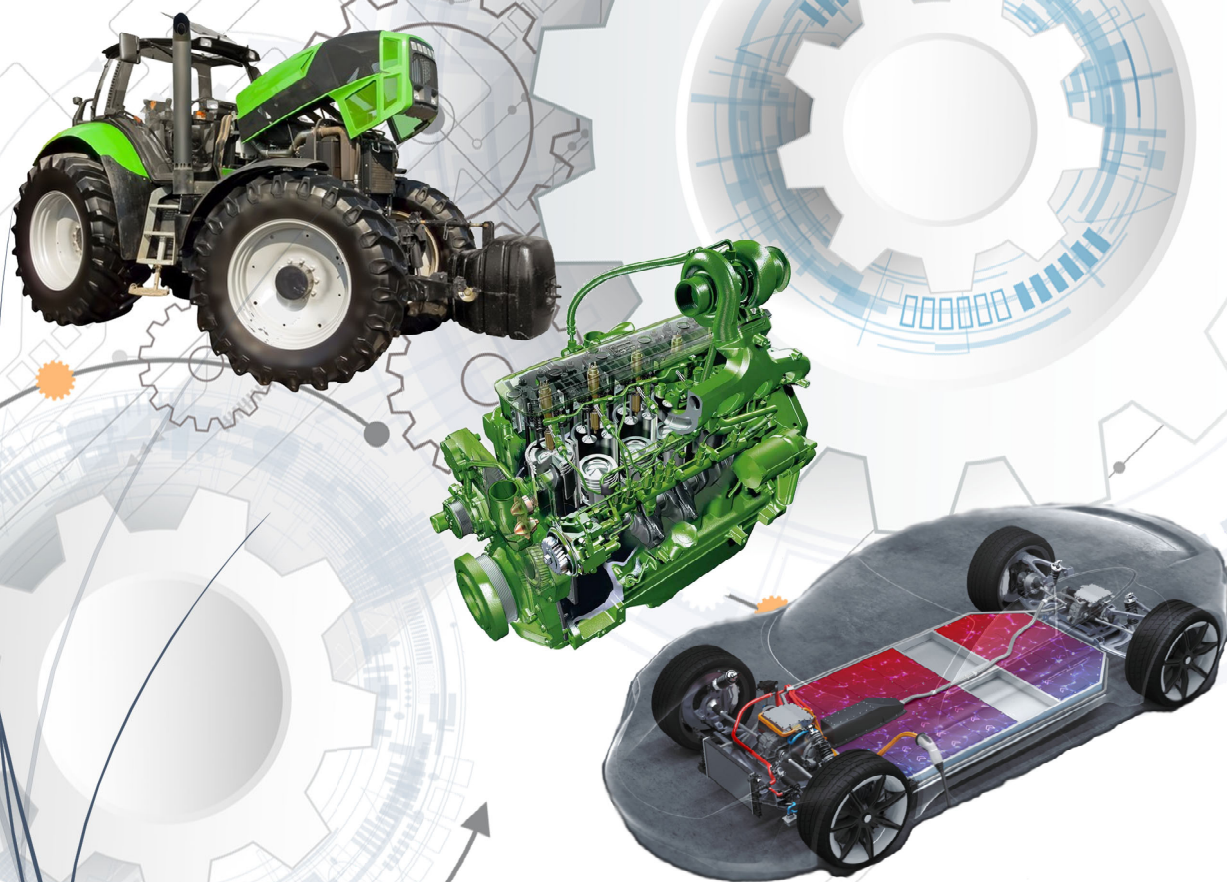


Р. В. Антощенко, О. В. Нанка, А. Т. Лебедєв,
В. М. Антощенко, В. М. Кісь, І. В. Галич

ХНТУСТ, ННІ МСМ
кафедра мехатроніки та деталей машин

МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ



Харків, 2020 р.

Р. В. Антощенко, О. В. Нанка, А. Т. Лебедєв,
В. М. Антощенко, В. М. Кісь, І. В. Галич

МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ
АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

Харків, 2020 р.

УДК 629.3
ББК 30.4

*Рекомендовано до друку вченою радою
Харківського національного технічного університету сільського господарства
імені Петра Василенка (протокол № 3 від 29.11.2019 р.)*

Рецензенти:

***Бажинов Олексій Васильович**, професор, доктор технічних наук,
завідувач кафедри автомобільної електроніки (Харківський національний
автомобільно-дорожній університет)*

***Артьомов Микола Прокопович**, професор, доктор технічних наук,
завідувач кафедри оптимізації технологічних систем імені Т. П. Євсюкова
(Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка)*

Мехатронні системи автомобілів і тракторів: підручник /
Р. В. Антощенко, О. В. Нанка, А. Т. Лебедев, В. М. Антощенко, В. М. Кісь,
І. В. Галич – Харків: ХНТУСГ, 2020 р. – 219 с.

У підручнику розглянуто принципи побудови і структура мехатронних систем. Проаналізовано конструкції мехатронних систем автомобілів. Розглянуто мехатронні системи тракторів та машин сільськогосподарського призначення. Приведено приклади інтелектуальної сільгосптехніки. Наведено словник скорочень і аббревіатур які використовуються в назвах мехатронних систем автомобілів та тракторів.

Для здобувачів першого, другого та третього рівня вищої освіти, викладачів, наукових співробітників та фахівців в області мехатроніки, конструкції тракторів і автомобілів, експлуатації машинно-тракторних агрегатів.

УДК 629.3
ББК 30.4

© Р. В. Антощенко,
О. В. Нанка,
А. Т. Лебедев,
В. М. Антощенко,
В. М. Кісь,
І. В. Галич, 2020 р.

© ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2020 р.

Зміст

1	ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ І СТРУКТУРА МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ..	7
1.1	Структурно-морфологічні ознаки мехатронної системи.....	8
1.2	Функціональні властивості мехатронних систем. Синергетичний ефект.....	9
1.3	Розвиток мехатронних систем.....	12
1.4	Мехатронні системи в мобільних машинах.....	13
1.5	Системи автоматичного керування.....	15
1.5.1	Види і склад систем автоматичного керування.....	15
1.5.2	Фактори впровадження електронних систем.....	17
1.5.3	Принципи дії електронних систем автоматичного керування... ..	18
1.6	Склад систем автоматичного керування автомобіля і трактора. Ієрархія сигналів.....	19
1.6.1	Склад САК автомобіля.....	19
1.6.2	Склад САК трактора.....	20
1.6.3	Ієрархія сигналів і систем.....	21
1.7	Вимоги до електронних САК та оцінка їх надійності.....	21
1.7.1	Електричні і електромагнітні впливи на електронні системи....	22
1.7.2	Вимоги до електронних систем. Випробування електронних приладів і систем.....	24
1.8	Техніко-економічні показники систем автоматизації.....	24
1.9	Завдання керування транспортним засобом.....	25
1.9.1	Завдання підтримки швидкості руху.....	26
1.9.2	Завдання підтримки напрямку руху.....	26
1.9.3	Завдання підтримки рухливості.....	27
1.9.4	Завдання усунення критичних ситуацій.....	30
1.10	Контрольні питання та завдання.....	30
2	МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛІВ.....	31
2.1	Системи керування енергетичною установкою.....	31
2.1.1	Система центрального впорскування.....	32
2.1.2	Система розподільного впорскування.....	34
2.1.3	Система безпосереднього впорскування.....	36
2.1.4	Система живлення Common Rail.....	38
2.1.5	Система зміни фаз газорозподілу.....	41
2.1.6	Система «Старт-стоп».....	44
2.2	Системи керування силовою передачею.....	46
2.2.1	Гідротрансформаторні автоматичні трансмісії.....	46
2.2.2	Механічні коробки передач з електронним керуванням (автоматизовані коробки передач).....	49
2.2.3	Автоматичні коробки передач з подвійним зчепленням.....	50
2.2.4	Варіаторні коробки передач.....	52
2.2.5	Тороїдні варіатори.....	57
2.2.6	Системи розподілу крутного моменту.....	58

2.3 Системи керування напрямом руху	67
2.3.1 Підсилювачі рульового керування.....	68
2.3.2 Електромеханічні підсилювачі.....	69
2.3.3 Активні системи рульового керування.....	73
2.4 Системи керування автомобілем на режимах розгону та гальмування	76
2.4.1 Теоретичні передумови автоматизації робочої гальмівної системи	76
2.4.2 Рівняння рівноваги сил і моментів, що діють на автомобіль та колесо в режимі гальмування	79
2.4.3 Основні властивості класичної робочої гальмівної системи	80
2.4.4 Завдання автоматизації робочої гальмівної системи	81
2.4.5 Обґрунтування принципу регулювання гальмівних сил	82
2.4.6 Принцип дії системи автоматичного регулювання гальмівних моментів	84
2.4.7 Принципова схема системи автоматичного регулювання гальмівних моментів	87
2.4.8 Способи контролю гальмівних сил.....	89
2.4.9 Антиблокувальні гальмівні системи вантажних автомобілів	93
2.4.10 Принцип роботи одноканального модулятора	95
2.4.11 Особливості робочого циклу регулювання тиску в камерах гальмівних механізмів	97
2.4.12 Призначення, принцип дії та теоретичні основи роботи протибуксувальних систем	99
2.4.13 Структура автоматичної системи керування силою тяги на ведучих колесах.....	101
2.4.14 Пристрої керування силою тяги з замкнутим зворотним зв'язком легкових автомобілів	103
2.4.15 Противобуксувальна система фірми Bosch.....	104
2.4.16 Системи електронного контролю стійкості	107
2.4.17 Теоретичні основи керування курсовою стійкістю автомобіля.....	109
2.4.18 Структурна схема системи керування	113
2.4.19 Функціональна схема системи ЕКС.....	115
2.4.20 Контролери ковзання гальмівної системи і режиму роботи двигуна	116
2.4.21 Контролер системи керування силою тяги на ведучих колесах.....	118
2.4.22 Особливості гідравлічної системи ЕКС.....	119
2.4.23 Системи електронного контролю стійкості для великовантажних автомобілів.....	121
2.4.24 Конструктивні особливості елементів систем ЕКС	123
2.4.25 Керування АБС	124
2.4.26 Електронні гальмівні системи	127
2.4.27 Електрогідравлічна гальмівна система.....	128

