

пізнення людей і вантажів) і, по-друге, знижує загазованість довкілля і міських районів відпрацьованими вихлопними газами.

Однак, для міського господарства подібні навігаційні системи обходяться достатньо дорого, тому що мережа навігаційних маяків повинна бути великою й охоплювати по можливості усе місто: маяк потрібен практично біля кожного перехрестя. Тому у світі лише мегаполіси кількох економічно розвинених країн змогли реалізувати подібні навігаційні проекти, серед яких найбільш відомим є проект навігаційної системи CARFAX (Великобританія).

7. БОРТОВІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РУХОМ, ДІАГНОСТИКИ ТА БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЯ

Призначенням бортових систем інтелектуального автомобіля є керування робочими процесами та рухом, контроль і прогнозування технічного стану, передача у зовнішнє середовище й отримання дорожньо-транспортної інформації для ефективного керування автомобілем. Також інформування водія, інформаційні центри та технічні служби АТП та СТО про технічний стан автомобілів з метою оцінити їх готовність виконувати транспортну роботу, про необхідність отримання сервісних послуг, проведення регулювальних робіт, ТО та Р. Збирання статистичних даних про технічний стан, про фактичні дорожньо-транспортні та кліматичні умови експлуатації конкретних автомобілів парку АТП то СТО дає можливість уникати відмов за рахунок своєчасного усунення несправностей, коригування періодичності проведення ТО та Р, враховуючи фактичний технічний стан транспортного засобу. Крім того, це дає можливість підтримувати нормативну екологічну та технічну безпеку автомобіля, підвищувати продуктивність і знижувати трудомісткість перевезення вантажів і пасажирів, підвищувати ефективність технічної експлуатації автомобілів.

Телематичні й інтелектуальні системи моніторингу та діагностування дають можливість враховувати основні фактори, що впливають на середню кілометрову витрату пального: дорожні умови, масу автомобіля, питому потужність, пробіг автомобіля з початку експлуатації, тип двигуна; вплив інфраструктури та організації руху: однорідність транспортного потоку (можливість рухатися з найбільш економічною швидкістю), організацію невинного руху, будівництво об'їзних доріг, підземних або наземних пішохідних переходів і транспортних розв'язок на різних рівнях. А від урахування всіх цих факторів залежить ефективність перевезень та технічної експлуатації автомобільного транспорту.

Довкілля може вносити невизначеність і випадковість вихідних даних та ситуацій, випадковим чином змінювати характер взаємодії між складовими агрегатів і систем автомобіля. У таких динамічних системах можуть виникнути випадкові збурення, які є результатом помилок вимірювання діагностичних параметрів та похибок при перетворенні інформації, дії різного роду перешкод внаслідок появи неврахованих, але об'єктивно діючих причин, що суттєво впливають на технічний стан автомобіля і є об'єктом автоматичного врахуван-

ня сучасними телематичними та інтелектуальними системами моніторингу та діагностування.

7.1. Системи самодіагностики, збору інформації та дистанційного діагностування автомобіля

7.1.1. Бортові системи інтелектуального автомобіля

Сучасні автомобілі мають телематичні модулі супутникової навігації, вбудовані бортові системи діагностування майже всіх технічних систем, адаптоване керування робочими процесами, розпізнавання і коригування паливної суміші, регулювання витрати пального в ДВЗ. Високий технічний рівень виробництва автомобілів дає можливість підвищити ресурс, технічну й екологічну надійність, контролювати дії водія, коригувати періодичність ТО та норми ТО-1 і ТО-2 порівняно з традиційними конструкціями автомобілів.

За своїми функціями і структурою діагностику автомобіля можна поділити на внутрішню бортову та зовнішню (дистанційну), пов'язану з телематичними і телекомунікаційними засобами передачі бортових даних і взаємодії з довкіллям, інфраструктурою доріг, іншими транспортними засобами. Такий високий рівень створення систем внутрішньої та зовнішньої телематики забезпечено мехатронізацією та оснащенням CAN-шиною сучасного автомобіля.

Загальна схема бортових систем інтелектуального автомобіля приведена на рис. 7.1 [31].

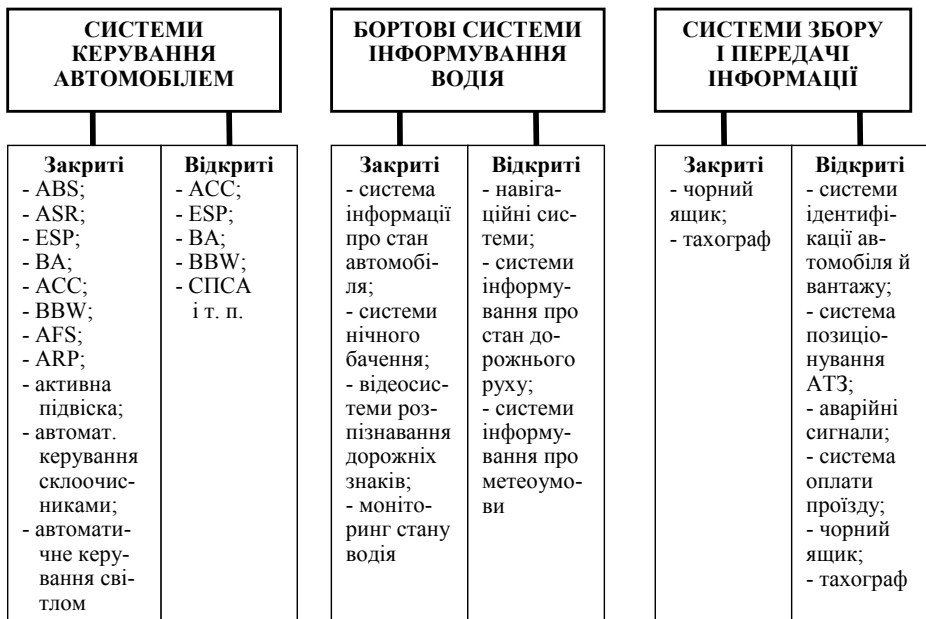


Рис. 7.1. Класифікація бортових систем інтелектуального автомобіля

Бортова система поділена на три групи:

1. Система керування автомобілем.
2. Бортова система інформування водія.
3. Система збору й передачі інформації.

Кожна з груп має у своєму складі відкриті й закриті підсистеми. Електронні системи автомобіля сьогодні, в основному, виконують функцію закритих. Отримана від різних датчиків автомобіля інформація аналізується з допомогою відповідних програм і виробляє в електронному блоці керування команди для виконавчих пристроїв з метою підвищення безпеки руху, зручності керування, підвищення ефективності транспортного засобу та зниження навантаження на довкілля. Також сигнали від деяких систем можуть бути використані як відкриті для передачі у зовнішнє середовище: інформаційним центрам, дорожньо-транспортній інфраструктурі, іншим учасникам руху. Автомобіль може не тільки передавати інформацію від внутрішніх систем, але й отримувати її від зовнішніх джерел і використовувати для більш безпечного й ефективного, навіть, автоматичного керування.

7.1.2. Бортові контролери зв'язку CAN блоків керування автомобіля

7.1.2.1. Способи передачі даних

Бортові мехатронні системи сучасного автомобіля у своєму складі має велику кількість виконавчих та керуючих пристроїв. До них належать різноманітні датчики, контролери та інші пристрої та механізми.

Для керування автомобілем потрібен обмін інформацією між окремими електронними блоками керування, тобто роботою в мережі у тісному взаємозв'язку одного з одним. Обмін інформацією між електронними блоками зменшує загальну кількість необхідних датчиків і покращує керування окремими системами. Питання інтерфейсів систем передачі інформації, які проектуються для використання в автомобілях, розв'язані шляхом застосування шини CAN для передачі даних

Застосовувана на автомобілях система CAN дає можливість об'єднати в локальну мережу блоки керування або складні датчики. Шина CAN – це система, яка складається зі спеціального кабелю із розгалужувачами для підключення електронних блоків та кінцевих пристроїв – термінаторів (резисторів).

Позначення CAN – це скорочення від Controller Area Network (локальна мережа, що пов'язує блоки керування). Використання системи CAN на автомобілі дає такі переваги:

- обмін даними між блоками керування відбувається на уніфікованій базі, яку називають протоколом. Шина CAN служить мовби магістраллю для передачі даних;
- системи, що діють незалежно, наприклад, система курсової стабілізації ESP, можуть бути реалізовані з меншими затратами;
- спрощується підключення додаткового обладнання;
- шина даних CAN є відкритою системою, до якої можуть бути підключені

як мідні проводи, так і скловолоконні провідники;

- можна проводити одночасну діагностику кількох блоків керування, що входять в систему.

Сигнали можуть бути передані через систему CAN за умови, що електронні блоки керування мають послідовний CAN-інтерфейс.

Найчастіше шина CAN – це скручені (звиті) пари проводів (по 30 витків на один погонний метр) із розгалужувачами для підключення ЕБК та кінцевими резисторами-термінаторами з номінальним опором 120 Ом на кінцях шини (рис. 7.2) [11, 32].

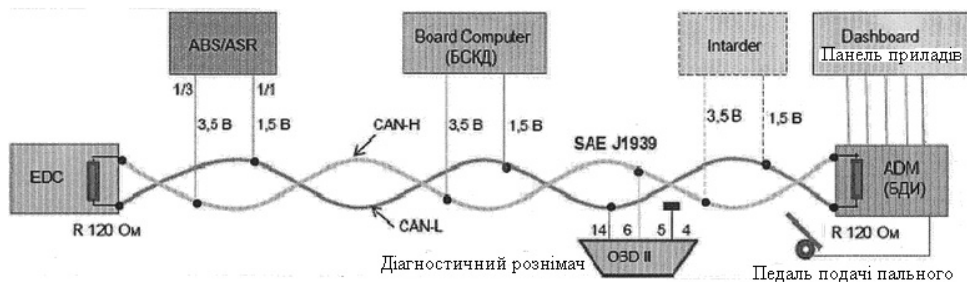


Рис. 7.2. Підключення пристроїв до шини CAN

CAN-шина забезпечує підключення будь-яких пристроїв, які можуть одночасно приймати і передавати цифрову інформацію (дуплексна система). Власне шина – це звита пара. Така реалізація шини дала можливість знизити вплив зовнішніх електромагнітних полів, що виникають під час роботи двигуна та інших систем автомобіля. Такою шиною забезпечується достатньо висока швидкість передачі даних.

Завдяки застосуванню даної системи зі складу електричної схеми автомобіля звільнилась певна кількість провідників, які забезпечували зв'язок, наприклад, за протоколом KWP 2000 між контролером системи керування двигуном і штатною сигналізацією, діагностичним обладнанням тощо.

Будь-який вузол мережі CAN надсилає повідомлення по мережі й кожен з вузлів системи вирішує, чи відноситься до нього це повідомлення. Для вирішення цього завдання в CAN є апаратна реалізація фільтрації повідомлень. Контролери CAN з'єднуються з допомогою диференціальної шини, що має дві лінії, з високим CAN-H (Can-High) і низьким CAN-L (Can-Low) рівнями, якими передаються сигнали (рис. 7.3). Високий або низький провідники CAN визначаються мультиметром або осцилографом.

Протокол CAN-шини реалізований у двох версіях: версія А задає 11-бітну ідентифікацію повідомлень (тобто в системі може бути 2048 повідомлень), версія В – 29-бітну (536 млн. повідомлень).

Шина даних CAN використовується для об'єднання окремих блоків керування в єдину систему. Чим більше інформації має блок керування про всю систему, тим точніше він може відобразити кожну окрему функцію.

Швидкість передачі даних між блоками керування шиною CAN складає від 100 кбіт/с до 1 Мбіт/с. В залежності від виконання функцій швидкості передачі інформації розділені на три класи (різновиди).



Рис. 7.3. Типова схема шини CAN

CAN Class C – це шина силового агрегату (двигун-трансмiсія) і систем активної безпеки (АБС). Це найшвидший канал зі швидкістю передачі даних 500 кбіт/с-1 Мбіт/с для зв'язку між головними блоками керування (двигун - трансмісія - АБС - системи безпеки). Саме тут особливо важлива швидкість реагування, здатність миттєво обробляти колосальні об'єми інформації.

CAN Class B – служить для зв'язку менш важливих модулів і блоків, що входять до складу систем клімат-контролю (система «Комфорт») або, наприклад, кузовної електроніки (блок керування подушками безпеки, датчиками в дверях автомобіля). В даному випадку швидкість передачі вже не відіграє такої важливої ролі й об'єми даних, що передаються, теж не так важливі, тому по CAN Class B інформація передається зі швидкістю до 100 кбіт/с.

CAN Class A – до нього відносяться найменш значні блоки, і швидкість передачі складає до 10 кбіт/с. У більшості випадків застосування CAN описаних швидкостей цілком вистачає для забезпечення повноцінного функціонування автомобільних електронних систем. Усі абоненти шини своєчасно отримують і обробляють інформацію, що надходить. Вони адекватно взаємодіють один з одним, і тому автовласник не відчуває ніяких незручностей в процесі руху, і що найголовніше, – в аварійній ситуації вчасно спрацьовують подушки безпеки, натягуються ремені безпеки тощо. Тобто всі блоки діють злагоджено, а контролюючі пристрої забезпечують безперебійне функціонування всієї системи в цілому.

Таким чином можна зробити висновок про переваги використання шини даних CAN:

- значно спрощується коло провідників;
- забезпечується висока швидкість обміну даними між блоками керування;

- звільняється додаткове вільне місце завдяки компактності блоків керування і їх розмічав;
- зменшується кількість помилок завдяки безперервній перевірці повідомлень, що передаються, блоками керування;
- для того, щоб додати додаткову інформацію в протокол передачі даних, необхідно лише внести необхідні зміни до програмного забезпечення;
- шина даних CAN є загальновизнаним світовим стандартом, що забезпечує можливість обміну даними по шині між блоками керування різних виробників.

На рис. 7.4 показана топологія і форма сигналів CAN-шини легкового автомобіля. Під час передачі інформації якого-небудь з блоків керування сигнали підсилюються прийомопередавачем (трансивером) до необхідного рівня.

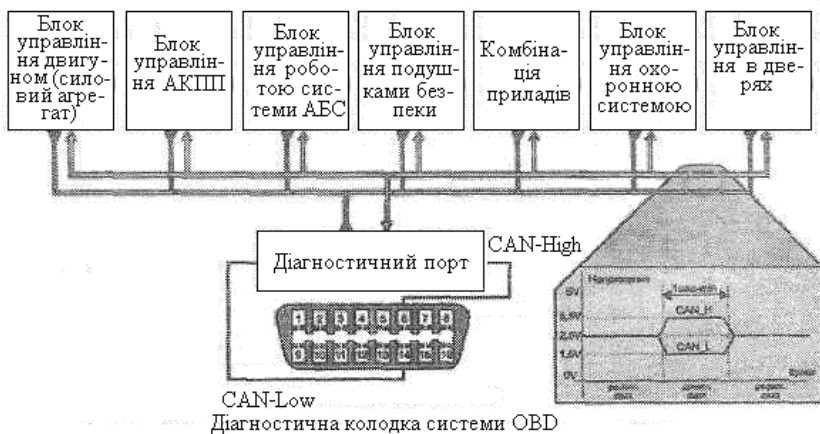


Рис. 7.4. Топологія і форми сигналів CAN-шини

Кожен підключений до CAN-шини блок має певний вхідний опір, в результаті утворюється загальне навантаження шини CAN. Загальний опір навантаження залежить від кількості підключених до шини електронних блоків керування та виконавчих механізмів. Так, наприклад, опір блоків керування, підключених до CAN-шини силового агрегату, в середньому складає 68 Ом, а системи «Комфорт» й інформаційно-командної системи – від 2,0 до 3,5 кОм.

Слід мати на увазі, що при вимкненні живлення відбувається відключення навантажувальних опорів модулів, підключених до CAN-шини.

На рис. 7.5 показаний фрагмент CAN-шин з розподіленням навантаження в лініях CAN-High і CAN-Low. Системи і блоки керування автомобіля мають не тільки різні навантажувальні опори, але й швидкості передачі даних, тому це може перешкоджати обробці різнотипних сигналів. Для розв'язання цієї технічної проблеми використовується перетворювач для зв'язку між шинами. Такий перетворювач прийнято називати мікмережним інтерфейсом. Такий пристрій в автомобілі найчастіше вбудований у конструкцію блока керування, комбінацію приладів, а також може бути виконаний у вигляді окремого блока. Також інтерфейс використовується для введення і виведення діагностичної інформації,

запит якої реалізується по проводу, підключеному до інтерфейсу або до спеціального діагностичного кабелю CAN-шини. У даному разі великим плюсом у проведенні діагностичних робіт є наявність єдиного уніфікованого діагностичного рознімача (кодовка OBD). На рис. 7.6 показана блок-схема міжмережного інтерфейсу.

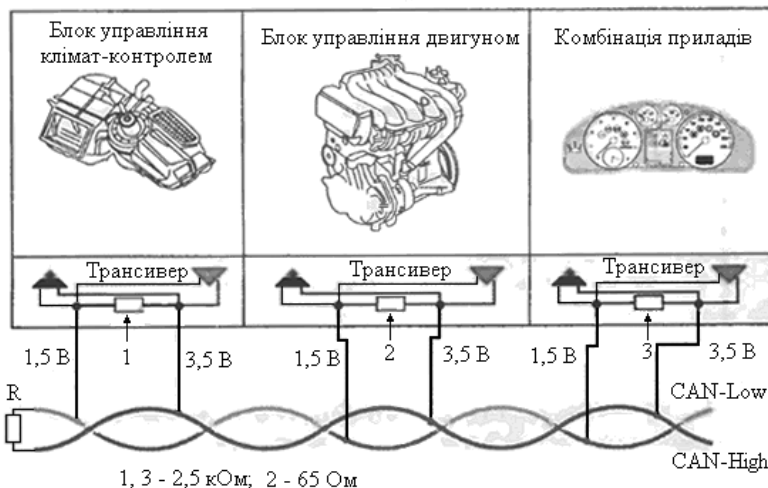


Рис. 7.5. Фрагмент CAN-шини з розподіленням навантаження в проводах CAN-High CAN-Low

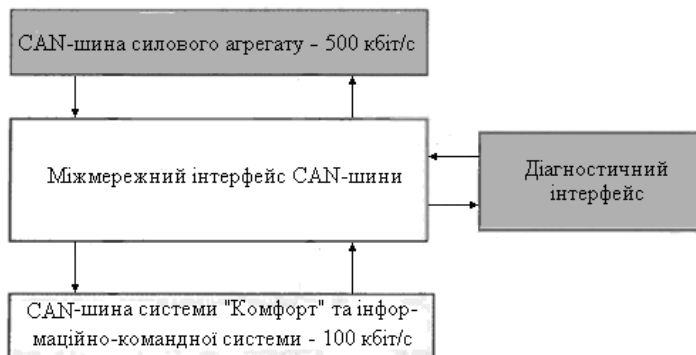


Рис. 7.6. Блок-схема міжмережного інтерфейсу

Слід мати на увазі, що на деяких марках автомобілів, наприклад, на Volkswagen Golf V CAN-шини системи «Комфорт» та інформаційно-командна система не з'єднані міжмережним інтерфейсом. Далі представлені електронні блоки й елементи, що відносяться до CAN-шин силового агрегату, системи «Комфорт» та інформаційно-командної системи: CAN-шина силового агрегату,

електронний блок керування двигуна, електронний блок керування КПП, блок керування подушками безпеки, електронний блок керування АБС, блок керування електропідсилювача керма, блок керування ПНВТ, центральний монтажний блок, електронний замок запалювання, датчик кута повороту кермового колеса, CAN-шина системи «Комфорт», комбінація приладів, електронні блоки дверей, електронний блок контролю паркувальної системи, блок керування системи «Комфорт», блок керування склоочисників, контроль тиску в шинах, CAN-шина інформаційно-командної системи, комбінація приладів, система звуковідтворення, інформаційна система, навігаційна система.

Наведені елементи і блоки за своїм складом можуть відрізнятися в залежності від марки автомобіля.

7.1.2.2. Компоненти шини CAN

Шина CAN складається з таких компонентів:

- контролер;
- трансивер;
- два термінали шини даних;
- два проводи шини даних.

Усі вузли шини даних вбудовані у блоки керування, за винятком проводів шини даних. Функції блоків керування порівняно з попередніми моделями не змінилися.

Компоненти системи показані на рис.7.7. Контролер шини CAN отримує дані від мікрокомп'ютера блока керування. Він обробляє їх і передає трансиверу шини CAN. Аналогічно, контролер приймає сигнали від трансивера шини CAN, обробляє їх і передає мікрокомп'ютеру блока керування.

При використанні шини даних приймач не визначається. Інформація передається по шині даних і, як правило, приймається та аналізується усіма компонентами.

Трансивер шини CAN – це приймач і передавач, об'єднані в один пристрій. Він служить для перетворення даних від контролера шини CAN в електричні сигнали і передачі їх по дротам. Аналогічно він також приймає дані та перетворює їх для контролера шини CAN.

Термінал шини даних – це резистор. Він запобігає зворотній передачі даних від кінців проводів шини, що може призвести до фальсифікації подальших даних. Проводи шини даних є двоспрямованими і служать для передачі даних.

Процес передачі даних складається з таких етапів (рис. 7.8 [32]):

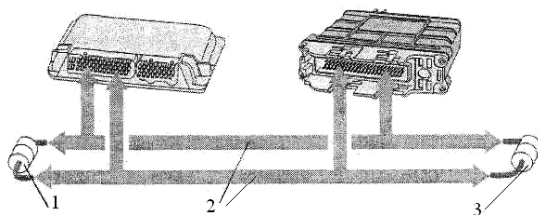


Рис. 7.7. Компоненти шини даних:

1 – термінал шини даних; 2 – провід шини даних; 3 – термінал шини даних

- **підготовка даних.** Точкою відправлення повідомлення (даних) завжди є блок керування. Він передає дані, що підлягають відправленню, власному контролеру шини CAN;

- **передача даних.** Трансивер шини CAN отримує дані від контролера, перетворює їх в електричні сигнали і відправляє далі шиною;

- **отримання даних.** Усі блоки керування, об'єднані через шину даних, після передачі виконують функцію приймача. Якщо двом блокам керування потрібно відправити повідомлення одночасно, першим відправляє повідомлення блок керування з вищим пріоритетом. Наприклад, дані системи АБС мають вищий пріоритет, ніж дані коробки передач;

- **перевірка даних.** Блоки керування перевіряють, чи є отримані дані необхідними для їх функціонування, чи ні;

- **адаптація даних.** Якщо отримані дані важливі, вони піддаються адаптації й обробці, інакше вони ігноруються.

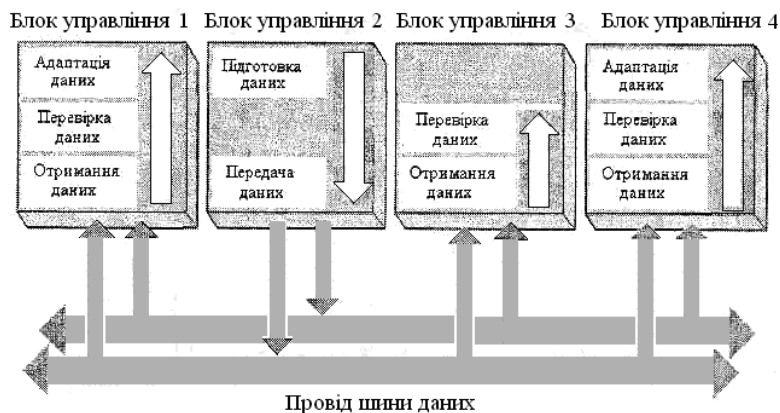


Рис. 7.8. Алгоритм передачі даних

Передача даних у шині CAN виконується за протоколом у вигляді обміну повідомленнями між блоками керування через дуже короткі проміжки часу. Протокол складається з послідовності бітів інформації, що передаються один за одним. Кількість бітів даних у протоколі передачі залежить від розміру поля даних. Структура протоколу передачі даних завжди відповідає стандартним фреймам, які складаються з семи послідовно розташованих полів даних.

Фрейм (англ. frame – кадр, рамка) – це описана стандартом структурована послідовність бітів, що складаються в байти, яка є повідомленням, що абоненти шини приймають або передають.

Для контролю функціонування CAN-шини розроблені сканери, які бувають контактні та безконтактні. Використання безконтактних є пріоритетним, адже вони не впливають на роботу шини, не займають діагностичний рознімач і не руйнують ізоляцію. Вони працюють тільки на зчитування інформації.

На рис. 7.9 показано безконтактний пристрій CANCrocodile, призначений для контролю функціонування CAN-шини. На ньому цифрами позначені: 1 – корпус; 2 – плата; 3 – індикатори; 4 – з'єднувальний кабель; 5 – рознімач живлення і передачі даних.



Рис. 7.9. Безконтактний пристрій CANCrocodyle

У табл. 7.1 наведені технічні характеристики безконтактного пристрою CANCrocodyle.

Таблиця 7.1

Технічні характеристики безконтактного пристрою CANCrocodyle

Параметр	Значення
Допустима кількість втрачених повідомлень, %	1
Номинальна швидкість передачі даних, кбіт	250
Вихідний інтерфейс	CAN 2.0 B (ISO 11898)
Напруга живлення, В	12/24
Діапазон напруги живлення, В	10-50
Сила струму, мА	100
Температурний діапазон роботи, °C	-10...+85
Сумісність	SAE J1939, CAN Open, DeviceNet, NMEA 2000

7.1.3. Бортові інформаційні системи автомобілів

Високий рівень мехатронізації автомобіля, розвитку мікропроцесорної техніки, інформаційних технологій дає можливість успішно вирішувати завдання глобалізації контролю і діагностування автомобіля, керування рухом транспортних засобів.

Під внутрішнім контролем і діагностикою розуміють системи збору, обробки та використання бортової інформації для забезпечення ефективного керування транспортними засобами. Засоби бортових підсистем системи контролю і діагностики поступово поєднуються у єдину бортову комп'ютерну систему, де за кожною підсистемою її структурна і програмна незалежність поєднуються інформацією через CAN-шину.

Сучасні бортові системи діагностування – це включені в конструкцію автомобіля датчики, пристрої вимірювання, мікропроцесори та пристрої відображення діагностичної інформації. Спрощена класифікація вбудованих систем діагностування приведена на рис. 7.10.

Під час звичайної експлуатації автомобіля бортовий комп'ютер періодично тестує електричні та електронні системи і їх компоненти. У разі виявлення несправності контролер електронного блока керування (ЕБК) переходить в аварійний режим роботи, підставляючи значення параметра, яке пасує при цьому, замість того, що дає несправний блок. Протоколи зв'язку за стандартом OBD-II

надають діагностику низку стандартних функціональних можливостей щодо режимів діагностування. Установлення достовірного діагнозу вимагає високої інженерної кваліфікації від фахівця, який здійснює аналіз інформації (табл. 7.2), отриманої від системи самодіагностики, а також наявності досить тривалого часу для пошуку несправності.

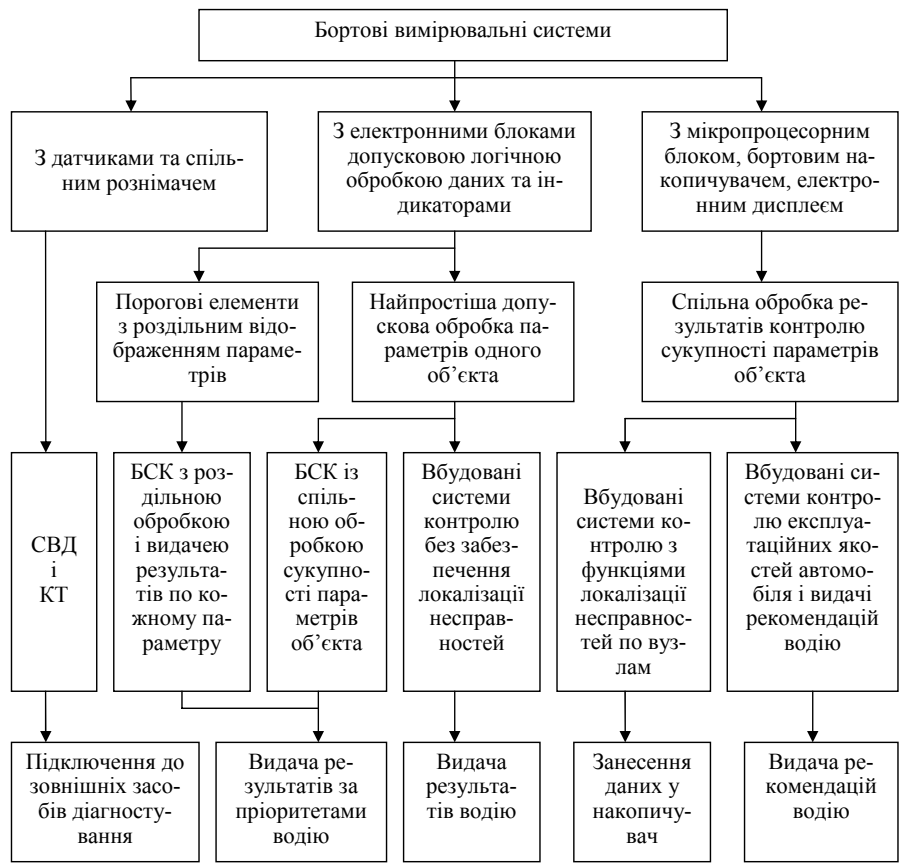


Рис. 7.10. Класифікація вбудованих засобів діагностування

Таблиця 7.2

Інформаційні блоки автомобіля

С	Діагностика	ESI[tronic]-С інформація щодо діагностики блока керування (БУ) бензиновим і дизельним двигуном, а також БУ гальмами та комфортом. Підтримуються системи інших виробників. ESI[tronic]-С містить інструкції щодо ремонту та програмне забезпечення (ПЗ) для діагностики БУ
---	-------------	---

TSB	Технічна інформація TSB	TSB містить опис відомих несправностей автомобіля і пропонує їх визначення за ознаками і групами (ABS, Airbag, engine тощо)
M	Механіка	ESI[tronic]-M дає швидкий доступ до інформації про всі механічні параметри автомобіля, в том числі дані щодо розвалу/сходження, сервісних робіт, про складання/розбирання агрегатів і т. п.
P	Електроніка комфорту	ESI[tronic]-P містить електричні схеми для систем кондиціонування, протиугінних систем, центрального замка, підігріву сидінь, подушок безпеки, склопідйомників і т. п.
Опція		
Truck	Вантажівки	KTS Truck призначена для діагностики блоків керування вантажних і комерційних автомобілів. ПЗ надає можливість проводити ідентифікацію БУ, читати і видаляти помилки з пам'яті БУ, відображати фактичні значення, проводити тестування виконавчих органів, виконувати спеціальні функції щодо програмування БУ. Інформаційна частина ПЗ містить схеми електричних з'єднань, складальні креслення, інструкції щодо ремонту, номінальні значення фактичних вимог на вибраний автомобіль

Мережа електронних блоків керування. Системи електронного керування такі, як керування двигуном, антиблокувальна система гальм (ABS), протибуксовна система (TCS), система керування коробкою передач, система курсової стійкості (ESP) та інші взаємодіють одна з одною в мережі. Електронні блоки керування (ЕБК) мають однаковий пріоритет і з'єднані між собою лінійною системою шин передачі даних. Однією з переваг такої структури є те, що у разі відмови однієї системи (абонентська система) решта продовжують функціонувати, маючи повний доступ у мережі.

