

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].

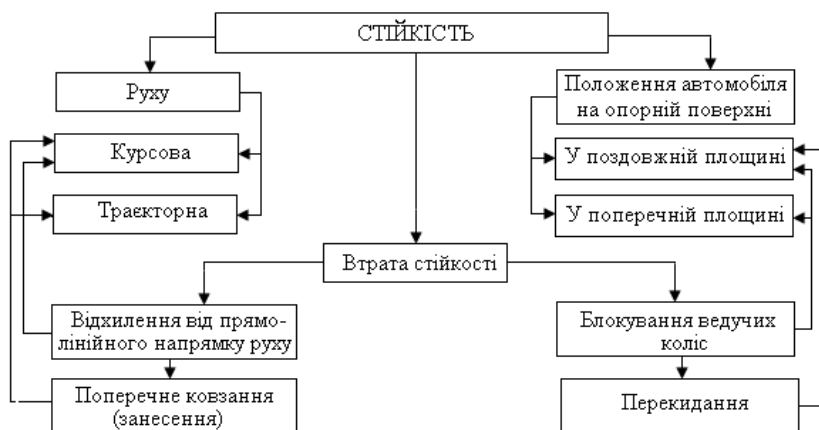


Рис. 7.40. Способи забезпечення стійкості автомобіля

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].

