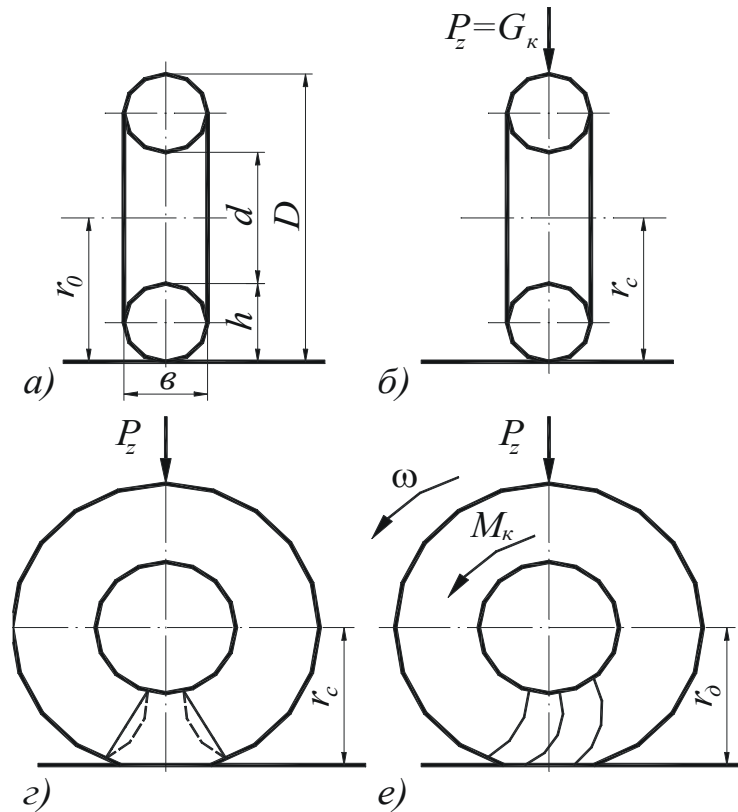


Рисунок 3.4 – Схема автомобільного колеса [4]:

а – у вільному стані; б, г – навантаженого вертикальною силою P_z ;
 е – навантаженого вертикальною силою P_z і крутним моментом M_k

Динамічний радіус (рисунок 3.4 е) r_d – відстань від осі колеса до площини, по якій воно котиться, при дії вертикального навантаження і крутного моменту. На рисунку 3.4, г умовно показано як відбувається скривлення ліній, нанесених на бічині шини при нерухомому колесі й у випадку підведення до нього крутного моменту $M_{кр}$. В першому випадку ми бачимо симетричну картину щодо вертикальної осі (пунктирні лінії), в іншому випадку ці лінії викривляються за рахунок закручування шини в тангенціальному напрямку. Динамічний радіус зменшується при збільшенні вертикального навантаження, величини переданого крутного моменту,

зниження внутрішнього тиску повітря в шині і збільшується із зростанням частоти обертання колеса. Останнє пов'язано з розтяганням шини в радіальному напрямку в результаті дії інерційних сил.

Також встановлено, що на величину коефіцієнта опору коченню впливає тип покриття дороги і її стан, швидкість руху, тиск повітря в шинах, температура шини, навантаження на колесо, конструктивні особливості шини, моменти і сили, що діють на колесо. Зі збільшенням швидкості руху колеса коефіцієнт f , як правило, зростає. Причому на рівних дорогах, при зміні швидкості від нуля до 70 – 80 км/год, збільшення f невелике і може вважатися постійним. Починаючи з 80 – 90 км/год (рисунок 3.5) навіть на рівних дорогах коефіцієнт f починає швидко збільшуватися.

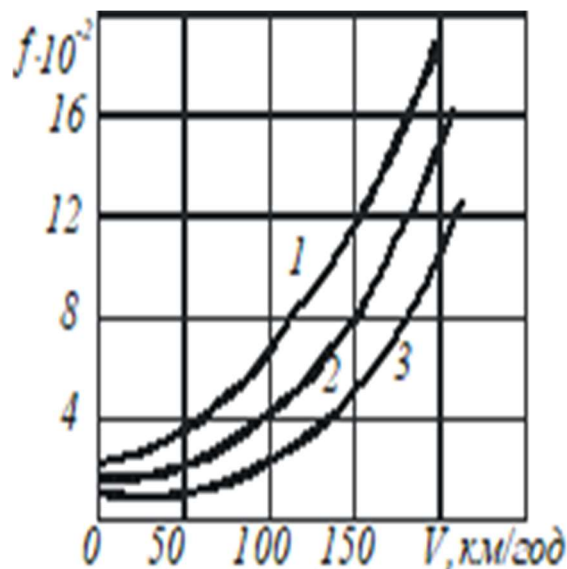


Рисунок 3.5 – Залежність коефіцієнта опору коченню від швидкості руху при різних значеннях тиску повітря в шині (1–3 відповідно 0,15; 0,25 та 0,3 МПа) [4]

Причина полягає в тому, що при високій швидкості руху протектор шини після виходу з контакту не встигає відновлювати свою форму і це супроводжується коливаннями каркаса шини за межами плями контакту. Подальше збільшення швидкості руху автомобіля призводить до появи так званої «стоячої хвилі» (радіальні коливання протектора), при наявності якої шина може зруйнуватися.

Математичні моделі витрати палива можна побудувати шляхом синтезу рівнянь руху автомобіля і різних характеристик режимів роботи двигунів.

Рівняння витрати палива в л/100 км. можна отримати з вираження [28]:

$$Q = 100 \cdot Q_1 / (V_a \cdot \rho_T), \quad (3.1)$$

де Q_1 – годинна витрата палива, кг/год;

V_a – швидкість руху автомобіля, км/год;

ρ_T – щільність палива, г/см³.

Перетворивши рівняння (3.1), підставивши в нього Q_1 і інші відомі змінні отримаємо наступну формулу для визначення витрати палива в л/100 км.:

$$Q = \frac{7,95 \cdot V_h \cdot i_0 \cdot i_k}{\eta_i \cdot H_H \cdot \rho_T \cdot r_k} \cdot \left[a + \frac{0,087 \cdot b \cdot S_n \cdot i_0 \cdot i_k \cdot V_a}{r_k} + 12,56 \cdot \frac{r_k}{V_h \cdot i_0 \cdot i_k \cdot \eta_{TP}} \cdot (G_a \cdot \psi + 0,077 \cdot kF \cdot V_a^2 \pm 0,1 \cdot \beta \cdot G_a \cdot V_a) \right] \frac{\text{л}}{100 \text{ км}}. \quad (3.2)$$

У загальному вигляді рівняння витрати палива можна представити так:

$$Q = \frac{1}{\eta_i} \cdot [A \cdot i_k + B \cdot i_k^2 \cdot V_a + C \cdot (G_a \cdot \psi + 0,077 \cdot kF \cdot V_a^2 \pm 0,1 \cdot \beta \cdot G_a \cdot V_a) \cdot V_a] \frac{\text{л}}{100 \text{ км}}, \quad (3.3)$$

$$\text{де } A = \frac{7,95 \cdot a \cdot V_h \cdot i_0}{H_H \cdot \rho_T \cdot r_k}, B = \frac{0,69 \cdot b \cdot V_h \cdot S_n \cdot i_0^2}{H_H \cdot \rho_T \cdot r_k^2}, C = \frac{100}{H_H \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}}.$$

З врахуванням чисельних значень, а і b коефіцієнти А і В для інжекторних двигунів будуть рівні:

$$A = \frac{358 \cdot V_h \cdot i_0}{H_H \cdot \rho_T \cdot r_k}, B = \frac{9 \cdot V_h \cdot S_n \cdot i_0^2}{H_H \cdot \rho_T \cdot r_k^2}.$$

Як видно з наведених вище формул, витрата палива істотно залежить від радіусу кочення колеса. З основного рівняння видно, що r_k входить в знаменник першого і другого доданку в першому і другому ступенях. Для вибраного автомобіля, при $\eta_i = 0,3$; $\psi = 0,02$; $G_a = 16284$ Н и $i_k = 1$ рівняння витрати палива з врахуванням радіусу кочення колеса і коефіцієнтів А, В і С матиме наступний вигляд:

$$Q = \left(\frac{0,31}{r_k} + 0,0084 \cdot \frac{V_a}{r_k^2} + 0,0063 \cdot G_a \cdot \psi + 0,0021 \cdot V_a^2 \right) \frac{\text{л}}{100 \text{ км}} \quad (3.4)$$

Із зменшенням радіусу кочення колеса на 10% за рахунок зносу протектора витрата палива збільшується на 7%. При зменшенні тиску повітря збільшується коефіцієнт опору коченню, тому витрата палива зростає набагато більше.

Для практичних розрахунків r_k можна використовувати наступну формулу [27]:

$$r_k = (0,52 \cdot d_{\text{ш}} + 0,93 \cdot B_{\text{ш}}) \quad (3.5)$$

де $d_{\text{ш}}$ – діаметр обода;

$B_{\text{ш}}$ – ширина профіля.

Так, для вибраного автомобіля з шинами 175/70R14 по формулі 3.5 можна порахувати радіус кочення:

$$r_k = (0,52 \cdot 355,6 + 0,93 \cdot 122,5) = 0,299 \approx 0,3 \text{ м.}$$

Проведемо розрахунки по зміні витрати палива автомобіля залежно від швидкості руху ($V=108$ км/год, $V=80$ км/год, $V=60$ км/год, $V=40$ км/год) і радіусу кочення колеса ($r_k=0,3$ м, $r_k=0,285$ м, $r_k=0,27$ м, $r_k=0,255$ м, $r_k=0,24$ м) по формулі (3.4). V_a – швидкість автомобіля (приймається 60% максимальної паспортної швидкості для еталонного варіанту), км/год.

$$Q = \left(\frac{0,31}{0,3} + 0,0084 \cdot \frac{29,4}{0,09} + 0,0063 \cdot 16284 \cdot 0,02 + 0,0021 \cdot 864,4 \right) \\ = 7,64 \frac{\text{л}}{100 \text{ км}}$$

Після розрахунку дані зводимо до таблиці 3.2 та будуємо графіки залежності витрат палива від швидкості та радіусу кочення (рисунок 3.6).