Ці системи підтримують обмін повідомленнями за певними правилами – протоколами. Це дозволяє всім ЕБК вузлами автомобілів «розуміти» один одного. У разі необхідності відбувається конвертація даних з одного протоколу в інший за допомогою спеціальних шлюзів. Таким чином ЕБК двигуна обмінюється даними з ЕБК трансмісії в момент перемикання передач, завдяки чому двигун миттєво зменшує крутний момент, щоб зміна передач відбувалася плавно. Аналогічно ЕБК двигуна обмінюється даними із системою ABS для забезпечення, стабільності гальмування. руху або поворотів. До бортової мережі можуть приєднуватися окремі цифрові датчики, органи керування від водія, засоби зовнішньої комунікації. Такі комп'ютеризовані комплекти складають телематичні системи, які забезпечують зв'язок між підсистемами автомобільної мехатроніки. А телематичні системи є засобом організації телекомунікаційних зв'язків як всередині автомобіля, так і поза ним.

Для передачі повідомлень між окремими бортовими модулями використовуються два стани шини: домінантний (активний) і рецесивний (пасивний). CAN-шина функціонує у режимі реального часу, що важливо при керуванні вузлами автомобіля, які працюють у швидкісних режимах, тому шина має три варіанти реалізації швидкісних режимів [11].

Для прийому сигналів, що передаються через мережу центральним мікропроцесором, та передачі сигналів на мікропроцесор усі елементи схеми повинні

мати мікросхему узгодження інтерфейсу RS/CAN. Така мікросхема також входить до складу інтелектуального датчика або привода. Відповідно, посилаючи сигнал у мережу, інтелектуальний датчик передає свій ідентифікаційний код, за яким його розпізнає інший мікропроцесор.

До CAN-шини різного типу може використовуватись шина UART – універсальний асинхронний приймач/передавач. Шина UART зазвичай використовується для передачі даних між датчиками та блоком керування.

Водій отримує інформацію про несправність з допомогою контрольної лампи «Check Engine» (перевірити двигун) або світлодіода, які розташовані на панелі приладів. Мікропроцесор ЕБК заносить специфічний код несправності у КАМ-пам'ять. КАМ-пам'ять (Keep Alive Memory) здатна зберігати інформацію у разі вимкнення живлення ЕБК. Це забезпечується підключенням мікросхем КАМ-пам'яті окремим кабелем док акумуляторної батареї або використанням малогабаритних акумуляторів, що під заряджаються, розміщених на друкованій платі ЕБК.

Системи бортового діагностування дають можливість оцінювати технічний стан складальних одиниць або систем при щоденному обслуговуванні або безперервно в процесі експлуатації. Постійно контрольовані параметри бортової системи діагностування дають можливість виявляти відмови та несправності, які спричиняють аварійну ситуацію, значні втрати через простої машини або прискорене зношування вартісного обладнання. До безперервно контрольованих параметрів належать: рівні та температура робочих рідин, тиск у системах змашування і гальм, зарядженість акумуляторних батарей тощо. У разі наявності бортових систем діагностування інформація про технічний стан системи та складальних одиниць надходить до водія і диспетчера через цифрові покажчики, звукові або світлові сигнали для надання рекомендацій щодо режимів роботи та технічного обслуговування. В окремих випадках доцільно за командою датчика здійснювати автоматичну зупинку автомобіля або інші дії з метою недопущення аварійного стану або викиду робочої рідини, що знаходиться під тиском.

Обмін інформацією між системами зменшує загальну кількість необхідних датчиків і покращує керування окремими системами. Інтерфейси систем передачі інформації, що проектується для використання в автомобілях, можуть бути поділені на дві категорії:

- звичайні інтерфейси;
- послідовні інтерфейси, тобто мережа контролерів (CAN).

7.1.4. Інформаційне забезпечення роботоздатності та самодіагностика автомобіля

7.1.4.1. Функціональне призначення самодіагностики

Самодіагностика технічних систем автомобіля дає можливість оптимізувати робочі процеси, передбачаючи:

- ідентифікацію системи й ЕБК;
- розпізнавання, зберігання та зчитування інформації про статичні й динамічні порушення роботи;

- зчитування поточних реальних даних, що включають умови довкілля та специфікації;
- моделювання функцій системи;
- програмування параметрів системи.

Окремі програми для тестувального блока зберігаються у підключених модулях, тоді як коригування і передача даних у системі здійснюються з допомогою інтерфейсу даних.

Самодіагностика автомобілів характеризується виконанням кількох вимог [33, 34, 35, 37]:

1. Контроль за роботою складних систем і вузлів. Конструкція автомобілів, що все більше ускладнюється, робить можливості самодіагностики достатньо важливими для виявлення й усунення несправностей. Метою є інтегрування всієї системи у процес діагностування.

2. Захист вузлів і деталей, які наражаються на особливий ризик у разі появи несправностей. Як приклад можна навести захист каталітичного нейтралізатора, що реагує на пропуски запалювання. Система реагує на певну частоту появи пропусків запалювання, відключаючи подачу пального у несправний циліндр, щоб запобігти перегріванню нейтралізатора.

3. Робота в аварійній ситуації згідно з величинами, прийнятими «за замовчуванням». Наприклад, у разі виходу з ладу датчика навантаження (який визначає масову витрату повітря) генерується сигнал його заміни, що базується на значеннях частоти обертання колінчастого вала і положення дросельної заслінки.

4. Інформування водія про несправності системи діагностики з допомогою індикаторних ламп, дисплеїв або акустичних пристроїв попередження.

5. Зберігання точної інформації. Система зберігає в пам'яті ЕБК попереджувальну інформацію і дані про окремі несправності. Також у запам'ятовувальному пристрої зберігаються дані про умови роботи технічних систем автомобіля на момент виявлення несправності.

6. Доступ до збережених даних про несправності. Дані, що зберігаються у пам'яті системи самодіагностики під час роботи автомобіля, можуть бути передані на діагностичний стенд з дисплеєм через послідовно підключений багатоканальний вхід (порт).

7. Індикація даних про несправності у формі миготливого коду на панелі приладів. Це допомагає обслуговуючому персоналу пришвидшити діагностику шляхом звуження поля можливих джерел несправностей.

Інформаційно-допоміжні системи дають можливість провадити навчання методам економічного і безпечного руху, атестацію режимів руху на маршрутах і визначати маршрутні нормативи часу руху, витрату пального, затрат на ТО і ремонт.

Функціональне призначення систем самодіагностики (СД) показане на рис. 7.11.

Система СД контролює стан датчиків системи керування, впливає на функціонування виконавчих пристроїв, повідомляє водія (оператора) про наявність несправності, локалізує та ідентифікує несправність під час її виникнення, здійснює захисні функції, повідомляє діагностичну інформацію в служби технічної

експлуатації (рис. 7.11).



Рис. 7.11. Функції бортової системи самодіагностики

Функціонування системи СД полягає у постійному або періодичному порівнянні електричних сигналів (значень параметрів) кіл електронного блока керування з переліком контрольованих параметрів, що занесені до постійної пам'яті (бази еталонних даних) ЕБК.

У базі даних ЕБК для порівняння зберігаються верхні та нижні значення (рівні) сигналів, кількість помилкових сигналів за певний період часу, недостовірні комбінації сигналів, рівні сигналів за межами адаптивних значень.

Якщо параметр, що порівнюється (перевіряється), має недопустимі чи недостовірні значення або спостерігаються «загальмовані» сигнали, до пам'яті ЕБК заноситься код несправності (код помилки). Для зберігання кодів помилок в ЕБК використовується енергонезалежна КАМ-пам'ять.

Доцільність використання конкретних засобів діагностування визначається із застосуванням економіко-імовірнісного методу, який враховує вартість діагностичних засобів самого технологічного процесу, а також вплив діагностування на безвідмовність, довговічність автомобіля та періодичність його ТО.

Змістовно завдання побудови полягає в тому, щоб знайти (вирахувати, вибрати, призначити) таку сукупність і, можливо, послідовність входних впливів, при подачі яких на об'єкт діагностування, отримані у заданих контрольних точках відповіді об'єкта дають можливість зробити висновок про його технічний стан.

На сьогодні провідні автомобілебудівні фірми застосовують на легкових автомобілях від великого до малого класів розгалужені мікропроцесорні бортові системи контролю (БСК) для допускового контролю 15-20 і більше параметрів. На додаток до функцій перших впроваджених БСК ці системи забезпечують контроль стану зчеплення, амортизаторів, акумуляторної батареї, системи запалювання, компресії по циліндрам та ін. (рис. 7.12).

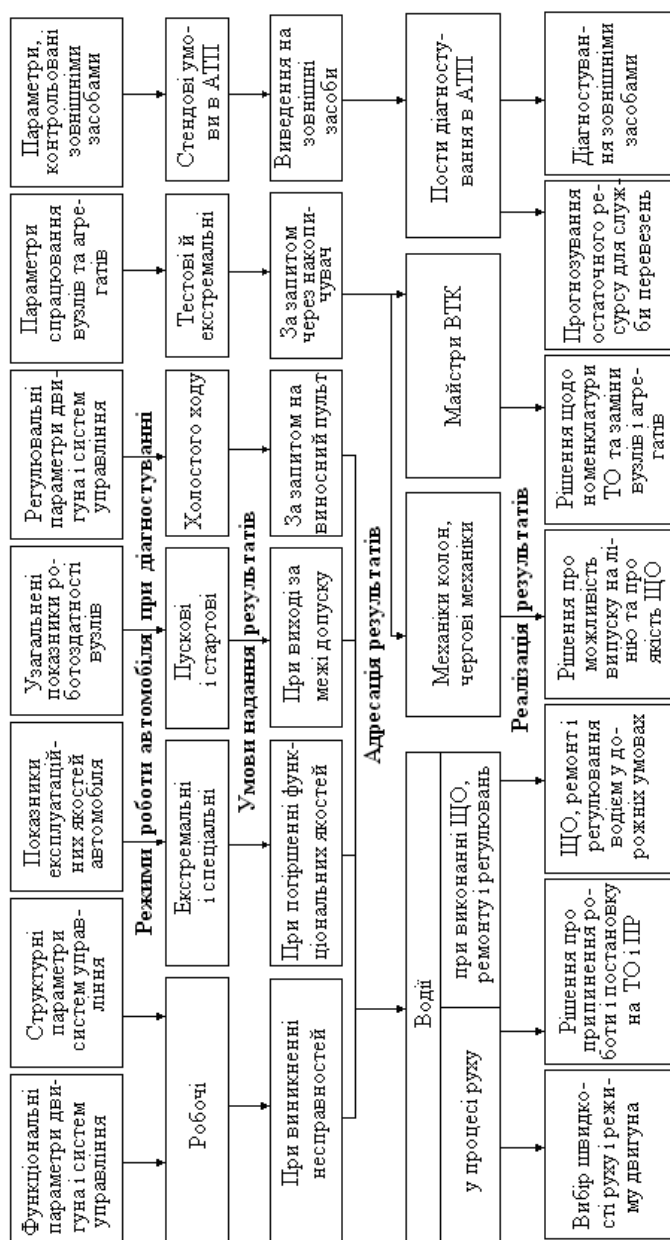


Рис. 7.12. Можливості та сфера контролю технічного стану вбудованими засобами

Для поелементної перевірки, визначення характеру несправностей та пошуку елементів, що відмовили, найскладніші мікропроцесорні системи керування оснащують спеціальним «діагностичним рознімачем» і підключають до них вторинні переносні прилади – тестери і сканери. Прикладом може бути діагностичне забезпечення розроблених фірмою WABCO антиблокувальних мікропроцесорних гальмівних систем, які мають у своєму складі «діагностичний рознімач»: найпростіші вбудовані елементи самоконтролю і вторинні переносні тестери для перевірки пневмоапаратів та електронних блоків антиблокувальних систем.

У блоці пам'яті вбудованих систем діагностування зберігається інформація для механіка-діагнosta, команди автоматичним регуляторам щодо обмеження швидкості руху, частоти обертання колінчастого вала двигуна, дані для своєчасної постановки автомобіля на ПР і ТО, заміни конкретних вузлів та агрегатів, що разом зі стаціонарними комплексами АСУ визначає остаточний ресурс.

Одним з показників діагностування, які повинні бути забезпечені технічними засобами діагностування (ТЗД), є глибина пошуку несправності. Чим нижчий рівень структурної одиниці, тим складніший алгоритм пошуку в ній несправності і тим вища вартість ТЗД. У той же час, чим нижчий рівень структурної одиниці, тим нижча вартість запасних елементів. У зв'язку з цим при завданні глибини пошуку несправності необхідно забезпечити мінімальні витрати на створення ТЗД і на запасні елементи.

На сьогодні можливості ранньої діагностики несправностей автомобіля, що тільки зароджуються, суттєво підвищились. Застосування сучасного персонального комп'ютера за наявності відповідного програмного забезпечення практично знімає обмеження на можливості аналізу сигналів.

7.1.4.2. Можливості бортової системи самодіагностики

Найпростішим і найбільш розповсюдженим методом діагностування системи керування двигуном є діагностування з використанням вбудованої бортової системи самодіагностики. Такий варіант діагностування полягає в: кожному блоку керування системами транспортного засобу має вбудований алгоритм самодіагностики датчиків, виконавчих елементів і кіл електропроводки; у системах, пов'язаних з екологічними обмеженнями та в аварійних системах (подушки безпеки) можуть бути використані багаторівневі алгоритми діагностування компонентів. Блок керування слідує за виходом з ладу електричних блоків і передає результати в пам'ять несправностей. Інформація про результати самодіагностування зберігається у спеціально зарезервованих комітках пам'яті блоку керування, звідки вона може бути виведена на діагностичний рознімач. Зчитування інформації з діагностичного рознімача може здійснюватися з допомогою діагностичного сканера або тестера. Сучасні універсальні діагностичні сканери дають можливість здійснювати до шести рівнів діагностування:

- рівень ідентифікації системи керування;
- зчитування з пам'яті кодів несправностей;
- зчитування фактичних параметрів (потоків даних);

- керування виконавчими механізмами;
- проведення узгодження, адаптації та навчання окремих компонентів або підсистем;

- зчитування результатів спеціальних екологічних тестів, які проводить система самодіагностики під час руху транспортного засобу.

Діагностування з допомогою системи самодіагностики не дає достатньої кількості інформації для достовірної постановки діагнозу. В алгоритмі роботи сучасної бортової системи самодіагностування можна виділяти кілька рівнів функціонування.

Перший рівень – перевірка сигналів датчиків, установлених в системі. Перевіряється версія: чи не виходить сигнал датчика за межі допускового діапазону.

Другий рівень перевірок – порівняльний. Оцінюється ймовірність того, що датчик, який перевіряється, дійсно може мати такий рівень сигналу саме на даному режимі, тобто по відношенню до сигналів з інших датчиків.

Третій рівень перевірки – оцінюється динамічна зміна сигналу за часом.

Четвертий рівень перевірки полягає в наступному. Якщо бортова система керування поставила діагноз про справність датчика, то з його допомогою оцінюється динаміка самого процесу, що відбувається в системі. Наприклад, за сигналом датчика масової витрати повітря оцінюється правильність функціонування системи рециркуляції відпрацьованих газів.

Інформація, яку бортова система самодіагностики передає на діагностичний рознімач, містить:

- коди наявних несправностей;
- фактичні дані процесів, якими керують;
- показання різних датчиків у вигляді напруги та у вигляді приведених фізичних величин;
- результати проведеного тестування підсистем системи керування.

Постановка діагнозу здійснюється за таким алгоритмом: зчитування області пам'яті несправностей; якщо несправності є в наявності, то здійснюється перевірка параметрів системи, пов'язаних з елементом, який спричинив помилку.

Параметри, відображені діагностичним сканером, порівнюються з еталонними значеннями для даного режиму. У разі виходу значення параметра за межі допуску робиться висновок про можливу причину несправності на основі технічної документації. Якщо ж елементом, який перевіряється, є не датчик, а виконавчий елемент чи підсистема в цілому, то за командами діагностичного сканера елемент (підсистема), що тестується, вводиться в тестовий режим. Справність підсистеми оцінюється за задоволенням граничних умов, як керуючого сигналу, що задається, так і реакції системи на цей керуючий сигнал. Відгук на керуючий вплив сприймається як зміна сигналів датчиків, установлених у підсистемі, яку тестують.

Якщо оцінювати метод «самодіагностики» з точки зору часових затрат, то він є «найшвидшим». Витрати часу, потрібного на проведення тестового діагностування, можна поділити на такі операції:

- підключення діагностичного сканера до діагностичного рознімача;

- ідентифікація блока керування й установка зв'язку;
- зчитування кодів несправностей;
- постановка попереднього діагнозу на основі рекомендацій експертної системи за зчитаними помилками;
- зчитування параметрів, які відображає система самодіагностики, й порівняння їх з допустимими за технічною документацією;
- проведення тестів виконавчих механізмів (у разі необхідності);
- постановка остаточного діагнозу й відключення діагностичного сканера.

Використання бортових систем моніторингу дає можливість перейти від періодичного профілактичного діагностування до постійного контролю та аналізу стану вузлів автомобіля, що дозволяє заощадити значні кошти за рахунок своєчасного усунення несправностей, скорочення вартості ТО та термінів ремонту.

7.1.4.3. Пошук несправностей з допомогою бортової системи самоконтролю

Система самодіагностики автомобіля за допомогою лампи або дисплея інформує водія про виникнення відхилення від номінального значення контрольованої величини параметра. Проте за наявності разового відхилення параметра система може припинити інформування, зберігши необхідну інформацію в оперативній пам'яті комп'ютера для подальшого її зчитування в режимі off-line.

На отриманий сигнал про відхилення величини параметра від номінального значення система самодіагностики класифікує несправність за номером (кодом несправності) і запам'ятовує цей код в оперативній пам'яті, роблячи коригувальні дії, передбачені на цей випадок програмою, що керує. Кількість діагностичних кодів, визначуваних контролером системи керування може досягати понад 3000. Тому в оперативній пам'яті поступово накопичується інформація про значення величин параметрів робочих процесів вузлів, агрегатів і систем. Нормативні вимоги згідно зі стандартом OBD-II, структура кодів несправностей і протоколів обміну даними для підтримки діагностування та зчитування кодів несправностей описані в роботах [33, 34, 35].

Відображення даних з пам'яті несправностей можливе двома способами. На панелі приладів є контрольна лампа «Check Engine». Якщо блок керування розпізнав і врахував несправність, контрольна лампа «Check Engine» починає світитися. Якщо з увімкненим вимикачем стартера і свічок розжарювання натиснути клавішу діагностики, лампа «Check Engine» і лампа клавіші діагностики видають світловий код, який можна розшифрувати з допомогою табл. 7.3 [33]. Щоб зітерти код несправності, слід перед увімкненням вимикача стартера і свічок розжарювання натиснути клавішу діагностики і тримати її натиснутою протягом 3 с. При стиранні пам'яті несправностей стираються усі дані, необхідні для вирівнювання роботи двигуна по циліндрам. Тому перші 5 хвилин після нового запуску двигуна ці дані знову розраховуються.

**Коди несправностей та інформаційні коди
для двигуна Volvo D12A**

Коди несправностей	
Код	Несправна конструктивна група
11	Датчик положення педалі подачі пального
12	Контакти холостого ходу
13	Датчик швидкості руху автомобіля
14	Реле живлення блока керування
21	Блок керування
22	Програмування блока керування
23	Датчик температури охолоджувальної рідини
24	Датчик температури наддувного повітря
25	Датчик тиску наддування повітря
26	Датчик кута повороту розподільного вала
27	Датчик ВМТ
31	Насос-форсунка циліндра 1
32	Насос-форсунка циліндра 2
33	Насос-форсунка циліндра 3
34	Насос-форсунка циліндра 4
35	Насос-форсунка циліндра 5
36	Насос-форсунка циліндра 6
Інформаційні коди	
41	Не проведено випробування гальм або є несправність вимикача педалі гальма
42	Горить сигнал готовності гальм
43	Горить сигнал вимикача педалі гальма
44	Увімкнений вимикач холостого ходу
45	Увімкнений вимикач педалі привода зчеплення
46	Задіяне стоянкове гальмо
47	Надходить сигнал небезпеки відмови
Інформаційні коди	
51	Темпомат увімкнений
52	Темпомат у положенні SET
53	Темпомат у положенні RESUME
61	Надходить сигнал АБС моторного гальма
62	Надходять дані від електронної системи керування коробкою передач
63	Блок керування у стані програмування

Коди несправностей від 41 до 63 є інформаційними, з допомогою яких можуть перевірятися функції увімкнення виконавчих механізмів і наявність сигналів, що надходять від них. Цей найпростіший спосіб зчитування кодів несправностей повсюди використовується для вантажних автомобілів з тим, щоб водій відразу міг інформувати спеціалістів на станції технічного обслуговування про неполадки.

Зчитування кодів несправностей може здійснюватися з допомогою тестера (мотор-тестера, авто тестера, сканера), підключеного до діагностичного рознімала.

Сучасні сканери дають можливість виконувати додаткові функції і можуть відрізнитися за кількістю можливих функцій, виконуваних каналами «L» і

«К» діагностики, обсягом контрольованих параметрів та змістом інформації, що надається оператору (рис. 7.13) [34].

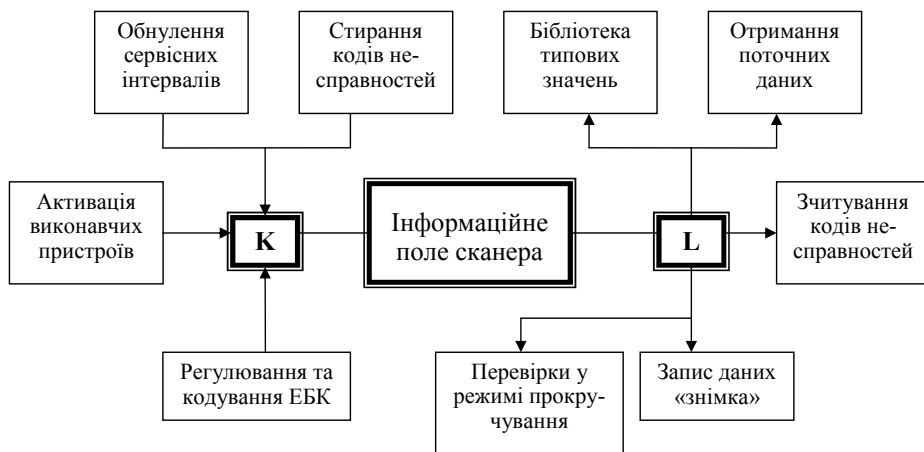


Рис. 7.13. Функціональні можливості сканера:
K (control), L (line) – інформаційні канали

Функції бортової системи самодіагностики (СД) наведені на рис. 7.11. Система СД може бути інтегрована в окремі системи автомобіля (керування двигуном, вузлами, агрегатами) або реалізована на базі центрального бортового комп'ютера, який контролює функціонування кількох систем керування одночасно.

Основні засоби отримання інформації про виявлені невідповідності контрольованих параметрів з номінальними значеннями (про несправності та відмови) наведені на рис. 7.14 [34].

Дані пам'яті несправностей можуть також бути зчитані у незашифрованому вигляді з допомогою тестера фірми Volvo. Тестер, основним елементом якого є ноутбук, дає можливість користувачеві у разі відомих кодів несправностей отримати інформацію про подальші дії щодо виявлення несправностей. Такими діями можуть

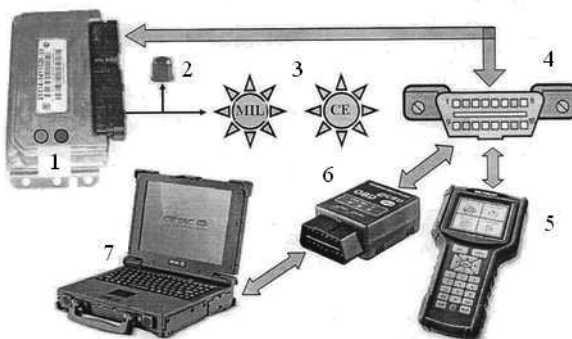


Рис. 7.14. Засоби обміну інформацією системи самодіагностики:

1 – світлодіоди, вмонтовані в корпус ЕБК; 2 – світлодіод зовнішнього підключення; 3 – сигнальні лампи діагностики на панелі приладів автомобіля; 4 – діагностичний рознімач автомобіля; 5 – діагностичний сканер; 6 – діагностичний адаптер; 7 – персональний комп'ютер

бути, наприклад, відображення таблиці даних, виміряні сила струму або напру-
га з допомогою мультиметра чи осцилографа, вимірювання інших параметрів.

Діагностика несправностей CAN-шини виконується з допомогою спеці-
алізованої діагностичної апаратури (аналізатори CAN-шини), осцилографа (у
тому числі, із вбудованим аналізатором шини CAN) і цифрового мультиметра.
Як правило, роботи з перевірки функціонування CAN-шини починають з вимі-
рювання опору між проводами шини. Необхідно мати на увазі, що CAN-шини
системи «Комфорт» та інформаційно-командної системи, на відміну від шини
силового агрегату, постійно знаходяться під напругою, тому для їх перевірки
слід відключити одну з клем акумуляторної батареї. Основні несправності
CAN-шини, в основному, пов'язані із замиканням/обривом ліній (або наванта-
жувальних резисторів на них), зниженням рівня сигналів на шині, порушеннями
логіки її роботи. В останньому випадку пошук несправності може забезпечити
тільки аналізатор CAN-шини.

7.1.4.4. Процеси самодіагностики

Система СД (рис. 7.11) може бути інтегрована в окремі системи керування
двигуна й агрегатів автомобіля або реалізована на базі центрального
комп'ютера, який контролює функціонування кількох систем керування одно-
часно. Проте процес самодіагностики має низку обмежень, що зумовлені немо-
жливістю або недоцільністю локалізації несправності без участі оператора:

1. Визначення несправності відбувається тільки у разі наявності відповід-
ного коду несправності у бібліотеці даних системи СД.

2. Вилучення кодів несправностей можливе лише за умов, які передбачені
програмою діагностування системи СД.

3. Несправності та пошкодження механічного характеру, що не підтвер-
джуються реакцією електричних датчиків, не охоплюються системою СД.

4. Несправності та пошкодження вторинного кола системи запалювання
не охоплюються системою СД (за винятком систем останнього покоління).

5. Код несправності, звичайно, визначає несправність у певному колі сис-
теми, але не дає можливості локалізувати місце пошкодження.

6. Несправності електрообладнання (особливо високовольтних кіл) мо-
жуть призводити до генерації електромагнітних перешкод та викликати генера-
цію помилкових кодів несправностей.

7. Не кожна система СД здатна реагувати на «загальмовані» сигнали дат-
чиків.

8. Не кожна система СД здатна визначити недостовірні сигнали, парамет-
ри яких знаходяться в межах допустимих значень.

Відповідно до п. 4 слід зазначити, що в сучасних системах керування дви-
гуном застосовуються системи СД з контролем системи запалювання за вихід-
ним параметром. У цьому разі реєструються пропуски запалювання по цилінд-
рах на підставі визначення нерівномірності обертання колінчастого вала та від-
сутності імпульсів струму у вторинному контурі системи запалювання.

Трансляція діагностичної інформації (кодів помилок і даних) забезпечує
зчитування вхідних і вихідних сигналів у середовищі ЕБК. У режимі виконання

тестових завдань ЕБК одержує команди від приладу, що проводить тестування (сканера).

Діагностична інформація, яка формується у системі СД, використовується не тільки для пасивного повідомлення водія чи оператора про наявність та вид несправності, але й активно впливає на несправну систему керування, нормалізуючи її роботу. Такий автоматичний вплив (аварійний режим) необхідний для забезпечення роботоздатності автомобіля на режимах, близьких до оптимальних, доки несправність буде усунено.

Якщо виникає несправність у колі будь-якого датчика, система СД поряд із записом коду несправності та вмиканням лампи-індикатора несправності забезпечує заміщення втраченого сигналу. Сигнал, який втрачено, у цьому разі, формується на підставі аналізу даних від інших датчиків системи керування, що непрямо (у першому наближенні) відтворюють втрачену інформацію. Заміщення сигналів деяких датчиків відбувається шляхом вилучення їх значень безпосередньо з постійної пам'яті ЕБК. При несправностях кіл основних датчиків (наприклад, датчик положення колінчастого вала) система СД забезпечує фіксований обмежений режим роботи або зупиняє ДВЗ, доки несправність не буде усунена. Реакція системи СД в аварійному режимі (режимі резервування) наведена в табл. 7.4.

Таблиця 7.4

Програмні втручання системи самодіагностики

Несправності в колах датчиків	Операції резервування
ДД – обриви та замикання сигнального про- вода	ЕБК переводить ДВЗ на аварійний режим з безпечними кутами запалювання
ДТОР – обриви та замикання сигнального провода	ЕБК заміщує сигнал датчика на сигнал, що вираховується за часом роботи ДВЗ. Інфор- мація про сигнал зберігається у пам'яті ЕБК
ДМВП – обриви та замикання сигнального провода або провідників живлення	ЕБК заміщує сигнал датчика на сигнал, що формується на основі сигналів ДПКВ та ДПДЗ
ДПДЗ – обриви та замикання сигнального провода, тривала нерухомість датчика (роз'єднання привода датчика)	ЕБК заміщує сигнал датчика на сигнал, що формується на основі сигналів ДПКВ та ДМВП
ДПКВ – обриви та замикання сигнальних проводів, порушення екрана проводів (кіль- кість імпульсів на оберт колінчастого вала перевищує 58)	ЕБК зупиняє двигун або переводить його на фіксовану частоту обертання колінчастого вала
ДША – обриви та замикання сигнального провода або провідників живлення	ЕБК ігнорує сигнал датчика та повідомляє водія (лампа-індикатор несправностей) без зупинки двигуна

У процесі експлуатації автомобіля відбувається поступове спрацювання деталей об'єкта керування (люфти, биття) та погіршення характеристик датчиків (втрата чутливості, збій калібрування) і виконавчих пристроїв системи керування (засмічення форсунок, нагар свічок запалювання тощо). Як наслідок, це викликає відхилення сигналів керування та керуючих впливів від оптимальних значень. Такі відхилення також можуть виникати в результаті заміни окре-

мих елементів системи на неідентичні, використання не сортового пального і т. п. Система СД при таких відхиленнях не переходить до аварійного режиму та не сигналізує про несправність, аж доки значення структурних діагностичних параметрів не вийдуть за межі допустимих. Таким чином, відбувається поступове погіршення вихідних характеристик об'єкта керування (для ДВЗ – підвищення токсичності, зниження ефективної потужності та паливної економічності).

Ці недоліки усуваються в адаптивних системах керування зі зворотним зв'язком за вихідним параметром (системи керування ДВЗ з датчиками кисню, детонації). Зворотний зв'язок дозволяє реалізувати адаптивний режим системи СД, що полягає в коригуванні базових даних, які містяться в характеристичних картах ЕБК відповідно до зміни вихідних параметрів мехатронної системи, відносно їх оптимальних значень.

Варто зазначити, що процес адаптації може виключити функціонування системи в аварійному режимі, якщо з датчиків надходять сигнали, значення параметрів яких не виходять за межі допустимих. Щоб уникнути такої невизначеності, в пам'яті ЕБК зберігаються допустимі рівні відхилення параметрів у межах яких підтримується режим адаптації. Якщо вихідні параметри мехатронної системи виходять за рівні адаптивних значень, система СД ініціалізує аварійний режим.

Швидкість, з якою інтегрована система СД обмінюється даними з діагностичним приладом, залежить від довжини лінії послідовної передачі даних і швидкості передачі даних ЕБК автомобіля. Швидкість передачі даних вимірюється в бодах. Один бод дорівнює передачі одного біта інформації за секунду. Швидкість відображення даних залежить від типу ЕБК і не може бути змінена за допомогою діагностичного приладу.