2.4.28	Електропневматична гальмівна система	129
2.4.29	Електромеханічна гальмівна система	131
2.4.30	Система автономного екстреного гальмування.....	132
2.5	Електронні системи керування підвіскою автомобіля.....	134
2.5.1	Пневматична підвіска.....	135
2.5.2	Гідропневматичне підвіска	137
2.5.3	Система Active Body Control	139
2.5.4	Підвіска з електромагнітними стойками	140
2.5.5	Система Chassis Control.....	141
2.5.6	Електронне керування амортизаторами	142
2.5.7	Комплексне керування підвіскою	144
2.5.8	Електронні системи пасивної безпеки.....	146
2.6	Системи пасивної безпеки	148
2.6.1	Система натягу пасків безпеки.....	152
2.6.2	Робота системи подушок безпеки	154
2.6.3	Захист від удару ззаду	158
2.7	Контрольні питання та завдання	159

3 МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ ТРАКТОРІВ ТА МАШИН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

3.1	Застосування електроніки в машинно-тракторних агрегатах	160
3.1.1	Способи регулювання глибини обробітку ґрунту.....	162
3.1.2	Загальна компоновка основних САК трактора.....	164
3.1.3	Пристрій САРГ сільськогосподарських тракторів.....	165
3.1.4	Налаштування агрегату на роботу з максимальною продуктивністю або економічністю.....	166
3.1.5	Особливості електронних САК комбайнів.....	167
3.2	Автоматичне водіння МТА в полі.....	169
3.2.1	Обладнання систем глобального позиціонування. Системи точного водіння сільськогосподарської техніки.....	170
3.2.2	Системи паралельного водіння	172
3.2.3	Результати використання систем керування з GPS.....	175
3.2.4	Підрулюючий пристрій AgGPS EZ-Steer	182
3.2.5	Системи автопілотування.....	184
3.2.6	Мобільні опорні станції RTK	185
3.3	GPS моніторинг автотракторної техніки	187
3.3.1	GPS трекери для моніторингу транспорту	188
3.3.2	Програмне забезпечення системи GPS моніторингу транспорту.....	189
3.3.3	GPS моніторинг сільськогосподарської техніки	190
3.3.4	GPS моніторинг і контроль роботи трактора і комбайна	192
3.3.5	GPS моніторинг легкових автомобілів	194
3.3.6	GPS моніторинг пасажирського транспорту.....	196
3.3.7	GPS моніторинг спецтехніки	197
3.4	Сільськогосподарські роботи.....	198

3.4.1	Роботизовані трактори.....	199
3.4.2	Роботизовані трактори. Прогнози	202
3.5	Інтелектуальна сільгосптехніка.....	204
3.5.1	Машини для знищення бур'янів	204
3.5.2	Принцип екологічності.....	207
3.5.3	Принцип автономності	207
3.5.4	Комплексне рішення.....	208
3.5.5	Точність і контроль.....	210
3.5.6	Широкий огляд.....	211
3.6	Контрольні питання та завдання	212
	СЛОВНИК СКОРОЧЕНЬ ТА АБРЕВІАТУР	213
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	218

1 ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ І СТРУКТУРА МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ

Мехатронні системи, як новий напрямок розвитку технічних систем, володіють певними ознаками і властивостями, які відрізняють їх від технічних систем з традиційною будовою та структурою. В принципі для будь-яких складних систем ознаки і властивості є найважливішими інформаційними блоками, що характеризують і відрізняють дану систему від інших. Для розуміння відмінності між ознаками і властивостями розглянемо наступний приклад. Припустимо, ми маємо якийсь невідомий об'єкт і хочемо знайти відмінності від відомих об'єктів або щось загальне у даного об'єкту з іншими. В цьому випадку ми говоримо про відмінні або спільні ознаки з іншими відомими об'єктами. У разі, коли нам відомий об'єкт і його функції, то ми аналізуємо його властивості, які проявляються при функціонуванні даного об'єкта [1].

Ознака – це опис проявів сторін невідомого об'єкта, за якими можна відрізнити його від інших або об'єднати з іншими об'єктами. Сукупність ознак дозволяє ідентифікувати даний об'єкт і визначити його місце серед інших об'єктів.

Властивість – це те, що проявляється при функціонуванні даного об'єкту при його взаємодії з іншими об'єктами. Властивості технічної системи можна кількісно описати її параметрами і характеристиками.

Параметри – це числові значення величин, що характеризують властивості об'єкта або системи.

Технічні характеристики – опис властивостей об'єкта.

Найпростіше поняття ознак та властивостей формуються в медицині. Так, лікар за ознаками хворобливого стану пацієнта визначає хворобу. Наприклад, ознаками грипу є головний біль, слабкість, озноб, підвищена температура, відчуття сухості в носі тощо. Об'єктивні параметри ознак – температура, підвищена швидкість осідання еритроцитів. Важливо відзначити, що для такої складної системи, як людина, ці ознаки можуть бути в наявності у повному обсязі одночасно, а присутні тільки деякі з них.

До властивостей грипу можна віднести зараження і можливі ускладнення. Характеристиками протікання хвороби є час одужання, зміна стану або графік залежності температури пацієнта від часу. У складній технічній системі, в тому числі і мехатронній, функціонування можливе тільки при наявності матеріального об'єкта та інформаційних потоків. Необхідно відзначити, що функціонування здійснюється тільки при наявності третього компонента – енергетичного. Для технологічної системи матеріальні потоки – це об'єкти обробки та інструменти (рис. 1.1).

Підведення енергії ззовні дозволяє системі функціонувати: наприклад, відбувається механічний рух або обмін інформацією. Включивши комп'ютер, тобто подавши енергію, можна змусити функціонувати цей пристрій. Функціонування мехатронної системи неможливо без підведення енергії ззовні.

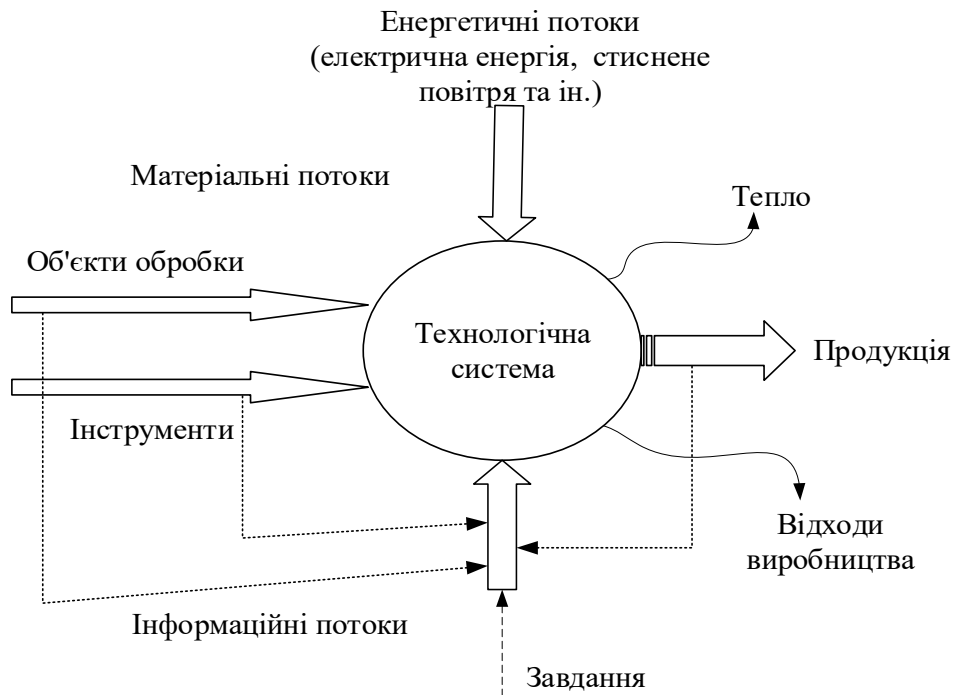


Рисунок 1.1 – Потоки в технологічній системі

Функціонування системи – це взаємодія трьох потоків матеріального, інформаційного та енергетичного.

Взаємодія матеріальних, енергетичних та інформаційних потоків здійснюється за допомогою технічних матеріальних компонентів автоматичних систем (електронних блоків, електромагнітних реле, матеріальних носіїв комп'ютерних програм та ін.). В іншому випадку мова може йти тільки про віртуальні процеси або моделювання реальності.

Аналіз ознак мехатронної системи найкраще починати зі структурно-морфологічних ознак. Ознак, що відрізняють структуру і будову елементів мехатронної системи від іншої технічної системи, побудованої за іншими принципами.