Таблиця 3.2 – Залежність витрати палива від швидкості руху і радіуса кочення колеса, л/100 км.

Швидкість руху, км/год / Радіус кочення колеса, м	$V=106$	$V=80$	$V=60$	$V=40$
$r_k = 0,3$ (нормальний)	7,64	6,19	5,22	4,38
$r_k = 0,285$ (зменшено на 5 %)	8,00	6,48	5,45	4,55
$r_k = 0,27$ (зменшено на 10 %)	8,40	6,79	5,70	4,74
$r_k = 0,255$ (зменшено на 15 %)	8,88	7,17	6,01	4,96
$r_k = 0,24$ (зменшено на 20 %)	9,45	7,62	6,36	5,22

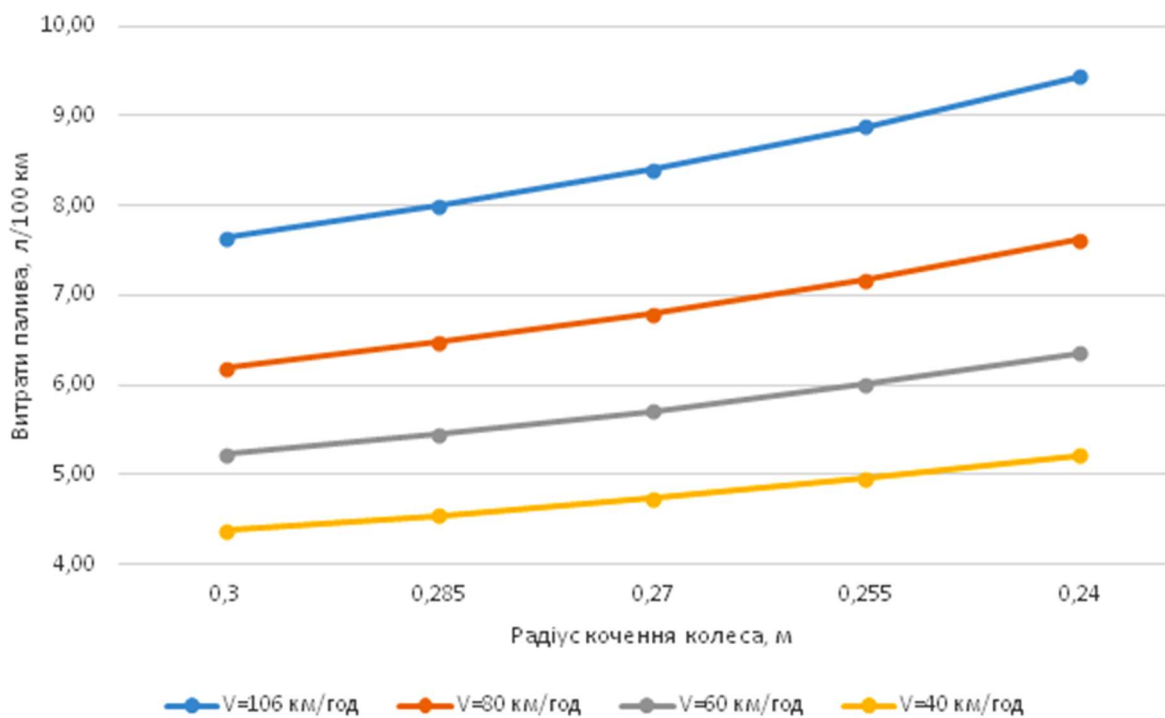


Рисунок 3.6 – Залежність витрат палива від швидкості руху та радіусу кочення колеса

Проаналізував отримані дані, можна зробити висновок, що чим більша швидкість руху та менший радіус колеса (через недостатній тиск в шині), тим більше палива треба автомобілю для руху. Так, наприклад, на швидкості 80 км/год при недостатньому тиску, коли радіус кочення колеса зменшується на

10% від номінального витрата палива зростає на 10% або на 0,6 л/100 км. в даному випадку.

3.3 Дослідження стійкості і керованості автомобіля при зміні тиску повітря в шині

Керованість, як і стійкість, пов'язана з безпекою руху автомобіля. Досить часто при втраті автомобілем керованості порушується і його стійкість і навпаки. В зв'язку з цим керованість автомобіля часто розглядають як окремий випадок загальної задачі його стійкості. Автомобіль повинен мати добру керованість на будь-якому періоді експлуатації.

Керованість залежить від бічної еластичності шин коліс, стабілізації керованих коліс їхніх коливань і відповідності кінематики підвіски керованих коліс кінематиці кермового приводу. Крім того, вона залежить від зовнішніх умов (поперечного ухилу дороги, величини коефіцієнта зчеплення шин з дорогою, бічного вітру і т.п.).

Для оцінки керованості існує досить багато оціночних показників. До числа, основних оціночних показників, передбачених національними стандартами і Правилами КВТ ЄЕК ООН, відносять:

- стійкість керування траєкторії;
- стійкість курсового керування;
- стійкість керування траєкторій при гальмуванні;
- стійкість курсового керування при гальмуванні;
- граничну швидкість виконання маневру “перестановка” $V_{пр}$, км/год;
- швидкість на початку зниження стійкості керування траєкторією $V_{тр}$, км/год;
- швидкість початку зниження стійкості курсового керування $V_{курс}$, км/год.

Розглянемо від чого залежить стійкий рух автомобільного колеса. Припустимо, що на тверде колесо діє тільки вертикальне навантаження $P_z =$

G_k і бічна сила P_y при відсутності дотичних сил в площині кочення колеса (рисунок 3.7). Тоді максимальне граничне по зчепленню значення бічної сили визначається співвідношенням

$$P_{y_{\max}} = \varphi P_z = \varphi \cdot G_k. \quad (3.6)$$

Скориставшись формулою 3.6 визначаємо максимальне граничне по зчепленню значення бічної сили для нашого автомобіля (для 1 колеса):

$$P_{y_{\max}} = 0,7 \cdot 4071 = 2850 \text{ Н}$$

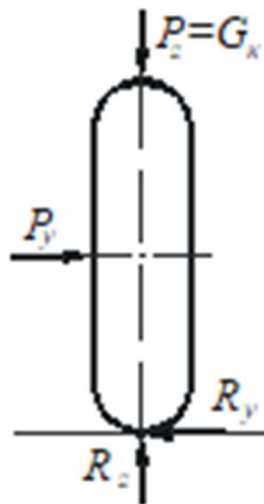


Рисунок 3.7 – Схема сил, що діють на жорстке нерухоме колесо [4]

Реальна шина – це не ідеальне колесо, яку є жорстким в бічному напрямку, а має еластичність і деформується під дією бічної сили (рисунок 3.8).

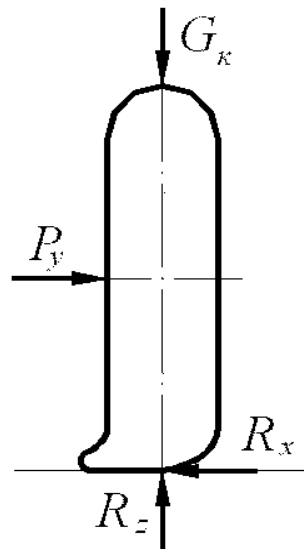


Рисунок 3.8 – Схема сил, що діють на еластичне колесо [4]

При коченні такого колеса площина його обертання буде зміщатися в напрямку дії бічної сили і траєкторія переміщення центру колеса буде відхилятися від осьової площини колеса, як показано на рисунку 3.9.

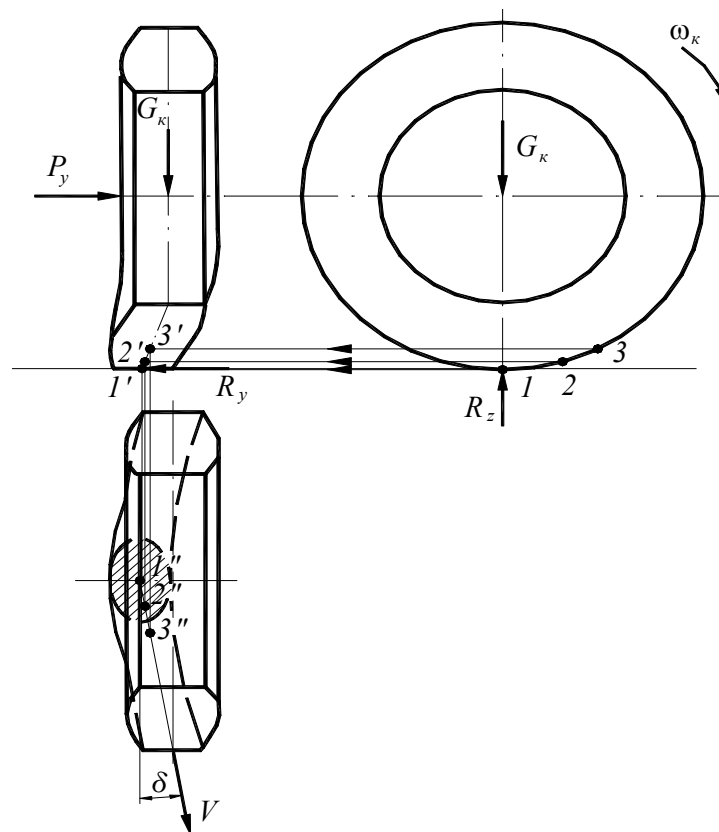


Рисунок 3.9 – Схема кочення еластичного колеса з бічним відведенням [4]

Кожна наступна точка контакту 1 – 2 – 3, в наслідок зігнутості осьової площини шини в зоні, близької до майданчика контакту, буде входити в контакт із бічним зсувом і відповідно площина переміщення центру колеса буде розташовуватися під кутом δ до середньої площини колеса. Це явище називають бічним відведенням еластичного автомобільного колеса, що котиться, завантаженого – бічною силою, а кут δ – кутом бічного відведення.