З метою уніфікації засобів комп'ютерної діагностики використовується міжнародний стандарт ISO 9141, який визначає протокол обміну інформацією між ЕБК і діагностичним тестером (сканером) через послідовний інтерфейс. Стандарт установлює єдину методологію доступу до даних, кодів несправностей та регламентує випробувальне (інструктивне) керування системами автомобіля з допомогою сканера.

Згідно зі стандартом сканер повинен обмінюватися інформацією з ЕБК по одному дроту («L» - line) або по двох дротах («K» - control, «L» - line) діагностичного рознімача (рис. 7. 13). По дроту «K» передаються дані в обидва боки, лінія «L» спрямована в один бік і використовується тільки при встановленні зв'язку між ЕБК і сканером. Далі лінія «L» переходить у стан логічної одиниці. До діагностичного рознімача також повинні підключатися «маса» автомобіля й напруга живлення від акумуляторної батареї.

Під час встановлення логічного контакту з ЕБК сканер посилає одночасно по лініях «K» і «L» спеціальний восьмибітовий код. Якщо код правильний (збігається з необхідним), ЕБК посилає сканеру восьмибітовий код з інформацією про швидкість наступного обміну даними. Цю швидкість встановлює ЕБК. Потім ЕБК посилає два кодових слова з інформацією про наступний обмін даними. Сканер повертає інверсії цих кодів в ЕБК. На цьому процес ініціалізації (підготовки до діагностування) завершується.

Діагностичні процедури, реалізовані після ініціалізації залежать від програмного забезпечення ЕБК і сканера. Звичайно, є можливість зчитувати коди несправностей, зображувати їх на дисплеї сканера з текстовими коментарями. Більш складне програмне забезпечення дозволяє проводити діагностику датчиків і виконавчих пристроїв, забезпечувати тестування системи шляхом активізації виконавчих пристроїв через ЕБК.

Швидкість обміну інформацією між ЕБК і сканером визначається бортовим комп'ютером. Висока швидкість обміну інформацією (до 62500 біт/с) дозволяє за допомогою сканера реєструвати найкоротші випадкові (нерегулярні) відхилення параметрів від норми й проводити контрольно-діагностичні виміри під час руху автомобіля.

7.1.4.5. Чинники, що впливають на достовірність визначення несправностей бортовою системою самоконтролю

Ефект від застосування бортових систем самоконтролю не повинен переоцінюватися, тому що блок керування контролює інші блоки здебільшого лише за кінцевим результатом. Рано чи пізно будь-який механік зіштовхується з ситуаціями, коли двигун працює незадовільно, а з пам'яті несправностей може надходити повідомлення, що несправності відсутні.

Дуже часто на явно несправних транспортних засобах самодіагностика не визначає ніяких пошкоджень або неправильно встановлює причину несправності. Особливо це стосується гідродинамічних або механічних несправностей. У цьому разі механік цілеспрямованими вимірюваннями повинен перевіряти блоки, які не визначаються самодіагностикою [33, 34].

Більша частина блоків керування поставляється з так званим переліком параметрів, у який входять усі вимірювані величини, що обробляються блоком керування (деякі автовиробники перелік параметрів також називають блоком вимірюваних величин). Ці величини при опитуванні датчиків перевіряють на достовірність. Комбінуючи різні дані результатів перевірки, механік, що має великий досвід вимірювань і добре знає систему керування, може визначити подальші кроки перевірки. В особливо складних випадках рекомендується зареєструвати проведені вимірювання, включаючи результати їх обробки, і відповідним чином роздрукувати. Тільки діючи послідовно, методом виключення справних блоків, можна виділити несправний конструктивний елемент. Коли несправний блок буде встановлено – або виявленням у пам'яті несправностей, або з допомогою відповідних тестів – несправна частина блока повинна бути визначена подальшими вимірюваннями. Наприклад, блок вимірювання температури охолоджувальної рідини складається з датчика температури охолоджувальної рідини, електричних проводів, з'єднувальних колодок і відповідної частини блока керування. У пам'яті несправностей може виявитися несправним один із названих конструктивних елементів. Вимірюванням напруги або опору несправний конструктивний елемент може бути остаточно визначений і замінений. Такий метод перевірки може зайняти дуже багато часу, але у складних випадках він є єдиним, що дійсно приводить до позитивного результату.

Очевидно, при включенні в роботу самодіагностики «електронні мізки» блока керування ні в якому разі не повинні відключатися. Тим не менше в системах, що існують на сьогодні, не можна відмовлятися від використання самодіагностики. У майбутньому в більш важких незрозуміlostях електронних систем указання на можливу несправність можна буде отримувати читаючи пам'ять несправностей. З широким впровадженням протоколу бортової діагностики (OBD) глибина самодіагностики суттєво повинна розширитися.

Далі наведено ще кілька вказівок щодо раціонального використання самодіагностики.

Якщо в складному випадку несправності можливе припущення, що раніше вже було кілька безуспішних пошуків несправності, пам'ять несправностей слід зітерти і провести пробні поїздки до тих пір, поки несправність не виникне знову. Тим самим можна запобігти небезпеці, що пам'ять несправностей покаже їх у всіх тестах, які, наприклад, проводилися з роз'єднаними рознімачами.

У складних випадках може виявитися раціональним опитувати пам'ять несправностей усіх систем, що є на транспортному засобі. На сьогодні електрообладнання, оснащене бортовим контролером зв'язку CAN, дає можливість, наприклад, виявити неполадки у живленні блока керування – одну з несправностей, що найчастіше зустрічаються у дизельних двигунів Volkswagen з безпосереднім впорскуванням і турбонадувом і виникають через несправності реле. Сам блок керування не може реєструвати порушення живлення, тому що в цей момент через неполадки у живленні в нього не працює пам'ять. Одночасно порушується обмін даними з іншими блоками керування, що реєструють працюючі блоки керування як помилки у передачі даних.

Багато блоків керування (наприклад, на автомобілях Mercedes-Benz) у разі появи помилок фіксують робочий стан двигуна, наприклад, температуру, частоту обертання колінчастого вала, швидкість і пройдений шлях автомобіля. Подальше оцінювання граничних умов дасть можливість швидше виявити несправність і відтворити її під час випробувальної поїздки.

В акумуляторній системі паливоподачі (АСПП) створюється тиск пального 130-180 МПа на режимах максимального крутного моменту і номінальної потужності, а на холостому ході – 20-30 МПа. Тому перевірити наявність витоку, величина якого зростає зі зростанням тиску, на холостому ході складно. Діагностичний сканер дає можливість (для деяких блоків керування) на короткий час підняти тиск в акумуляторі до гранично допустимого і під час роботи двигуна на режимі холостого ходу, що дає можливість провести тест витоку.

Достовірність постановки діагнозу за всіма компонентами системи керування залежить від рівня інформативності [33, 34, 35]:

1. Інформативність для датчиків складає приблизно 70%.
2. Рівень вихідного сигналу датчика не дає можливості поставити абсолютно достовірний діагноз про його технічний стан.
3. На 20% знижується інформативність сигналу за рахунок появи так званих спорадичних несправностей, тобто несправностей, що виникають періодично, лише на певних режимах роботи та відсутні безпосередньо в момент проведення діагностики. Ці несправності можуть бути дійсно пов'язані як з роботоздатністю самого датчика, так і з дефектами електричних з'єднань до нього.

4. 10% зниження інформативності виникає через неможливість точно визначити, чи відбулося спотворення сигналу датчика у допустимих межах з причини його несправності, чи це результат неправильної роботи іншого несправного вузла.

5. Інформативність тестових перевірок виконавчих механізмів складає менше 50%, оскільки тут виникає вимога щодо достовірності сигналів датчиків підсистеми, за якими оцінюється величина відгуку. Крім того, на відміну від контролю датчиків не для всіх виконавчих механізмів закладені тести в бортовій системі самодіагностики.

7.1.5. Бортові системи моніторингу, дистанційного зв'язку та контролю технічного стану автомобіля

7.1.5.1. Види інформаційних систем

Моніторинг технічного стану та робочих режимів і процесів автомобіля дає можливість контролювати зміну параметрів вузлів, агрегатів і систем автомобіля, а також дистанційно отримувати необхідну інформацію про параметрів для керування роботою систем автомобіля. Важливою складовою моніторингу технічного стану є екологічний контроль, вплив режимів роботи двигуна на ресурс моторного масла та витрати пального.

Безперервний моніторинг параметрів технічного стану параметрів вузлів, агрегатів і систем автомобіля забезпечують мехатронні та телематичні системи. Вони виконують функції самодіагностики, діагностики керованих ними процесів та інформування водія, механіка, диспетчерську службу про відхилення, які виникли, контрольованих значень параметрів технічного стану і робочих процесів.

В основу бортових систем моніторингу автомобілів покладено стандарт OBD-II. Провідною ознакою присутності стандарту OBD-II у системі моніторингу технічного стану автомобілів є наявність на борту характерного діагностичного рознімача (колодки діагностики). Зовнішній вигляд коннектора і колодки діагностичного рознімача J1962 представлені на рис. 7.15 та 7.16. Це 16-контактна колодка – Diagnostic Link Connector (DLC) трапецієвидної форми, що забезпечує можливість підключення до неї коннектора гаджета, де призначення контактів (розпіновка) регламентується стандартом OBD-II.

Передача необхідної інформації від системи самодіагностики до DLC відбувається по спеціальних дровових лініях зв'язку L-line, K-line, CAN безпосередньо на контакти 6, 7, 14, 15 діагностичного рознімача.

Сучасні протоколи зв'язку контролера системи з його гаджетами через контакти OBD-II близькі за апаратною реалізацією ліній передачі інформації і різні лише за призначенням використовуваних ліній. Стандарт ISO 9141 використовує K- та L-лінії, а ISO 14230 – тільки K-лінію. Тому сканери, що використовують стандарт ISO 9141 можуть працювати і за стандартом ISO 14230, але не навпаки.

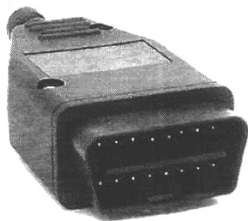


Рис. 7.15. Вигляд конектора діагностичного рознімача J1962 стандарту OBD-II

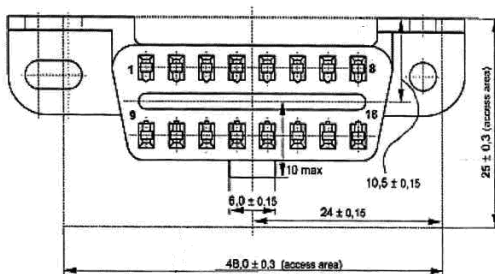


Рис. 7.16. Вигляд колодки діагностичного рознімача J1962 стандарту OBD-II

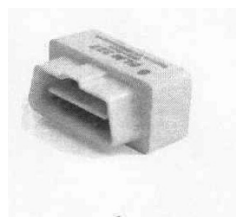
Універсальні діагностичні гаджети-адаптери OBD-II, побудовані на базі мікроконтролера ELM327, представлені на рис. 7.17.



а



б



в

Рис. 7.17. Вид гаджетів-адаптерів OBD-II з різними способами підключення до зовнішнього пристрою:

а – USB; б – Wi-Fi та USB; в – Bluetooth

За допомогою таких адаптерів OBD-II можна виконувати такі операції:

- читати діагностичні коди несправностей (DTC – Diagnostic Trouble Codes), як стандартні, так і спеціальні (коди виробника), а також відображати їх значення;

- очищувати DTC і вимикати MIL (світловий напис «Check Engine» на панелі приладів);

- відображати інформацію контрольних пристроїв, що підключаються: частота обертання колінчастого вала і навантаження двигуна; температура масла й охолоджувальної рідини; стан системи подачі пального; швидкість руху автомобіля; короткострокова та довгострокова витрата пального; абсолютний тиск, температура і масова витрата повітря; склад паливної суміші; кут випередження запалювання тощо.

Протоколи зв'язку стандарту OBD-II надають діагностові низку стандартизованих функціональних можливостей (режимів діагностики – modes).

Режим 1 означає зчитування значень величин поточних параметрів роботи системи керування (Model PID Status & Live PID Information). Стандарт підтримує приблизно 20 параметрів. Проте кожен конкретний блок керування підтримує обмежену кількість цих параметрів (наприклад, залежно від установлених датчиків кисню). З іншого боку, деякі автовиробники підтримують розширені набори параметрів, наприклад, окремі автомобілі концерну GM підтримують

більше 100 параметрів.

Через систему самодіагностики стандарту OBD-II можливо зчитати (основні параметри):

- режим роботи системи корекції пального (PID 03 Fuel system status), де при значенні «Closed Loop» система працює в режимі зворотного зв'язку (замкнутого контуру) і при цьому дані з датчика кисню використовуються для коригування подачі пального, проте при значенні «Open Loop» дані з датчика кисню не використовуються для коригування подачі;
- розрахункове навантаження на двигун (PID 04 Calculated Load);
- температура охолоджувальної рідини (PID 05 Coolant temperature);
- короткострокове коригування подачі пального для ряду циліндрів 1/2 (PID 06/08 Short Term Fuel Trim Bank 1/2);
- довгострокове коригування подачі пального для ряду циліндрів 1/2 (PID 07/09 Long Term Fuel Trim Bank 1/2);
- тиск пального (PID 0A Fuel pressure);
- тиск повітря у впускному колекторі двигуна (PID 0B Manifold pressure);
- частота обертання колінчастого вала двигуна (PID 0C Engine speed - RPM);
- швидкість автомобіля (T3) (PID 0D Vehicle speed);
- кут випередження запалювання в циліндрі двигуна (PID 0E Ignition Timing Advance);
- температура повітря у впускному колекторі (PID 0F Intake Air Temperature);
- годинна витрата повітря двигуном (PID 10 Air Flow);
- положення дросельної заслінки (PID 11 Throttle position);
- режим роботи системи подачі додаткового повітря в систему впуску (PID 12 Secondary Air Status);
- розташування датчиків кисню (PID 12 Location of O2 sensors);
- дані з датчика кисню №1/2/3/4 для ряду циліндрів 1/2 (PID 13-1B O2 Sensor 1/2/3/4 Bank 1/2 Volts).

Режим 2 (Mode 2 Freeze Frame) - отримання збереженої фотографії поточних параметрів роботи системи керування на момент виникнення кодів несправностей.

Режим 3 (Mode 3 Read Diagnostic Trouble Codes (DTCs) – зчитування і перегляд кодів несправностей.

Режим 4 (Mode 4 Reset DTC's and Freeze Framedata) – очищення діагностичної пам'яті, тобто «стирання» кодів несправностей, фотографій поточних параметрів, результатів тестів датчиків кисню, результатів тестових моніторів.

Режим 5 (Mode 5 Sensor Monitoring Test Result) – зчитування і перегляд результатів тесту датчиків кисню.

Режим 6 (Mode 6 Testresults, non-continuosly monitored) – запит останніх результатів діагностики одноразових тестових моніторів (тестів, що проводяться один раз протягом поїздки). Ці тести контролюють роботу каталітичного нейтралізатора, системи рециркуляції відпрацьованих газів двигуна (EGR), системи вентиляції паливного бака.

Режим 7 (Mode 7 Testresults, continuosly monitored) – запит результатів діа-

гностики тестових моніторів, що діють безперервно (тестів, що виконуються постійно, поки виконуються умови для проведення тесту). Ці тести контролюють склад паливної суміші, пропуски запалювання (misfire) та інші компоненти, що впливають на склад відпрацьованих газів.

Режим 8 – керування виконавчими механізмами.

Режим 9 (Mode 9 Request vehicle information) – запит інформації про транспортний засіб, що діагностується, тобто запит VIN-коду й інших даних.

Режим ручного введення команди на запит діагностичної інформації.

Однак, не на кожній одиниці рухомого складу блок керування підтримує всі перераховані функції, і не кожен гаджет для OBD-II може дати діагностові можливість використовувати всі перераховані режими.

Згідно з використанням на транспортному засобі протоколу зв'язку процес діагностування містить такі етапи:

- зчитування за допомогою доступних засобів комп'ютерної діагностики всіх кодів помилок і всіх цифрових даних, що прямо або опосередковано відносяться до несправності, що виникла в процесі експлуатації автомобіля;

- електрична (аналогова) перевірка всіх отриманих даних при ретельній перевірці технічного стану елементів системи електроустаткування (акумулятора, генератора, дрітків і контактів);

- сканування значень величин контрольованих параметрів у режимі реального часу (функція Data Stream – відображення потоку даних), що використовується для перевірки сигналів датчиків та інших елементів систем керування в режимі реального часу і де на дисплей гаджета виводяться сигнали датчиків, наприклад, параметри системи живлення протягом деякого часу в режимах холостого ходу, розгону і сповільнення двигуна;

- аналіз отриманих результатів відповідно до нормативних значень контрольованих параметрів, наявності і характеру несправностей.

Ускладнення систем керування робочими процесами вузлів і агрегатів призводить до ускладнення і методів їх діагностики. Так, робота гаджета в режимі багатоканального осцилографа, тобто отримання графічних залежностей параметрів не тільки від часу, але й від інших параметрів, дає можливість досліджувати впливи зміни певного параметра лише на той, що вибраний для аналізу. Це полегшує знаходження причин несправностей, проте вимагає інженерних знань і загального розуміння процесів, що відбуваються в автомобілі.

Істотним недоліком стандарту OBD-II є:

- наявність у системі самодіагностики великої кількості різних протоколів для зв'язку контролера системи з гаджетом. Це протоколи: J1850 VPW; J1850 PWM; ISO 9141-2; ISO 14230-4; KWP (Keyword Protocol) 2000;

- правила видалення («стирання») з пам'яті контролера системи самодіагностики;

- правила «перенавчання» системи самодіагностики з урахуванням особливостей режимів роботи двигуна та водіння автомобіля.

Сьогодні розробляється новий стандарт системи самодіагностики електронних систем управління роботою вузлів і агрегатів – OBD-III, який обумовлює зміни, перш за все, у пристроях бортових систем моніторингу параметрів технічного стану автомобілів.

Дистанційний контроль з боку транспортних організацій та систем керування дорожнім рухом виконується за параметрами технічного стану транспортного засобу та вантажу, місцезнаходженням транспорту, його швидкістю та напрямком руху, відсутністю аварійних ситуацій тощо.

Поєднання усіх інформаційних систем від внутрішніх до зовнішніх (середовища) – між автомобілем та інформаційним простором – забезпечує функціонування інтелектуальних транспортних технологій контролю динамічних властивостей, дистанційного діагностування та надання інформації щодо рівня забруднення довкілля, необхідності технічного обслуговування автомобіля. У цьому разі використовуються основні елементи системи – гаджети інтегрованого мета-простору такі, як контролер, сканер-комунікатор (трекер) тощо з відповідними датчиками контролю параметрів автомобіля. Можна використовувати планшет, смартфон, модулі бездротового зв'язку, RFID-мітки (див. розділ 6) та засоби передачі інформаційних потоків з автомобіля до єдиної системи моніторингу автомобілів.

Телематичні та інтелектуальні системи моніторингу виконують такі функції: контроль над цільовим використанням транспорту; контроль за дотриманням графіка та маршруту руху; збір статистики й оптимізація маршрутів; забезпечення безпеки; допомога користувачам у виборі маршруту (в тому числі з урахуванням дорожньої ситуації); контроль за дотриманням правил дорожнього руху (наприклад, intelligent speed adaptation system); інші інтелектуальні функції (наприклад, прогноз маршруту руху, різні види аналізу накопичених даних тощо).

Реалізація згаданих можливостей забезпечується поєднанням сучасних комп'ютерних технологій та мережею навігаційних супутникових технологій, а саме: GPS, GPRS, SBAS, ГЛОНАСС, Інтернет, локальна мережа і т. п. До бортових інформаційних інтелектуальних засобів на транспорті сьогодні відносять традиційні та опційні об'єкти сучасної автомобільної електроніки, автономні мікропроцесорні системи автоматичного контролю та керування автомобілем. На сьогодні створено велику кількість телематичних систем як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. До таких систем можна віднести: системи навігації (Navigation), системи контролю трафіка (Traffic Control), системи дистанційної діагностики (Remote Diagnostics), бездротові технології X-by-Wire та системи комунікації автомобілів між собою [11, 16]. У всіх цих телематичних системах раціонально використані трекінгові системи, системи мобільного, супутникового та стільникового зв'язку, системи навігації, комунікації з автомобілями та ін. Схема взаємодії елементів сервісу дистанційного діагностування параметрів технічних систем автомобіля показана на рис. 7.18.

Розвиток бортових систем відбувається все швидше і швидше, сучасні бортові комп'ютери стають мережевими. Все частіше можна зустріти серійні автомобілі, комп'ютери яких можуть вийти в Інтернет. Це робиться не лише для зручності пасажирів, але й для можливості дистанційно діагностувати автомобіль виробником чи службою автосервісу.

Системи бортового контролю та діагностування дають можливість оцінювати роботоздатність вузлів, агрегатів і систем при щоденному обслуговуванні або безперервно в процесі роботи.

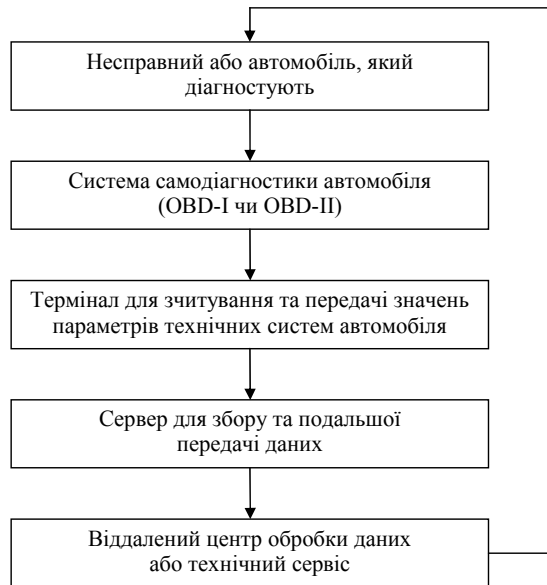


Рис. 7.18. Схема взаємодії елементів сервісу дистанційного діагностування автомобілів

Основним елементом сервісу дистанційного діагностування є вбудована діагностична система (On-Board Diagnostics, OBD) – це сукупність мехатронних систем: електронних блоків керування, датчиків, виконавчих пристроїв, підключення до автомобільної шини CAN. OBD здійснює моніторинг трансмісії, ходової частини та інших важливих вузлів автомобіля, а також контролює рівень викиду CO₂ та димність автомобіля.

З пам'яті контролера на борту автомобіля зчитування кодів може здійснюватися трьома способами: «вручну», автоматично, з допомогою гаджетів-сканерів, тобто зовнішніх інформаційних пристроїв. Стандарт OBD-II уніфікує протоколи обміну даними між системою самодіагностики і гаджетом, систему позначення кодів несправностей, ідеологію самодіагностики в цілому. Несправність може викликати цілу комбінацію кодів, але, в той же час, жоден з них не дасть відповіді на питання про те, що ж насправді призвело до несправності. Тому встановлення точного діагнозу вимагає високого рівня інженерної кваліфікації від фахівця, що здійснює аналіз інформації, отриманої від системи самодіагностики автомобіля, а також наявність досить тривалого періоду часу діагностування, оскільки може виникнути необхідність виконання додаткових перевірочних операцій для того, щоб переконатися у правильній інтерпретації коду несправності.

Для проведення дистанційного моніторингу параметрів технічного стану, визначення кодів несправностей та діагностування автомобіля необхідне комплексне обладнання: об'єднання навігаційних систем та діагностичних блоків автомобіля, технологічно пов'язаних з розгалуженою мережею штатних і дода-

ткових датчиків для контролю окремих вузлів і систем автомобіля. При цьому взаємодія бортового комплексу моніторингу технічного стану автомобіля та діагностування здійснюється в рамках єдиної ідеології мобільної інформаційно-діагностичної системи автомобіля.

Для аналізу роботи конкретної підсистеми системи керування двигуном достатньо одночасно контролювати, як правило, 2-3 параметри. Проте іноді потрібно одночасно проглядати і більшу кількість параметрів. Кількість одночасно контрольованих параметрів, а також формат їх виведення (текстовий чи графічний) залежать як від можливостей конкретної програми гаджета-сканера, так і від швидкості обміну інформацією з блоком керування двигуна транспортного засобу (швидкість залежить від підтримуваного протоколу зв'язку). Але найбільш поширений протокол ISO 9141 є найповільнішим з усіх [33], при роботі з ним неможливий перегляд з прийнятою частотою дискретизації більше 2-4 параметрів.

На сучасних автомобілях знаходять широке застосування бортові конвектори діагностичного рознімача, сканери-комунікатори (трекери), пристрої передачі даних, отриманих на борту, гаджети-адаптери, навігатори та широкий спектр пристроїв аналізу інформації.

Радіозв'язок, телефон, системи радіонавігації поступово стали стандартним оснащенням сучасного автомобіля. Розвиток супутникових інформаційних систем навігації (GPS/GPRS) та мобільного зв'язку надав можливість не тільки контролювати географічне положення автомобіля та здійснювати зв'язок з диспетчерським центром транспортного підприємства, але й, у тому числі, передавати поточну і накопичену діагностичну інформацію про автомобіль, заносючи її в базу даних конкретного автомобіля. Розроблена на основі сучасних ІТ-технологій бортова система контролю і діагностики (БСКД) автомобілів є високоефективною і повністю адаптивною системою, яка дає можливість в умовах експлуатації вести повний контроль над автомобілем у процесі його роботи за призначення і здійснювати діагностування його електронних систем керування.

Застосування на автомобілях складних високоефективних електронних систем керування викликало необхідність створення нового діагностичного обладнання зі значним обсягом сервісної інформації. Враховуючи значну різноманітність як моделей автомобілів, так і електронних систем керування ними різних виробників, створення діагностичного обладнання потребувало уніфікації його з допомогою прийнятих міжнародних стандартів. До таких стандартів належить міжнародний стандарт ISO 9141, який визначає протоколи обміну інформацією через послідовний інтерфейс між електронними блоками керування та діагностичними тестерами або сканерами. Одним зі спеціальних діагностичних пристроїв, що встановлюються на автомобілі, є БСКД, яка забезпечує доступ до бортового діагностичного програмного забезпечення.

Бортова система контролю і діагностики призначена для забезпечення діагностування бортових електронних систем автомобіля по інтерфейсу ISO 9141 безпосередньо на автомобілі, контролю осевого навантаження і режимів роботи автомобіля, відліку поточного часу і, відповідно, відображення контрольованих параметрів і поточного часу на рідкокристалічному моніторі блока контролю, встановленого на панелі приладів.

БСКД – це фактично вбудований у панель приладів автомобіля бортовий комп'ютер з функціями контролю режимів роботи, витрати пального та діагностування електронних систем (EDC двигуна, ABS/ASR, EGAS), установлених на автомобілі, різних виробників.

Сучасна БСКД автомобіля мінімально включає в себе такі компоненти:

- блок БСКД, установлений на додатковій панелі щитка приладів у кабіні автомобіля;
- кабель з'єднання блока з діагностичним рознімачем;
- діагностичний рознімач у кабіні;
- кабель RS-232 з'єднання рознімача із сервісним адаптером;
- сервісний адаптер;
- кабель USB з'єднання адаптера з персональним комп'ютером;
- персональний комп'ютер (ноутбук з доступом до Інтернету);
- модем 3G безпроводного зв'язку передачі сигналів бортових звітів на точки доступу;
- точки доступу Bluetooth/GSM-GPRS/SMS;
- накопичення бортових звітів у базі даних і передача оперативної інформації через WEB-сайт на комп'ютер користувачу або диспетчеру транспортного підприємства.

БСКД дає можливість у режимі реального часу або періодичного зчитування накопиченої у базі даних інформації, вести постійний моніторинг картографічного положення автомобіля в процесі його руху маршрутом, оцінювати його технічний стан за певними параметрами електронних блоків керування механізмами і системами автомобіля.

Принцип роботи БСКД автомобіля полягає у реєстрації подій в координатах часу та накопиченні даних в енергонезалежній пам'яті. Зчитування даних з БСКД виконується в режимах on-line або off-line (після рейсу) раз на місяць або під час проведення чергового ТО на розсуд споживача. Для зчитування даних використовується програмне забезпечення із сервісного комплект та комп'ютер типу ноутбук, що підключається через сервісний комплект до штатного діагностичного рознімача автомобіля. При включенні електроживлення дані автоматично зчитуються з пам'яті БСКД і у зашифрованому вигляді передаються на сервер віддаленої точки доступу. Якщо комп'ютер не має доступу до Інтернету, дані у зашифрованому вигляді зберігаються у спеціальній «теці», а при виході в Інтернет автоматично передаються на сервер віддаленої точки доступу. Споживач, який має ліцензію (право доступу на сервер), може в будь-який час і з будь-якої точки отримати необхідну інформацію і збірний звіт про роботу автомобіля або групи автомобілів (автопарку) через Інтернет за будь-який вибраний на свій розсуд період часу.

З допомогою БСКД водій може вчасно отримати попередження про критичні режими та несправності в системах EDC двигуна, самостійно (без використання додаткового обладнання) проводити контрольне діагностування електронних систем і визначати вид і місце несправності, що виникла в рейсі, зітерти помилки після усунення несправності, а також контролювати час і параметри роботи двигуна (температуру, оберти, тиск масла, часову витрату пального і т. д.). Крім того, водій може отримувати маршрутну інформацію (пробіг з по-

чатку поїздки, середню витрату пального і т. д.) у зручній графічній і текстовій формі, контролювати осьове навантаження й оптимізувати завантаження автомобіля, не допускаючи перевищення навантаження на вісь, та ще багато інших функцій.

Для транспортного підприємства БСКД дає можливість знизити затрати на пальне за рахунок можливості контролю фактичної витрати пального, об'єму, часу і кількості заправок, попередження зливання пального. Контролюючи фактичний час роботи, пройдений автомобілем шлях, а також стиль водіння та витрату пального, оптимізувати оплату праці водія. Існують й інші можливості для споживача з використанням БСКД на автомобілях.

Можливості БСКД залежать від рівня мехатронізації: кількості діагностованих параметрів технічних систем автомобіля, що реєструються установленими на ньому датчиками. Створюються можливості проводити експрес-діагностику технічного стану автомобіля у процесі його руху та вчасного усунення поточних несправностей. Одночасно можна накопичувати інформацію для прогнозування ресурсу та проведення технічного обслуговування за фактичним станом автомобіля на сервісних станціях і ремонту на підприємствах [16, 17, 33, 34, 35].

Подальший розвиток моніторингу стану автомобілів у складі бортових інформаційно-діагностичних комплексів здійснюється, в основному, в таких напрямках [39]: розвиток систем з відкритою модульною архітектурою моніторингу, що дасть можливість стандартизувати діагностику для різних видів транспортних засобів і використовувати інтелектуальні модулі обслуговування при дистанційному визначенні потреби в ТО та Р для конкретного автомобіля; розробка й застосування більш ефективних алгоритмів діагностики несправностей та обґрунтування операцій ТО та Р агрегатів і систем різних виробників; розвиток алгоритмів, що застосовуються у бортових блоках керування ЕБК, для більш точної оцінки стану автомобіля, діагностики несправностей у реальному часі й одержання більш повної та точної інформації про причини несправностей. Перспективні ЕБК дозволять у разі необхідності (наприклад, при розв'язанні складних діагностичних завдань) завантажувати спеціальні діагностичні алгоритми пошуку несправностей з віддаленого центру обслуговування; удосконалення інтерфейсів людина-машина як в автомобілі, так і у віддаленому центрі ТО та Р; стандартизацію інтерфейсів і функціональних можливостей бортових систем моніторингу автомобілів різних виробників для скорочення номенклатури діагностичного й випробувального обладнання, а також для розвитку конкуренції серед учасників сервісу.