1.1 Структурно-морфологічні ознаки мехатронної системи

У якості структурно-морфологічних ознак, які відрізняють мехатронну систему від традиційної, можна вважати:

- інтеграцію підсистем (структурно-функціональну і структурно-компонувальну): механічної, електромеханічної, мікропроцесорної та інформаційно-вимірювальної з програмним забезпеченням системи керування;
- як правило, наявність великої кількості елементів зворотних зв'язків в системі керування, тощо. Наявність великої кількості датчиків, які отримують інформацію про різноманітні параметри стану системи;
- ієрархічну структуру системи керування. Можливість зовнішнього керування через різні засоби електронного зв'язку (в тому числі Інтернет);

- модульність всіх елементів системи і високу ступінь уніфікації (в тому числі можливість нарощування програмних модулів);
- скорочені кінематичні ланцюги механічної та електромеханічної підсистеми, а також використання паралельних кінематичних ланцюгів;
- використання високоточних механічних передач в механічній підсистемі;
- застосування різноманітних видів перетворювачів енергії, заснованих на різних фізичних ефектах;
- використання нових матеріалів з підвищеними механічними і електромеханічними характеристиками;
- перевищення необхідного числа ступенів рухливості в системі, що характеризується наявністю додаткових приводів;
- використання електронних мініатюрних компонентів із надщільним монтажем;
- наявність високоінформативного людино-машинного інтерфейсу;
- можливе використання біонічних принципів побудови системи.

Структурно-функціональна інтеграція – це зменшення структурних блоків, в основному в інформаційно-керуючій підсистемі. Наприклад, замість окремих датчиків швидкості (тахогенератор) і датчиків кута повороту (потенціометр) або переміщення в мехатронних системах застосовують фотоімпульсні датчики, за допомогою яких отримують інформацію про швидкість і переміщення в двійковій кодовій формі. Це рішення дозволяє виключити з системи аналогово-цифрові перетворювачі і погоджують електронні пристрої (інтерфейси). Слід зазначити, що таке рішення не завжди виправдано.

Структурно-компонувальна інтеграція – це групування в одному конструктивному модулі елементів різної фізичної сутності. Найефективніші рішення складаються в об'єднанні в єдиний сенсорний модуль механічних вузлів (вали, підшипники, направляючі), кодуєчі диски, фотоелементів і мікропроцесорів, від яких сигнали зворотного зв'язку йдуть в контролер по стандартному протоколу в двійковому коді.

1.2 Функціональні властивості мехатронних систем. Синергетичний ефект

При роботі мехатронних систем проявляються їх функціональні властивості в яких виявляються синергетичні ефекти. Термін «синергія» запозичено з біології та медицини (від грец. Synergos – разом діючий) – спільне і однорідне функціонування елементів і систем при комбінованій дії яких сумарний ефект перевищує дію кожного окремо [2].

Іншими словами, з'єднання в єдину систему зазначених вище елементів дає більший ефект, ніж використання всіх цих елементів поодиноці. Наведемо приклад. Що нового дає поєднання в єдину систему автомашину, призначеної для перевезення важких вантажів і підйомного крана, призначеного для підйому

важких вантажів? Автокран має нову якість – мобільність виробництва підйомно-транспортних робіт. Аналогічно, мехатронні системи повинні давати нову якість.

Якість мехатронних систем можна сформулювати наступним чином:

1. Підвищення частки функцій системи, що припадають на автоматичну систему керування, і зменшення частки функцій, що припадають на механічну підсистему (наприклад, корекція положення різця при його зносі).

2. Збільшення кількості функцій, які виконуються системою за рахунок програмного забезпечення.

3. Автоматизація переналагодження системи.

4. Підвищення надійності системи в цілому за рахунок скорочення частки механічних підсистем, зміни програмним шляхом функцій механічної та електромеханічної підсистем, а також за рахунок програмного автоматичного захисту приводів від перевантажень, моніторингу стану всіх елементів системи під час роботи.

5. Автоматизація технічної діагностики та моніторинг всіх підсистем під час роботи.

6. Підвищення інтелектуальності програмного забезпечення, впровадження штучного інтелекту.

7. Відносно низька вартість через високий ступінь інтеграції, уніфікації та стандартизації всіх компонентів мехатронних систем.

8. Висока якість виконання складних і точних рухів внаслідок застосування методів адаптивного та інтелектуального керування.

9. Висока перешкодозахищеність за рахунок модульності підсистем.

10. Компактність мехатронних модулів внаслідок мініатюризації і скорочення кінематичних ланцюгів.

11. Підвищення питомої потужності і поліпшення динамічних характеристик машин внаслідок виключення багатоступінчастого перетворення енергії та трансформації.

12. Можливість швидкого комплектування мехатронних систем функціональними модулями, що допускають просту зміну конфігурації в залежності від технічних вимог.

Головна методологічна ідея мехатроніки як науки і техніки полягає в системному поєднанні раніше відокремлених науково-технічних областей (механіка, мікроелектроніка, електротехніка, комп'ютерне керування, сенсорика та інформаційні технології).

Під *мехатронними об'єктами* розуміють синергетичне об'єднання виконуючих пристроїв з електронними, електромеханічними, комп'ютерними та програмними компонентами. Для мехатронних об'єктів характерна ієрархічна побудова. Всі об'єкти мехатронної системи можна розділити на наступні групи: мехатронні вузли, мехатронні модулі, мехатронні агрегати, мехатронні системи (рис. 1.2) [3, 4].

Мехатронний вузол – це неуніфікована складальна одиниця, яка містить деякі компоненти мехатронного об'єкта (наприклад, кульково-гвинтова передача з датчиками положення і зусилля).

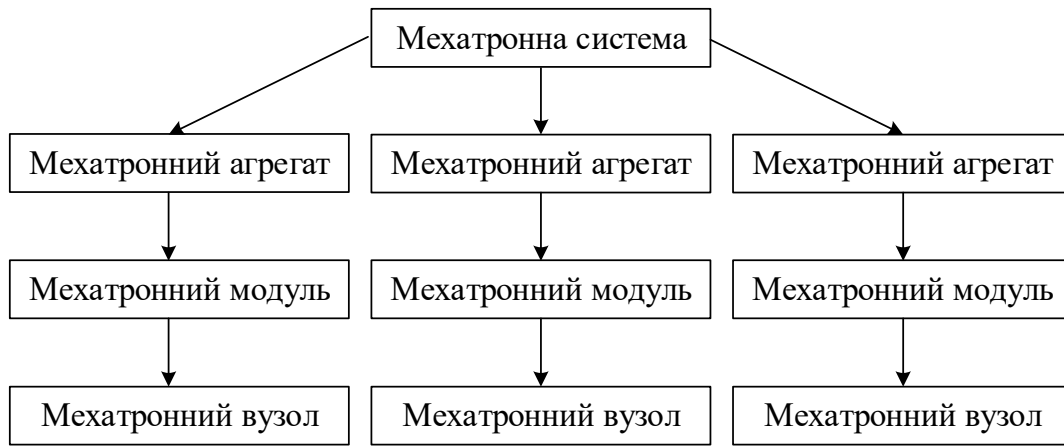


Рисунок 1.2 – Ієрархія об'єктів мехатронної системи

Мехатронний модуль – основна одиниця мехатронної системи, уніфікований мехатронний об'єкт, що служить для реалізації однієї з функцій мехатронної системи (наприклад, мехатронний модуль подачі інструменту, моторшпіндель). За визначенням модуль – це уніфікована функціональна частина машини, конструктивно оформлена як самостійний виріб. Мехатронні модулі як уніфіковані об'єкти мають нормалізований ряд типорозмірів, що характеризуються певними потужностями, габаритами, типом руху (наприклад, поступального або обертального), класом точності і т. ін.

Мехатронний агрегат – це сукупність мехатронних модулів, призначений для виконання групи однотипних функцій (наприклад, багатокоординатна вимірювальна машина, а також багатокоординатний столик мікроскопа, якщо він складається з модулів).

Мехатронна система – цільова впорядкована множина взаємопов'язаних мехатронних агрегатів, що функціонують в часі і взаємодіють з зовнішнім середовищем.

Мехатронні системи можуть складатися з мехатронних модулів (минаючи мехатронні агрегати). Прикладами мехатронних систем служать гнучкі виробничі системи (ГВС), системи моніторингу та штучної вентиляції легенів (ШВЛ) у відділенні реанімації, а також сучасні автомобілі. Так, Mercedes-Benz W220 являє собою мехатронну систему, що складається з 40 керуючих блоків, вона включає в себе кілька мехатронних агрегатів (підсистема керування двигуном, коробкою передач, підвіскою, тощо), А самі мехатронні агрегати – мехатронні модулі (впорскування, курування замком, склоочисників та інші).

У приладобудуванні в даний час набув поширення термін мехатронні прилади.

Мехатронні прилади – це мехатронний агрегат або мехатронний модуль, призначений для отримання і перетворення інформації про механічні величини. Термін мехатронний прилад означає мехатронний об'єкт, який здійснює вимір або комплекс вимірювань механічних величин. Мехатронним апаратом можна назвати мехатронний об'єкт, який здійснює фізичний вплив на зовнішнє середовище (наприклад, апарат штучного кровообігу, автоматичний спектрометр, де потрібно попередньо зробити підготовчі операції зі зразком, перш ніж визначити його склад).

Виходячи з положень теорії складних систем, виведемо наступне визначення мехатроніки:

Мехатроніка – це область науки і техніки, присвячена експлуатації, аналізу та синтезу мехатронних об'єктів.

1.3 Розвиток мехатронних систем

Електроніка – це досить просто! У світі працюють мільйони автомобілів, тракторів, комбайнів та іншої техніки, що використовує в якості рушіїв колеса, гусениці, що далі мається на увазі, як «мобільні машини». Їх основа – двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ). За 100 з невеликим років з часу їх створення, вони з важеля, що визначає прогрес розвитку людства, стали не просто гальмом його розвитку, а джерелом забруднення і потепління атмосфери, що загрожує самому існуванню людини.