Кут бічного відведення при коченні еластичного колеса залежить від різних факторів, але перш за все від бічної жорсткості шини і діючої на колесо бічної сили. Максимальні кути відведення шин складають $12^\circ - 20^\circ$.

Відношення бічної сили до кута відведення, називається коефіцієнтом опору відведенню колеса k_δ [18].

$$k_\delta = \frac{P_y}{\delta} \quad (3.7)$$

$$k_\delta = \frac{11299}{0,3142} = 35,9 \text{ кН/рад}$$

Коефіцієнт опору відведенню в основному залежить від розмірів і конструкції колеса, тиску повітря в шині, типу і стану дорожнього покриття, нормального навантаження, прикладеної до колеса тангенціальної сили та деяких інших факторів. Значення коефіцієнта k_δ для шин легкових автомобілів складає $15 - 60$ кН/рад.

Стійкість автомобіля тісно пов'язана з керованістю і залежить від координат центру мас автомобіля (a , b , h_g), колії B і бази L автомобіля, поперечного крену кузова чи вантажної платформи, поперечного і подовжнього кутів ухилу дороги, бічного вітру, швидкості автомобіля, кута θ повороту керованих коліс та ін. Оцінними показниками стійкості є критичні параметри руху (рисунок 3.10). Загальноприйнятої системи оцінних

показників стійкості немає, тому при розгляді фізичних процесів приймають чотири основних показники:

- максимальна (критична) швидкість руху $V_{к.п}$ криволінійною траєкторією, що відповідає початку поперечного перекидання автомобіля;
- максимальна (критична) швидкість руху $V_{к.к}$ криволінійною траєкторією, що відповідає початку поперечного ковзання автомобіля;
- максимальний (критичний) кут косоугору β_n , що відповідає початку перекидання автомобіля;
- максимальний (критичний) кут косоугору β_k , що відповідає початку поперечного ковзання коліс.

Крім приведених оціночних показників додатково використовують й інші, що прямо або побічно характеризують стійкість:

- критичні кути подовжнього ухилу по ковзанню і перекиданню;
- коефіцієнт поперечної стійкості;
- кут статичної стійкості по перекиданню;
- кут крену;
- швидкість появи курсових коливань;
- швидкість початку зниження стійкості проти перекидання.

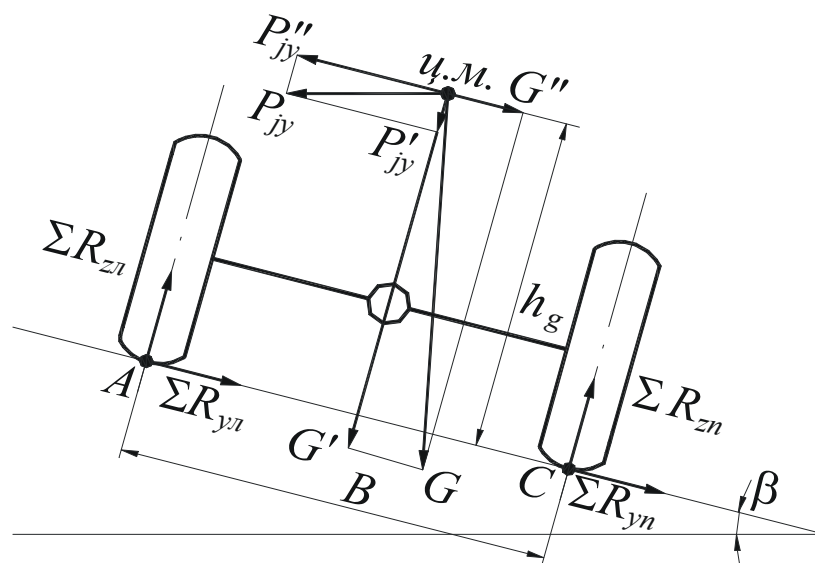


Рисунок 3.10 – Схема сил, що діють на автомобіль в поперечній площині [4]

Втрата стійкості виявляється в перекиданні автомобіля чи ковзанні його коліс в поперечній чи подовжній площині. Більш ймовірною є втрата автомобілем поперечної стійкості, однак в певних умовах можливою є втрата і подовжньої стійкості. Частіше виникає ковзання коліс, рідше – перекидання.

Для визначення критичної швидкості за умовою перекидання можна скористатися наступною формулою:

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{B + 2h_g \cdot \operatorname{tg}\beta}{2h_g - B \cdot \operatorname{tg}\beta}} \cdot g \cdot R. \quad (3.8)$$

Вочевидь, що чим менший кут β поперечного ухилу дороги і радіус повороту R і чим більша висота h_g центру мас автомобіля, тим нижчою є критична швидкість за умовою перекидання і тим імовірніше перекидання автомобіля. Тому на закругленнях (віражах) при поворотах полотно автомобільної дороги матиме поперечний ухил до її середини, що дозволяє автомобілям рухатися з більш вищими швидкостями без небезпеки перекидання [15].

При повороті на горизонтальній дорозі ($\beta = 0$) із (3.8) маємо

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{B}{2h_g}} \cdot g \cdot R. \quad (3.9)$$

Тоді розрахуємо для радіусів повороту 12, 20, 50 м по формулі 3.9:

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{1,5}{2 \cdot 0,7}} \cdot 9,81 \cdot 12 = 40 \text{ км/год}$$

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{1,5}{2 \cdot 0,7}} \cdot 9,81 \cdot 20 = 52 \text{ км/год}$$

$$V_{\text{кл}} = \sqrt{\frac{1,5}{2 \cdot 0,7} \cdot 9,81 \cdot 50} = 82 \text{ км/год}$$

Варто пам'ятати, що у вищенаведених формулах значення B , h_g , R подаються в метрах, а g – м/с^2 , тому критична швидкість руху автомобіля виразиться в м/с .

Для того, щоб визначити максимальний кут поперечного ухилу дороги, при якому можливий прямолінійний ($R=\infty$) рух автомобіля без перекидання, необхідно скористатися наступним рівнянням:

$$\text{tg}\beta_{\text{max}} = \frac{B}{2h_g} \quad (3.10)$$

$$\text{tg}\beta_{\text{max}} = \frac{1,5}{2 \cdot 0,7} = 1,07$$

Якщо реальний кут $\beta > \beta_{\text{max}}$, то автомобіль перекинеться, а якщо $\beta < \beta_{\text{max}}$, то його поперечна стійкість збережеться. В даному випадку $\beta_{\text{max}} = 47^\circ$.

Із залежностей (3.9) і (3.10) випливає, що стійкість автомобіля тим краща, чим ширша колія B і нижче розташований центр мас h_g . Величину $B/2h_g$, що характеризує поперечну стійкість, називають коефіцієнтом поперечної стійкості η_δ . Бажано, щоб коефіцієнт поперечної стійкості був якомога вищий. Для існуючих конструкцій автомобілів η_δ змінюється в таких межах: легкові – 0,9 – 1,2; вантажні – 0,55 – 0,80; автобуси – 0,50 – 0,60.

Для одержання критичної швидкості $V_{\text{кк}}$ за умовою поперечного ковзання використовуємо рівняння (3.11):

$$V_{\text{кк}} = \sqrt{\frac{\varphi_y + \text{tg}\beta}{1 - \varphi_y \cdot \text{tg}\beta} \cdot g \cdot R} \quad (3.11)$$

Вочевидь, що чим більший кут β поперечного ухилу дороги, значення коефіцієнта зчеплення φ_y і радіус руху автомобіля на повороті, тим нижча критична швидкість за умовою поперечного ковзання, тим імовірніше ковзання коліс автомобіля. Збільшення кута β поперечного ухилу дороги збільшує $V_{к.к}$, підвищуючи стійкість автомобіля проти ковзання.

При повороті на горизонтальній дорозі ($\beta = 0$) із (3.11) одержимо

$$V_{кк} = \sqrt{\varphi_y \cdot g \cdot R}. \quad (3.12)$$

Тоді розрахуємо для радіусів повороту 12, 20, 50 м по формулі 3.12:

$$V_{кк} = \sqrt{0,7 \cdot 9,81 \cdot 12} = 32,6 \text{ км/год}$$

$$V_{кк} = \sqrt{0,7 \cdot 9,81 \cdot 20} = 42 \text{ км/год}$$

$$V_{кк} = \sqrt{0,7 \cdot 9,81 \cdot 50} = 66,7 \text{ км/год}$$

Щоб визначити максимальний кут поперечного ухилу дороги, при якому є можливим прямолінійний рух автомобіля без бічного ковзання, необхідно спочатку знайти тангенс шуканого кута:

$$\text{tg}\beta'_{max} = \varphi_y. \quad (3.13)$$

$$\text{tg}\beta'_{max} = 0,7.$$

$$\beta'_{max} = 35^\circ$$

Ковзання буде передувати перекиданню в тому випадку, якщо $V_{кк} < V_{кп}$ чи $\text{tg}\beta'_{max} < \text{tg}\beta_{max}$, то

$$\varphi_y < \frac{B}{2h_g} = \eta_\delta. \quad (3.14)$$

$$0,7 < \frac{1,5}{2 \cdot 0,7} = 1,07.$$

Для легкових автомобілів навіть на сухих дорогах із твердим покриттям умова (3.14) звичайно виконується. Але й в цьому випадку можливе перекидання, якщо ковзання коліс обмежене якою-небудь перешкодою. Перекидання вантажних автомобілів найбільш ймовірне під час перевезення вантажів малої питомої ваги, оскільки висота h_g центру мас підвищується і коефіцієнт поперечної стійкості знижується.