Бортові гаджети моніторингу технічного стану автомобілів доцільно розділити на три типи:

- стаціонарні;
- спеціалізовані;
- тестових систем.

Гаджети стаціонарні (стендові або мотор-тестери) – це багатофункціональні пристрої всебічної діагностики автомобіля: його двигуна, окремих вузлів, агрегатів і систем. Сьогодні гаджети є провідною складовою частиною обладнання постів діагностики в підрозділах інженерно-технічної служби.

Гаджети спеціалізовані – це «дилерські» сканери (або так звані універсальні «дилерські» прилади), тобто багатофункціональні цифрові пристрої, які є комбінацією мультиметра, осцилографа і мікрокомп'ютера зі спеціалізованою базою на змінному картриджі для конкретної моделі автомобіля. Такі пристрої мають вузьку спеціалізацію за маркою, моделлю або модифікацією автомобіля.

Гаджети тестових систем дають можливість зчитувати коди і потоки даних в реальному часі та представляти їх у зрозумілому вигляді, тобто у вигляді таблиць, графіків і, зокрема, у формі багатопараметричних графіків. За допомогою таких систем проводять віртуальні тести: змінюють «вручну» один з параметрів і встановлюють його вплив на інші. Системи дають можливість у реальному часі отримувати інформацію, необхідну для детального аналізу перехідних процесів. Таку інформацію можливо зберігати в log-файлах за датами. Ця інформація може бути використана для проведення планової діагностики, тобто у файлах накопичується «історія» і це дає можливість своєчасно виявляти ймовірні несправності. Всі отримані дані можуть бути представлені у зручній для читання формі. Отримані системою дані у форматі Microsoft Excel дають можливість використовувати їх для роботи фахівцями.

Гаджети тестових систем встановлюються на борту автомобіля (рис. 7.19).

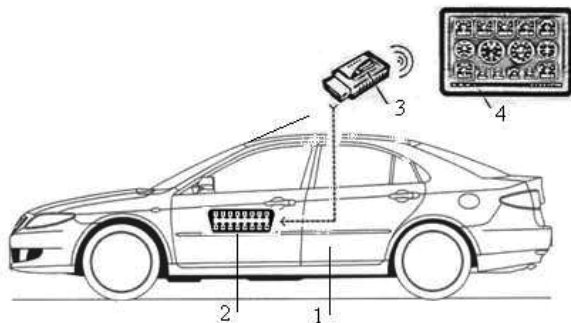


Рис. 7.19. Схема розташування гаджетів тестових систем з бездротовим пристроєм зв'язку на борту автомобіля:

1 – автомобіль; 2 – діагностичний рознімач; 3 – адаптер і система зв'язку; 4 – інформаційний пристрій (планшетний персональний комп'ютер)

Прикладами гаджетів тестових систем є маршрутний комп'ютер Multitronics SE-50/SL-50, сканери Scanmatic, ScanDoc, Орион БК-100, CheckEngine, Scanmaster, ELM327, у яких присутні три основні елементи:

- інформаційний пристрій (з операційною системою);
- гаджет-адаптер – це програмований мікроконтролер, який обробляє інформацію, що надходить від системи самодіагностики автомобіля для подачі інформаційному пристрою;
- система зв'язку, яка необхідна для підключення адаптера до інформаційному пристрою (може бути дротова і бездротова).

Інформаційний пристрій – це, наприклад:

- дисплей маршрутного комп'ютера Multitronics SE-50/SL-50, який має обмежену можливість аналізу отримуваної інформації;
- КПК (кишеньковий персональний комп'ютер) – пристрій з сенсорним

екраном і/або повноцінною клавіатурою типу QWERTY, оснащений функціями стільникового зв'язку, який також має можливість встановлювати додаткові як фірмові, так і сторонні додатки інших розробників, що розширюють можливості пристрою для аналізу отримуваної інформації;

- смартфон (smartphone – інтелектуальний телефон), тобто телефон з «відкритою» операційною системою, який поєднує функції телефона і КПК, що також дає можливість встановлювати додатки, для розширення можливостей пристрою щодо аналізу отримуваної інформації.

Дротова система підключення адаптера до інформаційного пристрою, як правило, виконана у вигляді кабеля з різними способами підключення (COM (RS-232), USB тощо (рис. 7.17, а).

Бездротова система зв'язку ґрунтується на тому, що має у своєму складі адаптер модуля, який забезпечує передачу даних інформаційному пристрою за стандартами Bluetooth (рис. 7.17, в) або Wi-Fi (рис. 7.17, б).

Bluetooth – технологія бездротової передачі інформації по радіоканалу на частоті 2,44 ГГц в радіусі до 100 м (у телефонах до 10 м). Максимальна швидкість передачі даних складає 720 Кбіт/с, при використанні технології EDR (Enhanced Data Rate) – до 2,1 Мбіт/с.

Wi-Fi – стандарт для бездротової локальної мережі. Стандарт було започатковано як альтернативу дротам для поєднання комп'ютерів у мережу. Мобільні пристрої (КПК, смартфони і ноутбуки), оснащені Wi-Fi, можуть підключатися до локальної мережі й отримувати доступ в Internet через так звані точки доступу або хостпоти. На відміну від Bluetooth, стандарт Wi-Fi не допускає прямого обміну даними, а слугує альтернативою мережевого кабеля, тобто передати дані із смартфона на смартфон за допомогою Wi-Fi можливо лише при використанні спеціальних програм. Тому у разі використання стандарту Wi-Fi для передачі даних між гаджетом-адаптером та інформаційним пристроєм організовується з'єднання типу «клієнт-сервер».

Деяке програмне забезпечення на базі операційної системи Android передбачає можливість подальшої передачі даних з інформаційного пристрою на віддалений сервер через мережу Internet. У цьому разі використовується вбудований в інформаційний пристрій модуль GSM, що використовує для передачі даних GSM/GPRS стандарт (мобільний Internet).

Зчитування «автоматично» означає, що коди самодіагностики виводяться системою самодіагностики самостійно і безпосередньо на дисплей бортового комп'ютера транспортного засобу.

Зчитування «за допомогою гаджетів» тестових систем означає виведення інформації на дисплей пристрою, який є додатковим (зовнішнім) по відношенню до автомобіля. Це можуть бути такі інформаційні пристрої, як, наприклад, ноутбук, КПК, звичайний персональний комп'ютер, смартфон, планшет (рис. 7.19) або спеціальний бортовий (маршрутний) комп'ютер і т. п.

Подача і зчитування кодів відбувається тільки «з допомогою гаджетів», які сьогодні є невід'ємною частиною сучасного автомобіля і покликані стати доменом в архітектурі сучасних ІТС. Тут гаджети здійснюють моніторинг параметрів експлуатації автомобіля і, зокрема, його технічного стану, а також інтеграцію параметрів в електронний інформаційний метaprocтiр, з якого інфор-

мація для будь-якого споживача може передаватися в режимі «on-line». Тому такі гаджети є інформаційними пристроями (сканер-комунікаторами) інтегрованого електронного інформаційного метапростору, які у своїй більшості належать до гаджетів моніторингу технічного стану транспортних засобів.

Гаджети сьогодні складають основу сучасних інтелектуальних автомобілів, і їх використання слід розглядати як основу адаптації автомобіля до ІТС. Оперативні дані інтегрованих в метапростір гаджетів про стан автомобіля, які зберігаються в пам'яті (режим «off-line»), можуть бути зчитані не тільки безпосередньо з борту автомобіля, але й з гетерогенного сховища даних (ГСД) – невід'ємної складової структури ІТС.

Прикладом гаджета моніторингу і передачі параметрів стану автомобіля з борту в інтегрований електронний інформаційний метапростір є сканер-комунікатори (трекери) Хехун (TK102), Globalsat (TR600), Galileo та ін.

«Наповнення» даних в ГСД здійснюється за допомогою телематичних систем транспортних засобів, у яких базовим є бортовий комунікаційний контролер (сканер-комунікатор), що в тому чи іншому вигляді повинен бути «присутнім» в складі кожного автомобіля, інтегрованого в транспортно-інформаційну систему моніторингу.

7.1.5.2. Системи дистанційної діагностики автомобілів

У сучасних програмах ІТС реалізується функція з передачі інформації і здійснення моніторингу щодо низки технічних параметрів ТЗ, як з їх бортових датчиків, так і з бортових комп'ютерів – контролерів електронних систем керування робочими процесами вузлів, агрегатів і систем автомобіля. При цьому основними технічними складовими виступають засоби телематики, орієнтовані на отримання і передачу інформації з метою вирішення завдань, пов'язаних з організацією дистанційного діагностування технічного стану автомобіля.

Система дистанційного моніторингу технічного стану автомобіля є функціональним доповненням бортових навігаційно-зв'язкових комплексів автомобілів, де під дистанційним діагностуванням в технічній службі розуміють будь-яке достовірне виявлення технічного стану елемента (вузла, агрегату, системи) автомобіля. Система дистанційного моніторингу забезпечує логістичну підтримку процесу етапу технічної експлуатації рухомого складу, зумовлюючи його електронний інформаційний супровід, тобто організацію інформаційних потоків з оперативними даними значень величин параметрів технічного стану автомобіля (рис. 7.20).

Для дистанційного діагностування на борту використовується діагностичний рознімач (колодка діагностування) та конектор, який забезпечує методом бездротового підключення (блютуз або Wi-Fi) зв'язок з інформаційним пристроєм по радіоканалу, доступ до віддаленого сервера Інтернет з допомогою спеціальної програми. У цьому випадку використовується вбудований в інформаційний пристрій модуль GSM, який використовує для передачі даних стандарт GSM/GPRS (мобільний Інтернет). Інформація від систем і пристроїв автомобіля, яку передатчик GPRS відправляє на сервер, обробляється й у разі виходу параметрів за межі заданого діапазону фіксується несправність, дата й час і

відповідні показники. Додатково можна знімати всі показники, що виходять на панель приладів, безпосередньо з CAN-шини (швидкість, кількість пального, температура двигуна і т. п.), значення DTC (коди помилок, несправностей), зареєстровані ЕБК, а також дані про роботу окремих вузлів усіх систем автомобіля. Діагностичні системи підтримують діагностичні інтерфейси і протоколи (включно з CAN): ISO 9141-2, ISO 14230-2 (KWP2000), SAE J1850 VPW, SAE J1850 PWM, ISO 15765-4 CAN.



Рис. 7.20. Дистанційна комп'ютерна діагностика автомобіля:

1 – смартфон ( - операційна система IOS); 2 – планшет ( - операційна система Android);  - блютуз

Висилається SMS-повідомлення власнику даного автомобіля та майстру, що виконує ТО та Р. Аналізується несправність та умови виникнення відхилень, приймається рішення щодо термінового вживання заходів. У разі необхідності надається on-line консультація майстру, на СТО або для іншої організації. На основі аналізу отриманої інформації спеціалісти сервісу: консультують водія; приймають рішення про можливість дистанційного стирання помилок; запрошують до сервісного центру для усунення несправностей.

On-line діагностика не може замінити кваліфікованого діагноста і вирішити всі проблеми пов'язані з пошуком несправності у всіх можливих випадках. У разі складних або кількох несправностей може знадобитися більш складне додаткове обладнання, щоб підтвердити й (або) уточнити діагноз. Але навіть у складних випадках первинний діагноз та спрямування пошуку уявляється важливим для скорочення часу пошуку фактичної несправності.

Мінімальними функціональними можливостями у разі діагностики on-line є:

1. Зчитування кодів несправностей.
2. Видалення кодів несправностей.
3. Виведення параметрів реального часу, наприклад (рис. 7.21):
- відображати значення різних датчиків;

- оберти колінчастого вала двигуна;
 - навантаження двигуна;
 - температура охолоджувальної рідини;
 - стан паливної системи;
 - швидкість руху автомобіля;
 - короточасне паливне коригування;
 - довгочасне паливне коригування;
 - витрата пального;
 - абсолютний тиск у впускному колекторі;
 - кут випередження запалювання;
 - температура всмоктуваного повітря;
 - масова витрата повітря;
 - положення дросельної заслінки;
 - тиск пального
- та деякі інші.

Кількість даних буде залежати від протоколу обміну й від типу ЕБК.

Розробляються діагностичні системи з можливостями фахівця – підключатися до обладнання сервісного центра у віддаленому режимі (через Інтернет) і вирішувати проблеми, що виникли, ще швидше й ефективніше – не доведеться їхати в автосервіс на несправному автомобілі.

Наприклад, компанія Chevrolet представляє технологію Proactive Alerts, яка буде оцінювати стан автомобіля і повідомляти про можливі у найближчому майбутньому несправності (рис. 7.22).

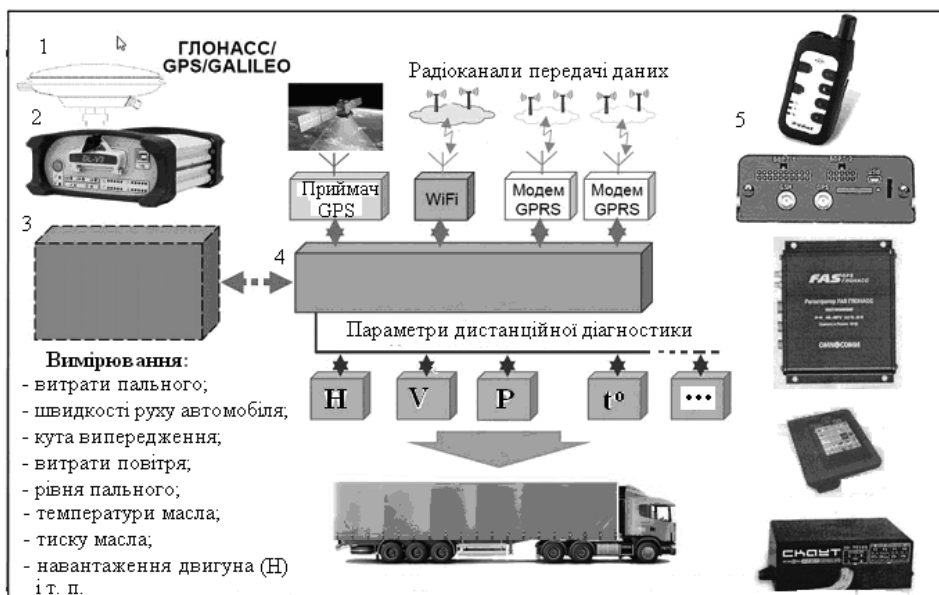


Рис. 7.21. Схема й обладнання системи дистанційної діагностики:
 1 – контролер GPS/ГЛОНАСС; 2 – приймач GPS/ГЛОНАСС; 3 – бортові системи; 4 – бортовий контролер; 5 – пристрої системи дистанційної діагностики



Рис. 7.22. Технологія Proactive Alerts для діагностування та прогнозування технічного стану:

1 – двигун; 2 – стартер; 3 – акумуляторна батарея; 4 – паливний насос; 5 – дистанційний зв'язок; 6 – текстове повідомлення; 7 – e-mail; 8 – індикація в автомобілі

Система запускається разом з пуском двигуна і перевіряє роботу стартера, паливного насоса й акумулятора. Отримані в ході аналізу показники порівнюються з еталонними значеннями для даної моделі автомобіля та середніми показниками інших автомобілів даної моделі через бази даних Onstar.

У разі виявлення несправностей система видасть попередження на екран мультимедійної системи автомобіля, а з використанням додаткових налаштувань аналогічне повідомлення може прийти на електронну пошту або SMS на мобільний телефон. Крім того, якщо водій уклав договір з офіційним дилером, у разі повідомлення про можливу несправність поставщик замовить нову запчастину ще до надходження скарги від клієнта.

Система доступна для автомобілів Chevrolet Silverado, Tahoe, Suburban, спорткара Corvette. а також для кросовера Equinox 2016 року випуску. У майбутньому, систему планують розвивати для отримання звітів про стан інших деталей автомобіля, а також розширяти модельний ряд автомобілів, у яких дана технологія може бути використана.

У квітні 2015 року Newsroom Scania Russia опублікувала матеріал у якому подана інформація про ще одне готове рішення:

«Завдяки новому сервісу дистанційної діагностики – Scania Remote Diagnostics – майстерні можуть вивчити стан автомобіля ще до його приїзду».

Завдяки наявності програм ITC, вже є вагомі передумови для реалізації системи FRACAS (Failure Reporting And Corrective Action System). Це чітка реєстрація і можливість попередження низки раптових відмов, а також аналіз і коригувальні дії, спрямовані на скорочення часу простою автомобіля, підвищення його безпеки і забезпечення зручності виконання транспортного процесу.

Безперервний контроль параметрів технічного стану сучасного автомобіля під час його експлуатації забезпечують різні електронні системи керування робочими процесами вузлів та агрегатів. Вони виконують функцію власної діагностики (самодіагностика) та діагностики процесів, якими вони керують, а також інформують водія, механіка, диспетчерську службу про відхилення значень контрольованих величин параметрів процесів, що виникли на автомобілі.

Інформування фахівців здійснюється за допомогою інформації, що представляється в різному вигляді як на борт автомобіля, так і на зовнішній інформаційний простір. Інформування забезпечується в режимах on-line або off-line.

Режим on-line на борту автомобіля визначається за допомогою, наприклад:

- світіння на панелі приладів індикаторної лампи «Check Engine»;
- світіння спеціальних світлодіодів, розташованих безпосередньо на пристроях керування;
- за рахунок інформації, що виводиться на будь-який додатковий дисплей.

Для вирішення таких завдань використовується контроль параметрів автомобіля з передачею інформації з телематичного блоку по каналу 3D у службу сервісу. Так, компанія Raqani встановлює на автомобілях Zonda систему дистанційної діагностики TMD, що збирає дані, які отримує бортова діагностика від кожної одиниці Zonda та по зв'язку GPRS відправляє їх на завод, а це дає можливість автовиробнику Raqani контролювати кожну одиницю Zonda, не полишаючи заводу. Система TMD – це спеціальний прилад NANO, який підключається до діагностичного рознімача в автомобілі. Він декодує інформацію і по GPRS подає її на смартфон водія. У результаті за допомогою TMD-NANO за тисячі кілометрів від сервісу під його контролем перебувають параметри двигуна, коробки передач і допоміжного обладнання кожної одиниці Zonda.

Система TMD-NANO опитує на Zonda усі системи керування та діагностики й інформує сервіс інженерно-технічної служби з допомогою смартфона водія про технічний стан автомобіля. У разі виникнення критичної ситуації на Zonda існує вмикання лампи аварійного режиму і можливість з дозволу водія вивести агрегат (двигун) з цього режиму. Сервісний центр у разі появи несправностей, наприклад, коробки передач подає електронному блоку автомобіля команду, яка забороняє переводити її в аварійний режим і забезпечує рух Zonda тільки на обережних режимах I і II передач [11, 35].

Система дистанційної діагностики Scania встановлюється на вантажівки з 2012 року. Вона дає можливість виконувати діагностування на відстані, тобто дає змогу завчасно отримувати інформацію про технічний стан транспортного засобу. Після завчасного визначення несправності персонал сервісного центру починає цілеспрямовану підготовку до ТО чи ремонту, що дає можливість скоротити простій техніки. Крім того водій може повідомляти про несправність чи поломку напряму через портал. Врешті-решт строки ТО будуть розраховані точніше, а це дасть можливість АТП (СТО) до максимуму збільшити час, протягом якого автомобіль буде приносити прибуток.

Дистанційна on-line діагностика автомобіля сьогодні це:

- реальність, яка буде розвиватися як на рівні АТП й СТО, так і на рівні спеціалізованих діагностичних сервісів;

- можливість приносити в регіони знання висококваліфікованих фахівців у сфері автомобільної діагностики;

- можливість для користувачів, навіть знаходячись далеко від кваліфікованих фахівців, з допомогою телематики все ж отримувати від них допомогу;

- можливість для автосервісів, не маючи своїх фахівців, відкрити у себе абсолютно нову послугу – діагностика on-line з допомогою професійних фахівців з діагностики і ТО сучасних автомобільних систем.

Інші розроблені системи «телематичних блоків» навігаторів дають можливість отримати з інтерфейсу інформацію про: круїз-контроль, положення дросельної заслінки, вмикання гальмівної системи, зниження частоти обертів колінчастого вала двигуна, швидкість, пробіг, витрату пального, сервісні інтервали ТО тощо. Галузеві рішення: контроль температурних режимів для рефрижераторних перевезень, контроль за трейлерами та вантажами для перевезень без супроводження і транспортної безпеки, керування ТО й поставками у системі логістики.

Отже, дистанційна діагностика має такі можливості:

- постійно контролювати технічний стан автомобіля;

- своєчасно виявляти несправності, попереджуючи серйозні відмови (поламки) автомобіля;

- скорочувати кількість звертань до сервісних СТО завдяки можливості дистанційного стирання випадкових помилок;

- ведення сервісу «технічної історії» полегшує пошук та усунення так званих «плаваючих» помилок, коригувати проведення ТО та Р;

- перебування автомобіля в сервісі стає менш тривалим за рахунок попереднього проведення дистанційної діагностики та наявності «технічної історії»;

- наявність «технічної історії» дає можливість враховувати періодичність і уточнювати обсяги ТО та Р.

Дистанційний моніторинг параметрів технічних систем автомобіля дає можливість зменшити експлуатаційні витрати підвищити рівень безпеки водія, пасажирів і пішоходів, забезпечуючи підтримку автотранспорту в справному технічному стані і сповіщаючи про екстрену ситуацію. Наприклад, контроль поточних параметрів роботи систем активної безпеки автомобіля (ABS/ESP) забезпечує можливість попередження екстрених ситуацій на конкретній ділянці дороги, особливо у разі мінливих погодних умов, за рахунок своєчасного сповіщення учасників руху, що ґрунтується на динамічному контролі параметрів систем ESP автомобілів, які раніше подолали потенційно-небезпечну ділянку. Іншим прикладом є системи моніторингу тиску в шинах. Правильний тиск в шинах важливий для ефективного функціонування і безпеки автомобіля, оскільки це покращує економію пального, збільшує термін служби шин і знижує гальмівний шлях. Дистанційний моніторинг тиску в шинах для великих автопарків таких, як таксі, прокат автомобілів тощо сприяє зниженню витрат на паливо і технічне обслуговування, а також підвищує рівень безпеки [11].

Можливості систем дистанційного моніторингу, діагностування та керування технічною експлуатацією автомобілів визначаються рівнем розроблених бази даних та алгоритмів інформаційного обміну в умовах ІТС. Застосування баз даних дає можливість збирати інформацію про потреби транспортних

підприємств і параметри роботи автомобілів на маршрутах. Вони дають можливість оцінити рівень якості обслуговування, надійності й ефективності роботи автомобілів на маршрутах, прогнозування попиту на перевезення.

В цілому до основних завдань моніторингу та контролю параметрів роботи автомобілів належать:

- контроль роботи двигуна;
- виявлення фактів роботи двигуна на понижених або підвищених обертах колінчастого вала, що призводить до скорочення терміну служби двигуна;
- контроль видачі пального заправником;
- контроль швидкісного режиму, виявлення фактів руху автомобіля з перевищенням швидкості;
- виявлення фактів тривалої роботи двигуна автомобіля на стоянці, що свідчить про нераціональне використання автомобіля;
- контроль пробігу, місцезнаходження та маршруту прямування автомобіля, що дає можливість виявляти його несанкціоноване використання та махінації з пробігом;
- контроль температури двигуна дає можливість виявити факти перегрівання двигуна або факти експлуатації автомобіля з непрогрітим двигуном, що може призвести до зменшення терміну служби двигуна або до дорогого ремонту.
- аналіз часу роботи транспортних засобів автопарку, виявлення простоїв та їх нераціонального використання;
- контроль стану тривожної кнопки.

До додаткових параметрів контролю можна віднести:

- контроль роботи додаткового навісного обладнання, що дає можливість визначати час роботи, простоїв та провести аналіз раціональності використання додаткового обладнання. Контроль режимів роботи проводиться за частотою обертання двигуна додаткового обладнання;
- контроль положення верхнього навісного обладнання або робочих органів спецтехніки. Дає можливість проаналізувати час роботи спецтехніки;
- контроль підйому та опускання кузова самоскида, що дає можливість визначити кількість виконаних рейсів та оцінити обсяги перевезених вантажів;
- контроль відкривання люка горловини цистерни. Дає можливість запобігти махінаціям з паливом або іншими рідинами, які перевозять, наприклад, несанкціонований відбір, розбавлення, забруднення тощо.

Далі наведені приклади діючих багатофункціональних систем моніторингу та діагностування автомобільного транспорту.

Система GM OnStar створена у 1997 році як опція для автомобілів Cadillac з метою забезпечення безпеки автомобілів та інформаційного обслуговування водіїв. Вона поєднує стільниковий зв'язок, дорожню допомогу, обслуговування в екстрених ситуаціях і просту дистанційну діагностику. В цілому, система OnStar забезпечує власникові автомобіля досить повний сервіс, який включає: функції дистанційної діагностики; виклик у разі необхідності (наприклад, при спрацюванні подушки безпеки або в інших критичних ситуаціях) найближчих аварійних служб (швидкої медичної допомоги, поліції, пожежних тощо) або постачальника сервісу; консультації водія при незначній

ДТП, наприклад, з питань реєстрації подій для прискорення розгляду страхової заяви; допомога в пошуку викраденого автомобіля; допомога в пошуку оптимального маршруту руху; інші послуги технічного й інформаційного характеру. Дистанційна діагностика (функція GM Goodwrench Remote Diagnostic), будучи частиною системи OnStar, здатна видати більше 400 кодів несправностей: двигуна автомобіля, трансмісії, гальмівної системи, подушок безпеки тощо. Власнику автомобіля, зареєстрованого в OnStar Business Vehicle Manager, автоматично електронною поштою надсилається звіт про виконаний пробіг і залишковий ресурс масла в системі змащування двигуна. У звіт можуть включатися також дані про роботу двигуна, подушок безпеки, гальм, електросистем, планування й ведення графіка планових обслуговувань і ремонтів, планування й замовлення необхідних запчастин тощо; спостереження за технічним станом автомобіля (опція Health Watch), передача діагностичних кодів й інформації про використання пального, виконання процедур пошуку несправностей тощо. Додаток EquipmentManager забезпечує чотири звіти про розташування автомобіля й один звіт про параметри стану за добу, а також можливість одержувати додаткові повідомлення, наприклад, проводити розширений пошук або про всі автомобілі у радіусі 100 миль, для яких необхідно виконати планове ТО на наступному тижні. Подібні телематичні системи моніторингу застосовують і інші виробники транспортних засобів, наприклад, John Deere, Volvo тощо.

Інтегрована ДЛН-система (США) обладнується телематичними пристроями, які забезпечують зчитування кодів несправностей і даних від датчиків, пов'язаних з ТО та Р (ДЛН – дистанційна локалізація несправностей). Бортіві модулі діагностики несправностей і програм обслуговування автомобіля можуть або працювати автономно, або взаємодіяти з віддаленим ДЛН-сервіс-центром (Remote Diagnosis and Maintenance Center) для передачі кодів несправностей і відповідної інформації з датчиків. Комунікації між автомобілем та структурними елементами системи моніторингу здійснюються через двосторонні модулі зв'язку. Лінії зв'язку між автомобілем і сервіс-центром (або уповноваженим радником) забезпечують доступ до електронного блока керування автомобіля, а також можливість зчитувати параметри роботи й коди несправностей для аналізу. Голосові лінії комунікації з оператором ТЗ, використовуються в екстрених випадках. Засоби, встановлені в ДЛН-сервіс-центрі, взаємодіють із телематичними модулями автомобіля. Радник сервіс-центру може керувати будь-якими модулями автомобіля в реальному часі, включаючи дистанційний контроль показів датчиків системи пошуку несправностей. Він вживає заходів щодо організації обслуговування або ремонту й повідомляє водія про серйозність несправностей. Інформація базується на ідентифікаційному номері автомобіля. Базова інформація, яка включає попередні записи й звіти про сервіс автомобіля, відомості про звички водія (оператора) і покази датчиків (температура й тиск рідин, тиск у шинах, напруга акумулятора тощо), використовується при побудові стратегії обслуговування для даного автомобіля. Інші елементи системи також мають доступ до інформації сервіс-центру, наприклад, служби, що здійснюють контроль аварійності, стану здоров'я водія тощо. Дані від виробника автомобіля

одержують у разі необхідності додаткового діагностування несправності й аналізу її наслідків. Сервіс-центр у свою чергу може забезпечувати заводи-виробники інформацією про несправності. У зв'язку з тим, що необхідні служби ТО та Р повинні встановлюватися від імені власника автомобіля, то сервіс-центр координує свою роботу через надзвичайного посередника з уповноваженим радником, який керує програмою обслуговування й відповідає за взаємодію з водієм.

Інтегрована система Myscarevent (ЄС) з 2006 року використовується європейськими мережами надзвичайної допомоги транспортним засобам. Система спрямована на розвиток конкуренції у сфері автосервісу й виходить із припущення, що бортова діагностична система OBD не завжди точно визначає можливі причини несправностей автомобіля і тому потрібна додаткова інформація, у тому числі консультації експертів. Дана система передбачає кооперацію різних учасників автосервісу: виробників автомобілів, незалежних і авторизованих підприємств із ТО та Р автомобілів, а також підприємств прищляхового сервісу. Орієнтовна схема мобільного сервісу включає наступні блоки:

- інформація про надзвичайну ситуацію (мобільний інтернет, головний сервіс-портал (Myscarevent Service Portal);
- запит на запчастини (постачальник запчастин);
- інформація про готовність запчастин;
- інформація про ремонт (засоби інтерактивної локалізації несправності та контролю ТО і Р);
- центр керування (доступний центр інформаційних ресурсів, база даних, діагностичні засоби: експертна система, штучний інтелект; інформаційні бізнес-моделі: контроль доступу, моделі рахунків і цін для виконання ТО та Р).

Основу інфраструктури системи становить сервіс-портал (Myscarevent Service Portal) як база знань і основне сховище різної документації на автомобілі. Сервіс-портал передбачає ідентифікацію транспортного засобу (за реєстраційним номером) і потім його дистанційне діагностування, а також доступ до необхідної ремонтної інформації й експертної системи. Для обробки інформації про складні несправності чи відмови забезпечується доступ до баз даних заводу-виготовлювача, а також багаторівневий доступ до ремонтної документації в режимі on-line. Передбачається, що фахівці сервісу через портал будуть швидко одержувати повні дані, необхідні для виявлення несправностей та організації ремонту автомобіля. Можливе удосконалення системи одержання запчастин і в цілому керування бізнес-процесами ТО та Р. Myscarevent передбачає уніфікацію пристроїв і програмних додатків на основі MobilScan, що використовує мобільний телефон Synbian для зв'язку з OBD автомобіля через бездротовий зв'язок Bluetooth. Цей пристрій може безупинно одержувати й відображати параметри автомобіля від досить великої групи датчиків і відсилати дані за допомогою мережі до бази даних сервіс-порталу. В окремих випадках цей пристрій може допомогти самому водієві усунути незначні несправності. Передбачається, що після успішних випробувань системи в автопромисловості будуть введені стандарти для уніфікації мобільних додатків, які використовують зовнішні й бортові діагностичні системи.

Результати випробувань телематичних продуктів і сервісів показали, що

автоматизація процесу експлуатації здатна підвищити ефективність використання автомобілів, бо підвищується рівень роботоздатності парку автомобілів, підтримується прогнозує обслуговування; контроль у реальному часі за станом автомобіля, що дає можливість уникнути відмов і аварій за рахунок своєчасного усунення несправностей; забезпечуються більш ефективна експлуатаційна підтримка автомобілів і попереджувальна логістика; долається дефіцит кваліфікованих механіків і експертів, оскільки в центрі керування зосереджені механіки, досвідчені в необхідних областях обслуговування автомобілів.