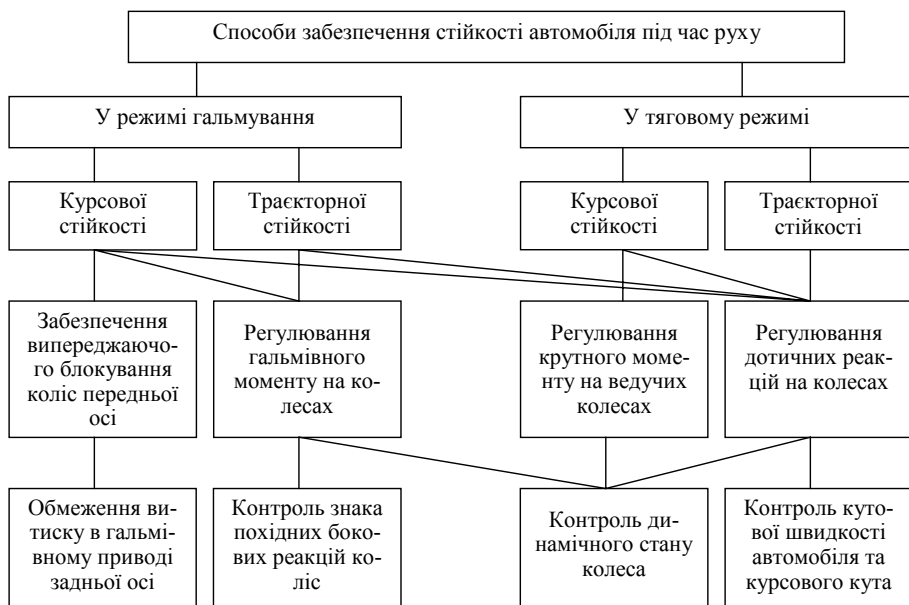


Рис. 7.41. Способи забезпечення стійкості автомобіля під час руху

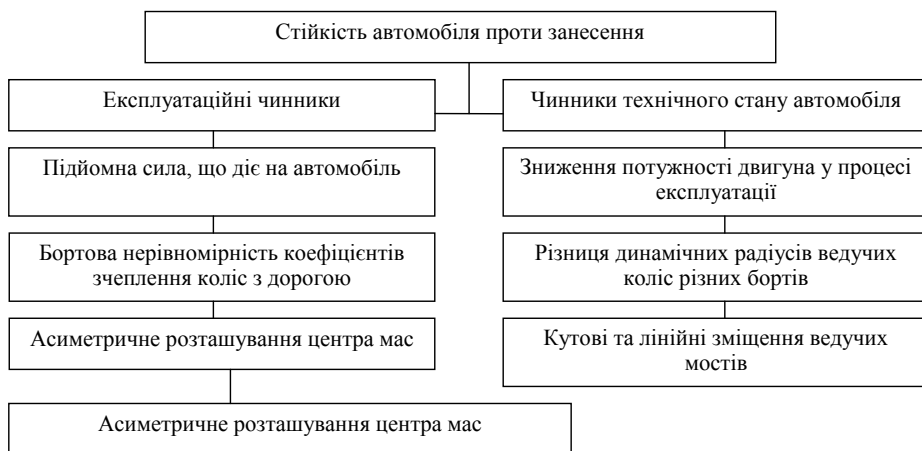


Рис. 7.42. Експлуатаційні чинники та чинники технічного стану, які забезпечують стійкість автомобіля проти занесення



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 нещільного 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.

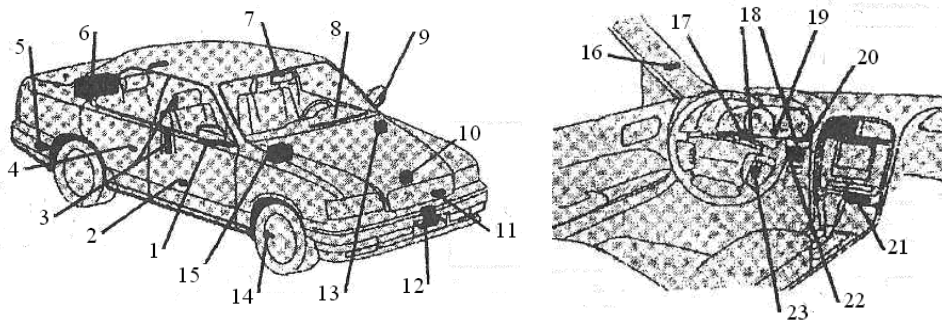


Рис. 7.44. Система датчиків та виконавчих пристроїв забезпечення безпеки автомобіля:

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 відеокamer, 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).

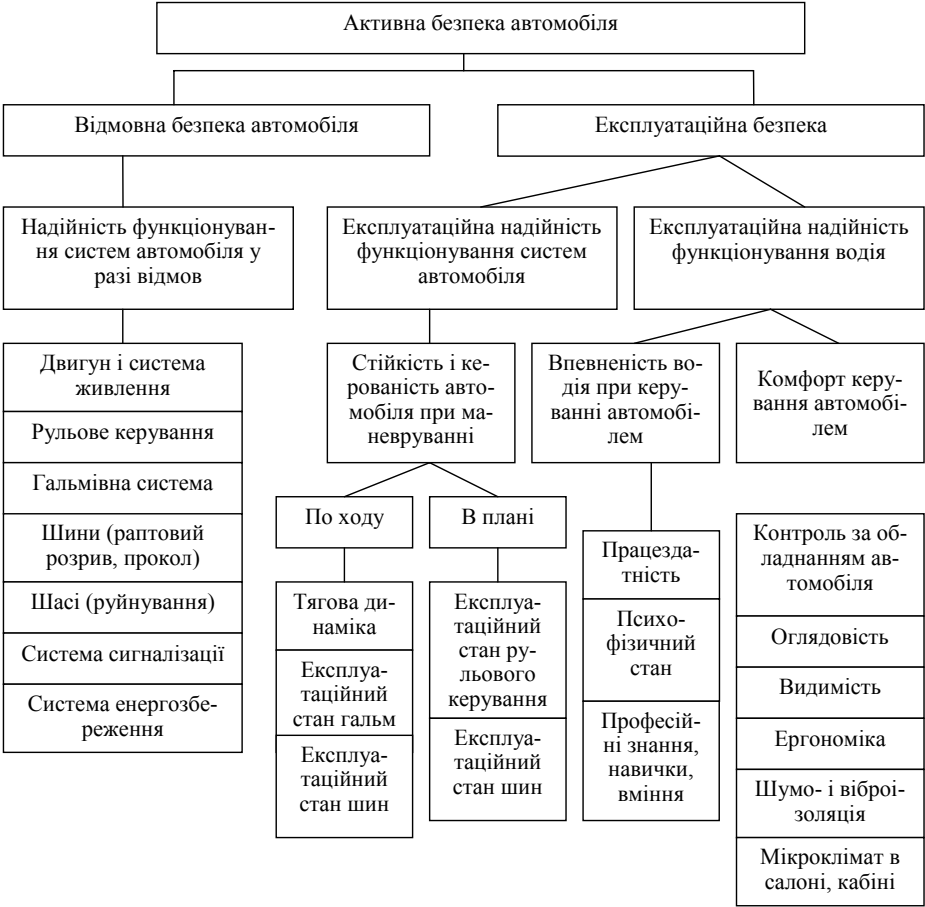


Рис. 7.46. Основні функції активної безпеки автомобіля

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.