Втрата подовжньої стійкості виявляється в перекиданні автомобіля або ковзанні його коліс в подовжній площині. Перекидання автомобіля в подовжній площині менш вірогідне, ніж в поперечній. Найчастіше автомобіль втрачає стійкість в результаті буксування чи подовжнього ковзання (сповзання) коліс після в'їзду його за рахунок розгону на підйом, що має слизьку поверхню.

Розглянемо прискорений рух автомобіля на ухилі (рисунок 3.11), не беручи до уваги опір коченню. Перекидання можливе щодо осі, яка проходить через центри (точки В) майданчиків контакту задніх коліс з дорогою, якщо сума моментів усіх сил і реакцій, які діють відносно осі ВВ за годинною стрілкою, буде більшою суми моментів, що діють проти неї.

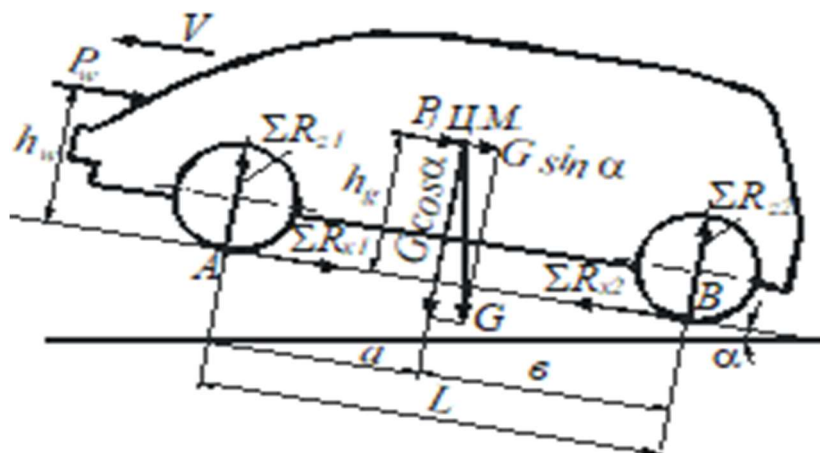


Рисунок 3.11 – Схема сил в загальному випадку руху [4]

В такому разі умова збереження подовжньої стійкості без перекидання буде мати наступний вигляд:

$$\operatorname{tg} \alpha'_{\max} \leq \frac{e}{h_g}. \quad (3.15)$$

Максимальні кути підйому, що здатні долати сучасні автомобілі, звичайно не перевищують 45° . Приймавши в (3.15) $\alpha'_{\max} = 45^\circ$, будемо мати $h_g \leq e$. Таким чином, якщо висота h_g центру мас менша його відстані від задньої осі, то автомобіль не зможе перекинутися назад. Однак на практиці перекидання може відбутися, наприклад, в результаті зсуву вантажу на вантажній платформі назад. В цьому випадку умову $h_g \leq e$ збереження подовжньої стійкості буде порушено.

Перекидання автомобіля вперед при русі під ухил у випадку різкого гальмування його коліс можливе відносно осі, яка проходить через центри майданчиків контакту передніх коліс з дорогою. Воно ще менш вірогідне, ніж перекидання автомобіля назад, тому що умова збереження подовжньої стійкості виразиться

$$\operatorname{tg} \alpha'_{\max} \leq \frac{a}{h_g}. \quad (3.16)$$

В легкових автомобілів $a \approx e$ а у вантажних a значно більше e . Тому в останніх умова (3.16) виконується з великим запасом. Однак насправді автомобіль може перекинутися вперед при русі під ухил з великою швидкістю за рахунок кінетичної енергії, якщо на шляху ковзання коліс виникне перешкода [16].

З численних факторів, що змінюються при експлуатації автомобіля, на стійкість значною мірою впливає технічний стан шин і гальмівної системи.

У міру зношення протектора шин погіршується зчеплення коліс з дорогою і збільшується імовірність бічного замету. Коефіцієнт зчеплення

шини, протектор якої зношений до повного зникнення малюнка, майже вдвічі менший коефіцієнта зчеплення нової шини.

Зміна тиску повітря в шинах впливає на зміну плями контакту шини з опорною поверхнею і на коефіцієнт опору коченню. Було встановлено, що зміна тиску на кожних 0,15 атм в діапазоні тисків повітря 1,7–2,2 атм призводить до відповідної зміни опору коченню на 5 %. Зміна у бік збільшення коефіцієнта опору коченню призводить до підвищеної витрати палива і передчасного зносу шин.

Переважну більшість небезпечних дорожніх ситуацій (до 80 – 85 %) водій ліквідує шляхом своєчасного повороту рульового колеса і зміни напрямку руху автомобіля. При цьому водій може, або, обернувши автомобіль, відвести його від небезпечної зони під кутом до початкового напрямку руху, або виїхати в сусідній ряд.

Експерименти на біговому стенді показали, що з підвищенням тиску в шині коефіцієнт опору f значно зменшується. Але, як ми знаємо, при підвищеному тиску в шині порушується оптимальна пляма контакту шини і дороги. Також надлишковий тиск в шині не лише наводить до передчасного зносу шини, але і негативно позначається на керованості і комфортабельності автомобіля. Перекачана шина може бути схильна до найбільших пошкоджень не лише при наїзді на гострі предмети (наприклад, камені), але також може ушкодитися при русі по розбитому дорожньому покритті.

Розглянемо низький тиск в шині і керованість на мокрому покритті. В недостатньо накачаній шині плечова зона зношується швидше, ніж середина протектора (рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 – Пляма контакту при недостатньому тиску в шині [8]

У накачаній по інструкції шині тиск повітря сприяє рівномірному розподілу навантаження в плямі контакту, що забезпечує стабільність структури покриття. Відомо, що це позначається на характері її зносу, опорі коченню і довговічності. Зниження тиску робить помітний вплив на опірність шини акваплануванню і зчепленню на мокрій дорозі. Здатність шини чинити опір акваплануванню залежатиме від швидкості і маси автомобіля, від малюнка і глибини протектора, від рівномірності розподілу навантаження в плямі контакту (рисунок 3.13).

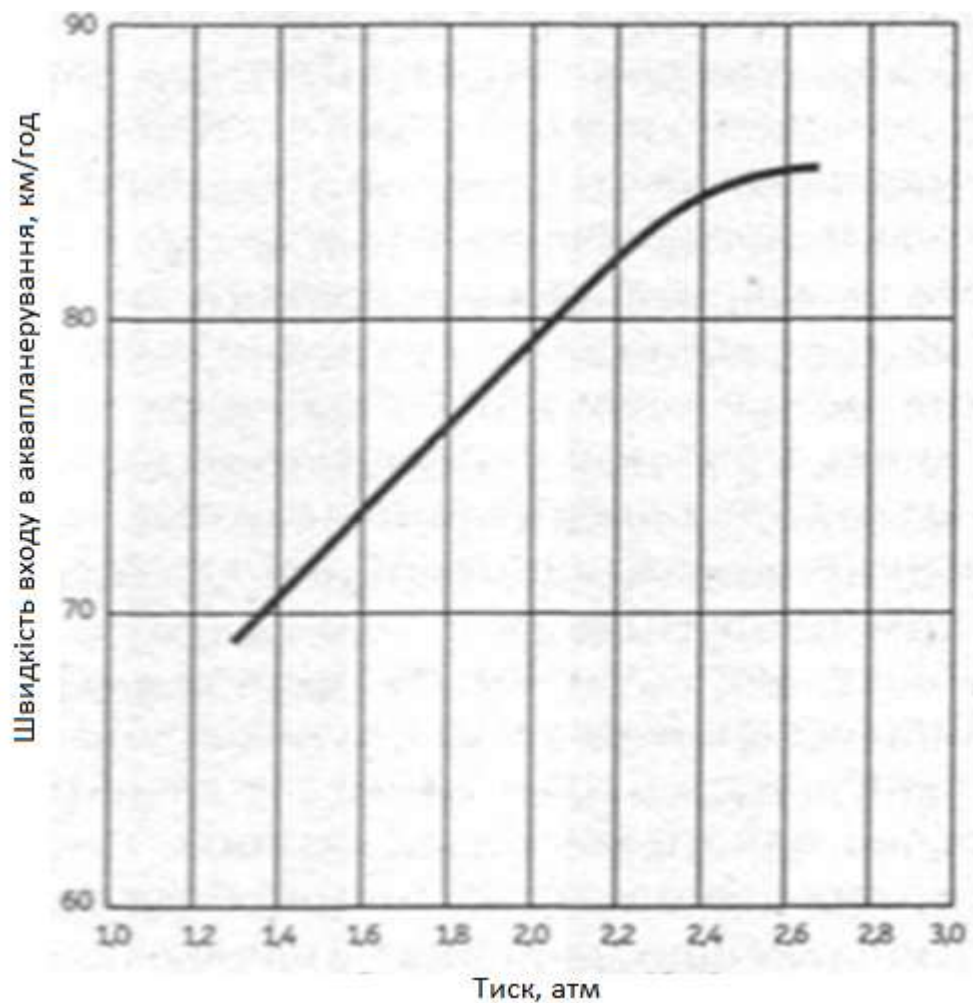


Рисунок 3.13 – Графік залежності швидкості входу в аквапланування від тиску повітря в шині [9]

Недостатньо накачана шина створює нерівномірний розподіл тиску на поверхню дороги, у зв'язку з цим погіршуються зчіпні властивості, відбувається передчасний знос шини.

Проведені дослідження, а також дані зарубіжних джерел інформації по експлуатації шин із зниженим тиском, дозволяють зробити наступні висновки:

- Недостатній тиск в шині наводить до збільшення амплітуди деформацій, підвищеного нагріву і, таким чином, втрати енергії, яка виявляється в підвищенні опору коченню і збільшенні витрати палива.
- При тиску на 20 % нижче за норму спостерігається зниження терміну служби шини в середньому на 30 %.
- При недостатньому тиску в шині вона не лише швидко зношується, але стає небезпечна: при русі більше нагрівається, руйнується її каркас. Така шина може лопнути або розбортируватись на повороті або при наїзді на перешкоду.