Наведені приклади систем ДЛН вигідно застосовувати в АТП та СТО для коригування режимів ТО та Р і моніторингу стану автомобільного транспорту. Розвитку ДЛН для автомобілів перешкоджають висока вартість цих систем і проблеми створення відповідних центрів ТО та Р, що працюють в одному комплексі. Це пояснюється тим, що рентабельність центрів залежить від кількості обслуговуваних автомобілів, а ефективність роботи системи в цілому залежить не тільки від достатньої кількості центрів, але й від координації роботи центрів з іншими ресурсами – заводами, майстернями, дорожньою службою тощо. Розробники інтегрованих систем прагнуть наблизити їх вартість до вартості традиційних систем діагностики несправностей, у тому числі шляхом використання різних каналів комунікацій для одночасного виконання кількох функцій системи ДЛН. Також, однією з проблем впровадження систем дистанційного моніторингу є конфіденційність інформації. Але, як показала практика впровадження супутникової навігації, ця проблема в майбутньому буде втрачати своє значення. Тому ДЛН-системи з відкритою архітектурою й доступною інформацією можуть стати лідерами в просуванні нових технологій.

7.2. Системи інформування водія та керування автомобілем у транспортному потоці

7.2.1. Види основних бортових систем та підсистем інтелектуального автомобіля

Системи керування автомобілем поділяються на закриті (замкнені, комбіновані, зі зворотним зв'язком [31]) та відкриті (рис. 7.1). Розвиток цих систем від механічних засобів автоматизації до мехатронних, телематичних та інтелектуальних систем дав можливість створити сучасні системи керування інтелектуального автомобіля. В основу адаптивного керування сучасного автомобіля покладено інформаційний обмін даними (з допомогою шини CAN) між усіма блоками технічних систем автомобіля. Це дало можливість керувати режимами роботи автомобіля, його рухом, удосконалити функціональні алгоритми і програмне забезпечення. Такі мехатронні та телематичні системи автомобіля описані в роботі [11]. У даному підрозділі будуть розглянуті лише бортові телематичні системи забезпечення керуванням та безпекою автомобіля.

Сучасний інтелектуальний автомобіль (транспортний засіб) має описані далі бортові системи.

- 1. Мехатронні та телематичні системи керування рухом автомобіля:**
 - антиблокування гальм (ABS);

- протибуксовна (антипроковзна) коліс (ASR);
- попередження зіткнення (FCW, СПСА);
- допомоги під час екстреного гальмування (BA, BAS, EBA);
- сходження зі смуги руху (LDW);
- адаптивного круїз-контролю (ACC);
- виявлення сліпої зони (BSD);
- стабілізації руху (ESP, HAS, DSM, VSM, VSC);
- допомоги водію для безпечного водіння (DSSS);
- автоматичного керування склоочисниками та склоомивачем;
- активного рульового керування (AFS);
- автоматичного пристосування підвіски та положення кузова до зміни навантаження автомобіля, вибору величини дорожнього просвіту в залежності від дорожніх умов (ESC, TEMS, ASA);
- гальмування через дроти (BBW);
- контроль параметрів тиску і температури в шинах (DDS, TPM);
- попередження перекидання автомобіля (ARP);
- автоматичне керування приладами освітлення (Light Assist);
- автоматичне індивідуальне регулювання електронним блоком підвіски жорсткості амортизаторів кожного колеса, з урахуванням нахилу кузова та швидкості, з якою автомобіль входить у поворот, оцінювати кут повороту і швидкість, з якою водій повертає кермо.

2. Телематичні системи інформування водія про:

- дорожні умови, ситуацію на дорозі;
- технічний стан автомобіля;
- адаптивне освітлення;
- попередження про перетин дорожньої розмітки;
- моніторинг «сліпої зони» (про знаходження поруч інших транспортних засобів);
- розпізнавання дорожніх знаків;
- знаходження перешкод під час руху заднім ходом;
- виявлення невидимих перешкод;
- моніторинг стану водія;
- інформування про перешкоди попереду;
- інформація про стан дорожнього покриття та параметри транспортного потоку;
- інформація про метеоумови;
- комунікація між автомобілями;
- круговий огляд;
- попередження про зіткнення під час паркування;
- нічне бачення;
- попередження про наявність пішоходів на проїзній частині;
- попередження про наявність знаків обов'язкової зупинки;
- екологічний моніторинг (шкідливі речовини у ВГ).

3. Телематичні системи збору й передачі інформації:

- чорний ящик;
- тахограф;

- передача інформації про аварії;
- електронна ідентифікація автомобіля (вантажу);
- позиціонування автомобіля, інформація про його місцезнаходження.

Конструктивний опис перерахованих у пунктах 1, 2, 3 бортових систем і підсистем зроблений у [11], в даному підрозділі наведено лише їх застосування.

Бортова ІТС забезпечує безпеку й ефективність керування транспортними потоками:

- надає водію допомогу у передбаченні дорожньої обстановки;
- спонукає водія до дій щодо попередження небезпечної ситуації;
- знижує утомленість водія, беручи частину навантаження з керування автомобілем на себе;
- автоматично бере керування автомобілем на себе, якщо водій самостійно не зміг виконати необхідні дії щодо попередження ДТП, або зменшуючи тяжкість її наслідків;
- дає можливість ідентифікувати транспортний засіб, параметри його роботи та технічного стану;
- переспрямовує транспортні потоки;
- видає рекомендації щодо вибору швидкості руху;
- SOS сервіс;
- попередження про туман;
- попередження про слизьку дорогу та небезпечну ділянку дороги;
- попередження про можливе зіткнення на перехресті.

7.2.2. Системи круїз-контролю

Основною функцією системи адаптивного круїз-контролю (ACC – Adaptive Cruise Control) є підтримка необхідної швидкості руху, яку задав водій, та утримання відповідної відстані до транспортного засобу спереду з метою підвищення безпеки руху на дорозі та покращення комфорту водія. Це досягається вимірюванням відстані й відносної швидкості транспортного засобу, який рухається попереду, з допомогою систем електронного керування. Система ACC не передбачає операції з керування автомобілем у міських умовах, а лише під час руху магістралями при швидкостях, більших за 30 км/год. ACC гнучко реагує на транспортну ситуацію (на основі систем ABS, ASR, ESP) з допомогою прискорення, сповільнення і навіть гальмування, змінюючи тиск у гальмівній системі. ACC, використовуючи інформацію від датчика ESP, визначає кут повороту, курсову стійкість, бокове прискорення та швидкість транспортного засобу. Обмін інформацією між різними компонентами системи здійснюється через шину CAN (рис. 7.23, 7.24).

Упровадження активного круїз-контролю дає можливість автоматично підтримувати потрібну дистанцію до автомобіля, що рухається поперед. Коли радар виявляє перешкоду, яка знаходиться на небезпечно близькій відстані, блок керування з допомогою гальма-сповільнювача знижує швидкість до безпечного значення. Сьогодні на вантажівках і автобусах уже серійно встановлюються варіанти таких систем, де задіяна допоміжна гальмівна система і зниження швидкості відбувається приблизно до 30 км/год. Однак, фахівці компаній

Volvo Trucks та Mercedes Benz створили більш ефективну систему круїз-контролю, яка у разі небезпеки дає команду робочим гальмівним механізмам до повної зупинки автомобіля.

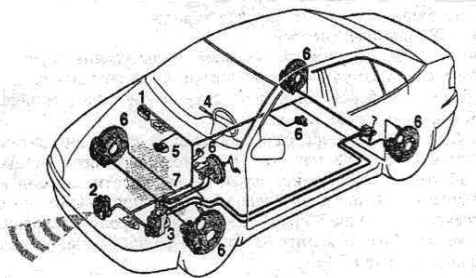


Рис. 7.23. Компоненти системи адаптивного круїз-контролю:

1 – блок керування роботою двигуна; 2 – блок перевірки роботи радіолокаційного датчика; 3 – блок керування роботою гальм при вмиканні круїз-контролю; 4 – контрольні прилади та блок індикації; 5 – блок керування двигуном при вмиканні круїз-контролю; 6 – датчики; 7 – блок керування трансмісією при вмиканні круїз-контролю.

На практиці встановлено, що для оптимального режиму роботи АСС сповільнювати рух автомобіля за рахунок прикривання дроселя недостатньо. Тривалі операції руху позаду автомобілів за допомогою АСС без необхідності частого втручання водія можливі лише при втручанні програми ESP гальмівної системи.

Система АСС допускає тільки плавне гальмування. Функції безпеки такі, як екстрене гальмування, в обов'язки даної системи не входять. Ці функції разом з вибором швидкості руху та дистанції залишаються на особистій відповідальності водія.

Для забезпечення надійної роботи системи АСС важливо, щоб автомобілі, що рухаються попереду, розташовувалися в межах смуги руху. Інформація від датчиків програми ESP (рис. 7.25) використовується для визначення фактичної кривої руху транспортного засобу, оснащеного АСС. Додаткова інформація про транспортний потік визначається за допомогою радіолокаційних сигналів.

Системи відеозображень та навігаційні системи використовуються для допомоги водіям автомобілів при визначенні маршрутів руху.

Для цього електронний блок системи сприймає задане значення швидкості, зчитує показання датчика швидкості (спідометра) і за наявності розходження відкриває або закриває дросельну заслінку подачі паливної суміші до двигуна, впливаючи цим на швидкість обертання колінчастого вала двигуна. Це звільняє водія від завдання постійного керування педаллю акселератора на магістралях. Для керування системою на кермі встановлюється група з чотирьох перемикачів. При досягненні заданої швидкості водій перемикає кнопку для вмикання системи круїз-контролю і далі задана швидкість підтримується. У разі появи повільного транспорту попереду натискається кнопка для зменшення швидкості, при обгоні – натискається кнопка для збільшення швидкості, а для

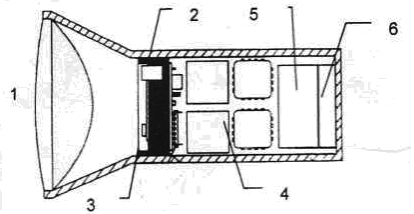


Рис. 7.24. Датчик швидкості:

1 – лінза; 2 – генератор випромінювання; 3 – прийомопередавач; 4 – схема обробки сигналу; 5 – блок керування; 6 – CAN-інтерфейс

вимикання режиму руху з постійною швидкістю натискається кнопка CANCEL.

Якщо передній автомобіль зійшов зі смуги, то система збільшує швидкість у заданому діапазоні. Додаткова інформація до системи ACC надходить від датчика швидкості та датчика кутової швидкості. Система реагує на зміну дорожньої обстановки набагато швидше від водія та за сигналами датчиків коригує керування як двигуном, так і гальмівною системою. Наприклад, система ACC Continental автоматично зменшує обертальний момент колінчастого вала двигуна та прикладає гальмівне зусилля для гальмування у 0,3g, а якщо цього недостатньо, то подає сигнал водієві про необхідність гальмування [13].



Рис. 7.25. Основна структура керування системи ACC

Найважливішим компонентом в системі ACC є радіолокаційний датчик (рис. 7.25), за допомогою якого визначається відстань до автомобіля, що рухається попереду, відносна швидкість руху та відносне положення транспортних засобів. Цей датчик виявляє, коли на смузі руху попереду з'явився автомобіль і відповідно зменшує швидкість для забезпечення безпеки руху. Відносна швидкість руху визначається за змінними у часі амплітудами радарних хвиль, що відбиваються.

Радарні датчики багатопроменеві, що підвищує їх роздільну здатність і захоплення діапазону як коротких, так і довгих хвиль. Стандартна відстань, яку охоплює радар дальньої дії з робочою частотою 77 ГГц, складає від 120 до 200 м, роздільна здатність – приблизно 1 м, відносна швидкість – 100-200 км/год.

У системах попередження зіткнення радари, що працюють на міліметрових хвилях, і камери сканують простір перед автомобілем, а електронний блок вираховує швидкість зближення з перешкодою (автомобілем) й у разі необхідності активує гальмівну систему, реміні безпеки та інші системи для зменшення можливих пошкоджень у разі аварії.

Радар, установлений позаду, може допомогти у разі наїзду транспорту, який рухається позаду транспортного засобу.

Фірма Bosch використовує комбінацію радарів дальньої дії з відеокameraми як частину системи попередження фронтальних аварійних ситуацій PPS

(Predictive Safety System), яка забезпечує профілактичну функцію захисту пасажирів, якщо аварія неминуча, і допомогу водію для запобігання можливих зіткнень шляхом активного впливу у роботу автомобільних систем.

Ладарні датчики повністю аналогічні радарам, за винятком того, що замість радіохвиль використовують інфрачервоний лазерний промінь, а це виходить дешевше, порівняно з радаром. Як і радари, ладари, які випускає низка компаній, характеризуються дальністю (150-200 м), широким діапазоном захоплення, високою точністю (1%), роздільна здатність до 0,1 м. Посилається не один імпульс, а ціле віяло у горизонтальній площині, щоб охопити певний кут, який перекриває смугу руху. За даними, отриманими при обробці сигналу, обчислюється відстань, швидкість і відносне положення автомобіля, що їде попереду. За результатами обчислення швидкість автоматично адаптується до загального графіку руху даного транспортного засобу, використовуючи гальмування або керування двигуном, автоматичною коробкою передач.

Лазерні сканери Alasca, які використовує фірма Hella в системі ACC, дають можливість з високою точністю знаходити об'єкти у короткому і середньому діапазоні. Отримані дані дозволяють визначити всі динамічні параметри навколишніх об'єктів і виробити відповідні керуючі дії на приводну чи гальмівну системи. Відомі різні приклади використання такого датчика для повношвидкісних ACC.

Завдяки широкому куту охоплення лазерний сканер дає можливість своєчасно виявляти автомобілі, що здійснюють маневр «підрізання», а також реагує на пішоходів, які раптово вибігають на дорогу. На рис. 7.26 приведений характерний приклад руху автомобіля, оснащеного лазерним сканером, у режимі «Старт-стоп».

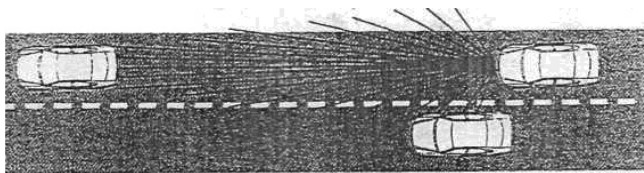


Рис. 7.26. Зони огляду сканера Alasca XT при його використанні в системі активного круїз контролю, здатного працювати в режимі «Старт-стоп»

Лазерний сканер може з успіхом також застосований у системах попередження зіткнень. Такі системи повинні розпізнавати небезпечні переміщення учасників дорожнього руху, що знаходяться перед автомобілем і збоку від нього, й у разі необхідності впливати на системи активної та пасивної безпеки. Наприклад, вони повинні викликати попереднє натягнення ременів безпеки, підвищувати до певного значення тиск у гальмівному приводі, а також приводить у стан готовності подушки безпеки і засоби захисту пішоходів.

Блок керування сканером зв'язаний з електронікою автомобіля через бортовий комп'ютер з допомогою якого він отримує дані про швидкість автомобіля, швидкість його обертання навколо вертикальної осі, кути повороту керованих коліс, тиск у гальмівному приводі і т. п. На підставі цих даних блок керу-

вання виробляє команди, які через бортовий комп'ютер спрямовуються на гальмівну систему і привід акселератора.

Подальше впровадження систем адаптивного круїз-контролю дасть можливість ще вище підняти рівень автоматизації керування та безпеки руху, тому провідні виробники автомобілів та електроніки розробляють нові засоби і системи.

Системи відображення та навігаційні системи використовуються для допомоги водію автомобіля при визначенні маршрутів руху.

На практиці встановлено, що для оптимального режиму роботи АСС уповільнювати рух автомобіля лише за рахунок прикриття дроселя недостатньо. Тривалі операції переслідування автомобілів з допомогою АСС без необхідності частого втручання водія можливі тільки у разі залучення програми ESP гальмівної системи.

Система АСС допускає тільки плавне гальмування. Функції безпеки такі, як, наприклад, екстрене гальмування, до обов'язків даної системи не входять. Ці функції разом з вибором швидкості руху та дистанції залишаються на відповідальності водія.

Як уже було зазначено АСС не призначена для керування автомобілем у міських умовах. Розширення функцій для роботи системи в міських умовах потребує значного вдосконалення функціональних можливостей використовуваних датчиків, призначених для контролю навколишніх умов руху. Це неможливо здійснити за рахунок радіолокаційної системи, яка функціонує при частоті 77 ГГц.

На сьогодні створення безпілотного автомобіля-робота стало цілком можливим, більше того, він уже існує, проводяться змагання між подібними транспортними засобами, вже створені маршрутні транспортні засоби, які функціонують без водія.

Оптимістичний прогноз щодо розробки самостійно керованого автомобіля дала компанія Tesla. Автомобіль з автопілотом уже став реальністю.

7.2.3. Системи запобігання зіткненню під час руху та паркування

Сучасний стан розвитку активної безпеки описаний у багатьох роботах, наприклад, [10, 13, 18, 22, 27]. Зіткнення автомобілів є основним видом ДТП. Схема розпізнавання виду зіткнення приведена на рис. 7.27, а як відбуваються події в момент зіткнення показано у табл. 7.5.

Під час лобового зіткнення з нерухомою перешкодою на швидкості 80 км/год водій і пасажир зазнають навантаження, що дорівнює 50 g. Звичайна нетренована людина не може витримати навантаження, яке перевищує 7 g. У разі перевантаження у 10 g питома вага крові людини досягає питомої ваги заліза. Серце людини не може проштовхнути таку кров по артеріям, що може призвести до його зупинки або розриву.

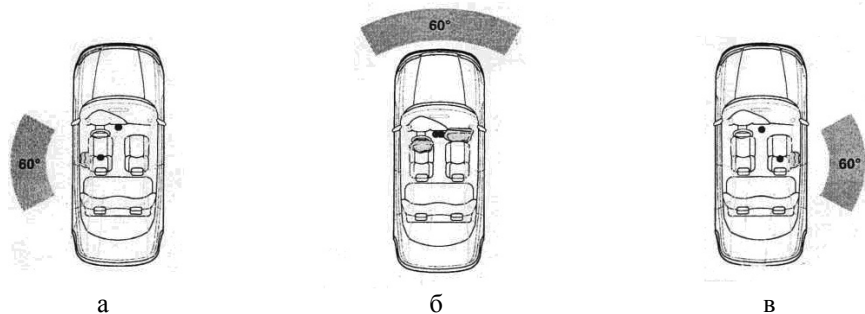


Рис. 7.27. Розпізнавання зіткнення:

а – боковий удар зліва; б – фронтальний удар; в – боковий удар справа

Таблиця 7.5

Схема подій під час лобового зіткнення

№	Час, с	Подія
1	0,026	Після удару втискується бампер; сила, яка у 30 разів перевищує силу ваги автомобіля, зупиняє його рух на лінії передніх сидінь, а пасажир, що не пристебнутий ременями безпеки, продовжують рухатися в салоні зі швидкістю 80 км/год (закон інерції)
2	0,039	Водій разом із сидінням стрімко рухається вперед, його мозок зазнає небезпечних навантажень
3	0,044	Водій грудною клітиною ламає кермове колесо та кермову колонку (відповідно ламає ребра у більшості випадків)
4	0,050	Швидкість падає настільки, що на автомобіль і на всіх пасажирів починає діяти сила, яка у 80 разів перевищує їх власну силу ваги
5	0,068	Водій із силою у 9 т ударяється об панель приладів
6	0,092	Водій і пасажир, який сидить поруч, ударяються головами об лобове скло й отримують смертельні пошкодження черепа
7	0,100	Обвислий на кермовій колонці водій відкидається назад – він уже неживий
8	0,110	Автомобіль починає повільно відкочуватися назад
9	0,113	Пасажир, що сидить позаду водія, (якщо він не пристебнутий ременем безпеки) виявляється на одній лінії з ним і наносить йому новий удар, одночасно й сам зазнає смертельних пошкоджень
10	0,15	Наступає повна тиша, уламки скла й заліза падають на землю. Місце зіткнення покриває завіса пилу. Все закінчилося за якихось 0,15 секунди

Аналіз дорожньо-транспортних пригод з важкими наслідками показав, що приблизно їх половина виникла в результаті фронтальних зіткнень і наїздів. При цьому в 40% випадків гальмування автомобіля взагалі не відбувалось. Оснащена лазерним сканером система аварійного гальмування здатна розпізнати небезпечний об'єкт перед автомобілем і збоку нього і здійснити аварійне гальмування. При цьому система враховує можливість об'їзду небезпечного об'єкта. В якості попереджувального заходу виконується підготовка підсилювача гальмівного привода до екстреного гальмування. Слід зазначити, що подібні системи не завжди можуть виключити подію зіткнення.

Система Mobileye C2-270 (мобільне око) – один з напрямів підвищення

безпеки на транспорті. Система сповіщає про потенційно небезпечні ситуації, що виникають на дорозі, знижуючи ймовірність потрапляння у ДТП. Для цього у системі використовується цифрова камера, яка спостерігає за дорогою. Суперпотужний мікропроцесор обробляє зображення і результат транслює на дисплей і на динамік.

Система відслідковує траєкторію руху автомобіля і сповіщає про можливість аварії у випадках якщо:

- водій не витримує необхідну безпечну дистанцію до транспорту, що їде попереду, з урахуванням швидкості руху;
- автомобіль, що їде попереду, різко загальмував або різко переміщується на ту смугу руху, якою їде автомобіль, обладнаний системою;
- автомобіль виходить за межі розмітки, не ввімкнувши сигнал повороту;
- перед автомобілем раптом з'являється мотоцикліст, велосипедист, пішохід.

Типові датчики зіткнення представлені на рис. 7.28, а типові сенсори – на рис. 7.29.

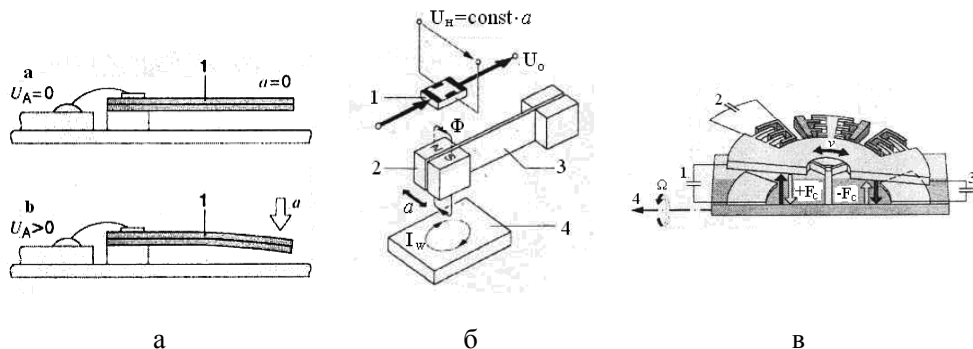


Рис. 7.28. Датчики зіткнення:

а – п'єзоелектричний сенсор: а – стан спокою; б – під час прискорення; 1 – п'єзокерамічний елемент; U_A – вимірювання напруги; **б – датчик прискорення:** 1 – сенсор Холла; 2 – постійний магніт (сейсм. маса; 3 – пружина; 4 – демпфер-пружина (Cu); а – прискорення; I_w – вихровий струм; U_H – напруга Холла; U_0 – опорна напруга; Φ – магнітний потік; **в – принцип роботи:** 1 – вимірювана ємність; 2 – ємність привода сходження; 3 – вимірювана ємність; 4 – вісь, що сенсориться; F_C – сила Кориоліса; v – швидкість переміщення; Ω – кут повороту

У деяких автомобілях для цього використовується радіолокатор або сонар, убудований у системи адаптивного круїз-контролю або систему допомоги при паркуванні. Працює це в такий спосіб: якщо датчики виявляють небезпечне зближення із транспортним засобом, що їде попереду, система в автоматичному режимі починає гальмування, при цьому автомобіль починає видавати різні звуки й для забезпечення безпеки водія й пасажирів, автоматично натягаються ремені безпеки.

Система City Safety System, яку пропонує фірма Volvo своїх останніх автомобілях, функціонує на швидкості до 30 км/год. Якщо автомобіль попереду робить різке гальмування, City Safety визначає ймовірність зіткнення й підготує гальмівну систему. Слід зазначити, що ця система не звільняє водія від

уважного керування автомобілем та дотримання достатньої дистанції, що необхідно для запобігання зіткнень. Функція автоматичного гальмування активується лише у тому випадку, коли система визначає високий ступінь імовірності зіткнення.

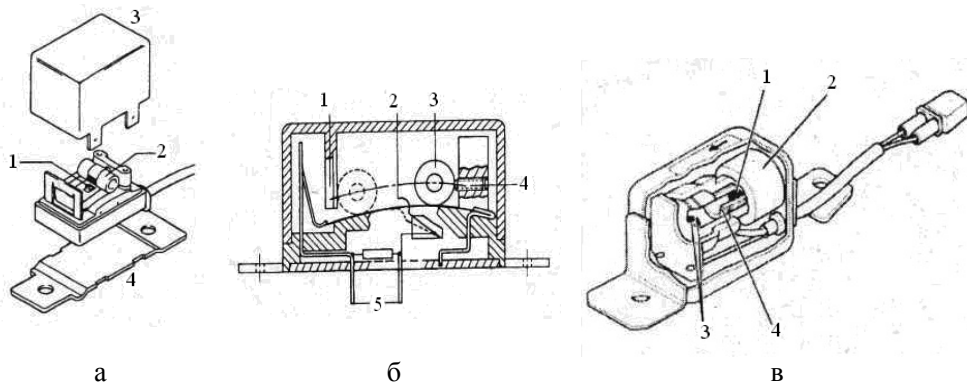


Рис. 7.29. Сенсори Crash:

а: 1 – контактна пружина; 2 – ролик; 3 – кришка корпусу; 4 – монтажна пластина; **б:** 1 – обмежувач ролика при спрацюванні; 2 – контактна пружина; 3 – ролик; 4 – обмежувач ролика у положенні спокою; 5 – рознімач; **в:** 1 – позолочена кулька; 2 – постійний магніт; 3 – позолочені контакти; 4 – напрямна гільза

Для попередження зіткнення все частіше використовують цифрові камери зі швидкою обробкою сцени трафіка. Камери, які розміщуються на вітровому склі, сприймають як дальнє, так і близьке зображення. Основне завдання полягає в адекватному оцінюванні отриманої інформації та видачі своєчасного сигналу водієві. Є приклади реалізації програмних функцій запобігання зіткненню на базі відеосистем у відеореєстраторах, смартфонах, які здатні своєчасно попередити водія про можливість зіткнення.

Щоб запобігти зіткненню з перешкодами при паркуванні та задньому русі сучасні автомобілі оснащують різними засобами контролю навколишнього простору. На практиці використовують три основних види систем: відеосистеми, ультразвукове та електромагнітне сканування.

При використанні першого засобу на задніх конструкціях автомобілів установлюють відеокамеру, яка показує на моніторі водія стан невидимої для нього зони у разі руху назад. Такий спосіб використовують на великогабаритних автомобілях (автобусах, вантажівках). Недоліком цього способу є значна залежність від освітленості та метеорологічних умов. Використовують також інфрачервоні відеокамери у парі з інфрачервоним ліхтарем для темряви.

Більш поширені системи ультразвукового сканування, які є надійними та дешевими. При цьому способі на бамперах установлюють групи ультразвукових датчиків. Датчики побудовані на п'єзоелементах і можуть бути як генераторами ультразвукових коливань, так і приймачами. Датчики по черзі випромінюють ультразвуковий імпульс та чекають відлуння від перешкоди. Залежно від часу отримання луни обчислюється відстань до перешкоди.

Час сканування складає кілька мілісекунд, тому водій отримує звукове або

відеопопередження про відстань до перешкоди практично у реальному часі, достатньому для прийняття рішення. При звуковому інтерфейсі водій визначає відстань до перешкоди за частотою тонових звуків, які при наближенні до перешкоди зростають. Починається звуковий сигнал з відстані у 1,5-1,3 м.

До складу системи входять мікропроцесорний блок, система датчиків, вихідні аудіо або відео пристрої (рис. 7.30).



Рис. 7.30. Склад системи ультразвукового парктроніка

Комплект: камера+монітор+ радар (парктронік) (рис. 7.31) призначений для візуального (за допомогою камери і монітора) спостереження за обставинами позаду автомобіля, а також звукового попередження (за допомогою радара і динаміка) у випадку появи перешкоди.

Комплект компенсує недоліки кожної із систем, якщо їх використовувати окремо. До складу комплекту входять широкоформатна кольорова камера заднього виду з вбудованим радар-детектором, монітор, аудіо динамік та керуючий пристрій.



Рис. 7.31. Комплексна система



Рис. 7.32. Електромагнітний парктронік

Електромагнітні парктроніки працюють за принципом зміни електромагнітної хвилі у передавачі у разі наявності перешкоди в зоні його дії. Блок керування подає імпульс на металізовану стрічку-передавач, яка у свою чергу випромінює електромагнітну хвилю (рис. 7.32).

Якщо у зоні хвилі є який-небудь об'єкт, то опір електромагнітного поля збільшується, а блок керування за зміною опору визначає відстань до перешкоди.

З практичної точки зору такий парктронік більш зручний, тому що не вимагає свердління отворів у бамперах.

В електромагнітного парктроніка немає мертвих зон, тому що датчик є довгою стрічкою по всій довжині бампера. Також електромагнітний парктронік може визначити перешкоду з хутра або з поверхнею, що стоїть під кутом, і таку перешкоду не може відчувти ультразвуковий пристрій. Точність електромагніт-

ного парктроніка також більша (5 см проти 20 см в ультразвукового парктроніка), проте відстань сканування простору дещо менша (70 см проти 2 м в ультразвукового парктроніка). Недоліком електромагнітного парктроніка є те, що реагує він на перешкоди лише під час руху автомобіля, хоча б декілька сантиметрів в секунду.

Для орієнтації у просторі можуть використовуватися й інші різноманітні пристрої, наприклад, інфрачервоні датчики, що діють на гранично близькій відстані. Ці пристрої добре відомі, менш відомий так званий ладар або лидар – дві назви одного приладу. (LIDAR – англ. Light Detection and Ranging). Ладар став складовою частиною системи вимірювання дистанції LMS (Laser Measure Sensor). Ідея ладара не оригінальна: LMS випромінює кілька променів і сприймає відбиті дані. Володіючи у повній мірі властивостями інерційної навігаційної системи з повним набором датчиків орієнтації й переміщення (рис. 7.33) інтегрована система здатна визначати всі параметри руху транспортного засобу: кутові швидкості, прискорення, ударні та вібраційні впливи, перевантаження.

При цьому на відміну від традиційних блоків датчиків руху в інтегрованій системі реалізований складний математичний апарат перерахунку впливів у різні системи координат. Тому користувач може використовувати вихідну інформацію системи для своїх додатків безпосередньо без попередньої обробки.

На рис. 7.33 цифрами позначені:

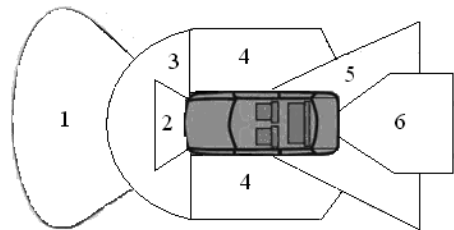


Рис. 7.33. Датчики орієнтації у просторі та дистанція їх дії

1 – 50-80 метрів: радар або тривимірний ладар; 2 – 1 метр: інфрачервоні датчики; 3 – 20 метрів: радар або ладар; 4 – 3 метри: радар, відео, інфрачервоні датчики; 5 – 20 метрів: радар, відео або ладар; 6 – 5 метрів: радар, відео, інфрачервоні датчики.