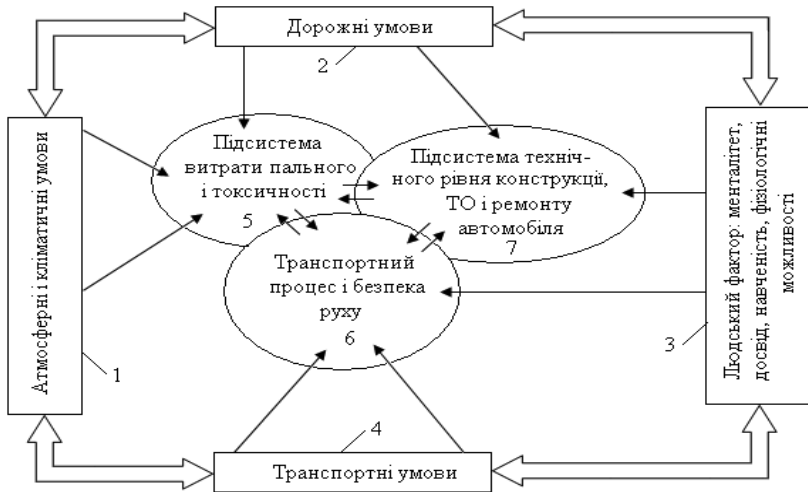


Рис. 7.47. Вплив основних підсистем, що визначають небезпеку автомобільного транспорту



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 (Fahrtdynamik 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 перестає ставити ногу з педалі гальма на педаль акселератора, автомобіль може почати скочуватися назад, затруднюючи 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.

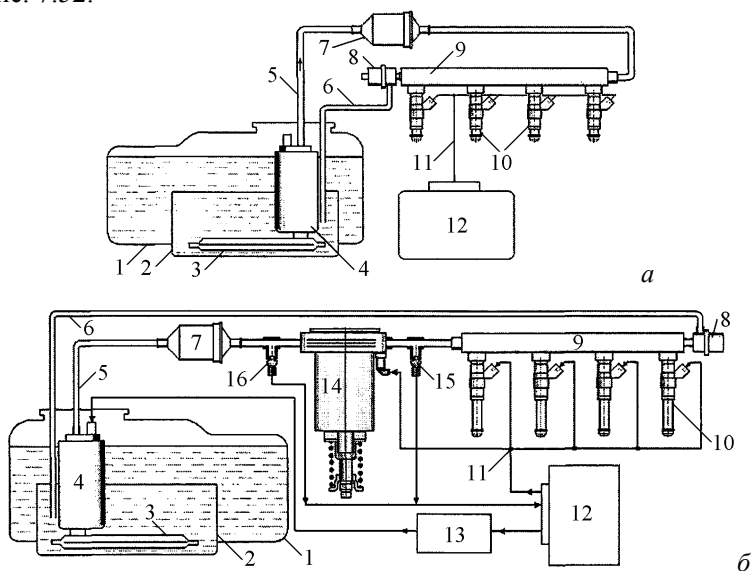


Рис. 7.52. Функціональні схеми систем упрорскування бензину:

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].

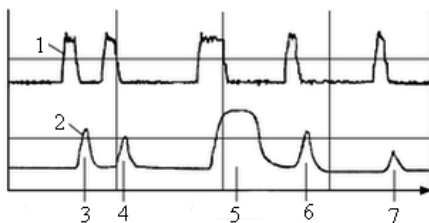


Рис. 7.53. Зміна параметрів під час впорскування

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 клапану 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.