У зв'язку з вищевикладеним можна зробити наступний висновок: на шину в процесі кочення діють різні за значенням і напрямом сили, і аби автомобіль був досить стійкий, і керований, необхідно підтримувати нормальне тиски в шинах.

4 ВИДИ РОБІТ ПО МОДЕРНІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЯ І РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЯ І БЕЗПЕКИ РУХУ

4.1 Види робіт, що виконуються при модернізації базової комплектації автомобіля і їх трудомісткість

Трудомісткість установки системи контролю тиску повітря в шинах на легковий автомобіль складає 0,7 – 0,8 люд/год (до 0,6 – 0,7 люд/год на комплекс шиномонтажа і 0,1 – 0,2 люд/год на налаштування системи).

Трудомісткість установки системи допомоги під час зміни смуги на легковий автомобіль складає в середньому 5,5 – 6,5 люд/год залежно від автомобіля.

Для установки датчиків системи контролю тиску повітря в шинах необхідно провести комплекс шиномонтажа (рисунок 4.1):

- Демонтаж усіх коліс;
- Очищення коліс від бруду і пилу;
- Демонтаж покришок;
- Видалення штатного вентиля;
- Установка датчиків;
- Монтаж покришок на диски;
- Балансування коліс;
- Установка всіх коліс.



Рисунок 4.1 – Порядок установки системи виміру тиску повітря в шинах автомобіля [20]

Після цього цифровий модуль встановлюється в салон автомобіля з живленням від прикурювача і проводиться налаштування системи шляхом розпізнавання коліс і установки значень мінімального і максимального тиску в кожному колесі. Після цих дій система виміру тиску повітря в шинах готова до експлуатації.

Для установки системи допомоги під час зміни смуги потрібно зробити наступне:

- 1) Очистити кузов автомобіля від забруднення, особливо місця розміщення датчиків;
- 2) Забезпечити доступ для свердління і розміщення проводки. В деяких випадках внутрішня поверхня бампера і технологічних отворів досяжні навіть без часткового або повного його зняття. У інших – за ним розміщений демпфер. Тоді необхідно або повністю зняти бампер, або від'єднати до появи зручного для проведення робіт простору між ним і кузовом;
- 3) Провести необхідні виміри і нанести розмітку в тих місцях, де будуть розташовані датчики (рисунок 4.2);
- 4) Місце свердління заклеїти прозорим скотчем або пластиром для того, щоб не виникали сколи фарби і зайві задирки в області отвору. Фрезою або свердлом зробити відповідне розмірам датчика отвір в бамперах;
- 5) Протягнути дроти датчика до технологічного отвору для проводки. Встановити корпуси датчиків в просвердлені отвори міткою «UP» вгору, потім ізолювати «пучок» дротів від всіх датчиків і надійно їх зафіксувати;
- 6) Встановити LED-індикатори на бічні дзеркала або передні бічні стійки;
- 7) Розмістити блок управління системи усередині елементів дизайну інтер'єру – під стельовою обшивкою, усередині пластикових «коробів», що закривають стійки даху, під обшивкою багажника і тому подібне;
- 8) Встановити дисплей на поверхні торпедо за допомогою подвійного скотча (рисунок 4.3);
- 9) Підключити проводку системи допомоги під час зміни смуги до бортової мережі автомобіля, також підключити динамік дисплея до дротів ламп сигналів повороту, для звукового сповіщення при намірі небезпечного перестроювання;
- 10) Поставити на місце бампера, декоративні елементи салону.

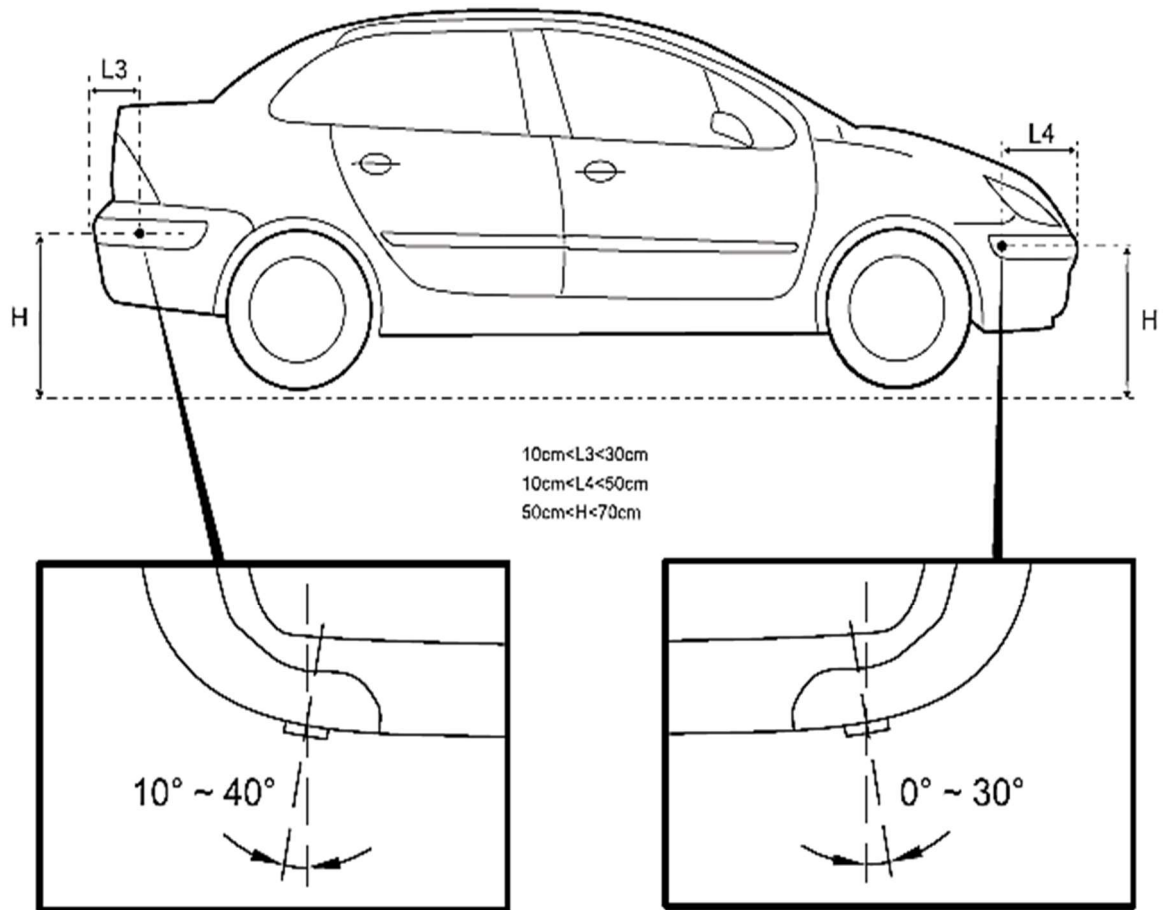


Рисунок 4.2 – Вибір місця для установки датчиків системи допомоги під час зміни смуги[19]

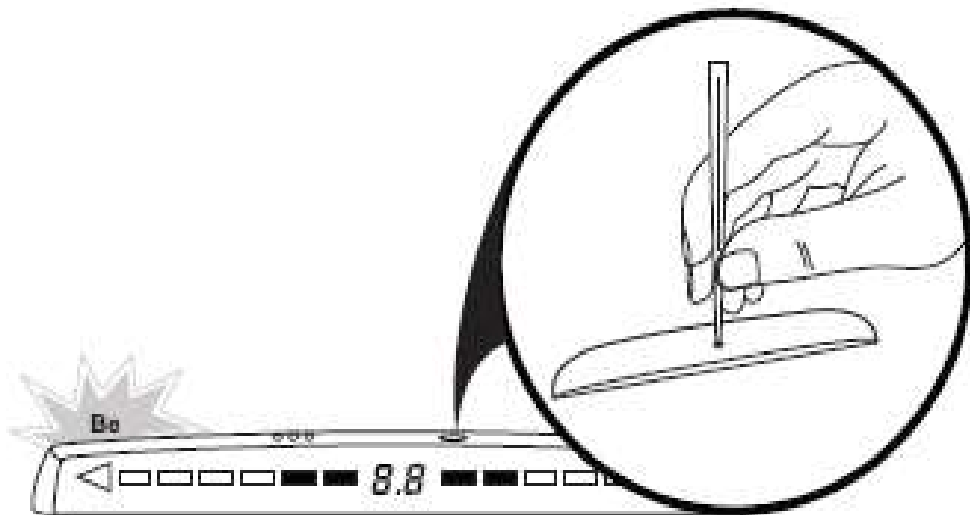


Рисунок 4.3 – Налаштування дисплея системи допомоги під час зміни смуги[19]

Для коректної роботи системи її слід правильно підключити до бортової мережі автомобіля.

Схема підключення системи допомоги під час зміни смуги приведена на рисунку 4.4.