7.2.4. Системи контролю перетинання розмітки, бокової та мертвої зони

Намагання максимально звільнити водія від більшої кількості операцій з керування автомобілем, а також розширити його можливості стимулювало розробку таких систем, як контроль руху смугою, радары бокового огляду й інших.

Пристрій контролю руху смугою звичайно містить дві телекамери і блок керування. Система розпізнавання налаштована так, що в ідеалі лінії розмітки справа та зліва від автомобіля повинні знаходитися на однаковій від нього відстані. Якщо автомобіль відхиляється від осі смуги та перетинає лінію розмітки, а водій не увімкнув перед цим показчик повороту, Lane Assist попереджує його звуковим і світловим сигналами. У деяких автомобілів звуковий сигнал замінено на вібратор у спинці або подушці сидіння. У подальшому припускають широке застосування активних систем, здатних самостійно повертати автомобіль на смугу руху. Таку здатність, наприклад, має експериментальний вантажний

автомобіль американської фірми Freightliner (рис. 7.34).

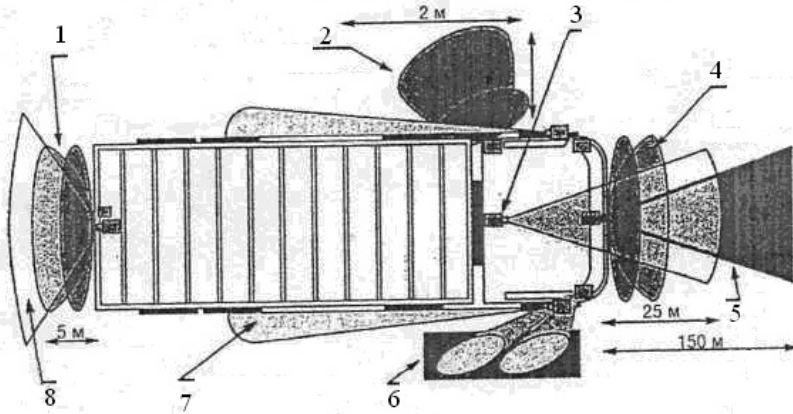


Рис. 7.34. Зони дії систем безпеки на вантажному автомобілі:

1 – радар мертвої зони, який контролює простір позаду; 2 – боковий радар мертвої зони; 3 – відеокамера системи контролю руху смугою та приладу нічного бачення; 4 – передній радар мертвої зони; 5 – далекобійний радар адаптивного круїз-контролю з системою попередження про можливе зіткнення й увімкнення перед аварійної підготовки; 6 – інфрачервоні датчики контролю мертвої зони; 7 – відеокамери бокового огляду; 8 – відеокамера заднього огляду

Радар, що контролює простір перед автомобілем, дає можливість реалізувати і режим доаварійної підготовки. Якщо зіткнення неминуче, електронний блок керування дасть команду на увімкнення натягувачів ременів безпеки і навіть автоматично від'єднає акумуляторну батарею після аварії, щоб уникнути короткого замикання в мережі. У разі незначного зіткнення, якщо ризику короткого замикання немає, система безпеки дає можливість продовжити рух. Це вже застосовується на легкових автомобілях. Часто ДТП відбуваються через обмежену видимість прямо перед капотом або в районі дверей, тому автомобілі почали обладнувати телекамерами та радарами, що контролюють простір у так званих мертвих зонах. Якщо під час спроби здійснити маневр у небезпечній близькості виявиться перешкода або інший транспортний засіб, водія попередять звуковий і світловий сигнали.

Безпеку навколо автомобіля забезпечують радары з робочою частотою 24 ГГц, що контролюють простір на відстані 5 м від передньої та задньої частини автомобіля й мертву зону в радіусі 2-3 м від дверей водія, а також радар з робочою частотою 77 ГГц, який контролює наявність перешкод перед автомобілем. Їх доповнюють телекамери, які контролюють простір перед автомобілем, позаду нього й по бокам, а також інфрачервоні системи контролю правої мертвої зони. У нічний час допомогу водію надають системи нічного бачення, які дають можливість виявити перешкоду на проїзній частині або небезпечні об'єкти на узбіччі, що не освітлені фарами.

Компанії Audi, BMW, Ford, Infiniti, Lexus, Mercedes, Nissan, Volvo використовують відеокамери, які зчитують дорожню розмітку, і якщо водій її перетинає, не увімкнувши при цьому сигнал повороту, система подає попереджуваль-

ний сигнал. Залежно від системи це може бути звуковий або світловий сигнал, вібрація керма або невелике натягнення ремня безпеки. У системі Infiniti, наприклад, застосовується автоматичне гальмування з одного боку автомобіля, щоб запобігти виїзду автомобіля зі смуги руху.

Система Lane Assist (Асистент зміни смуги руху) фірми Hella за допомогою радарів слідкує за обстановкою по боках та позаду автомобіля і попереджає звуковим сигналом водія про небезпеку, якщо сусідній ряд зайнятий іншими транспортними засобами (рис. 7.35). Радари монтуються на задньому бампері.

Відомо, що у дзеркал є так звана «мертва зона» і багато водіїв не вміють або просто не прагнуть встановити дзеркала заднього виду належним чином.

Такі компанії як BMW, Ford, GM, Mazda, Volvo пропонують спеціальні системи, які використовують вбудовані у дзеркала камери або датчики, які контролюють мертві зони. Невеликі лампочки аварійної сигналізації, встановлені поруч із дзеркалами заднього виду, попереджають водія про знаходження автомобіля у мертвій зоні, а якщо ніякої реакції від водія не надійшло і він почав змінювати смугу руху, система починає більш активно попереджати про перешкоду. На жаль, подібні системи працюють тільки на невеликих швидкостях.

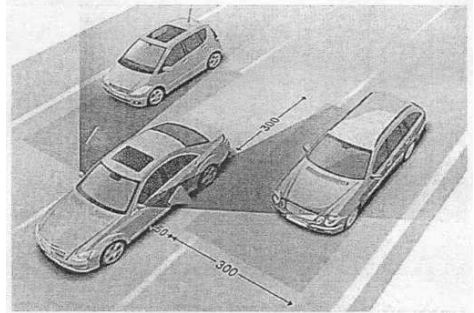


Рис. 7.35. Система контролю Lane Assist

7.2.5. Системи керування фарами та освітленням дороги

Світлові прилади, що використовуються у конструкції автомобіля повинні задовольняти задані вимоги щодо інтенсивності та спрямування світлового потоку та його кольору. Особливе місце серед пристроїв та пристосувань, які забезпечують активну безпеку автомобіля, займають зовнішні світлові прилади і світловідбивні пристрої – катафоти. Функціонування зовнішніх світлових приладів (освітлювальних і світлосигнальних) відбивається на поведінці усіх учасників дорожнього руху: на виборі ними швидкості й напрямку руху.

У разі природного денного освітлення у водія більше можливостей логічно оцінити і ситуацію, і свою поведінку щодо інших учасників руху. Вночі або в умовах недостатньої метеорологічної видимості (дощ, туман, снігопад, пилова буря) сприйняття інформації, що забезпечує безпечний рух автомобіля, погіршується.

З метою підвищення активної безпеки сучасних автомобілів, конструкція їх приладів освітлення постійно вдосконалюється. Як джерело світла використовуються не тільки галогенні, але й газорозрядні лампи. Все частіше поряд з АБС автомобілі обладнують активним головним освітленням, яке дає можливість створювати безпечні умови при поворотах автомобіля вночі та враховувати положення кузова відносно горизонту й дороги при різних швидкостях руху.

За вхідні параметри для розрахунку функцій активного головного світла служать кут і швидкість повороту кермового колеса, швидкість обертання коліс і кутова швидкість повороту автомобіля, крени кузова.

При роботі активного головного світла, вбудований електродвигун повертає модулі увімкненого ближнього світла в горизонтальній площині на кут до 15° і до $7,5^\circ$, відповідно для внутрішньої та зовнішньої фари по відношенню до центра повороту. Крім того, у фарі є статичне головне світло – це лампа з відбивачем, яка плавно вмикається на повороті й освітлює той бік, у який здійснюється поворот. Після виконання повороту лампа плавно гасне.

У разі виходу з ладу ближнього світла, регулювання модуля повороту припиняється, статичне головне світло також не вмикається. Несправності у системі активного головного світла заносяться в пам'ять блока керування та коректора фар і їх коди можна зчитати при підключенні тестера в процесі діагностики. Слід враховувати, що у разі знеструмлення системи, наприклад, при відключенні клеми акумулятора, вся накопичена інформація про несправності звичайно втрачається.

Вбудований датчик освітлення, призначений для:

- автоматичного вмикання і вимикання фар;
- активації функції виїзд/повернення до дому;
- розпізнавання дня і ночі для датчика дощу.

Датчик світла передає на блок керування бортової мережі інформацію про необхідність вмикання фар при наступних умовах: сутінки, темрява, в'їзд у тунель і проїзд через тунель, їзда лісом.

На новому автомобілі Mercedes Sprinter вперше для комерційних автомобілів покращити видимість у поворотах допомагає так звана інтелектуальна система освітлення. Біксенонові фари повертаються у бік повороту, покращуючи освітлення проїзної частини й узбіччя, а при увімкненні покажчика повороту на швидкості меншій за 40 км/год активізується бокове підсвічення. Система значно полегшує водіння автомобіля на неосвітлених ділянках доріг і дає можливість бачити пішоходів, які переходять дорогу, й інші перешкоди.

Для коригування положення світлового потоку залежно від кількості пасажирів та маси вантажу в автомобілі система освітлення оснащується автоматичними коректорами двох типів – квазістатичними та динамічними.

У квазістатичних системах автоматика реагує тільки на ухил кузова і має у своєму складі два сенсори положення кузова та приводи переміщення фар у вертикальній площині. З появою ксенонових ламп, що випромінюють значний потік світла, виникла необхідність захисту водіїв зустрічних автомобілів при неправильному регулюванні положення фар.

З'явилися **динамічні системи корекції**, основною відмінністю яких є значно більша швидкість реагування системи на зміни положення кузова та з урахуванням швидкості руху автомобіля. Наступним кроком підвищення безпеки у системах освітлення стало впровадження більш комплексних систем автоматичного керування рівнем освітлення, автоматичного вмикання, керування фарами у горизонтальній площині при поворотах автомобіля.

У процесі експлуатації технічні характеристики світлових приладів погіршуються. Так, у процесі горіння лампи вольфрам, що випаровується з нитки

розжарювання, осідає на скляній колбі, зменшуючи пропускання світлового потоку. Встановлено, що в кінці терміну служби лампи її світловий потік звичайно зменшується до 75% від початкового.

Суттєво впливає на енергетичні характеристики лампи, а значить, і на інтенсивність світлового потоку збільшення електричного опору переходу в ламповій колодці або штекерних з'єднаннях. При використанні двониткових ламп відмова «масової» клеми може призводити до спотворення сигналів, що подаються. Наприклад, при увімкненні сигналу лівого повороту в автомобілі з несправною лівою лампою починають одночасно блимати напіврозжарено і ліва, і права лампа. Перегорання (відмова) однієї з сигнальних лампочок автомобіля призводить до того, що при вмиканні аварійної зупинки учасники дорожнього руху отримують неправдиву інформацію про намір водія здійснити поворот.

У процесі руху автомобіля зовнішні поверхні розсіювачів світлових приладів і катафотів зазнають «бомбардування» абразивними частками, що призводить до утворення подряпин і мікровідколів. Такі самі пошкодження можуть виникнути у разі очищення забруднених поверхонь шляхом їх протирання сухою ганчіркою. Абразивні пошкодження поверхонь суттєво знижують ефективність світлових приладів, особливо катафотів.

У результаті природного старіння пластмас і дії сонячної радіації знебарвлюється барвник і змінюється колір задніх ліхтарів та катафотів. Те саме можна спостерігати у разі розтріскування розсіювачів сигнальних ліхтарів. Білуватий колір може спричинити помилки при розпізнаванні положення автомобіля та напрямку його руху, а це підвищує небезпеку виникнення ДТП.

7.2.6. Системи відслідковування стану водія та нічного бачення

Водії вантажних автомобілів і автобусів, які здійснюють далекі поїздки, більше інших зазнають ризику потрапити в аварію через утому та засинання за кермом. Донедавна контроль за водієм здійснювався з допомогою тахографа, що реєструє час безперервного водіння, загальний час у дорозі та ін. При цьому встановлюється режим праці та відпочинку. Але при такому способі контролю реакція на порушення режиму настає інколи надто пізно.

Система відслідковування стану водія. На сьогодні розроблено кілька систем відслідковування стану водія. Так, установивши спеціальну телекамеру, що фіксує напрямок погляду водія і ще низку параметрів, у тому числі частоту блимання очей, а також додаткові датчики на кермовому колесі, можна «навичити» електронний блок керування завчасно визначати настання утомленості. Система може зафіксувати момент, коли водій відволікається від керування автомобілем, і звернути його увагу або увімкненням світлової доріжки, або звуковим сигналом.

Розробку таких систем провадять багато виробників автомобілів, а також фірми, що виробляють автомобільну електроніку (Bosch, Siemens VDO, Delphi та ін.).

Стомлений водій може бути настільки ж небезпечний, як і водій, що сів за кермо у нетверезому стані. Інтегровані в автомобіль системи спостереження, які розпізнають ознаки втоми у рухах та реакціях водія і попереджають про необ-

хідність перепочити, доступні у кількох автовиробників. Наприклад, у Mercedes така система називається Attention Assist. Система спочатку вивчає манеру їзди водія, зокрема, обертання обода кермового колеса, увімкнення покажчиків повороту та натискання на педалі, а також стежить за деякими керуючими діями водія й такими зовнішніми чинниками, як боковий вітер та нерівності дорожнього полотна. Якщо Attention Assist розпізнає стомлення водія, вона інформує його про необхідність зробити зупинку, щоб перепочити.

Робить Attention Assist це за допомогою звукового сигналу й попереджувального повідомлення на дисплеї комбінації приладів [13].

В автомобілях Volvo теж є схожа система, але працює вона дещо інакше. Система не контролює поведінку водія, а оцінює переміщення автомобіля на дорозі. Якщо щось відбувається не так, як повинен рухатись автомобіль (недо-тримання смуги руху, зміна швидкості тощо) система сповіщає водія, перш ніж ситуація стане критичною.

Система контролю фізіологічного стану водія. Значний вплив фізіологічного стану водія на безпеку руху вимагає пошуку засобів контролю та попередження поганого стану або сну за кермом. У разі, якщо стан водія перед рейсом не перевіряється медичними працівниками, цю функцію здатні виконувати автоматизовані системи фізіологічного контролю стану.

Телеметрична система контролю безсоння водія (скорочено ТСКБВ) призначена для безперервного контролю фізіологічного стану водія транспортного засобу та запобігання його переходу з активного стану у стан психофізіологічної релаксації або дрімотної стадії сну. У разі невідновлення активного працездатного стану, втрати свідомості або смерті видаються команди для вмикання виконавчих пристроїв безпеки. Новизну в цьому пристрої становлять установлені на статистичному матеріалі пороги та критерії визначення станів, а також перешкодостійкий спосіб реєстрації вимірюваного фізіологічного показника.

Передавач «будильника» - електронний годинник із вбудованими датчиками, які надягають на зап'ястя для відстеження фізіологічного стану водія. Основний параметр, який контролюють датчики, - електродермальний (тобто шкірний) опір. Електродермальна активність (ЕДА) або зміна електричних властивостей шкіри (падіння опору шкіри або зміна її потенціалу щодо внутрішніх частин організму), - один з найвідоміших та широко використовуваних електрофізіологічних параметрів. Коли водій починає засинати, усі реакції в організмі сповільнюються, а зчитуваний електродами параметр зростає. Як тільки він досягає критичного максимуму, передавач посиляє радіосигнал на приймальний пристрій. Сигнал тривоги підбадьорить водія за кілька секунд до настання сну. Крім того, водій постійно може контролювати свій стан за світловим табло, що розташоване на приймальному пристрої.

Інший метод – використання датчика тиску на кермі, щоб вказати, наскільки «тісно» кермо захоплюється руками. Якщо тиск раптово падає, це може означати, що руки водія розслабляються через утому.

Основний напрям розробки систем контролю безсоння водія – використання відеоконтролю. Два фактори – міміка обличчя та фізіологічний стан – були використані для контролю втоми. Для аналізу картинки на відео, був застосований активний алгоритм, який дає можливість отримати зміни на обличчі

такі, як ступінь закриття очей, тривалість закриття очей, частоту моргання, тривалість позіхання. Система для контролю втоми водія транспортного засобу включає в себе оптичну систему візуалізації, яка отримує зображення особи водія. Блок керування обробляє відеосигнал та фіксує такі показники:

- характер стилю водіння, який полягає в аналізі швидкості, поздовжнього та бічного прискорення протягом останніх 30 хвилин;
- обставини водіння – який час доби та тривалість поїздки;
- використання водієм органів керування автомобілем, до яких належить перевірка застосування гальма, кнопок на панелі приладів;
- аналіз кутової швидкості повороту та прискорення.

Оброблену інформацію ретельно вивчають, аналізують, визначають відхилення у поточних діях водія та фіксують траєкторію переміщення автомобіля. За наслідками обробки процесор системи визначає рівень спроможності водія керувати автомобілем та вимагає дій з боку водія для відновлення здатності керувати транспортним засобом або здійснення контролю над транспортним засобом, щоб уповільнити і зупинити автомобіль.

Системи нічного бачення. Низка автомобільних фірм пропонує системи нічного бачення. Такі системи здатні допомогти водієві розгледіти у темний час доби пішоходів, тварин або краще бачити дорожні знаки. Зона руху освітлюється інфрачервоним променем, а відеокамера з тепловими датчиками збирає візуальну інформацію і відображає на екрані дисплея у вигляді сірого масштабного образу. Датчики складаються з кремнієвої підкладки з мембраною, на якій розміщені термоелементи, оточені об'ємним кремнієм. «Гарячі» з'єднання термоелементів розташовані у центрі мембрани, а «холодні» над краєм об'ємного кремнію. Тонка структура мембрани з низькою теплопровідністю поглинає теплове випромінювання дистанційного об'єкту, що створює різницю між мембраною та об'ємним кремнієм. Різниця температур перетворюється в електричний потенціал завдяки термоелектричного ефекту у термоелементі.

BMW використовує інфрачервону камеру, яка передає зображення на монітор у чорно-білому форматі. Камера розрізняє об'єкти на відстані до 300 метрів. Інфрачервона система Mercedes має менший діапазон, але здатна видавати більш чітке зображення, хоча мінусом системи є погана робота при низьких температурах. Також для реалізації указаних функцій системи використовують освітлення, близьке до інфрачервоного.

Для безпечного водіння розроблена система DSSS (Driving Safety Support System). Ця система допомагає водіям транспортних засобів отримати інформацію, яку буває важко сприймати у важких транспортних умовах (сигнали транспорту, дорожні знаки тощо). Ця інформація може бути передана в автомобіль від дорожньо-транспортної інфраструктури з використанням сучасних технологій ІТС:

1. Система, що допомагає водіям своєчасно побачити червоний сигнал світлофора. Ця система визначає швидкість автомобіля, порівнює з можливістю увімкнення червоного сигналу світлофора і надсилає попередження водію.

2. Система Smartway зменшує можливість ДТП на швидкісних магістралях. У системі використовуються датчики комунікації «дорога-автомобіль» та інші сучасні технології ІТС для попередження водіїв про наявність заторів, ава-

рій на дорозі тощо.

3. Система розпізнавання дорожніх знаків. Спеціальна відеокамера обробляє зображення попереду автомобіля, розпізнає дорожні знаки та проєціює зображення знака обмеження швидкості на лобове скло автомобіля з допомогою «віртуального дисплея».

4. Нічне бачення – система нічного бачення дає можливість на підставі найсучасніших технічних рішень забезпечувати хорошу видимість у сутінках й у темряві. Основою таких систем є термокамери, які замість оптичного сигналу знімають дані про температуру об'єктів. Доведено, що ці системи здатні надійно розпізнавати пішохода, тварину або інші живі перешкоди.

7.2.7. Системи контролю підвіски

До підвіски висуваються достатньо суперечливі вимоги. Щоб підвищити комфорт в автомобілі, що рухається, достатньо зменшити жорсткість пружних елементів підвіски, і плавність ходу буде забезпечена, по крайній мірі, на хороших дорогах і на невеликих швидкостях. Однак, таке рішення неминуче призводить до того, що кузов автомобіля на певних режимах (розгін, гальмування, проходження повороту) починає переміщуватися і розхитуватися у горизонтальній та вертикальній площинах зі значною амплітудою, особливо на поганих дорогах. Для забезпечення стійкості автомобіля і довговічності елементів самої підвіски доводиться збільшувати її жорсткість, що не є сумісним з поняттям комфортного руху.

В ідеалі підвіска повинна бути активною, тобто здатна самостійно змінювати свої характеристики залежно від дорожніх умов.

В активній підвісці контролюються параметри як пружності, так і демпфування.

Існує кілька варіантів активних підвісок:

- гідравлічні (Nivomat);
- пневматичні (Airmatic);
- гідропневматичні (Hydractive);
- електромагнітні (Bose).

Переваги використання електронних систем:

- зменшуються витрати енергії на усунення проміжних циклів під час гальмування, прискорення та під час руху на поворотах;
- реагування системи на збільшення швидкості руху автомобіля зменшенням висоти підвіски (кузова) для заощадження пального;
- підвищення висоти підвіски під час руху на незадовільних дорожніх покриттях;
- підвищена стійкість руху на поворотах, що досягається шляхом поперечного блокування елементів підвіски на одній осі.

Додаткові переваги для автомобілів великої вантажопідйомності:

- зміна висоти підвіски (кузова) для заміни кузовів і контейнерів;
- висота транспортного засобу може регулюватися, наприклад, для вирівнювання поверхні кузова та платформи, що навантажує;
- керування віссю, що піднімається: вісь, яка піднімає, автоматично опус-

кається, у разі перевищення максимального навантаження на вісь; вісь, яка піднімає, піднімається на короткий час (2-3 хв) з метою підвищення навантаження на ведучу вісь (збільшення тягового зусилля).

В активній підвісці підресорювання кожного окремого колеса здійснюється з допомогою подачі або відведення допоміжної енергії (стиснутого повітря, рідини) через електромагнітні клапани до стійок. Система для легкового автомобіля може складатися з чотирьох стійок (пневматичних, гідропневматичних), компресора, центрального ресивера, який одночасно є акумулятором, блока керування і датчиків, які інформують блок керування про швидкість руху, навантаження автомобіля та кут повороту кермового колеса. Усі елементи підвіски з'єднані між собою магістралями (пневматичними, гідравлічними). Обмін даними між ними відбувається через багатофункціональну шину електронної передачі даних CAN (Controller Area Network). Також система має функцію автоматичної активації («wake-up»), яка дає можливість відкоригувати стандартне положення кузова та пружність амортизаторів ще до початку руху. В подальшому водій має можливість самостійно вибирати режим роботи підвіски, а також регулювати висоту положення кузова,

Індивідуальне регулювання жорсткості амортизатора кожного колеса дає можливість урахувати крен кузова і швидкість, з якою автомобіль входить у поворот, оцінювати кут повороту і швидкість, з якою водій повертає кермо. Під час руху жорсткість стійок може автоматично змінюватися так, що буде вибраний оптимальний режим роботи підвіски, який відповідає конкретним дорожнім умовам як з точки зору безпеки, так і комфорту. Наприклад, під час гальмування передні колеса будуть підресорені більш жорстко, ніж задні, а під час прискорення – навпаки, але це в обох випадках дозволить уникнути неприємного поздовжнього «кльову» кузова.

Підвіска автоматично пристосовується до зміни навантаження автомобіля і здатна вибирати величину дорожнього просвіту, орієнтуючись на дорожні умови.

Система забезпечує статичну і динамічну підтримку з допомогою чотирьох стійок. Вона також здійснює ручне або автоматичне регулювання рівня кузова під час руху, автоматичне підняття й опускання кузова. До складу системи входять:

- електронна система керування рівнем кузова, яка забезпечує однаковий рівень кузова на передній і задній осях, а також його положення в залежності від стилю водіння та завантаженості автомобіля;

- система адаптивного підресорювання (Adaptive Damping System), що змінює зусилля підресорювання в залежності від стану дорожнього покриття і стилю водіння водія. Стан дороги визначається з допомогою датчиків вертикального прискорення кузова автомобіля. Стиль водіння (горизонтальне прискорення) визначається за швидкістю руху та кутом повороту.

Здійснюється індивідуальна адаптація рівня кузова для руху дорогою з поганим покриттям. Можливі три різних положення кузова: комфортне, спортивне та положення для екстремальної спортивної їзди.

Інформація про підвищений рівень кузова та спортивне демпфування видається шляхом підсвічування індикаторних відміток на вимикачах, інформація

про низький рівень кузова видається на дисплей індикації несправностей.

Блок керування активною підвіскою отримує й обробляє такі вхідні сигнали:

- від блока керування ESP (через шину CAN);
- від блока керування двигуном (через шину CAN);
- від блока керування трансмісією (через шину CAN);
- від щитка приладів (через шину CAN);
- від датчика кута повороту кермового колеса (через шину CAN);
- від перемикача комфортного і спортивного режимів (через шину CAN);
- від вимикача регулювання рівня кузова (через шину CAN);
- від трьох датчиків прискорення кузова автомобіля;
- від двох передніх датчиків рівня кузова;
- від одного заднього датчика рівня кузова;
- від одного датчика тиску в системі;
- напруги живлення і з'єднання на «масу».

Блок керування системою перетворює вихідні сигнали для таких елементів:

- чотири клапана керування рівнем кузова;
- одного головного клапана нагнітання повітря (рідини) в ресивер;
- мультифункціонального дисплея на щитку приладів;
- регулювання рівня кузова;
- компресора.

Повідомлення, що змінюються, й індикація, яка стосується системи, виводяться на мультифункціональний дисплей щитка приладів, а також на вимикач режимів рівня кузова.

Структурні коливання реєструються з допомогою розподілення потоків гідравлічної рідини у гідропневматичному контурі підвіски. З метою зменшення потреби в енергії дія системи обмежується згладженням нерегулярних низьких частот коливань. Газовий акумулятор, з'єднаний з гідроциліндром, гасить коливання вищих частот.

На останніх моделях імпорتنих автомобілів опір амортизаторів регулюється шляхом зміни діаметрів жиклерів або в'язкості рідини. Розміри пропускних отворів звичайно змінюються з допомогою електродвигуна або соленоїда. Існує три режими регулювання амортизаторів: малий, середній і великий. На валу кермового колеса встановлюється датчик, що фіксує кут і напрямок повороту.

Силою опору амортизаторів керує електронний блок на цифрових схемах. Цифрові вхідні сигнали (ЕБК двигуна, датчика положення кермового колеса, датчика вмикання нейтрального ступеня, датчика гальмування, системи запалювання, датчика швидкості, перемикача режимів роботи) надходять на мікроЕОМ, де підлягають вхідній обробці та формуванню сигналів. Вихідні сигнали потім надходять на виконавчі механізми (двигуни й електромагніти) керування режимами роботи амортизаторів.

Активною гідропневматичною підвіскою «Hydractive» оснащуються французькі легкові автомобілі Citroën-ХМ, Citroën-ВХ та Citroën-СХ. Гідропневматичні пружні елементи встановлені на кожному колесі. Вони складаються з гід-

ропневматичних балонів, розділених на дві частини еластичною мембраною (у верхній півсфері – азот, а в нижній – спеціальна рідина), і заповнених рідиною циліндрів із ковзним порожнистим поршнем. Штоки поршнів з'єднані з важелями передньої та задньої підвіски. При переміщенні колеса вгору (хід стиснення) рідина під тиском поршня надходить через гідроамортизатор в балон і стискає газ за мембраною.

Підвіска згаданих автомобілів може працювати у двох режимах - «м'якому» й «жорсткому». У разі «м'якого» режиму (помірної амортизації) забезпечується комфортабельність та зручність керування. У разі «жорсткого» режиму підвищується стійкість автомобіля та безпека.

«М'який» режим легко здійснити, якщо до гідропневматичного елемента додати ще один гідропневматичний балон і гідроамортизатор. Якщо відключити гідроамортизатор спеціальним краном (регулятором жорсткості), підвіска переводиться в «жорсткий» режим (рідина проходить через один отвір, збільшується амортизація). Для керування підвіскою у пам'ять мікропроцесора закладають граничні параметри, встановлені на підставі випробувань автомобіля. Якщо при відключеному живленні електроклапан закритий і рідина циркулює з поверненням у бак (тиск дорівнює нулю), то підвіска працює у «жорсткому» режимі.

Підвіска переходить у «жорсткий» режим у разі виявлення відхилень від отримуваної від датчиків інформації, при досягненні граничних значень кута повороту кермового колеса, при досягненні певного рівня нахилу кузова.

Водій може вибрати одну з двох програм: «Sport» або «Automatic». Якщо перемикач установлений в положення «Sport», напруга на електроклапані відсутня і підвіска працює у «жорсткому» режимі. У режимі «Automatic» напруга подається на електроклапан і підвіска працює у «м'якому» режимі.

На деяких автомобілях (наприклад, Toyota) здійснюється керування висотою кузова з допомогою пневматичних пружних елементів, що встановлюються на всіх штоках або тільки на двох задніх колесах. Якщо в ЕБК надходить сигнал від датчика висоти, вмикаються електродвигуни компресорів для збільшення тиску або соленоїди для зменшення тиску. Датчиками висоти можуть бути фотоеlementи або інші елементи, які виробляють П-подібні імпульси.

7.2.8. Системи контролю ходової частини

Технічний стан коліс і пов'язаних з ними елементів суттєво впливають на активну безпеку автомобіля. Процеси, що впливають на експлуатаційні показники шин та їх зміна по мірі напруження, достатньо широко описані в літературі. Одним з важливих вимог безпеки до коліс є надійність їх монтажу на моточинах. Не допустимі тріщини в диску колеса, відсутність гайок або болтів кріплення диска, а також відхилення моменту їх затяжки від встановленого заводом-виробником значення. Порушення норм моменту затяжки призводить до руйнування отворів у диску і кріпильних деталей через пластичну деформацію або фретінг-корозію.

Автомобілі і причепа повинні бути обладнані грязезахисними фартухами коліс. Руйнування фартуха або його втрата у процесі експлуатації автомобіля

призводить до викидання щебеню та грудок грязі з-під коліс, що створює небезпеку потрапляння цих матеріалів у світлові прилади та лобове скло автомобіля, що рухається слідом. Неочікувані удари по лобовому склу на великій швидкості можуть спричинити не тільки його розбивання, але й спровокувати помилки у діях водія.

Системи контролю тиску в шинах. Необхідний рівень тиску у шинах – це не тільки хороша керованість і безпека автомобіля, а це ще й значне заощадження пального, підвищення терміну експлуатації покриття та елементів підвіски. Національна адміністрація з безпеки США (NHTSA) прийняла рішення про обов'язкове використання датчиків контролю тиску у шинах на всіх нових автомобілях.

Система контролю тиску непрямої дії, що працює у складі АБС, визначає падіння тиску через різницю у частоті обертів коліс (приспущене колесо має дещо менший радіус кочення і тому обертається швидше). Іншим способом визначення падіння тиску в шинах є виділення із сигналів колісного датчика швидкості параметрів, які характеризують рівень коливань шини при обертовій деформації.