Однак за останні 20-40 років і двигуни, і самі мобільні машини зазнали настільки значних змін, що ми зараз маємо справу з фактично новим поколінням цих машин. Цьому сприяли: енергетична криза 1977-1979 рр., Реальне наближення екологічної катастрофи, бурхливий розвиток цифрової електроніки і застосування акумуляторної системи живлення.

Все це вимагало різкого зниження споживання палива, підвищення економічності двигунів, введення жорстких норм по токсичності (ЄВРО). Вирішити ці проблеми, як показав час, можна тільки за допомогою електроніки. Точніше – електронної системи автоматичного керування (САК), яка просто перевернула наші уявлення про можливості двигунів внутрішнього згоряння, в питаннях керування агрегатами автомобіля, трактора, комбайна. Перш за все потрібно мати на увазі, що сама по собі електроніка не змінює властивості та характеристики двигуна і інших агрегатів мобільних машин. Вона дозволяє довести їх до оптимуму.

Наразі електроніка починає диктувати конструкторам свої умови, іноді змушуючи досить значно змінювати конструкцію. Про бурхливий розвиток електроніки свідчать вищенаведені залежності продажу електронних виробів і випуск автомобілів в світі (рис. 1.3, табл. 1.1). Обидві криві змінюються по експоненті, але випуск автомобілів – в порядку спадання (поступово стабілізується), а обсяг продажів – по зростаючій, тобто з випередженням випуску. На початку XXI ст. всі провідні заводи випускали автомобілі тільки на базі електронного керування. Це також відноситься і до ДВЗ з дизельною системою живлення Common Rail фірми Bosch [1].

Аналогічні висновки можна зробити з розвитку електронних систем керування сільськогосподарських тракторів і комбайнів – всі їх агрегати буквально «нашпиговані» електронікою, оскільки праця оператора сільськогосподарської машини набагато напруженіша ніж водія автомобіля.

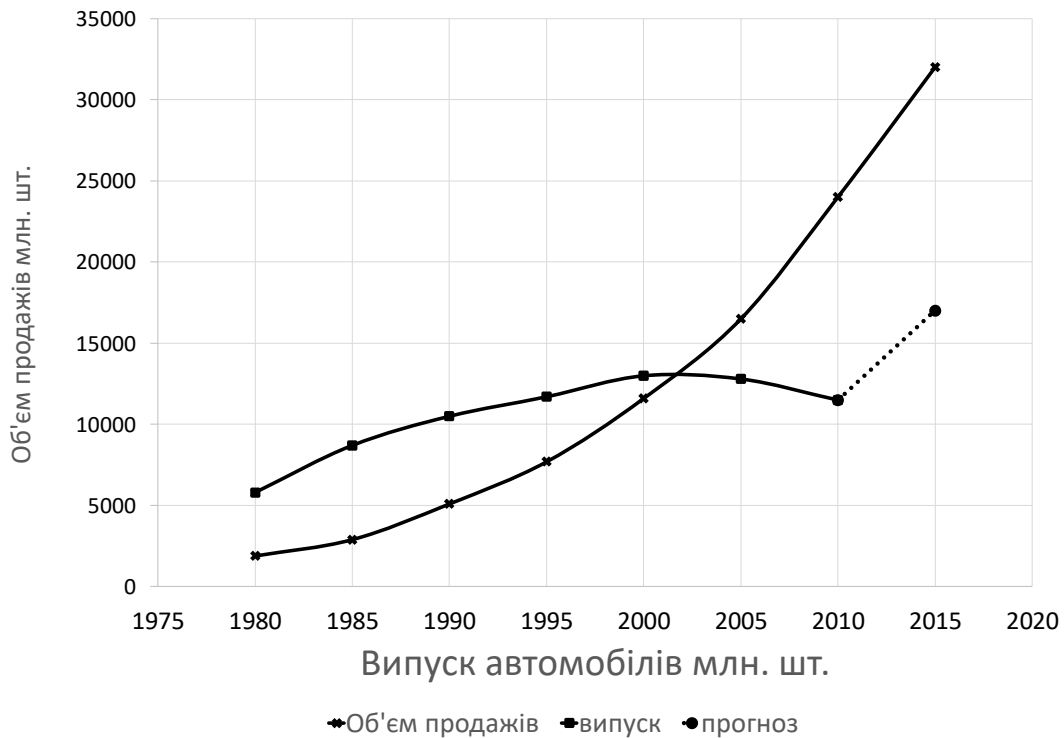


Рисунок 1.3 – Залежності обсягу продажів і випуску автомобілів

Таблиця 1.1 – Обсяг продажів виробів автомобільної електроніки, млн дол.

Система приладів	Рік				
	1977	1987	1992	2000	2010
Керування ДВЗ	705	2699	4150	5500	6500
Навігація	28	250	675	2775	5500
Безпека і захист	10	97	700	2300	4700
Розваги і комфорт	629	486	2678	4875	8000
Загальний обсяг продажів	1372	3511	8200	15600	24700

Природно, інженер, що працює з автомобілями, тракторами, комбайнами, зобов'язаний знати принципи застосування електронних систем керування всіма агрегатами мобільних машин. Причому для цього необов'язково знати, як працює сама електроніка (гібридні, інтегральні схеми – «чіпи»), але знати чому застосовується електронне керування та як САК впливає на традиційні агрегати мобільних машин, інженер зобов'язаний.

1.4 Мехатронні системи в мобільних машинах

Проблема мехатронних систем на транспорті і в тягових машинах різного призначення виникла в останні роки, коли автоматика прийшла в автомобілі і трактори. Головним чином в закордонні автомобілі та трактори. Легко припустити появу і прогресуючий розвиток на автомобілях та тракторах вітчизняного виробництва в найближчому майбутньому автоматика, а разом з ним і розвиток мехатронних систем.

Усталений в технічному світі термін «мехатроніка» в найзагальнішому тлумаченні полягає в наступному: мехатронний об'єкт, або мехатронний комплекс, що являє собою нерозривну єдність трьох компонентів – механічних агрегатів, електро- або електрогідравлічних пристроїв керування та автоматики керування. Ці три складові перебувають у складній синергічній взаємодії і нерозривному функціональному та інформаційному зв'язку.

Провідну і визначальну роль в цій тріаді, відіграє автоматика, наймолодша з них, власне, і породила цей технічний напрямок. Поява в світовому автомобіле- і тракторобудуванні автоматики, особливо комп'ютерної мікропроцесорної автоматики, призвела до перебудови і зарубіжної системи проектування, до переведення її на мехатронні рейки, на методи єдиного комплексного проектування всіх трьох складових мехатронних комплексів.

Методологія проектування в техніці взагалі консервативна, а наші проектувальники, як показує сьогоднішня практика проектування автомобілів і тракторів, не навчені комплексному, системному, «мехатронному» підходу до проектування. Мехатронне проектування вимагає від проектувальників кожної з трьох областей мехатроніки розширення їх знань на суміжні області, що вимагає від них підвищення кваліфікації, не прийнятою поки в області технічної підготовки (як в медицині), а від нашої системи вищої школи – підготовки більш універсальних фахівців, ніж вона готує зараз.

Розвиток мехатроніки на автомобілях і на тягових машинах має свої особливості. На автомобілях експансія автоматики, а отже, і мехатроніки, переважно почалася в сфері пристроїв комфорту, на тракторах – в сфері силових агрегатів.

Першим з мехатронних агрегатів, як це історично повелося, є двигун з системою подачі палива і автоматикою його регулювання.

Другим – система силового керування навісним пристроєм (EHR), світовим лідером у виробництві якої є фірма Bosch.

Третім – трансмісія. Тут процес почався з появи механічних трансмісій з перемиканням передач під навантаженням. На них з'явилися гідравлічні, потім електрогідравлічні пристрої перемикання, а потім і електронна автоматика керування перемиканнями.

Закордонні фірми (ZF та інші) почали поставляти на автомобільні і тракторні заводи та виробляти на продаж трансмісії в такому саме повному комплекті. З появою потім в зарубіжному тракторобудуванні безступінчастих трансмісій (поки ще тільки гідрооб'ємних двохпотоккових) це явище усталилося.

Переваги мехатронного виконання агрегатів особливо виражено на прикладі трансмісій, які при наявності і відсутності автоматики керування при однакових інших компонентах комплексу являють різкий контраст в характеристиках як їх самих, так і обладнаних ними тракторів і автомобілів. У мехатронному вигляді вони забезпечують на порядок більш кращі характеристики практично за всіма показниками роботи машин: технічними, економічними і ергономічними.

Порівнюючи мехатронні комплекси з їх не мехатронними прообразами по технічній досконалості легко побачити, що перші значно перевершують останні

не тільки за загальними показниками, а й за рівнем і якістю проектування. Це не дивно: синергетичний ефект проявляється не тільки в кінцевому продукті, а й в процесі проектування внаслідок і нового підходу до проектування і вищою кваліфікації проектувальників. Порівняння ціни цих об'єктів ще більш різке. Мехатронні системи внаслідок застосування мікропроцесорів утворюють досить дешеві пристрої автоматики, за ціною не дорожче прообразів, зате за сукупним показником ціна/якість перевершують їх на порядок. Ця обставина знімає питання про економічну ефективність мехатронних агрегатів, залишаючи тільки питання про готовність сучасної промисловості до організації і виконання проектування та виготовлення таких технічних систем.

1.5 Системи автоматичного керування

Що таке автоматичне керування в техніці? Автоматичне керування в техніці – сукупність дій, спрямованих на підтримку або поліпшення функціонування керованого об'єкта без безпосередньої участі людини, відповідно до вказаної мети керування. Під керуванням розуміють цілеспрямовану зміну стану об'єкта для найкращого виконання ним певних завдань [5]. Агрегат, машина, апарат, комплекс машин або апаратів, в яких протікає процес, який підлягає керуванню, називаються об'єктом керування.