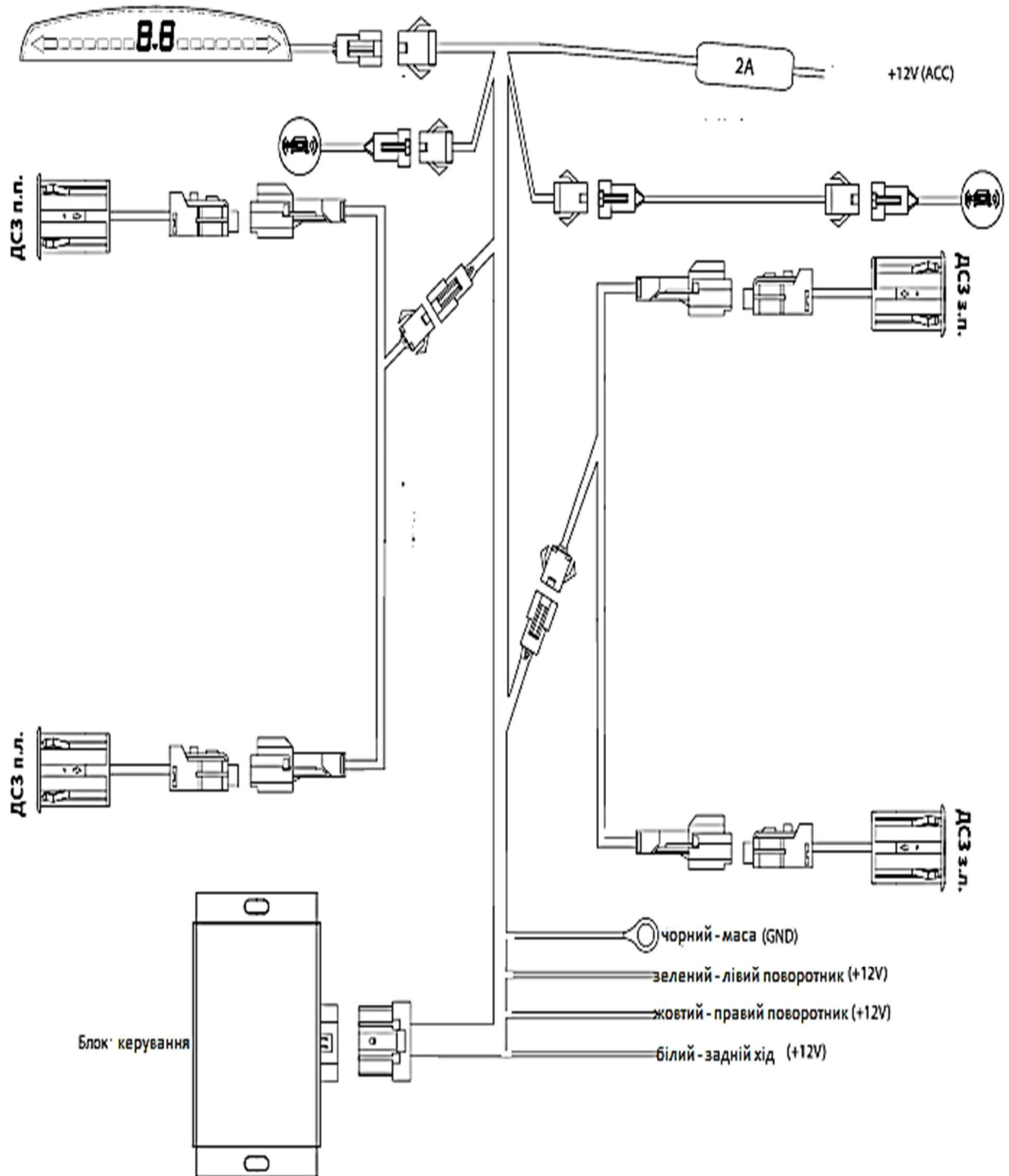


Рисунок 4.4 – Схема підключення системи допомоги під час зміни смуги[19]

4.2 Виявлення і аналіз небезпечних і шкідливих експлуатаційних чинників, що діють на водія автомобіля

Робота по управлінню автомобілем відноситься до розряду, найбільш напружених і утомливих форм трудової діяльності. Ця робота протікає в умовах постійної і значної нервово-емоційної напруги, що заглиблюється свідомістю відповідальності за життя людей і матеріальні цінності. Прудкість реакції і точність робочих рухів водія сучасного автомобіля є найважливішими чинниками забезпечення безпеки руху. Ці якості у великій мірі залежать від наявності інтелектуальних систем на транспорті, які полегшують роботу водія, а також зручності робочого місця, яке повинне створювати сприятливі умови праці і унеможливлювати виникнення аварій, що викликаються перенапруженням при роботі водія.

На робочому місці водія найбільш актуальні фізичні і психофізичні групи небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Основними небезпечними і шкідливими виробничими чинниками при експлуатації транспортних засобів є:

- Рухомі транспортні засоби, вантажі, що перевозяться;
- Підвищена загазованість і запилена повітря робочої зони;
- Підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- Підвищені рівні шуму і вібрації на робочому місці водія;
- Підвищена або знижена вологість повітря в робочій зоні;
- Сильна і недостатня освітленість;
- Токсичні дії етилірованого бензину, пари електроліту;
- Опікова дія електроліту акумуляторної батареї, кислот і лугів при приготуванні і роботі з електролітом;
- Висока напруга в ланцюзі запалення і систем приводу електричних транспортних засобів;
- Високий гідравлічний тиск в системі подачі палива в циліндри в дизельних двигунів, в гідравлічних системах приводів;

- Елементи рухової установки і трансмісії, що обертаються;
- Висока температура рідини в системі охолодження двигуна;
- Підвищений тиск в шинах коліс у поєднанні з несправністю замкового пристрою обода колеса;
- Пожежонебезпека унаслідок несправності в системі живлення двигуна.

4.3 Вимоги безпеки при експлуатації автомобіля

Існує ряд вимог і рекомендацій для безпечної експлуатації автомобіля, описаних нижче.

Перед виїздом слід перевірити технічний стан автомобіля.

- Підходячи до місця стоянки, зверніть увагу, чи немає слідів потьоків масла або експлуатаційних рідин під автомобілем. По можливості усуньте течу до виїзду.
- Обов'язково перевірте тиск повітря в шинах і при необхідності доведіть його до рекомендованого для даного типу шин. Різниця тиску в межах 0,2–0,3 атм може погіршити параметри керуваності, плавність ходу автомобіля і привести до небажаного замету або сносу при гальмуванні. Через знижений тиск в шинах швидше зношується протектор, витрачається більше палива із-за збільшення коефіцієнта опору коченню, а також зростає ризик аквапланування [23].
- Обійдіть довкола автомобіля. Перевірте наступне:
 - комплектність знімних деталей (щітки склоочисника, зовнішні дзеркала і ін.);
 - цілість стекол кузова, розсіювачів фар і ліхтарів;
 - стан шин. В радіальних шин м'які боковини. Шини з номінальним внутрішнім тиском виглядають приспущеними. Запам'ятаєте їх зовнішній вигляд (осідання);
 - наявність і стан номерних знаків.

- Перевірте рівень масла в картері двигуна і при необхідності долийте масло до норми.
- Перевірте рівень гальмівної рідини в бачку головного циліндра гальма і охолоджуючої рідини в розширювальному бачку. При необхідності долийте рідини до норми.
- Перевірте рівень масла в бачку гідروпідсилювачу рульового управління. При необхідності долийте масло до норми.
- Рекомендується по можливості перевірити рівень масла в коробці передач і при необхідності долити масло.
- Перевірте роботу гальма стоянки. Для цього, піднімаючи важіль до упору, підрахуйте кількість клацань. Якщо клацань більше семи, гальмо стоянки треба відрегулювати.
- Перевірте справність звукового сигналу.
- Перевірте роботу фар, задніх ліхтарів, додаткового сигналу гальмування і покажчиків повороту.
- Перевірте роботу контрольно-вимірювальних приладів, очисника і омивача вітрового скла.

12. Перед поїздкою на нерухомому автомобілі обов'язково перевірте роботу гальмівної системи, натиснув на педаль гальма. Якщо педаль без опору «провалилася» до підлоги, значить, гальмівна система несправна. Експлуатація такого автомобіля заборонена.

В разі виявлення несправності прийміть рішення (з врахуванням вимог Правил дорожнього руху) про початок поїздки або ремонті автомобіля.

Правила техніки безпеки:

- Пам'ятаєте, що відпрацьовані гази токсичні. Якщо необхідно завести двигун в гаражі або іншому приміщенні, забезпечте хорошу вентиляцію або обов'язково відкрийте ворота.
- При русі накатом не вимикайте запалення – може спрацювати противоугонний пристрій в замку запалення, блокуючий вал рульової колонки, і автомобіль може стати некерованим.

- Бензин, антифриз і незамерзаюча рідина токсичні, тому дотримуйте запобіжні засоби при заправці автомобіля технічними рідинами.
- Забороняється експлуатація автомобіля з сигнальною лампою аварійного падіння тиску масла, що горить: вона повинна короткочасно (не більш 2с) спалахувати лише при пуску двигуна. Це ж відноситься до сигнальної лампи розрядки акумуляторної батареї, оскільки інколи причиною її загоряння може бути коротке замикання проводки, що наводить до пожежі в моторному відсіку автомобіля.
- Забороняється працювати під автомобілем, піднятим домкратом. Обов'язково підставте під кузов опори.
- При підйомі автомобіля домкратом обов'язково увімкніть гальмо стоянки і підіть під колеса з протилежного боку відповідні упори.
- Забороняється палити і користуватися відкритим полум'ям при заправці автомобіля.

Рекомендації з експлуатації:

- Слід мати на увазі, що навіть автомобілі однієї моделі, випущені практично одночасно, володіють вираженими індивідуальними особливостями поведінки на дорозі. Використовувати повністю швидкісні і динамічні можливості автомобіля рекомендується після деякого часу, необхідного для того, щоб водій звик до автомобіля.
- Перед поїздкою прогрійте двигун на холостому ході, оскільки робота непрогрітого двигуна на підвищених зворотах зменшує термін його служби. При включенні стартера важіль перемикачів механічної коробки передач повинен знаходитися в нейтральному положенні, важіль селектора автоматичної коробки – в положенні «N» («нейтраль») або «P» (стоянка).
- Не допускайте роботу двигуна з частотою обертання колінчастого валу, при якій стрілка тахометра знаходиться в червоній зоні шкали.