Найбільш простими засобами контролю тиску у шинах є візуальні засоби, коли замість штатних на вентилях шин встановлюють спеціальні ковпачки, які змінюють колір залежно від рівня тиску. При падінні тиску на 20% ковпачок змінює колір із зеленого на прозорий.

Сучасні системи здатні контролювати в режимі on-line тиск у шині, температуру повітря та інші важливі для роботи колеса параметри. При виникненні відхилень такі системи відразу сповіщають водія. Нова система моніторингу автомобіля TBS EHM 5000 має у своєму складі систему контролю тиску в шинах і температури у кожному колесі з виведенням інформації на лобове скло. Фірма Nokian Tyres розробила систему RoadSnoor, у якій 25-грамові датчики прикріплюються до колісних дисків з внутрішнього боку (всередині безкамерної шини). Кожен датчик має джерело живлення з терміном роботи на 150 тисяч кілометрів. Датчики працюють тільки під час руху з 20 км/год і передають кодові повідомлення по радіоканалу на приймач, що розміщений в арці колеса. Датчики фірми Pirelli мають пам'ять про основні параметри шини, робочий тиск та температура, тип дорожнього покриття, час і відстань, що пропрацювала шина, розмір плями контакту, а при падінні тиску подають команду на їх підкачування [35].

Система контролю тиску в шинах TSS (Tyre Safety System) та її компоненти приведені на рис. 7.36.

Важливою її відмінністю є наявність лише однієї антени. Інерційний датчик (вмикач) сповіщає систему про рух автомобіля.

При зафіксованій швидкості руху більше 10-20 км/год протягом 10 секунд формується керуючий сигнал, який щохвилини розшифровується.

У стані спокою вимірювання виконуються кожні 15 хвилин, а їх розшифрування – кожну годину. Це розвантажує акумуляторну батарею.

Система працює в діапазоні 433 МГц.

Фінська фірма з виробництва шин Nokian Tyres запропонувала систему контролю тиску в шинах під назвою RoadSnoor (рис. 7.37).

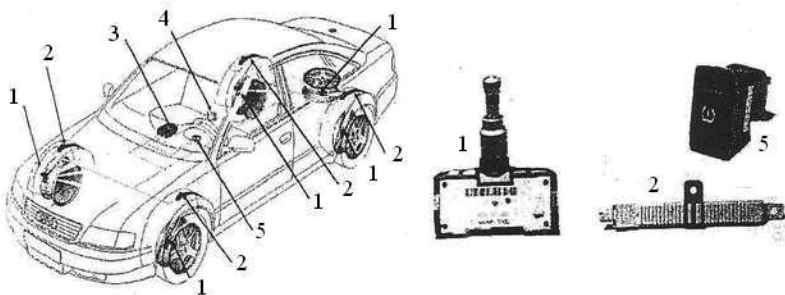


Рис. 7.36. Система контролю тиску в шинах TSS:

1 – датчик тиску в шинах; 2 – антена контролю тиску; 3 – блок керування системи TSS; 4 – індикатор в панелі приладів; 5 – функціональний вмикач для TSS (TSS – Tyre Safety System – система моніторингу безпеки шин)

Схема сигналізації та контролю тиску в шинах RoadSnoor показана на рис. 7.37.

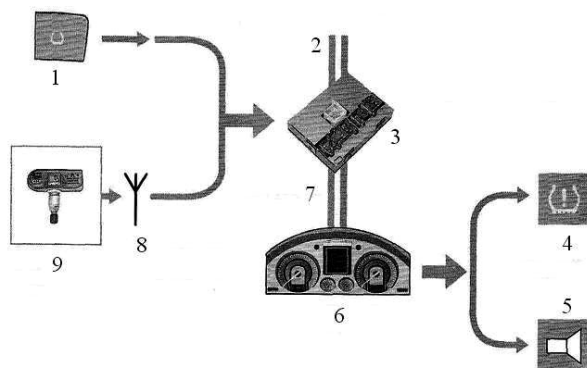


Рис. 7.37. Компоненти системи сигналізації та контролю тиску в шинах автомобілів Phaeton, Touareg і Passat:

1 – E226 кнопка контролю тиску повітря; 2 – інша інформація з шини даних CAN; 3 – J502 блок керування контролю тиску в шинах (у центральному блоці керування систем комфорту J393); 4 – K230 індикатор системи контролю тиску повітря; 5 – НЗ зумер і звуковий сигнал; 6 – J285 блок керування комбінації приладів; 7 – шина даних CAN-Комфорт; 8 – R47 антена центрального замка й охоронної сигналізації; 9 – G222- G225 датчики тиску повітря в шинах

У разі втрати тиску в шині система звуковими та світловими сигналами з маленького приймача попереджує про це водія. У систему RoadSnoor входять чотири пронумерованих датчики, які монтуються на сталевих стрічках в ободах коліс. Кожне колесо для ідентифікації отримує кільце з вентилем, на якому нанесена відповідна цифра. Ця цифра у разі зниження тиску вказується на приймачі. Датчики в шинах і приймач вмикаються автоматично, як тільки автомобіль рушає з місця. Датчики по радіо передають на приймач інформацію про тиск і температуру в шині.

Втрату тиску в 10% приймач вказує з допомогою червоного блимаючого світлового та звукового сигналів. Одночасно блимає номер відповідної шини. У разі втрати тиску більше, ніж на 20%, лампочки блимають швидше, звукові си-

гнали інтенсивніші. Попереджувальні звукові сигнали можна вимкнути кнопкою, а світловий сигнал буде блимати доти, поки тиск у шині не буде відрегульований.

Датчики системи RoadSnoor працюють на батарейках, що полегшує експлуатацію: на автомобілі не потрібні спеціальні виїмки для стаціонарної установки датчиків, приймач має розміри не більші за сірникову коробку. Батареї датчиків служать приблизно 10 років або 150 тисяч кілометрів пробігу. Приймач працює на стандартній батарейці, термін служби якої складає приблизно півроку. Про падіння напруги батарейки приймач сповіщає звуковим сигналом, який відрізняється від звукового сигналу, що попереджує про зменшення тиску в шинах.

7.2.9. Система автоматичного керування склоочисниками та склоомивачем

Система під назвою датчик дощу (Rain Sensor) забезпечує автоматичне керування очисником та омивачем лобового скла. Датчик дощу зменшує кількість рухів водія під час керування автомобілем в екстремальних умовах (дощ, сніг, грязь), тобто підвищує безпеку і комфорт. Існують різні системи автоматичних склоочисників. На рис. 7.38, 7.39 наведено систему склоочисників на прикладі VW Touran/Golf V.

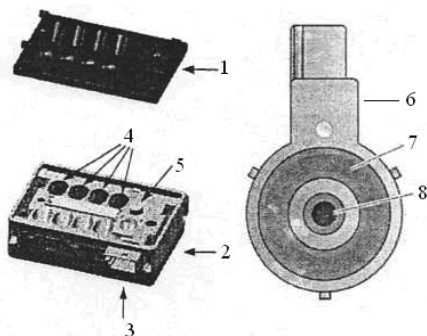


Рис. 7.38. Компоненти системи автоматичного керування склоочисниками та склоомивачем:

1 – оптичний корпус наклеєний на лобовому склі; 2 – RL-сенсор; 3 – контакти рознімала; 4 – комірки визначення дощу; 5 – оптичний світловий сенсор; 6 – оптичний датчик; 7 – світлодіоди; 8 – фотодіод

Система автоматичного керування очисником та омивачем вітрового скла складається з двох частин – це оптичний датчик та блок реле. Оптичний датчик (6, рис. 7.38) знаходиться на лобовому склі всередині салону автомобіля (встановлюється на внутрішній поверхні лобового скла у зоні дії щіток та у місці, де він не буде заважати огляду водія і добре обдувається нагрівачем).

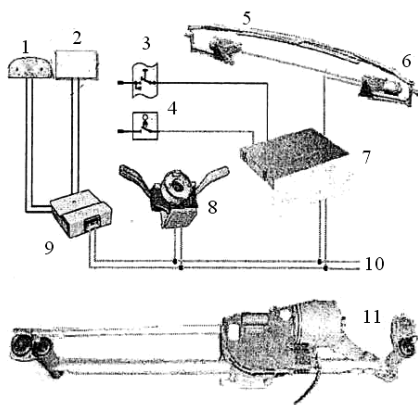


Рис. 7.39. Схема системи склоочисників на прикладі VW Touran/Golf V:

1 – панель приладів; 2 – ABS; 3 – клемма; 4 – кінцевик капота; 5 – склоочисник пасажирів; 6 – склоочисник водія; 7 – БК бортової мережі; 8 – БК кермової колонки; 9 – інтерфейс діагностики; 10 – CAN-комфорт; 11 – склоочисник Golf V

Система, наведена на рис. 7.39, має меню вибору в блоці керування (БК) бортової мережі та меню вибору в БК кермової колонки.

Блок реле – це виконавчий пристрій, що здійснює безпосереднє керування склоочисником та омивачем. Блок реле встановлюється у салоні у місці, передбаченому конструкцією автомобіля або зручному для електричного з'єднання. Датчик дощу керує усіма режимами склоочисника – автоматичний вибір тривалості паузи, перша швидкість, друга швидкість, омивач.

За допомогою інфрачервоного променя сканується стан зовнішнього боку скла. Рівень відбитого сигналу змінюється у разі наявності вологи або забруднення на склі. Електронний блок керування обробляє отриману інформацію й видає сигнал вмикання склоочисника. При появі крапель води на склі, включаються щітки склоочисника. Залежно від інтенсивності дощу автоматично змінюється інтервал руху щіток. Також інтервал руху щіток залежить від швидкості автомобіля, нижча швидкість – більша пауза. Велику масу води (хвиля з калюжі від зустрічної автомашини) датчик визначає ще на підльоті до скла з відстані 5-10 см і завчасно включає склоочисники.

7.3. Системи забезпечення керованістю, технічної та екологічної безпеки автомобіля

7.3.1. Системи і параметри транспортної безпеки автомобіля

Намагання забезпечити високий рівень технічної безпеки автомобіля є основною рушійною силою при створенні нових і використанні існуючих автомобілів. Для цього залучаються різні галузі знань, удосконалюються існуючі мехатронні системи керування безпекою автомобіля, повинна підвищуватися надійність водія, покращуватися дорожні та транспортні умови експлуатації автомобіля.

Зростання ролі та значення безпечної експлуатації автомобілів пов'язане із загальним технічним розвитком і ускладненням технічних систем, необхідністю забезпечення технічної та екологічної безпеки цих систем, зниження ступеня небезпеки і тяжкості наслідків аварій та катастроф [22, 23].

Безпекою руху називається властивість автомобіля рухатися з найменшою ймовірністю виникнення ДТП. Це комплексна експлуатаційна властивість, пов'язана з керованістю, поворотальністю, маневреністю, стійкістю та гальмівними якостями рис. 2.4, 2.5, 2.6. Це найважливіша експлуатаційна властивість, від якої залежать життя і здоров'я людей, збереженість автомобіля, вантажів та інших матеріальних цінностей.

Основними складовими забезпечення безпеки транспортних засобів є: конструктивна безпека (рис. 2.4), яка забезпечується досконалістю синергетичного поєднання електронних систем керування підвіскою, гальмами, повороту кермового колеса [11]; життєвий простір салону; технічний стан транспорту; кваліфікація водія; стан дороги і середовища (умови експлуатації). Для підвищення рівня внутрішньої і зовнішньої безпеки використовуються конструктивні та експлуатаційні рішення, приведені на рис. 7.40, 7.41 [22], які зменшують імовірність ДТП, тяжкість їх наслідків і негативного впливу на довкілля [22, 23].

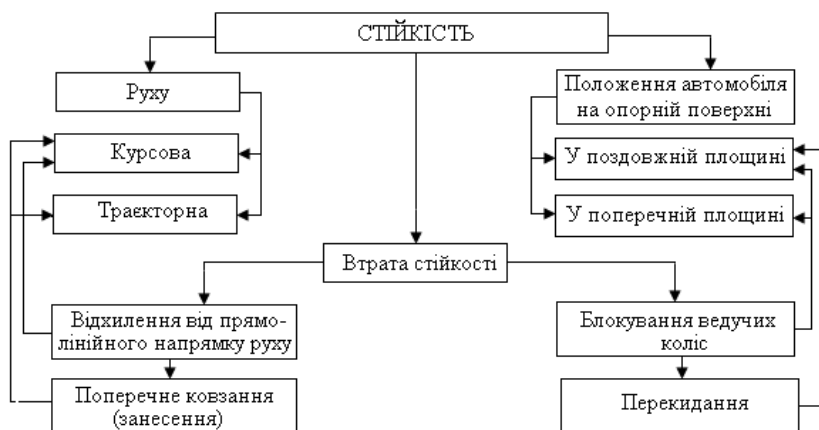


Рис. 7.40. Способи забезпечення стійкості автомобіля

Способи забезпечення стійкості руху автомобіля наведені на рис. 7.41 [10, 22]. Способи забезпечення статичної та динамічної стійкості проти занесення наведені на рис. 2.28, 7.42, а конструктивні та експлуатаційні параметри автомобіля – на рис. 7.43 [22].

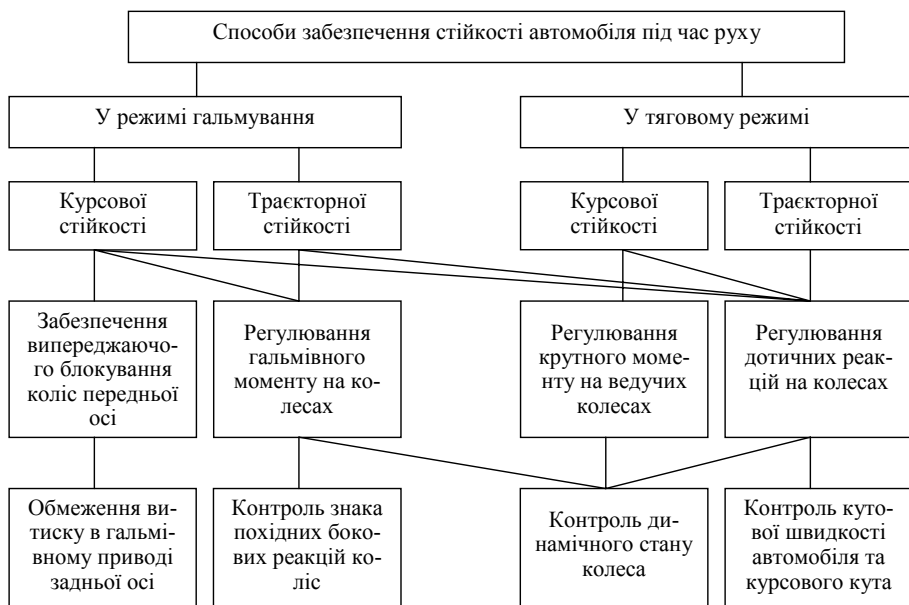


Рис. 7.41. Способи забезпечення стійкості автомобіля під час руху

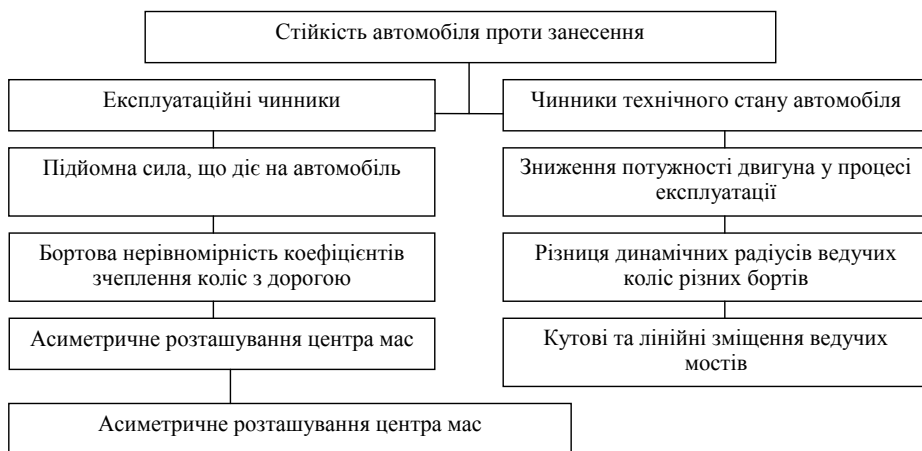


Рис. 7.42. Експлуатаційні чинники та чинники технічного стану, які забезпечують стійкість автомобіля проти занесення



Рис. 7.43. Експлуатаційні та конструктивні чинники, що забезпечують стійкість автомобіля

Для забезпечення технічної та екологічної безпеки автомобіля потрібний його постійний і (або) періодичний контроль на відповідність вимогам норм. Вимірювані діагностичні параметри завжди визначаються тими чи іншими змінами параметрів об'єктів діагностування або їх комбінацій [33, 35].

Стратегічний напрям у розвитку забезпечення безпеки на дорогах – це по-

дальше впровадження сучасної мехатроніки, телематики та інтелектуалізації моніторингу умов руху автомобілів, поєднання активних і пасивних систем безпеки у єдину інтегровану систему APIA (Active-Passive Integration Approach).

Як правило, системи активної і пасивної безпеки працюють незалежно одна від одної. Розвиток мехатронних систем дав можливість об'єднати обидві системи [10, 11], що попереджує аварії або пом'якшує зумовлені аварією пошкодження. Фірма Continental у проєкті APIA використовує інформацію від усіх систем активної і пасивної безпеки й на основі цього визначає ступінь небезпеки.

APIA ґрунтується на обміні даними між усіма системами активної і пасивної безпеки автомобіля. У так званий аварійний процесор потрапляє вся інформація про дії водія, характер руху автомобіля і дорожні умови. Для даної конкретної ситуації руху процесор розраховує потенціал небезпеки, який відображає можливість аварії у даний момент. Якщо цей потенціал перевищує певний поріг, аварійний процесор поетапно вживає захисних заходів:

- оптичне чи інше попередження водія;
- попередня готовність гальмівного контуру для прискорення спрацювання гальмівних механізмів;
- активізація натягувача пасків безпеки з метою усунення їх нецільного прилягання;
- закривання бокових вікон і люка у даху;
- активне гальмування з прискоренням до 0,3 g;
- зсув передніх сидінь у положення, оптимальне для спрацювання надувних подушок безпеки.

На рис. 7.44 показано комплекс, що складається з комбінації різних датчиків, приладів і сигналізаторів. Такий комплекс використовується у корпорації Nissan для підвищення безпеки автомобіля. Управляє цим комплексом безпеки автомобіля центральний комп'ютер 6.

Якщо водій сам натискає на педаль гальма, то за швидкою зміною ноги с педалі акселератора на гальмо датчики розпізнають початок гальмування: прискорювач зразу починає працювати з максимальним тиском у приводі; натягувачі пасків безпеки максимально активізуються. Якщо зіткнення все ж таки відбувається, аварійний процесор залежно від тяжкості та типу аварії приводить у дію адаптивні подушки безпеки.

Для поєднання активної і пасивної безпеки автомобіль обладнують мехатронними системами [11], гальмівною системою з незалежним керуванням з ESP та круїз-контролем (ACC). Для покращення пасивної безпеки у разі відсутності інформації від датчиків ACC аварійний процесор спирається тільки на інформацію від прискорювача початку гальмування, систем ESP та ARP (Active Rollover Protection – попереджує перекидання автомобіля) і, відповідно, може приймати менш відповідальні рішення.

Вирішальну роль при цьому відіграють удосконалені датчики для визначення поточної ситуації. Датчики дистанції дозволяють не тільки здійснювати функції круїз-контролю, але й надають важливу інформацію для систем попередження зіткнення. Так, фірма Continental розробила датчик попередження зіткнення під назвою CV (Closing Velocity). Він дає можливість достатньо точно

визначити очікувану тяжкість зіткнення і напрямок удару. В комбінації з додатковими контактними датчиками він може застосовуватися також у системах захисту пішоходів.

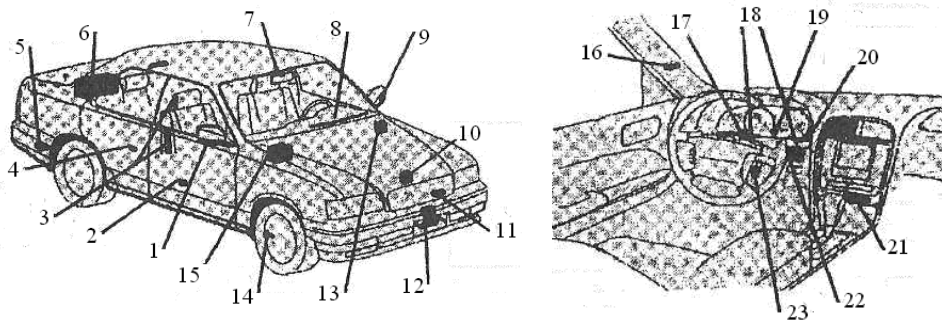


Рис. 7.44. Система датчиків та виконавчих пристроїв забезпечення безпеки автомобіля:

1 – камера для спостереження за об'єктами, що знаходяться позаду; 2 – датчик попередження зіткнення; 3 – бокова повітряна «подушка»; 4 – датчик швидкості колеса; 5 – лазерний радар для виявлення об'єкта, що знаходиться позаду; 6 – центральний комп'ютер; 7 – камера для спостереження за об'єктами, що знаходяться попереду; 8 – сигнальна лампа для попередження про пішоходів у нічний час; 9 – камера для спостереження за об'єктами, що знаходяться позаду; 10 – датчик попередження зіткнення; 11 – лазерний радар для виявлення об'єкта, що йде попереду; 12 – інфрачервоний датчик визначення присутності пішоходів у нічний час; 13 – прилад, що контролює дистанцію між двома транспортними засобами; 14 – датчик швидкості колеса; 15 – привод автоматичного гальмування; 16 – сигнальна лампа для попередження про об'єкт, що знаходиться позаду; 17 – сигналізатор низького тиску повітря в шинах; 18 – інфрачервона лампа для моніторингу засинання водія (працює в нічний час доби); 19 – датчик моніторингу засинання водія; 20 – сигнальна лампа для попередження про об'єкт, що знаходиться попереду; 21 – ручний перемикач для переходу в режим автоматичного сповіщення про аварійну ситуацію; 22 – перемикач для переходу в режим екстреної зупинки у разі неадекватної поведінки водія; 23 – перемикач для переходу в режим самовирівнювання у разі засинання водія

Подальший крок у бік збільшення безпеки – це введення систем відеокамер, що обробляють візуальну інформацію. Поряд з виявленням об'єкта вони також дають можливість класифікувати його.

Крім того, інженери Continental працюють над тим, щоб використовувати цифровий картографічний матеріал для оптимізації систем підтримки водіїв. Якщо, наприклад, автомобіль з високою швидкістю наближається до крутого повороту, педаль акселератора може вказати водію на це.

Якщо увімкнений круїз-контроль, він може завчасно автоматично зменшити швидкість руху або «вимагати» цього від водія.

На сьогодні створені потужні телематичні й інформаційно-обчислювальні системи високого рівня безпеки автомобілів. Так, сучасний легковий автомобіль фірми «Мерседес Бенц» має близько сорока управляючих блоків усіма системами автомобіля. Вони об'єднані з допомогою цифрової шини передачі даних (CAN) в одну велику мережу, по якій передається 850 різних типів даних і ви-

конується керування 170 різними функціями бортових пристроїв.

Для забезпечення безперебійної роботи використовується 14 антен, 11 з яких служать для прийому телевізійних і радіопередач (процесор вибирає антену, що забезпечує найкращі на даний момент умови прийому), дві – для керування центральним замком та передпусковим підігрівачем.

Перераховані згадані вже створені елементи автоматизації знімають технічні проблеми керування агрегатами автомобіля. Залишаються проблеми орієнтації та взаємодії із зовнішнім середовищем і забезпечення безпеки руху, попередження дорожньо-транспортних пригод. Підсумком роботи у цій галузі стало створення системи комплексної безпеки автомобіля. Для цього потрібно, щоб автомобіль став «розумним». Цьому служать Інтелектуальні Транспортні Системи (ІТС).

На рис. 7.45 приведені види систем і пристроїв забезпечення внутрішньої і зовнішньої безпеки.



Рис.7.45. Системи активної і пасивної безпеки автомобіля

Наявність подушок безпеки перед водієм та пасажирами для захисту грудей, плечей, колін та ступнів ніг	Об'єм подушок водія – 50 л; переднього пасажирів – 80, 90. Час надування подушок 0,03 с. Час спрацювання системи 70 мс. Час спускання наддуву 4-9 с
Наявність подушок безпеки перед водієм та пасажирами для захисту грудей, плечей, колін та ступнів ніг	Об'єм подушок водія – 50 л; переднього пасажирів – 80, 90. Час надування подушок 0,03 с. Час спрацювання системи 70 мс. Час спускання наддуву 4-9 с
Блок керування показаннями датчиків діагностування системи безпеки автомобіля з інформуванням водія про її стан	Блок керування враховує величину та тривалість сигналу зниження прискорення не менше, ніж за 0,003 с
Система захисту при перекиданні автомобіля з автоматизацією контролю нахилу автомобіля, спрацьовує у разі нахилу в 27-52°	Відкидуваний верх автомобіля забезпечується з допомогою сильного соленоїда
Системи контролю: освітлення, тиску в шинах, антиблокування та протибуксування, положення автомобіля під час руху, швидкості руху та дистанції між автомобілями, попередження при проходженні лінії осрової розмітки дороги, «мертвих зон» при наближенні транспортних засобів	Електронні системи керування - радарні датчики зближення, розпізнавання, «мертвих зон», транспортних засобів та геометричних параметрів
Регулювання освітлення фарами та додатковими фарами з коригуванням положення фар	Напрямок світлового потоку в бік повороту. Поворот фар залежить від швидкості руху та положення рульового колеса
Системи контролю тиску в шинах і вібрації шини, що виникають під час контакту протектора з поверхнею дороги з розпізнаванням типу покриття дороги та зміни частоти обертання коліс	Сенсор невеликого розміру кріпиться посередині колеса для аналізу даних з частотою 512 або 1024 за один оберт
Система попередження водія про небезпечну швидкість руху та скорочення дистанції з можливим блокуванням педалі акселератора	Сигнал подається вібрацією педалі акселератора з регульованим зусиллям

Продовження рис. 7.45

7.3.2. Чинники, що визначають рівень безпеки руху автомобілів і причини ДТП

Суть основних функцій активної безпеки автомобіля – відсутність раптових відмов конструктивних систем автомобіля (відмовна безпека), особливо пов'язаних з можливістю маневру (експлуатаційна безпека). Важливою функцією активної безпеки автомобіля є відповідність тягової та гальмівної динаміки

автомобіля дорожнім умовам і транспортним ситуаціям, а також психофізіологічним особливостям водія (рис. 7.46).

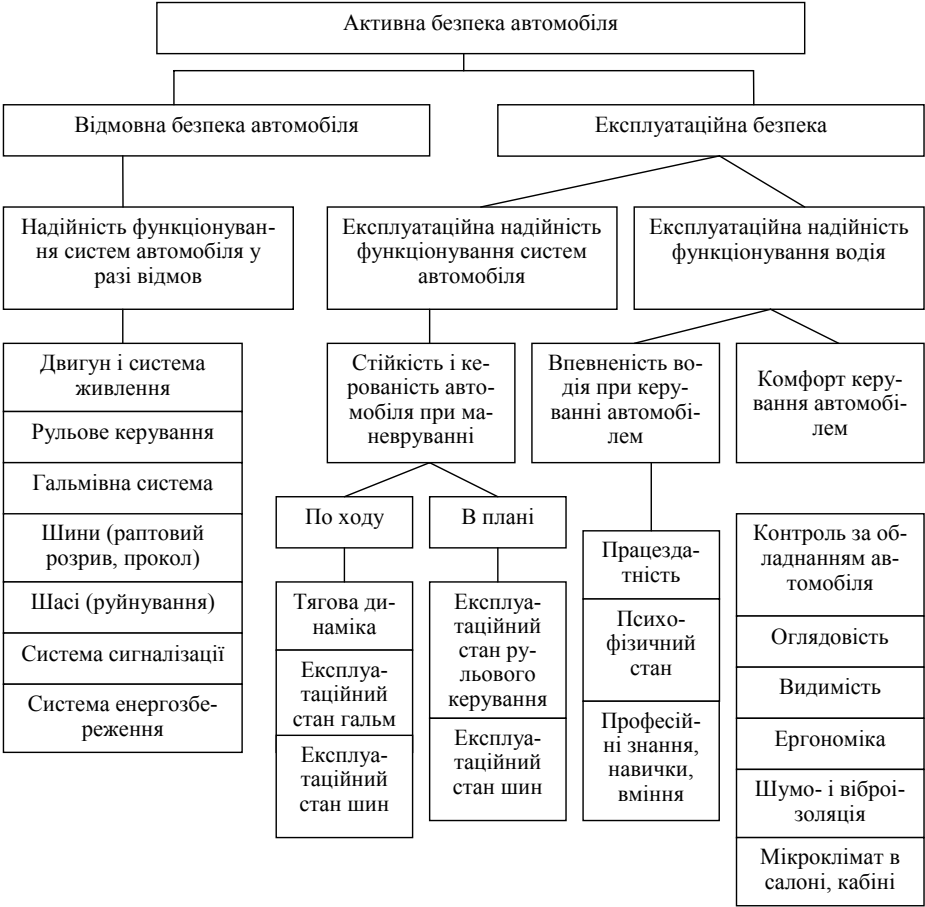


Рис. 7.46. Основні функції активної безпеки автомобіля

Схема складної взаємодії технічного стану, технічного обслуговування, дорожніх, транспортних, атмосферно-кліматичних та людських чинників, що визначають якість експлуатації представлені на рис. 7.47.

Чинники, що визначають рівень безпеки дорожнього руху приведені на рис. 7.48, з якого видно, що маємо складну технічну систему, яка об'єднує багато пов'язаних і взаємодіючих підсистем, механізмів, агрегатів, дорожніх умов та довкілля. З іншого боку – людину, що є складною біологічною системою, елементами якої є частини тіла, рецептори (очі, вуха, шкіра тощо), головний мозок. Комплексний розгляд діяльності окремих підсистем (5, 6, 7 (рис. 7.47), застосування не єдиної класифікації умов роботи транспортних машин (1, 2,

3, 4) дає можливість на більш високому системному рівні аналізувати їх виробничу діяльність.

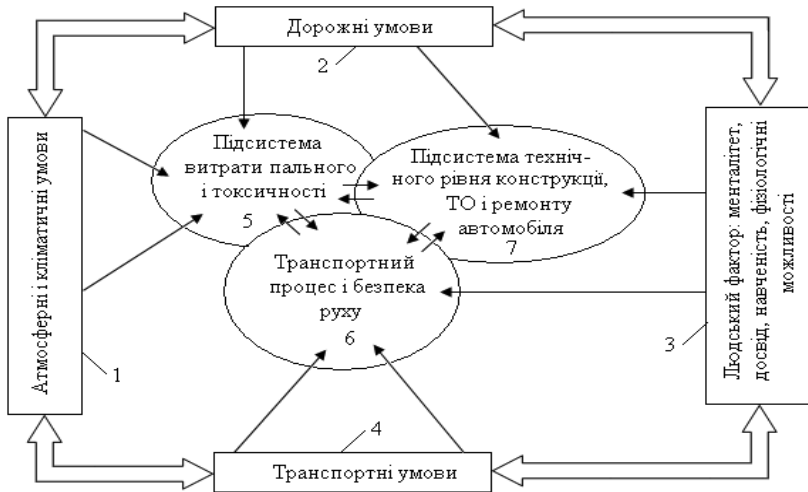


Рис. 7.47. Вплив основних підсистем, що визначають небезпеку автомобільного транспорту



Рис. 7.48. Чинники, що визначають рівень безпеки дорожнього руху

Оцінюючи високий рівень смертності та травматизму, встановлено, що однією з основних причин високого рівня аварійності є низька дисципліна учасників дорожнього руху – водіїв і пішоходів. Щороку з вини водіїв трапляється приблизно 75% ДТП. Основними причинами ДТП є перевищення швидкості – 10,3% від загальної кількості, порушення правил маневрування – 13,2%, виїзд на смугу зустрічного руху – 8,1%, відволікання від керування – 18,7%. В цілому через ці порушення правил дорожнього руху відбувається більше половини дорожніх пригод.