1.5.1 Види і склад систем автоматичного керування

У загальному випадку процес керування складається з отримання інформації про мету керування, отримання інформації про результати (поведінку керованого об'єкта), аналізу отриманої інформації, генерації рішення і виконання прийнятого рішення.

Для здійснення процесу керування необхідно мати джерела інформації про цілі та результати керування, пристрій для аналізу інформації і прийняття рішення, пристрій, що реалізує прийняте рішення (виконавчий пристрій).

Щоб краще зрозуміти процес керування, розглянемо типовий приклад керування автомобілем. Вбачаючи перед собою перешкоду, водій приймає рішення про те, як потрібно змінити напрямок руху автомобіля, в який бік і наскільки повернути рульове колесо.

Розглядаючи цей приклад, ми можемо виділити в процесі керування наступні елементи. Перший елемент – отримання інформації про маршрут руху, (про мету/завдання керування). Другий елемент – отримання інформації про стан автомобіля (про результати керування). Необхідну інформацію водій отримує за допомогою зору. Третій елемент – аналіз отриманої інформації і прийняття рішення про необхідні керуючі дії. Це завдання вирішує мозок водія. Четвертий елемент – виконання прийнятого рішення (в даному випадку це поворот рульового колеса).

У розглянутому прикладі об'єктом керування є автомобіль, точніше –

процес його руху. Тут всі елементи процесу керування здійснює людина. Таке керування називають ручним.

Однак у цілому ряді випадків людина не в змозі керувати процесом. Вона за допомогою своїх органів відчуття не може отримувати інформацію, необхідну для керування. Тому для отримання інформації про результати керування необхідно використовувати спеціальні технічні пристрої (датчики, вимірювальні прилади тощо). Великі швидкості протікання керованих процесів вимагають відповідної швидкості обробки інформації і прийняття керуючих рішень. Виконання прийнятого рішення часто вимагає великої швидкості і значних потужностей. Якщо реалізація всіх елементів процесу керування (регулювання) здійснюється спеціально створеним технічним пристроєм, без безпосередньої участі людини, то таке керування (регулювання) називається автоматичним.

Автоматично діючий пристрій, призначений для реалізації процесу керування (регулювання), називається автоматичним керуючим пристроєм (автоматичним регулятором).

Коли керування здійснюється спільними діями технічних пристроїв і людини, то таке керування називають автоматизованим. У цих випадках пристрої вирішують стандартні завдання керування, а також забезпечують інформацією людину, яка вирішує складніші (нестандартні) завдання.

Різновидом керування є регулювання. Наведемо більш повні визначення поняттю «автоматичне регулювання» і «автоматичне керування».

Автоматичним регулюванням називається підтримка постійної або зміна по заданому закону деякої величини, що характеризує процес.

Автоматичним керуванням називається автоматичне здійснення сукупності впливів, вибраних з безлічі можливих на підставі певної інформації і спрямованих на підтримку або поліпшення функціонування керованого об'єкта відповідно до мети керування.

Сукупність об'єкта керування і керуючого пристрою (регулятора) називається системою автоматичного керування (регулювання) (рис. 1.4).

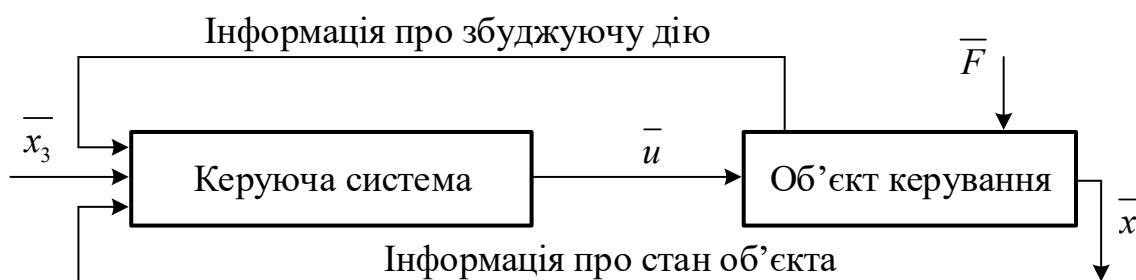


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд системи автоматичного керування [4]

Різноманітні елементи автоматики за своїм принципом дії і конструкції при роботі в системах автоматичного регулювання виконують невелику кількість функціональних завдань. Для того щоб визначити ці завдання, необхідно представити ті функції, які зазвичай виконує людина при регулюванні будь-якого процесу вручну. Тоді з точки зору функціональних завдань, які

виконуються елементами в системі, їх можна розділити на:

- сприймаючи елементи – служать для вимірювання дійсного значення регульованої величини;
- задаючи елементи – служать для завдання необхідного значення регульованої величини яке має відповідати її дійсному значенню;
- порівнюючи елементи, що визначають знак і величину неузгодженості та генерують відповідно до цього сигнал, що впливає на процес;
- перетворюючи елементи, які здійснюють необхідне перетворення сигналу і, зокрема, його посилення;
- виконуючи елементи, що впливають на органи керування об'єктом;
- коригувальні елементи, що використовуються для поліпшення якості процесу регулювання.

У теорії систем керування розглядаються кілька видів завдань. Завдання поділяються залежно від природи об'єктів керування.

Як було сказано раніше, більшість всіх САК направлено на підтримку активної безпеки транспортних засобів. В арсеналі активної безпеки сучасного автомобіля знаходиться багато протиаварійних систем: антиблокувальна система, система електронного контролю стійкості, система нічного бачення, автоматичний круїз-контроль – все це технології, які допомагають водієві на дорозі сьогодні.

Необхідно зазначити, що підвищення безпеки дорожнього руху не може бути досягнуто лише за рахунок підвищення безпеки окремих транспортних засобів. Необхідним є створення глобального середовища, яке могло б забезпечувати зв'язок учасників дорожнього руху між собою і перешкоджати виникненню будь-якої події. У цьому випадку доцільно говорити про інтелектуальні транспортні системи (ІТС), що формується в даний час і мають хороші перспективи розвитку в найближчому майбутньому.

1.5.2 Фактори впровадження електронних систем

Поршневі двигуни внутрішнього згорання – досить добре розвинена конструкція, незважаючи на малий термін розвитку. Однак з самого початку вони мали ряд хронічних недоліків.

Карбюраторні двигуни, незважаючи на застосування електроніки, не змогли вирішити основні проблеми:

1) забезпечення належної економічності, так як карбюратор, що готує паливо-повітряну суміш, створює на внутрішніх стінках впускного колектора паливну плівку, яка повільно (відносно), зі швидкістю 10...20 м/с, рухається по трубі в бік циліндрів і досягнувши впускних клапанів, зривається великими краплями у циліндри. В результаті нерівномірність розподілу палива по циліндрах досягає 20-25%. Наслідки цього – різко падає економічність, один циліндр «тягне» на собі інший, великі краплі є джерелом неповного згорання палива, що призводить до підвищення токсичності двигуна;

2) жорсткі норми токсичності (ЄВРО-1 – ЄВРО-6) не можуть бути виконані без точного дозування, сумішоутворення, без точної організації

процесів в двигуні (особливо процесу згоряння). Це можливо тільки при електронному керуванні цими процесами;

3) застосування електроніки вимагає хорошого поєднання системи керування з процесами роботи агрегатів автомобіля і трактора. Для двигуна це точне керування процесом подачі палива і кутом випередження запалювання (впорскування палива). Це поєднання забезпечують акумуляторні системи живлення і електронні системи запалювання.

1.5.3 Принципи дії електронних систем автоматичного керування

Завдання системи керування – підтримувати заданий режим роботи об'єкта керування в певному діапазоні.

Будь-яка система використання енергії складається з наступних елементів: джерело енергії (ДЕ); орган керування (ОК) і виконавчий механізм (ВМ). На орган керування впливає оператор (водій, тракторист). Це система ручного (неавтоматичного) керування (рис. 1.5). Наприкладі автомобіля: ДВ – двигун, КП – коробка передач, ХЧ – ходова частина. Оператор (водій), перемикаючи передачі, регулює навантаження на двигун.

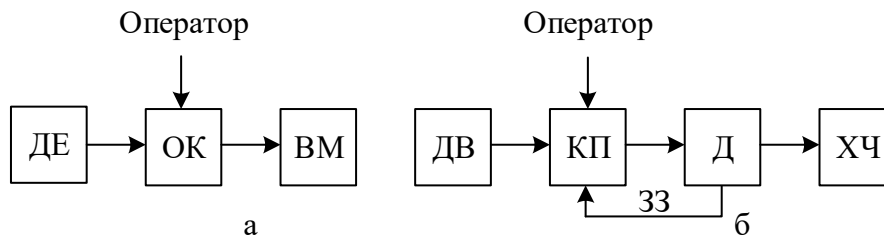


Рисунок 1.5 – Блок-схеми неавтоматичного (а) і автоматичного (б) керування

На відміну від системи ручного керування система автоматичного керування (САК) додатково має датчик (Д) і зворотний зв'язок (33) (рис. 1.5). Датчик постійно контролює дію виконавчого механізму і посиляє сигнал по зворотного зв'язку в орган керування (регулятор), який в разі відхилення дії ХЧ від заданої команди коригує команду керування. Оператор задає органу керування команду підтримувати певний режим (діапазон).

У першому варіанті керування обмежується чутливістю і реакцією оператора, яка залежить від багатьох фізіологічних і психічних факторів. Швидкість реакції людини на раптові зміни ситуації знаходиться у широкому діапазоні від 0,3 до 2...3 с і навіть більше. Вона залежить від настрою, стану здоров'я, прийняття психотропних речовин або алкоголю, стресу тощо.