- Забороняється починати рух автомобіля з місця «на стартері». Рушати з місця на автомобілі з механічною коробкою передач можна лише на першій передачі при повністю відпущеному важелі гальма стоянки, плавно відпускаючи педаль зчеплення.
- Не перевищуйте норми вантажопідйомності, вказані в технічній характеристиці автомобіля: перевантаження наводить до підвищеного зносу шин і деталей підвіски, до втрати курсової стійкості.
- Не допускайте руху по дорогах з низькою якістю покриття на підвищених швидкостях. «Пробої» підвіски, якими, як правило, супроводиться рух в таких режимах, наводять до пошкодження і деформації вузлів ходової частини автомобіля. В цьому випадку також можуть виникати пошкодження і деформації кузова.
- Регулярно перевіряйте тиск повітря в шинах: знижений тиск призводить до їх інтенсивного зносу. Різниця тиску в шинах 0,2–0,3 атм стає причиною погіршення керованості автомобіля.
- Регулярно перевіряйте стан захисних гумових чохлів кульових опор, шарнірів рівних кутових швидкостей і шарнірів рульової тяги. Пошкоджені чохла треба замінити, оскільки вода і грязь швидко виведуть механізми з роботи.
- Для заправки використовуйте паливно–мастильні матеріали і експлуатаційні рідини, рекомендовані заводом–виготівником.
- Регулярно перевіряйте перебування клем акумуляторної батареї і кріплення дротів на них. Ослаблене кріплення або окислення клем може вивести з роботи електронні прилади автомобіля.
- При заряді акумуляторної батареї безпосередньо на автомобілі від зовнішнього джерела струму обов'язково відключіть її від генератора (від'єднаєте дріт від клеми «+» акумуляторної батареї).

Рекомендації з безпеки руху:

Стиль водіння і зручність посадки водія впливають на міру безпеки, тому виконуйте наступне:

- Обов'язково пристібайтесь ременем безпеки, навіть якщо керуєте автомобілем в місті;
- Переконайтесь в тому, що всі пасажери, навіть на задніх сидіннях, пристебнуті ременями безпеки. Пасажири, не пристебнуті ременями безпеки, в разі аварії піддають небезпеки себе, водія і інших пасажирів;
- Для перевезення дітей у віці до 12 років використовуйте спеціальні дитячі крісла, в яких дитя надійно фіксується відносно крісла, а крісло – відносно автомобіля;
- Відрегулюйте водійське сидіння так, щоб можна було дотягнутися до будь-якого засобу управління;
- Відрегулюйте положення рульового колеса так, щоб були видні всі прилади в комбінації, а руки на рульовому колесі знаходилися в найбільш зручному положенні;
- Переконайтесь у вільному переміщенні всіх педалей;
- Не сідайте за кермо в стані сп'яніння. Вживання алкоголю, наркотиків і деяких медичних препаратів негативно позначається на органах чуття, швидкості реакції людини, його водійських здібностях і збільшує ризик створення аварійної ситуації і здобуття травми;
- Не сідайте за кермо, якщо відчуваєте втоми. Частіше зупиняйтесь для відпочинку (не рідше чим через кожні дві години);
- Ведіть автомобіль з швидкістю, відповідній інтенсивності руху, погодним і дорожнім умовам. Пам'ятаєте: керованість автомобіля, його гальмівні якості у великій мірі залежать від зчеплення шин з дорожнім покриттям. Вельми небезпечні ділянки доріг зі свіжоукладеним асфальтом. На мокрій дорозі може виникнути ефект

аквапланерування, в цьому випадку можлива повна втрата керованості.

Потрібний тиск в шинах – це не лише добра керованість і безпека, але ще і економія палива, а також збільшення терміну служби самих покришок. Температура в шинах не менш важливий показник, ніж тиск. По суті, контроль температури в шинах – превентивна міра перевірки ходової частини. При недостатньому тиску в шинах відбувається підвищений знос покришки, збільшується витрата палива, покришка може розбортуватись під час руху, при надлишковому збільшується навантаження на ходову частину, відбувається нерівномірний знос гуми, покришка може вибухнути під час руху.

Також однією з частих причин ДТП служить перестроювання автомобіля з однієї смуги руху на іншу. В більшості випадків аварії відбуваються через те, що водій, прийнявши рішення змінити смугу, просто не помічає інші транспортні засоби, рухомі в паралельному напрямі. Система допомоги водієві під час зміни смуги попереджає водія про можливе зіткнення при виконанні маневру, чим істотно підвищує активну безпеку автомобіля в цілому.

5 ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МЕТОДИКИ

5.1 Економічна доцільність установки додаткових систем на автомобіль

У розвитку економіки будь-якої країни величезну роль грає автомобільний транспорт. Високі темпи автомобілізації в останні десятиліття пояснюються більшою, порівняно з іншими транспортними засобами, ефективністю і можливістю автономної (незалежною від інших видів транспорту) роботи і мобільністю автомобіля. Як наслідок, парк автомобілів і об'єм перевезень вантажів і пасажирів автомобільним транспортом зростає значно швидше, ніж на інших видах транспорту. Щорік в світі випускається близько 55 млн. автомобілів, з них 45 млн. легкових, що забезпечує приріст світового парку автомобілів, на 15–18 млн. одиниць на рік. В даний час світовий парк автомобілів складає більше 600 млн. одиниць, з яких приблизно 80% – легкові автомобілі.

Проте разом з позитивною роллю, яку автомобільний транспорт грає в розвитку економіки, існують і негативні чинники, пов'язані з процесом автомобілізації. До найбільш негативних чинників, обумовлених автомобілізацією, відносяться дорожньо-транспортні пригоди (ДТП), їх наслідки, що характеризуються пораненням і загибеллю людей, матеріальним збитком від пошкодження транспортних засобів, вантажів, дорожніх або інших споруд, виплатою компенсацій з інвалідності і тимчасової непрацездатності, а також негативний вплив на довкілля, що викликає неминуче погіршення екологічної обстановки.

Не дивлячись на заходи щодо запобігання вірогідності ДТП, щорік в світі на дорогах гине більше 500 тис. і отримують поранення близько 10 млн чоловік. Автомобільний транспорт є найбільш небезпечним зі всіх видів транспорту. Матеріальний збиток від ДТП в економічно розвинених країнах

досягає 10% річного національного доходу. Отже, вирішення проблеми підвищення безпеки дорожнього руху (БДР) має велику соціальну і економічну значущість і є одною з кардинальних проблем автомобілізації.

На безпеку дорожнього руху впливає велике число чинників. Для зручності вивчення всі ці чинники умовно ділять на чотири взаємозв'язані частини (водій, автомобіль, дорога, середовище) і розглядають як елементи єдиного комплексу (ВАДС).

У даній роботі розглянута одна із складових системи ВАДС – конструктивна безпека автомобіля. Конструктивна безпека автомобіля є складною його властивістю. Для зручності вивчення окремих аспектів її ділять на активну, пасивну, післяаварійну і екологічну.

Активна безпека автомобіля – властивість автомобіля запобігати дорожньо–транспортній пригоді (знижувати вірогідність її виникнення). Активна безпека виявляється в період, відповідний початковій фазі ДТП, коли водій в змозі змінити характер руху автомобіля. Активну безпеку ТЗ визначають наступні його властивості:

- Компонувальні параметри автомобіля (габаритні і вагові);
- Тягова динамічність;
- Гальмівні властивості;
- Стійкість;
- Керованість;
- Інформативність;
- Устаткування робочого місця водія;
- Надійність транспортних засобів, їх комплектуючих і елементів устаткування, що впливають на вірогідність виникнення ДТП.

Важливими чинниками активної безпеки автомобіля є огляд дороги водієм через вітрове скло і дзеркала заднього вигляду, тому інтегрована система допомоги під час зміни смуги впливатиме на активну безпеку автомобіля, і дозволить зняти з водія частину навантаження.

Шини сучасного автомобіля – один з найбільш важливих компонентів активної безпеки. Високий коефіцієнт зчеплення з дорогою – гарантія у багатьох випадках безпечного руху автомобіля. Дуже важливе забезпечення високого коефіцієнта зчеплення на мокрому дорожньому покритті. Дослідження показали, що коефіцієнт зчеплення на мокрому дорожньому покритті залежить у великій мірі від складу гуми протектора, його малюнка і тиску в шині. Крім всього вказаного, шина впливає на комфортабельність, плавність ходу і керуваність автомобіля. Шина повинна забезпечувати: високий коефіцієнт зчеплення при різних режимах руху і різних станах дорожнього покриття; плавність ходу; високий коефіцієнт відведення; безпека руху при витокі повітря до повної зупинки автомобіля. Все це можливо лише в разі правильного тиску в шині, тому система виміру тиску повітря в шинах, при правильному реагуванні на її сигнали, підвищуватиме безпеку автомобіля, а також буде скорочувати витрату палива, що зменшить експлуатаційні витрати автомобіля.

5.2 Витрати, пов'язані з установкою додаткових систем на автомобіль

Для модернізації були вибрані наступні автомобілі:

- Volkswagen Polo Sedan 1.6 MPI MT Life (2018);
- Renault Logan 1.0 MT Life (2018);
- Peugeot 301 1.2 MT Access (82) (2018);
- Toyota Corolla 1.33i MT City.

Всі ці автомобілі мають приблизно однакову вартість і всі вони не оснащені системами допомоги під час зміни смуги і виміру тиску повітря в шинах [14].

Для того, щоб дообладнати ці автомобілі такою системою допомоги під час зміни смуги як Gazer BA400 потрібно витратити певну суму на придбання цієї системи і на її установку:

Ціна комплекту: Gazer BA400 – 3800 грн.

Ціна роботи з встановлення: послуги автоелектрика в середньому складають 200 грн./год, установка системи в середньому займає 6 годин, і загальні витрати на установку системи розраховуються по формулі (5.1):

$$C_p = C_{1г} \cdot t \quad (5.1)$$

де C_p – ціна роботи за установку системи;

$C_{1г}$ – ціна роботи майстра з установки за 1 годину;

t – час на встановлення системи, годин.

$$C_p = 200 \cdot 6 = 1200 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на модернізацію автомобіля обраною системою допомоги під час зміни смуги розраховуються по формулі (5.2):

$$C_{\text{заг1}} = C_p + C_c \quad (5.2)$$

де $C_{\text{заг1}}$ – загальна ціна дообладнання автомобіля системою допомоги під час зміни смуги;

C_p – ціна роботи з установки системи;

C_c – ціна системи.

$$C_{\text{заг1}} = 1200 + 3800 = 5000 \text{ грн.}$$

Разом: 5000 грн. = 173\$.