З боку пішоходів основними порушеннями є перехід через проїзну частину у невстановленому місці та раптовий вихід на проїзну частину.

Важлива роль у керуванні та підвищенні ефективності роботи автомобілів належить водію. Від нього залежить середня технічна швидкість і режим руху. Кваліфіковані водії зменшують інтенсивність спрацювання агрегатів в умовах експлуатації та здійснюють менше дорожньо-транспортних пригод. На дорогах з великою кількістю нерівностей з метою зниження небезпечних динамічних навантажень водій зменшує швидкість руху, на важких ділянках вмикає понижені передачі. З допомогою водія автомобіль може «пристосовуватися» до зміни температури оточуючого повітря шляхом утеплення кабіни і двигуна або більш інтенсивного їх охолодження й використання спеціальних автоексплуатаційних матеріалів.

Основними причинами ДТП з вини водія є порушення правил маневрування, перевищення швидкості руху, виїзд на смугу зустрічного руху (див. підрозділ 2.4.3), керування автомобілем у нетверезому стані, а також технічний стан автомобіля. У табл. 7.6 наведене співвідношення різних порушень правил дорожнього руху, що призводять до ДТП.

Таблиця 7.6

Основні причини ДТП в Україні

Порушення	ДТП	
	Кількість	Частина, %
Керування у нетверезому стані	126	0,5
Перевищення встановленої швидкості руху	411	9,1
Ігнорування регулювальних сигналів	54	0,8
Порушення правил перевезення людей	291	9,2
Порушення правил маневрування	839	19,6
Порушення правил проїзду пішохідних переходів	223	6,4
Порушення правил обгону	117	1,9
Виїзд на смугу зустрічного руху	351	6,4
Порушення правил проїзду перехресть	514	11,7
Недотримання дистанції	355	10,6
Перевтома, сон за кермом	185	2,7
Відволікання від керування	1049	17,4
Інші порушення	173	3,7

Основними видами ДТП є:

- зіткнення;
- перевертання;
- наїзд на транспортний засіб, на перешкоду, пішоходів, тварин і т. п.

7.3.3. Функціональне забезпечення безпеки автомобіля в системі «автомобіль-водій-дорога»

Забезпечення безпеки автомобіля залежить від багатьох чинників: технічного стану його вузлів і агрегатів, стану дорожнього полотна, інтенсивності руху транспортних засобів, індивідуальних характеристик і стану водія тощо.

Керованість – це властивість автомобіля, яким керує водій зберігати заданий напрям руху і змінювати його згідно з впливом на рульове керування.

Щоб досягти хорошої керованості конструкція автомобіля повинна відповідати таким вимогам:

- керовані колеса під час повороту повинні котитися без бокового ковзання;
- кермовий привід може забезпечувати правильне співвідношення кутів повороту керованих коліс;
- розміри напрямних елементів підвіски, пружність підвіски і шин повинні бути підібрані так, щоб кути повороту передньої та задньої осей знаходилися у певному співвідношенні;
- керовані колеса повинні бути добре стабілізовані й не робити довільних відхилень;
- у рульовому керуванні обов'язкова наявність зворотного зв'язку, що дає можливість водію мати уявлення про величину і напрям сил, які діють на керовані колеса.

Значний вплив на керованість має бокова еластичність шин, коливання коліс та осей автомобіля, введення коліс, зміна коефіцієнта зчеплення або опір коченню правих і лівих коліс. Цей вплив зростає зі збільшенням бокових сил, що діють на автомобіль, і має велике значення під час руху автомобіля по криволінійній траєкторії. Керованість автомобіля також залежить від технічного стану ходової частини і рульового керування. Спрацьованість деталей кермової трапеції та шкворневого з'єднання призводить до утворення зазору, який порушує встановлений кінетичний зв'язок між деталями кермового привода та сприяє виникненню довільного відхилення коліс, що у свою чергу, порушує зчеплення з дорогою й погіршує керованість автомобілем.

Гальмівні властивості – це сукупність властивостей, що визначають максимальне сповільнення автомобіля під час його руху різними дорогами, граничні значення зовнішніх сил, при дії яких загальмований автомобіль надійно утримується на місці та має необхідні мінімальні швидкості, що встановилися, під час руху з гори.

Мехатронні системи керування гальмами і технічний стан гальмівної системи безпосередньо впливають на транспортну роботу та безпеку руху автомобіля. На сьогодні гальмівна система автомобіля без АБС за європейськими нормативами вважається аварійною.

Досягнення високих експлуатаційних властивостей автомобілів стало можливим завдяки створенню мехатронних систем ефективного керування автомобілем [11]. Для цього залучаються різні галузі знань у механіці, електроніці; комп'ютерне і програмне забезпечення технічних систем автомобіля, контроль і управління експлуатаційною безпекою автомобіля.

У системі «автомобіль-водій-дорога» автомобіль розглядається як об'єкт

керування і в поєднанні з електронною системою керування є мехатронною системою, що функціонує в напівавтоматичному режимі під контролем водія (рис. 7.49, [34]) або як мехатронна і телематична система руху автомобіля (автопілот).



Рис. 7.49. Узагальнена функціональна схема системи «автомобіль-водій-дорога»:

X – вхідні сигнали електронного блоку керування (ЕБК) системи керування; Y – вихідні сигнали ЕБК системи керування; Z – вихідні характеристики (параметри) автомобіля (агрегатів). Вхідні сигнали окремої системи керування надходять з: датчиків структурних (режимних) параметрів об'єкта керування X_1 ; датчиків інших мехатронних або інформаційно-вимірювальних систем автомобіля X_2 ; датчиків вихідних параметрів об'єкта керування X_3 ; датчиків органів керування X_4

Бортова система керування автомобілем забезпечує керуючі впливи на об'єкт керування (рис. 7.49), спираючись на його режимний стан (функціональний зв'язок механічних і телематичних складових). Тому експлуатаційні властивості, які забезпечують рух автомобіля, суттєво залежать від рівня мехатронізації та телематизації бортових систем керування рухом, систем контролю технічного стану автомобіля, його систем і механізмів, властивостей автомобіля не допускати ситуацій, небезпечних для людини та довкілля (рис. 2.5).

Вихідні сигнали Y_1 окремої системи керування подаються на виконавчі пристрої ВП та засоби контролю Y_2 , а також використовуються для інших систем керування Y_3 .

Вихідні характеристики мехатронної системи можуть не контролюватися – Z_1 (розімкнуті системи) або контролюватися Z_2 (замкнуті системи) датчиками вихідних параметрів. При цьому реалізуються, відповідно, жорсткі (без зворотних зв'язків) або гнучкі (зі зворотними зв'язками) алгоритми керування. Систем керування має інформаційні датчики (ІД) і виконавчі пристрої (ВП), поєднані через електронний блок керування [11].

Якщо на стаціонарних режимах не розглядати впливи водія X_4 , то мехатронна система функціонує в автоматичному режимі.

Експлуатаційні властивості автомобіля базуються на його мехатронних системах управління (ESP, ABS, EBS, EDS, ASP, MSR, ESBS та ін.) та телематичних комплексах, які надають найоперативнішу інформацію про технічний стан автомобіля, дорожнього середовища та дають можливість взаємодіяти з учасниками дорожнього руху. За допомогою телематичних систем забезпечу-

ється навігація, можна виконувати планування, аналіз, організацію транспортного руху [11].

Опису перерахованих та інших мехатронних систем, експлуатаційних властивостей автомобіля присвячена робота [11]. Далі лише стисло представлено їх призначення.

ESP (англ. – Electronic Stability Program) – електронна система курсової стійкості. Це система, основним призначенням якої є допомога водієві у складних дорожніх ситуаціях. У разі виникнення екстремальної ситуації вона компенсує різку реакцію водія і сприяє збереженню стійкості автомобіля. Призначення даної системи полягає у тягово-динамічному регулюванні роботи систем управління автомобілем. Система ESP розпізнає небезпеку занесення і цілеспрямовано компенсує порушення курсової стійкості автомобіля.

Для позначення аналогічних систем використовуються також такі аббревіатури: ASMS (Automatic Stabilities Management System), DSC (Dynamic Stability Control), FDR (Fahrdynamik Regelung), VSA (Vehicle Stability Assist), VSC (Vehicle Stability Control), VDC (Vehicle Dynamic Control).

Система управління динамікою автомобіля – це система зі зворотним зв'язком, що дає можливість зберігати курсову стійкість під час руху автомобіля. Вона об'єднана з гальмівною системою та силовою передачею. Система ESP попереджує «випередження» або «запізнення» повороту автомобіля під час його керування.

Переваги систем ABS та ASR знайшли розвиток у системі ESP. Вона отримує інформацію від датчиків кутової швидкості коліс, кута повороту кермового колеса, положення педалі акселератора, кутової швидкості «рискання», поперечного прискорення, порівнює траєкторію, що задає водій, з реальною.

Ця система підвищує активну безпеку руху під час керування автомобілем шляхом вживання таких заходів:

- підвищення курсової стійкості автомобіля навіть у найскладніших умовах дорожнього руху для усіх режимів експлуатації (повне або часткове гальмування, рух накатом, розгін, гальмування двигуном, зміна навантажень);
- підвищення стійкості руху навіть під час екстремальних маневрів керування (аварійна ситуація);
- покращення керованості у найскладніших умовах дорожнього руху;
- залежно від умов руху краще використання потенціалу зчеплення між шинами та дорожнім покриттям порівняно з ABS та ASR.

ABS (нім. Anti-Blockier-System) – антиблокувальна система. Вона попереджує блокування коліс під час гальмування, забезпечує стійкість і керованість автомобіля.

EBV (нім. Elektronische Bremskraftverteilung) – електронне розподілення гальмівних сил. Враховує розподілення динамічного навантаження між передньою та задньою осями під час гальмування і згідно з цим перерозподіляє гальмівні зусилля на передню вісь.

EDS (нім. Elektronische Differentialsperre) – електронне блокування диференціала. Здійснює цілеспрямований гальмівний вплив на ведучі колеса для збільшення сили тяги на дорозі зі слизькими ділянками.

ASR (нім. Antriebs Schlupf Regelung) – протибуксовне коригування. Попереджує проковзування ведучих коліс на пухкій та слизькій поверхні, коригуючи управління гальмівною системою і двигуном.

MSR (нім. Motor Schleppmoment Regelung) – кероване гальмування двигуном. Попереджує блокування ведучих коліс під час гальмування двигуном, наприклад, коли різко відпускають педаль газу (або коли гальмування здійснюють перемиканням на нижчу передачу).

ESBS (нім. Elektronisches Stabilitätsbremsssystem) – електронна система підвищення керованості та стійкості автомобіля під час гальмування.

Компанія Nissan розробила систему рульового керування з усіма керованими колесами «Nissan 4-Wheel Active Steering System»

Система HAS (англ. Hill Assist Start) допомагає водію почати рух на підйомах, перешкоджає скочуванню на схилах тощо. Система затримує гальмівний тиск, заданий водієм спочатку при натисненні на педаль гальма, поки двигун не почне збільшувати оберти, тобто поки водій не почне тиснути на педаль акселератора. На схилах без системи HAS, коли водій переставляє ногу з педалі гальма на педаль акселератора, автомобіль може почати скочуватися назад, затрудняючи початок руху. Для цього HAS регулює гальмівний тиск залежно від таких вхідних сигналів:

- від водія, який задає гальмуючий тиск педаллю гальма;
- від двигуна і трансмісії;
- ступінь нахилу дороги.

В цілому системи керування динамікою автомобіля сприяють зменшенню кількості нещасних випадків, підвищують безпеку водіння й попереджують ДТП з важкими наслідками.

7.3.4. Системи зниження токсичності відпрацьованих газів двигунів

Зниження токсичності відпрацьованих газів (ВГ) автомобілів можна досягти багатьма способами. Це створення нафтового пального високої якості, використання різних альтернативних видів пального та домішок до пального, застосування природного газу, чистого водню і добавок водню до пального з нафти. Крім того, широке використання електричного чи гібридного привода з джерелом живлення від електроаккумуляторів або сонячних батарей.

Методи, які використовуються для зміни складу відпрацьованих газів двигунів з іскровим запалюванням, поділяються на дві основні категорії – конструктивні способи та очищення відпрацьованих газів. Основні промислово розвинені країни прагнуть запроваджувати у себе суворі норми граничної токсичності відпрацьованих газів. Виконання цих норм вимагає використання систем, які мають трикомпонентний каталітичний нейтралізатор.

По мірі мехатронізації систем упорскування пального на автомобілях установлюються механічні, електромеханічні та електронні системи (рис. 7.50). В основі їх удосконалення було підвищення питомої потужності, зниження витрати пального, зменшення рівня шуму та емісії ВГ.



Рис. 7.50. Класифікація паливних систем

Розроблені системи впорскування пального (рис. 7.50) розрізняють за місцем і способом подачі пального, принципом роботи і типом регулювання, а також за конструктивним виконанням виконавчих компонентів системи дозування пального [10, 11].

Аналіз переваг та недоліків систем упрскування пального приведених на рис. 7.51 описаний у роботах [11, 33, 37].

Класифікація способів упрскування пального наведена на рис. 7.51.



Рис. 7.51. Класифікація способів упрскування пального

Зниження токсичності ВГ у конструкціях ДВЗ досягалося за рахунок об'єднання механіки, електротехніки, електроніки, розробки математичних мо-

делей, алгоритмів і програмного забезпечення керування паливною системою двигуна (рис. 7.51). Це дало можливість розширити перелік використовуваних енергетичних речовин, урахувати більшу кількість факторів, що впливають на процеси, реалізувати оптимальні закони керування. Такі рішення дозволяють знизити кількість викидів шкідливих речовин у ВГ до Євро-5.

Головне завдання електронного управління двигуном – це встановлення оптимальної сукупності значень його керуючих впливів. Безпосередньо керовані технічні показники двигуна: крутний момент, частота обертання колінчастого вала, тиск і температура в системах паливopодачі, наддування, змащення, охолодження, а також вміст кисню у відпрацьованих газах. Головний безпосередньо керований економічний показник – експлуатаційна витрата пального, а також витрати масла, повітря, води. Керовані екологічні показники – склад і кількість шкідливих викидів, рівень і спектр шуму й вібрацій. Відносна значимість цих показників якості двигуна залежить від призначення й умов його роботи.

Варіанти акумуляторної системи паливopодачі бензинового двигуна наведені на рис. 7.52.

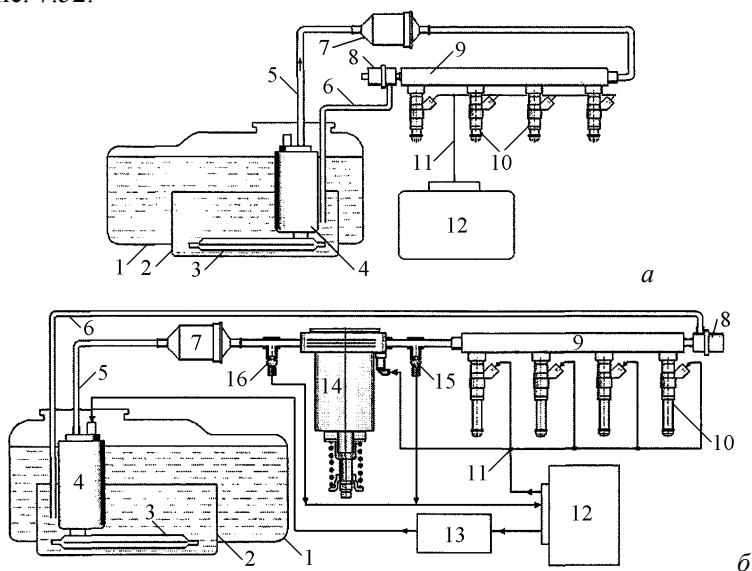


Рис. 7.52. Функціональні схеми систем упрорскування бензину:

1 – паливний бак; 2 – накопичувач пального; 3 – вхідний фільтр; 4 – паливний насос низького тиску з електроприводом; 5, 6 – трубопроводи нагнітальний і зворотного зливання пального; 7 – паливний фільтр; 8 – клапан регулятора тиску; 9 – паливний акумулятор; 10 – електромагнітні форсунки; 11 – з’єднувальні провідники; 12 – електронний блок керування двигуном; 13 – електронний блок керування паливним насосом низького тиску; 14 – паливний насос високого тиску; 15, 16 – датчики низького і високого тиску пального

За принципом роботи обидві системи впорскування пального (у впускний колектор і в циліндр) є акумуляторними, мають схожі за призначенням компоненти (1-12). Відрізняються рівнем тиску і вузлами 13-16, які забезпечують ви-

сокий тиск. Система впорскування пального у впускний колектор (рис. 7.52, а) має низький тиск 250-300 кПа, а система високого тиску – 5,0-14 МПа (рис. 7.52, б).

Подача пального в системах з безпосереднім упорскуванням відбувається у разі більш високого тиску. Паливну систему умовно розділяють на дві складові (рис. 7.52, б):

- контур низького тиску;
- контур високого тиску.

Контур низького тиску схожий на той, що використовується в системах упорскування у впускний трубопровід. Контур високого тиску містить:

- насос високого тиску;
- паливний акумулятор;
- датчик тиску;
- клапан регулювання тиску;
- обмежувач тиску.

Нижнім каналом клапан сполучений з акумулятором, верхнім – зі зливною магістраллю. Значення тиску, при якому клапан відкривається, визначається затяжкою пружини, що залежить від положення регулювальної втулки. Якщо клапан відкритий, пальне з акумулятора зливається в бак. При зменшенні тиску нижче заданого клапан під дією пружини закривається і в акумуляторі може бути відновлений початковий тиск.

До основних електронних систем керування двигуном автомобілів належать такі системи керування:

- двигуном;
- запалюванням;
- подачею пального;
- паливним насосом високого тиску;
- газорозподіленням, подачею повітря;
- контролю відпрацьованих газів;
- рухом автомобіля, (до неї входять системи АБС, навігації, автоматизації водіння і паркування, керування АКП, безпеки руху і т. п.);
- подушками безпеки;
- освітленням і сигналізацією;
- сервісним обладнанням автомобіля, а саме: системою сигналізації, кондиціонування; радіо- та телевізійними системами навігації, телефонного зв'язку;
- бортові системи EOM (CARPC, CAN).

За останні роки значне збільшення обчислювальних можливостей мікропроцесорів зробило можливим здійснення електронного керування двигуном. Системи електронного керування оснащуються певною кількістю керуючих систем зі зворотним зв'язком.

Система електронного керування дизелів надає також можливість обміну даними з іншими електронними системами автомобіля. Це означає, що керування двигуном інтегроване у загальну систему керування автомобілем, що включає:

- керування коробкою передач;

- електронне регулювання подачею пального (ПНВТ);
- антиблокувальну систему гальм (ABS);
- протибуксовну електронну систему (TCS);
- електронну систему курсової стійкості (ESP);
- систему керування гальмівним моментом (MSR);
- електронний імобілайзер (EWS);
- бортовий комп'ютер і т. д.

До конструктивних мехатронних методів зниження токсичності ВГ належать: способи впорскування пального та сумішоутворення, рівномірне розподілення пального, ступінь стиснення паливно-повітряної суміші, зміна фаз газорозподілення, конструкція камери згоряння, система запалювання, вентиляція картера двигуна, термічне допалювання, каталітичне допалювання [37].

Мікропроцесорні системи керування впорскуванням пального дають можливість здійснювати багатократне впорскування зі змінними інтервалами між основними впорскуваннями, а також дуже мале попереднє впорскування пального ($1-4 \text{ мм}^3$) та наступне впорскування (рис. 7.53) і таким чином підвищити якість згоряння пального та покращити склад ВГ [11, 37].

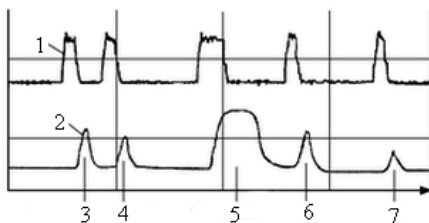


Рис. 7.53. Зміна параметрів під час впорскування

На рис. 7.53 цифрами позначені: 1 — керуюча напруга; 2 — впорскування (миттєва витрата пального); 3, 4 — попереднє впорскування; 5 — основне впорскування; 6, 7 — наступне впорскування.

Дозування пального. Робоча суміш, якість якої визначається коефіцієнтом надлишку повітря має вирішальний вплив на склад відпрацьованих газів.

Двигун забезпечує одержання максимального крутного моменту при $\lambda=0,9$. Ця величина звичайно програмується для режиму повного навантаження двигуна. Оптимальна паливна економічність досягається при сумішах, які характеризуються $\lambda=1,1$. Це збігається з можливістю отримання низьких викидів CO та CH. Однак викиди оксидів азоту NO_x при цьому виявляються максимальними. Коефіцієнт надлишку повітря обирається для режиму холостого ходу двигуна.

Системи впорскування палива дають можливість досягти більш точного контролю за складом суміші.

Сумішоутворення. Однорідність суміші, її пошаровий розподіл і температура у зоні запалювання є основними факторами при визначенні здатності суміші до займання та наступного згоряння з відповідним впливом на склад відпрацьованих газів.

Однорідні суміші та регульоване пошарове сумішоутворення (багата суміш поблизу зони запалювання та бідна суміш поблизу стінок камери згоряння) — це два шляхи вдосконалення процесу сумішоутворення.

На двигунах з одноточковим впорскуванням палива для запобігання відкладання плівки пального на стінках впускного трубопроводу використовується попереднє нагрівання повітря та впускного трубопроводу.

Сумішоутворення може визначити режими роботи бензинового двигуна з безпосереднім упорскуванням, які приведені на рис. 7.54.

Режими	BMT	HMT	BMT	HMT
	Впуск	Стиснення	Робочий хід	
Гомогенний	■		■	
Пошаровий			■	■
Гомогенно-збіднений	■		■	
Гомогенно-пошаровий	■		■	■
Гомогенно-роздільний	■		■	■
Гомогенно-антидетонаційний	■		■	■
Пошарове нагрівання каталізатора	■			■
Пошарове розігрівання накопиченого NO _x			■	■
Пошаровий стартовий			■	■

■ Впорскування ■ Запалювання

Рис. 7.54. Режими роботи бензинового двигуна

Двигуни з безпосереднім упорскуванням мають внутрішнє сумішоутворення і якісне регулювання суміші, так як пальне впорскується безпосередньо в камеру згоряння, циклова подача повітря змінюється незначно і регулювати потужність потрібно кількістю впорскуваного пального, тобто якістю суміші без дроселювання повітряного потоку. Для отримання необхідної якості суміші використовується ефект розшарування заряду та підвищений тиск упорскування бензину.

Розпилення. Після виходу струменя пального з розпилювача починається її розпадання. Для подрібнення пального використовується кінетична енергія повітря. Від розпилювача залежать процеси згоряння пального, потужність, витрата пального, склад ВГ.

Рівномірне розподілення. Максимального ККД двигуна можна досягти тільки у разі однакового коефіцієнта надлишку повітря в кожному циліндрі.

Рециркуляція відпрацьованих газів (система EGR). Відпрацьовані гази подаються назад до камери згоряння для зниження максимальної температури згоряння з метою зниження утворення NO_x. Оптимізація системи EGR може також знизити витрати пального. Система EGR використовується одним із двох способів:

- внутрішня рециркуляція, що забезпечується відповідним установленням фаз газорозподілу (перекриття клапанів);
- зовнішня рециркуляція із застосуванням клапанів, якими керують.

Зміна фаз газорозподілення. Великий кут перекриття клапанів (при ранньому відкритті впускного клапана) дає можливість збільшити внутрішню рециркуляцію відпрацьованих газів і тому може допомогти у зниженні викидів NO_x. Однак, так як ВГ, що рециркулюються, витісняють свіжу паливоповітряну суміш, то раннє відкриття впускного клапана також зменшує максимальний крутний момент. Крім того, надмірна рециркуляція відпрацьованих газів, особливо при роботі двигуна на холостому ходу, може стати причиною перебоїв у запалюванні, що, у свою чергу, призводить до збільшення викидів вуг-

леводнів СН. Оптимальним вирішенням цієї проблеми є використання змінних фаз газорозподілення, коли фази газорозподілу налаштовуються для оптимального процесу згоряння та до умов роботи двигуна.

Ступінь стиснення. Раніше вважалося, що підвищення термічного ККД шляхом зростання ступеня стиску є ефективним заходом для покращення паливної економічності. Однак, при цьому одночасно збільшується і максимальна температура згоряння, яка є причиною більш високої концентрації викидів NO_x .

Конструкція камери згоряння. Низький вміст викидів забезпечується компактною камерою згоряння, яка має мінімальну площу поверхні та відсутні виїмки.

Центральне розташування свічки запалювання забезпечує короткий шлях поширення полум'я, що дає можливість отримати швидке і відносно повне згоряння робочої суміші, результатом чого, крім низьких викидів СН, є ще й зменшення витрат пального. Турбулізація робочої суміші в камері згоряння забезпечує більш швидке згоряння. Крім створення двигунів, які здатні працювати на збіднених сумішах, оптимізація форми камери згоряння дає можливість знизити концентрацію СН при $\lambda=1$.

Створення вихрового руху суміші у впускному каналі та оптимізація форми камери згоряння дають можливість використовувати ще більше збіднення робочої суміші $\lambda=1,4\dots1,6$. Такі двигуни характеризуються низькою токсичністю і високою економічністю, вони не мають потреби у каталітичному очищенні відпрацьованих газів. Розробки у сфері зниження викидів NO_x у двигунів, що працюють на більш збіднених сумішах, ще знаходяться у початковій стадії. Такі двигуни, аж до теперішнього часу, з успіхом застосовувалися в Європі та Японії. Було лише кілька моделей, які використовували концепцію збіднених сумішей, коли досягається компроміс між викидами токсичних речовин з ВГ і витратою пального.

Система запалювання. Конструкція свічки запалювання, її положення в камері згоряння, а також енергія і тривалість іскрового розряду – всі ці параметри мають суттєвий вплив на займання суміші, тривалість її згоряння, а тому, і на викиди токсичних компонентів у відпрацьованих газах. Важливість цих факторів зростає у прямій залежності від збіднення суміші. Встановлення моменту запалювання має вирішальний вплив як на токсичність відпрацьованих газів, так і на витрату пального. При виборі моменту запалювання доводиться для зниження викидів СН та NO_x , обирати більш пізні кути випередження запалювання. Разом з подачею в надлишку кисню це піднімає температуру у впускній системі, а також дозволяє допалювати СО та СН. Цей метод приводить до зменшення викидів NO_x та незгорілих вуглеводнів, але за рахунок збільшеної витрати пального. З іншого боку, якщо обирається занадто велике випередження запалювання, це призводить до збільшення витрат пального і викидів NO_x та СН.

Вентиляція картера двигуна. Концентрація вуглеводнів у картері двигуна може у багато разів перевищувати ту, яка реєструється у відпрацьованих газах. Система регулювання вентиляції картера перепускає картерні гази до впускного тракту двигуна, звідки вони потрапляють до камери згоряння для допалювання. Раніше ці гази випускалися неочищеними безпосередньо в атмосферу,

зараз наявність системи зниження викидів картерних газів є обов'язковою вимогою.

До основних способів очищення відпрацьованих газів відносять термічне та каталітичне допалювання.

Термічне допалювання. До широкого використання каталітичного очищення відпрацьованих газів застосовували метод термічного допалювання.

Метод полягає у підтриманні в камері згоряння високих температур для допалювання компонентів відпрацьованих газів, які не змогли згоріти при нормальному процесі згоряння. При багатій суміші ($\lambda=0,7...1,0$) цей процес повинен супроводжуватися подачею додаткового повітря у випускну систему. При роботі двигуна на збіднених сумішах ($\lambda=1,05...1,2$) кількості залишкового кисню у відпрацьованих газах достатньо для здійснення допалювання.

Для подачі додаткового повітря використовувалися нагнітачі з ремінним приводом безпосередньо від двигуна. Так як подача повітря необхідна тільки в режимі прогріву двигуна, нагнітач вмикався на цей час за допомогою електромагнітної муфти. Недорогі повітродувки, які приводяться від електродвигуна, швидко витіснили нагнітачі з механічним приводом.

Сьогодні термічне допалювання розглядається як система з дуже низькою ефективністю, особливо через те, що цей метод не дає можливості знизити викиди NO_x до регламентованої межі. Однак, цей метод може все ж використовуватися для зниження викидів CO та CH у режимі прогріву двигуна, поки каталітичний нейтралізатор не нагрівся до робочої температури.

Каталітичне допалювання. Каталітичний нейтралізатор має всередині корпусу носій, на поверхню якого наноситься покриття з каталітичного матеріалу. В якості носія застосовується гранульована або монолітна керамічна основа. Монолітна структура характеризується такими перевагами:

- максимальне використання каталітичної поверхні;
- довговічність;
- фізична міцність;
- низька теплова інерційність.

Активний каталітичний шар складається з тонкого покриття благородними металами (платина, родій, паладій), які чутливі до вмісту свинцю у пальному і при відкладенні якого активність каталітичного шару швидко падає. Тому двигуни з каталітичними нейтралізаторами повинні працювати виключно на неетильованому бензині. Ступінь ефективності нейтралізатора, є функцією робочої температури. Нейтралізатор починає працювати при досягненні температури приблизно $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Робочі температури в діапазоні $400...800\text{ }^{\circ}\text{C}$ забезпечують оптимальні умови для отримання максимальної ефективності та значного терміну служби нейтралізатора.

При розміщенні нейтралізатора безпосередньо поблизу двигуна прискорюється його прогрівання до робочої температури, що приводить до оптимальної ефективності нейтралізатора, але й одночасно до високих теплових навантажень.

Так як максимальна допустима температура знаходиться у зоні $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, то нейтралізатори зазвичай встановлюються під днищем автомобіля. Порушення у роботі двигуна, наприклад, пропуски займання можуть призводити до збіль-

шення температури нейтралізатора і його руйнування. Для усунення цього ефекту повинні використовуватися надійні і не потребуючі обслуговування системи запалювання. Каталітичні нейтралізатори окислювального типу здійснюють окислення CO та CH за рахунок використання надлишкового повітря у збіднених сумішах або подання додаткових порцій повітря. Нейтралізатори відновлювального типу, з іншого боку, можуть працювати при дефіциті повітря, таким чином забезпечуючи зниження викидів NO_x без подачі повітря.

Каталітичні нейтралізатори відновлювального та окислювального типу можуть також комбінуватися для отримання двосекційних нейтралізаторів. У такому пристрої застосовується подача додаткового повітря між двома секціями, що дає можливість знизити вміст не тільки NO_x , а також і CO та CH. Його недоліками є конструктивна складність і необхідність роботи двигуна в умовах високої витрати пального ($\lambda=0,9$).

Трикомпонентний або селективний каталітичний нейтралізатор із лямбда-зондом є найбільш ефективною системою очищення відпрацьованих газів. Він забезпечує необхідний рівень всіх трьох основних токсичних компонентів відпрацьованих газів двигуна, який працює на стехіометричній суміші.