Тому застосовують другий варіант – систему автоматичного керування де оператор задає рівень режиму, а система сама в певному діапазоні підтримує стан механізму, агрегату тощо. Існують різні види САК але останнім часом на мобільних машинах застосовують електроніку, яка, по-перше, має швидкість реакції на 2...3 порядки вище швидкості реакції людини, а по-друге, дозволяє тримати в пам'яті дуже великий об'єм інформації. Основою електронної системи

є мікропроцесор (МП), що являє собою мініатюрний комп'ютер з програмним забезпеченням. В цьому випадку САК носить назву мікропроцесорна система керування (МПСК).

1.6 *Склад систем автоматичного керування автомобіля і трактора. Ієрархія сигналів*

1.6.1 *Склад САК автомобіля*

Хронологічно у виробництві автомобілів з'явилися насамперед електронні САК двигуна – системи запалювання (СЗ) (рис. 1.6). Далі – системи живлення (СЖ), автоматичні коробки передач (АКП) і зчеплення, силової установки (двигун, зчеплення, трансмісія). У 1970 рр. з'явилися антиблокувальні системи (АБС), протибуксувальні системи (ПБС). Приблизно в цей же час виникли системи керування підвіскою, рульового керування, безпеки руху (активні та пасивні).

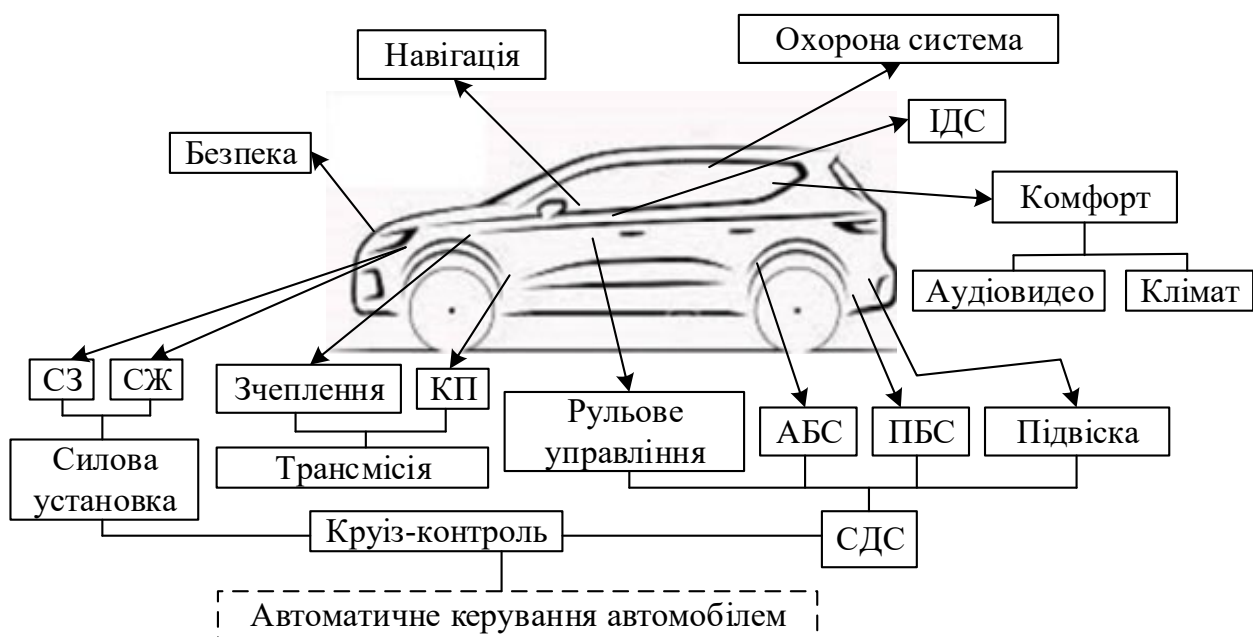


Рисунок 1.6 – Склад САК автомобіля

У 1990-і рр. АБС, ПБС та система активної безпеки руху були об'єднані в єдину систему динамічної стабілізації (ЄДС). На початку ХХІ ст. з'явилася система «круїз-контроль», завданням якої була підтримка заданої (постійної) швидкості руху, а в останніх розробках – руху в загальному транспортному потоці, включаючи обгін і пригальмовування, зупинку та рушення з місця. Створення таких систем має кінцеву мету – автоматичне керування автомобілем.

Крім цих систем, дуже швидко розвиваються допоміжні системи: САК навігації для визначення місця положення і напрямки руху машини; система ІДС – інформаційно-діагностична система, яка служить для інформації водія про технічний стан агрегатів автомобіля, терміни проведення ТО, маршрути руху та

інші. Особливе місце займає САК комфорту, що включає керування кліматом в салоні, аудіо- та відеотехнікою.

1.6.2 Склад САК трактора

Більшість систем трактора впроваджувалися після розробки САК автомобіля: керування двигуном, трансмісією, підвіскою, комфортом, ІДС та інші (рис. 1.7). Хоча принципово вони мають однакове призначення та принцип дії режими їх роботи сильно розрізняються.

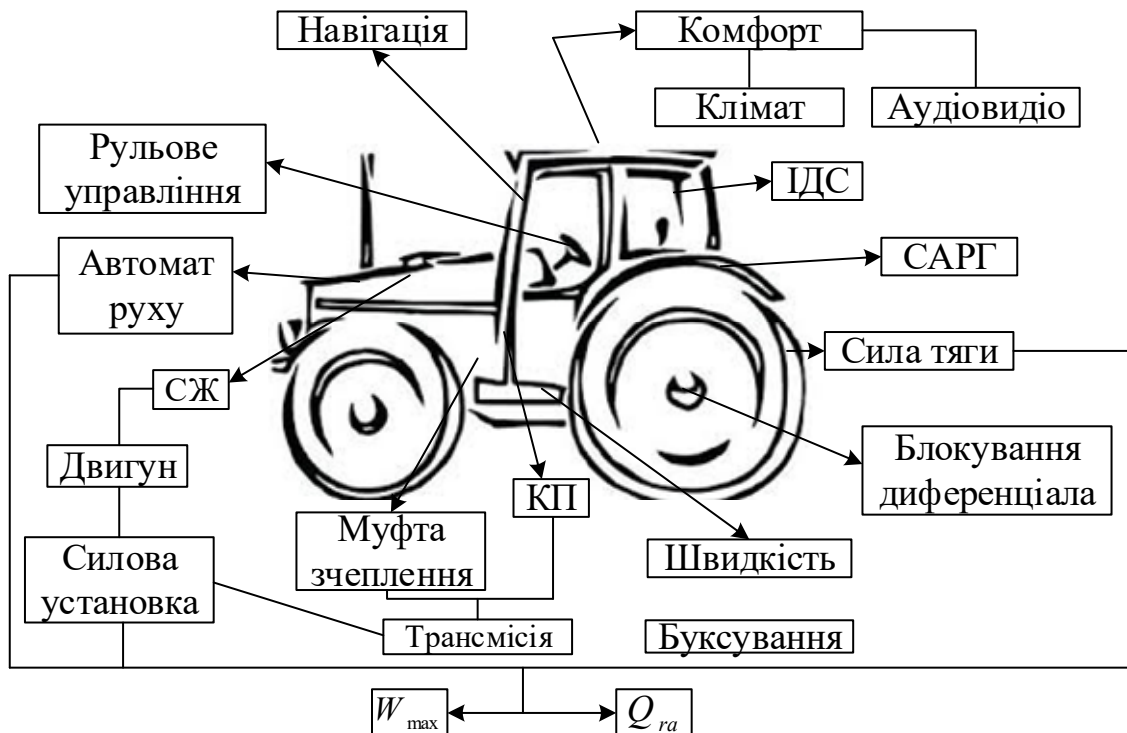


Рисунок 1.7 – Склад САК трактора

Абсолютно специфічні САК пов'язані з призначенням трактора і режимами його роботи. Іноді їх розробляли навіть раніше автомобільних: спочатку у вигляді механічних САК, потім – електрогідравлічних і останнім часом – електрогідравлічних з електронним керуванням.

Системи автоматичного водіння машинно-тракторних агрегатів (МТА) з'явилися ще в 1950-і рр. Це були системи на базі механічних датчиків стеження за попередньою борозною, що діють на гідропривід рульового керування. Зараз ці автомати руху працюють на базі мікропроцесорної техніки.

Існує виключно тракторна система – система автоматичного регулювання глибини обробітку ґрунту (САРГ). Її почали застосовувати в 1930-і р.

Лише на тракторах застосовується система визначення величини буксування ведучих коліс (САК буксування). Вона визначає оптимальну силу тяги і по цим показникам тяговий ККД трактора.

В останні роки з'явилися нові системи живлення дизельних двигунів (Common Rail, UIS – насос-форсунки, індивідуальні насоси), що працюють

тільки з електронікою, це САК системи живлення і регулювання.

Ну і, нарешті, все це дає можливість трактористу заздалегідь ввести команду автоматиці – працювати або з максимальною продуктивністю (САК W_{\max}), або з мінімальною витратою палива на гектар (САК Q_{\min}).

На комбайнах додатково застосовують систему регулювання завантаження молотильно-сепаруючого пристрою, САК положення мотовила, САК оптимального захвату жатки, САК наповнення накопичувача та ін.

1.6.3 Ієрархія сигналів і систем

Електронні системи керування зазвичай опитують всі датчики, що входять в його мережу послідовно по колу. На отримання і обробку одного сигналу та видачу команди мікропроцесора достатньо 0,002...0,003 с.