Для модернізації автомобіля системою виміру тиску повітря в шинах також потрібно включити в загальну вартість ціну самої системи і витрати на роботу з її встановлення:

Ціна комплекту: TPMS USB внутрішні TP620 – 1630 грн.

Ціна роботи з встановлення:

- комплекс шиномонтажа (зняття, миття, демонтаж, монтаж, балансування, установка) 350 грн.

- шиномонтаж коліс з датчиками тиску 25x4=100 грн.

- установка датчика тиску 30x4=120 грн.

Всього за роботу: 570 грн.

По формулі 5.2 розрахуємо загальну вартість дообладнання автомобіля обраною системою виміру тиску повітря в шинах:

$$C_{\text{заг}2} = 570 + 1630 = 2220 \text{ грн.}$$

Разом: 2200 грн. = 77\$.

Загальні витрати на модернізацію автомобіля двома системами розрахуємо по формулі 5.3:

$$C_{\text{мод}} = C_{\text{заг}1} + C_{\text{заг}2} \quad (5.3)$$

де $C_{\text{мод}}$ – ціна модернізації автомобіля двома системами;

$C_{\text{заг}1}$ – загальна ціна дообладнання автомобіля системою допомоги при зміні смуги;

$C_{\text{заг}2}$ – загальна ціна дообладнання автомобіля системою вимірювання тиску повітря в шинах.

$$C_{\text{мод}} = 5000 + 2200 = 7200 \text{ грн.}$$

Разом вартість повної модернізації автомобіля: 7200 грн. = 250\$.

Враховуючи середню вартість обраних автомобілів в 12500\$, по формулі (5.4) можна розрахувати на скільки відсотків збільшиться вартість вибраного транспортного засобу при впровадженні в нього даних систем:

$$V_{\text{зб}} = \frac{C_{\text{мод}} \cdot 100}{C_{\text{авт}}}, \% \quad (5.4)$$

де $V_{\text{зб}}$ – збільшення вартості автомобіля при його модернізації %;

$C_{\text{авт}}$ – початкова ціна автомобіля.

$$B_{зб} = \frac{250 \cdot 100}{12500} = 2 \%$$

Таким чином, підвищуючи вартість автомобіля всього на 2 %, можна значно підвищити його активну безпеку, а також скоротити експлуатаційні витрати унаслідок зменшення витрати палива і зниження зносу протектора автомобільних шин, при своєчасному реагуванні на сигнали впроваджуваних систем.

ВИСНОВКИ

1. Проведений теоретичний аналіз дозволив визначити, що сучасні автомобілі обладнують все більшою кількістю інтелектуальних систем, що покращують властивості автомобілів.

2. У роботі досліджено та обґрунтовано доцільність та технічну можливість додаткового установаження на базові моделі автомобілів інтелектуальних систем, зокрема системи контролю тиску повітря в шинах та системи допомоги під час зміни смуги автомобіля.

3. У роботі досліджені зміни параметрів автомобілів, а саме дослідження зміни витрати палива від тиску повітря в шинах та дослідження стійкості і керованості автомобіля при зміні тиску повітря в шині.

4. У дипломній роботі розроблені види робіт з модернізації базових моделей автомобілів і рекомендації по експлуатації автомобіля і безпеки руху.

5. Розрахована економічна доцільність використання запропонованої методики переобладнання базової моделі автомобілів системами контролю тиску повітря в шинах та системи допомоги під час зміни смуги автомобіля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамов, А.Н. Інтелектуальні системи контролю тиску повітря в шинах [Текст] / А.Н. Абрамов // Інтелектуальні системи автомобіля. – 2016. – Т.12 №4. – С.1–5.
2. Автоінтелект [Електронний ресурс]: Автокаталог, сайт. – Режим доступу – <http://autokatalog.by/article/447/>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
3. Автоматизовані системи управління на автомобільному транспорті [Текст]: підручник для студ. установ сред.проф. освіти / А. Б. Миколаїв, С. В. Алексахін, І. А. Кузнецов. – М.: Видавничий центр «Академія», 2012. – 288 с.
4. Більше – менше [Електронний ресурс]: За кермом, сайт. – Режим доступу – https://www.zr.ru/content/articles/13224-bolshe__menshe/. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
5. Види систем допомоги під час зміни смуги [Електронний ресурс]: Antiradar, сайт. – Режим доступу – <https://www.antiradar.by/smf/index.php?topic=18659.0>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
6. Власов, В. М. Інформаційні технології на автомобільному транспорті [Текст]: Підручник / В.М. Власов, Д.Б. Ефіменко, В.Н. Богуміл. – М.: Academia, 2014. – 256 с.
7. Датчик контролю тиску в шинах і температури [Електронний ресурс]: Бігл.юа, сайт. – Режим доступу – <https://bigl.ua/p542665531-datchiki-kontrolya-davleniya>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
8. Залежність витрати палива від тиску в шинах [Електронний ресурс]: ProКолесо, сайт. – Режим доступу – <https://prokoleso.ua/info/rekomendacii-i-sovety/zavisimost-rashoda-topliva-ot-davleniya-v-shinah>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.

9. Класифікація датчиків тиску в шинах [Електронний ресурс]: За кермом, сайт. – Режим доступу – <https://www.zr.ru/content/articles/908457–datchiki–davleniya–v–shinakh/>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
10. Крамаренко Г.В., Технічна експлуатація автомобілів [Текст]: Підручник для вузів. – М: Транспорт, 1976. – 219с.
11. Круглік, В.М. Технологія обслуговування і експлуатації автотранспорту [Текст]: Навчальний посібник / В.М. Круглік, Н.Г. Сичев. – М.: НИЦ Инфра–М, Нов. знання, 2013. – 260 с.
12. Порівняння автомобілів [Електронний ресурс]: Nahodimauto, сайт. – Режим доступу – <https://nahodim.com.ua/compare/#equipments>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
13. Порівняння датчиків для системи контролю тиску повітря в шинах [Електронний ресурс]: За кермом, сайт. – Режим доступу – <https://www.zr.ru/content/articles/909840–manometr–v–kolese/#>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
14. Пошуковий ресурс ІНФОКАР [Електронний ресурс]: Інфокар, сайт. – Режим доступу – <https://www.infocar.ua>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
15. Призначення, пристрій і робота системи допомоги під час зміни смуги [Електронний ресурс]: Avto–i–avto, сайт. – Режим доступу – <http://avto–i–avto.ru/sistemy–bezopasnosti/naznachenie–ustrojstvo–i–rabota–sistemy–pomoshhi–pri–perestroenii.html>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
16. Родічев, В.А. Пристрій і технічне обслуговування легкових автомобілів [Текст]: Підручник водія автотранспортних засобів категорії "В" / В.А. Родічев, А.А. Кива. – М.: ІЦ Академія, За кермом, 2013. – 80 с.
17. Сафіуллін, Р.Н. Інтелектуальні бортові системи на автомобільному транспорті [Текст] / Р.Н. Сафіуллін, М.А. Керімов. – М.: DIRECTMEDIA, 2017. – 352 с.

18. Система допомоги під час зміни смугиводієві [Електронний ресурс]: povozCar, сайт. – Режим доступу – <https://povozcar.ru/side-assist.html>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
19. Система контролю сліпих зон [Електронний ресурс]: Пром.юа, сайт. – Режим доступу – <https://kharkov.prom.ua/p779819215-sistema-kontrolya-slepyh.html>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
20. Система контролю TPMS [Електронний ресурс]: AutoBaza, сайт. – Режим доступу – <https://avtozvuk.ua/info/15205>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
21. Системи контролю сліпих зон Gazer [Електронний ресурс]: AutoElectro, сайт. – Режим доступу – <https://autoelectro.ua/sistema-kontrolya-slepyh-zon-gazer-ba400.html>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
22. Системи контролю тиску в шинах врятовують життя [Електронний ресурс]: Infoshina, сайт. – Режим доступу – <https://infoshina.com.ua/info/sovety/sistemy-kontrolya-davleniya-v-shinah-sprasyut-zhizni-i-koshelki.html>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
23. Системи сучасного автомобіля [Електронний ресурс]: Systemsauto, сайт. – Режим доступу – <http://systemsauto.ru>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
24. Тиск в шинах [Електронний ресурс]: Колесо, сайт. – Режим доступу – https://www.koleso-russia.ru/catalog/about/tires/davlenie_v_shinakh/. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
25. Тиск в шинах і витрата палива [Електронний ресурс]: Світ на колесах, сайт. – Режим доступу – <https://carwheelblog.ru/raznoe/vliyaet-li-na-rashod-topliva-davlenie-v-shinakh.html>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
26. Ультразвукові датчики [Електронний ресурс]: Компоненти і технології, сайт. – Режим доступу – http://www.kit-e.ru/articles/sensor/2007_2_30.php. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.
27. Уткін, А.В. Моделювання поведінки водія і оцінка якості змішаного транспортного потоку [Текст] / А.В. Уткін // Організація і безпека руху в

крупних містах: сб. доповідей 7-ї Міжнародній конференції. – С.–Петербург, 2006 – С.84–86

28. Шпак Ф.П. Дообладнання і тюнінг транспортних засобів [Текст]: Навчальний посібник. Ф.П. Шпак: СПб.: Видавництво СПбГУСЕ, 2005. – 128 с.

29. Шухман, Ю. І. Автоазбука для просунутих водіїв. Експлуатація і ремонт автомобіля [Текст] / Ю.І. Шухман. – М.: Фенікс, 2014. – 320 с.

30. TPMS система контролю тиску в шинах [Електронний ресурс]: AutoMultiMedia, сайт. – Режим доступу – <https://automultimed.com/services/sistema-kontrolya-davleniya-v-shinah/>. – Дата доступу 07.11.2021. – Загол. з екрану.