Припустимо, що на двигуні є 10 датчиків, то на один цикл МПСК витрачає 0,02...0,03 с. За цей час, а це приблизно один цикл (два оберти колінчастого валу двигуна), в механізмі (агрегаті) можуть статися багато несподіваних подій. Тому програма роботи МП підпорядкована жорсткій ієрархії сигналів. Це означає, що за своєю значимістю для людини і машини всі види сигналів розбиті на декілька ступенів.

До вищого ступеня відносять сигнали про катастрофи, наприклад про відмову рульового або гальмівного керування тощо. Наступний щабель – сигнали про можливе виникнення катастрофічної ситуації, наприклад відсутності гальмівної рідини в бачку. Далі за значущості – сигнали про можливу аварію, наприклад різкому падінні тиску масла в системі мащення двигуна. Потім – сигнали про технічний стан, забезпечення нормальної роботи агрегатів і систем машини (сигнали керування) та ін. На останньому місці системи комфорту – робота аудіо-, відео систем.

Програмування роботи МП складено таким чином, що якщо надходить від датчиків сигнал вищої ієрархії, то МП відкладає обробку інших сигналів і обробляє саме цей сигнал, після чого повертається до решти. Цю роботу виконує «системний контролер» МПСК.

1.7 Вимоги до електронних САК та оцінка їх надійності

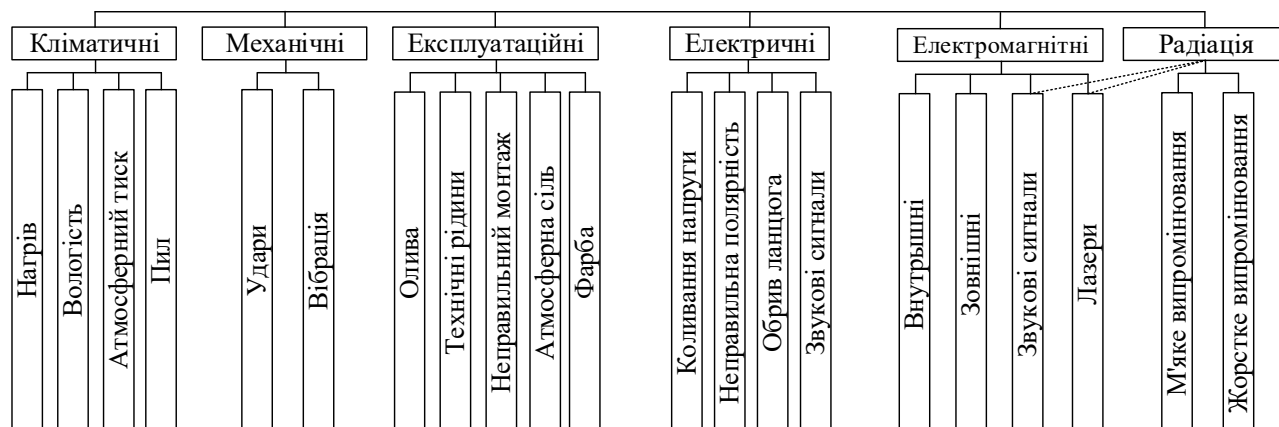
Електронні системи схильні до впливу значної кількості зовнішніх чинників, починаючи від чисто механічних впливів (удари, вібрації тощо) до жорсткого випромінювання радіоактивного характеру (рис. 1.8 РИСУНОК 1.8) [6].

Механічні дії – удари, вібрація; в салоні або під капотом діють на частотах до 10...25 Гц і прискореннями до 5 g.

Кліматичний вплив. На поверхні двигуна температура може досягати +150°C, на дросельній заслінці +205°C, на щитку приладів та багажнику +85°C. Якщо пуск двигуна відбувається при зовнішній температурі -34°C, то через 12 хв після пуску температура може досягати +110°C, тобто перепади температури

становлять 130...150°C.

Фактори впливу на електроніку



Наслідки впливу на електроніку

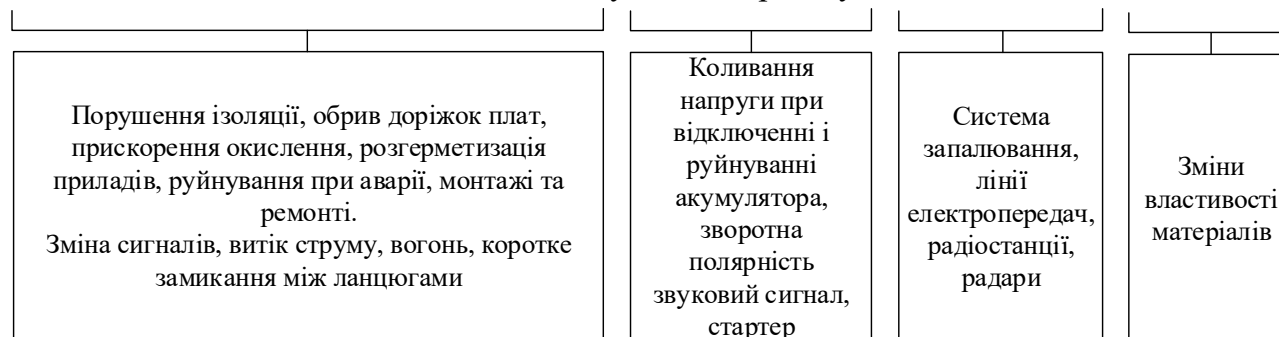


Рисунок 1.8 – Фактори впливу на електронні системи

Вологість 100% сприяє утворенню соляної, сірчаної, фосфористої та азотної кислот, різних солей, що викликають електрохімічну корозію, змінює опір; водяна пара рве доріжки плат, розшаровує плати, розгерметизовує корпус приладів та ін.

Атмосферний тиск знижує напругу пробою діелектриків, сприяє виникненню поверхневих зарядів електрики (вогні Ельма), погіршує теплообмін, виникає викривлення корпусів.

Сіль (при посипанні доріг під час ожеледиці і суспензії поблизу морів), а також *пил*, призводять до електрохімічної корозії, зниженню опору між ланцюгами доріжок електричних плат.

1.7.1 Електричні і електромагнітні впливи на електронні системи

Коливання напруги в мережі. При пуску двигуна напруга акумуляторної батареї (АКБ) може падати до 6...8 В. При відсутності електроліту можливі сплески напруги до 75 В. При неправильному підключенні, руйнуванні пластин і при поганому контакті клем АКБ – імпульси напруги можуть досягати 80...120 В тривалістю 0,1...0,2 с.

При нормальній роботі котушки запалювання виникають імпульси до 100 В з частотою 10...500 Гц, а в первинній обмотці – до 20 В тривалістю до

0,3 с. При включенні звукового сигналу і покажчиків повороту – до 300 В тривалістю до 0,1 с.

Електромагнітні випромінювання. Джерелами такого випромінювання можуть бути:

– внутрішні: двигун, свічки запалювання, що генерують частоту у 106...107 Гц тощо;

– зовнішні: теле-, радіо- і радіолокаційні станції (напруженість поля до 75 В/м);

– тролейбусні лінії – до 35 В/м та ін.

Жорстке випромінювання радіоактивного характеру. Військові давно зрозуміли, що сучасний літак, корабель, танк простіше «засліпити», вивести з ладу його електроніку, ніж його підбити. Створити на його шляху маленький ядерний вибух типу нейтронної бомби, яка не дає значної вибухової хвилі але створює потужне випромінювання нейтронів. Це зберігає техніку але на деякий час виводить її електроніку з ладу.

Більшість з цих факторів (механічні, зовнішні та ін.) найчастіше призводять до того, що ні самі елементи електроніки дають збої, а відшаровуються доріжки друкованих плат, порушуються контакти, окислюються контакти роз'ємів. А оскільки майже всі елементи електроніки працюють при напрузі 5...6 В і силі електричного струму в декілька мА, то найменша зміна параметрів струму, навіть одиничний сплеск, призводить до того, що мікропроцесор не «розуміє» сигналу або, що ще гірше, приймає його за інший. У цьому випадку він дає команду, яка не відповідає даним режимам роботи, тобто замість керування роботою систем він, навпаки, «розгойдує» її, змушує виконувати команди, що іноді призводить до виходу всієї системи з ладу.

Для запобігання впливу таких факторів виробляються спеціальні клеї, роз'єми штекерів покривають плівками золота, срібла, платини, що забезпечують стабільність електричного опору переходів та з'єднань, а також програми, що стежать за точною роботою основної програми.

Для захисту від зовнішніх факторів (волога, сіль, температура, атмосферний тиск тощо), корпуси електронних блоків герметизують та встановлюють термозахист.

Набагато гірше може бути вплив випромінювання (від електромагнітного до жорсткого радіоактивного, нейтронного тощо) По-перше, в самій системі електроустаткування при робочій напрузі 12 В відбуваються сплески напруги до 70...300 В, наприклад при роботі індукційної котушки, при відключенні під час роботи акумуляторної батареї. Це вимагає захисту системи звичайними електричними способами: встановлення запобіжників, діодів, варисторів, стабілітронів та інших елементів.

Для захисту від зовнішнього електромагнітного випромінювання прилади електроніки, кришки, корпус, дроти екранують. Екранування знижує ККД приладу (установки) однак позбавляє його від впливу перешкод у роботі. Крім того, в системі цифрової електроніки зараз досить добре відпрацьована система самодіагностики, яка дозволяє виявити всі збої, перешкоди, порушення програми, віруси тощо, відновити («вилікувати») програму, що практично неможливо зробити при інших способах автоматизації процесів керування.

1.7.2 Вимоги до електронних систем. Випробування електронних приладів і систем

Загальні вимоги для всіх електронних систем залежать від призначення, місцезнаходження, умов роботи (ДСТУ ГОСТ 3940:2007. Електроустаткування автотракторне. Загальні технічні умови).

1. Забезпечення працездатності:

- при вологості повітря до 98%, температурі 35°C, тиску, що відповідає висоті 4 км над рівнем моря;
- при температурі повітря від -60 до +85°C, а для виробів у кабіні – до +60°C;
- вібрації: на двигуні – до 20 g при частоті 5...2000 Гц;
- ударах – до 40 g, прилад в інших місцях – до 5 g при частоті 20...120 Гц.

2. Витримувати коливання напруги:

- джерела живлення – від 0,9 до 1,25 від номіналу джерела енергії; на пускових режимах працювати при 6 В АКБ;
- при імпульсах (амплітуда/тривалість): 150 В/0,3 с, 112 В/10 мс, 62 В/0,3 мс, 42 В/0,3 мс, 21 В/300 мс;
- при замиканні кожного проводу на масу, з'єднання їх попарно, обриві і наступному відновленні прилад повинен залишатися працездатним.

3. Прилад повинен мати електромагнітну стійкість щодо звичайного електромагнітного випромінювання.

Для прикладу наведемо методіку випробувань кожного виробу електроніки фірми General Motors:

- 500 циклів зміни температури від -40°C до +125°C;
- витримка (для приладів в зоні двигуна) протягом 7500 год при температурі 125°C, для інших 1000 год – при 85°C;
- робота при повній потужності при тих же умовах; витримка в соляному тумані (5% хлористого натрію) при 135°C, при повному навантаженні протягом 96 год;
- 10 ударів по трьом осям з прискоренням до 500 g; вібрація по трьом осям з частотою 10...55 Гц з прискоренням 20 g;
- вібрація з частотою 100...2000 Гц і прискоренням в 20 g протягом 2 год.

Як видно, ця фірма набагато жорсткіше підходить до випробувань своїх виробів, ніж інші виробники.

1.8 Техніко-економічні показники систем автоматизації

Починаючи з середньовіччя винахідники створювали різні типи автоматів, а потім систем: механічні, гідро-, пневмо-, електромеханічні та інші засоби автоматизації. З 1950-60-х рр. в автоматизації почали використовувати електроніку. Прилади автоматизації мають наступні переваги.

Витрати на виготовлення. Порівняння неправомірно, так як спектр завдань, які виконуються електронікою, незрівнянно ширше і глибше але вартість одного комплексу електроніки вище, ніж інших.

Довговічність. Електронні системи (ЕС) мають найбільшу довговічність. Вони забезпечують весь термін служби основної машини, чого інші системи не роблять. Крім цього, ЕС забезпечують оптимізацію режимів роботи ДВЗ та інших агрегатів, що також виводить ЕС за рамки даного питання.

Витрати на ремонт і ТО. Блоки ЕС є необслуговуваними об'єктами, тому витрати на ремонт і ТО дорівнюють нулю. Витрати на випуск запчастин значно більше.

Експлуатаційні витрати. При порівнянні експлуатаційних витрат потрібно враховувати наступні моменти:

1) точність настройки електронних автоматів забезпечується в межах 1...3%, що дозволяє агрегатам машин працювати в оптимальному режимі (витрата палива, швидкість, безпека руху тощо);

2) ці системи дають можливість швидкого перенастроювання агрегатів і всієї машини (зима – літо, рух в місті – за містом, максимальна продуктивність – мінімальна витрата палива, рух в горах та ін.);

3) час на ремонт агрегату менший, так як система діагностики дозволяє виявити несправність раніше виходу його з ладу і підготувати йому заміну. В інших системах найчастіше потрібно розібрати пів машини, наприклад, при заміні коробки передач.

Це призводить до того, що машини не обслуговуються, а загальні витрати на повний термін служби стають менше.

1.9 Завдання керування транспортним засобом

Розглянемо ієрархію завдань керування транспортним засобом (ТЗ) (рис. 1.9). Кожне завдання є підзадачею наступної та при вирішенні їх у певному порядку знайдеться оптимальне рішення керування транспортним засобом для заданих умов експлуатації.

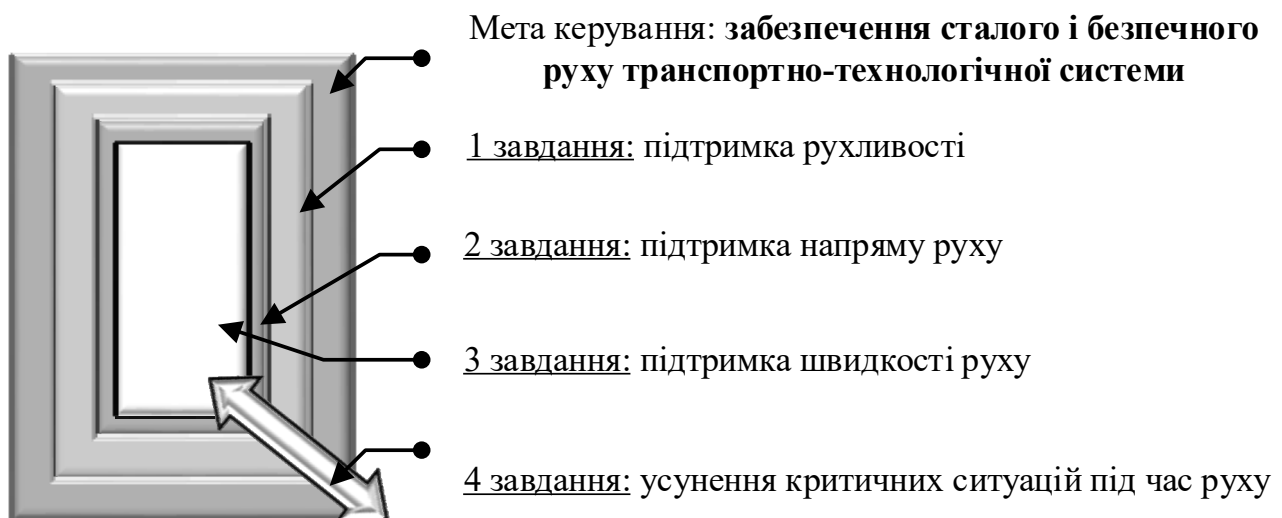


Рисунок 1.9 – Ієрархія завдань керування ТЗ

Для забезпечення стійкого і безпечного руху транспортних засобів необхідно вирішити чотири завдання керування:

- 1) завдання підтримки швидкості руху;
- 2) навігаційне завдання (завдання підтримки напрямку руху);
- 3) завдання підтримки рухливості;
- 4) завдання усунення критичних ситуацій.

Всі структурні одиниці даної ієрархії включають в себе спільне завдання – усунення критичних ситуацій. Для заданого руху ТЗ необхідно вирішувати одночасно всі завдання керування.

1.9.1 Завдання підтримки швидкості руху

Розглянемо більш докладно перше завдання керування підтримки швидкості руху (рис. 1.10).

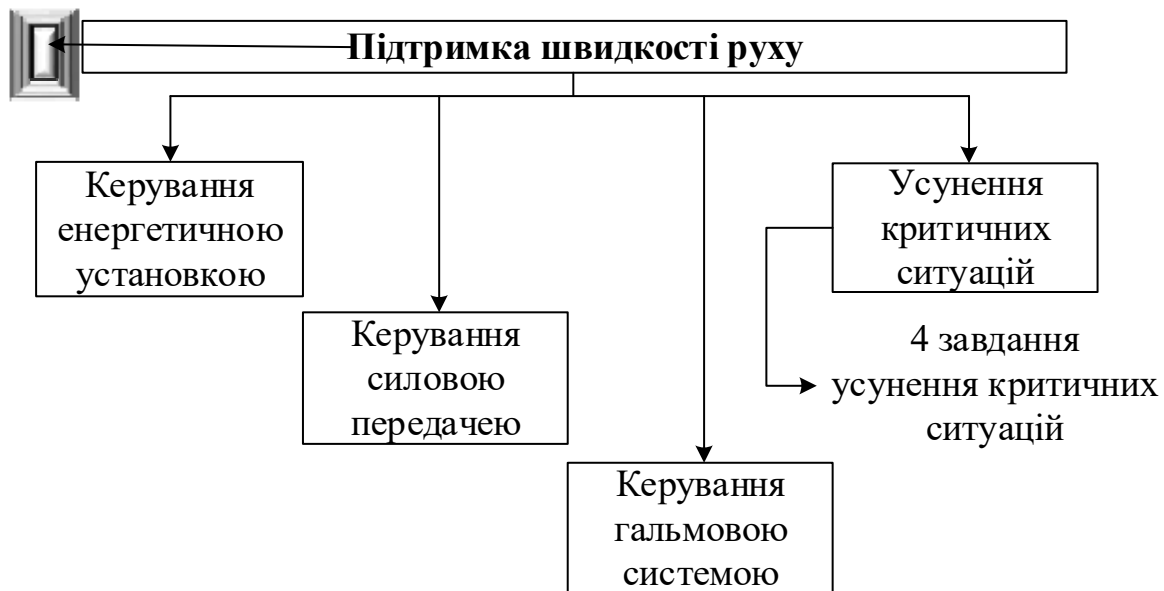


Рисунок 1.10 – Структура завдання підтримки швидкості руху

Завдання підтримки швидкості руху можна розділити на декілька підзавдань:

- керування енергетичною установкою;
- керування силовою передачею;
- керування гальмовою системою і усунення критичних ситуацій.

1.9.2 Завдання підтримки напрямку руху

Завдання підтримки напрямку руху виконують системи керування курсом. Вони повинні забезпечувати заданий рівень показників експлуатаційних властивостей (керованість, стійкість, маневреність), що визначають якість керованого руху (рис. 1.11).

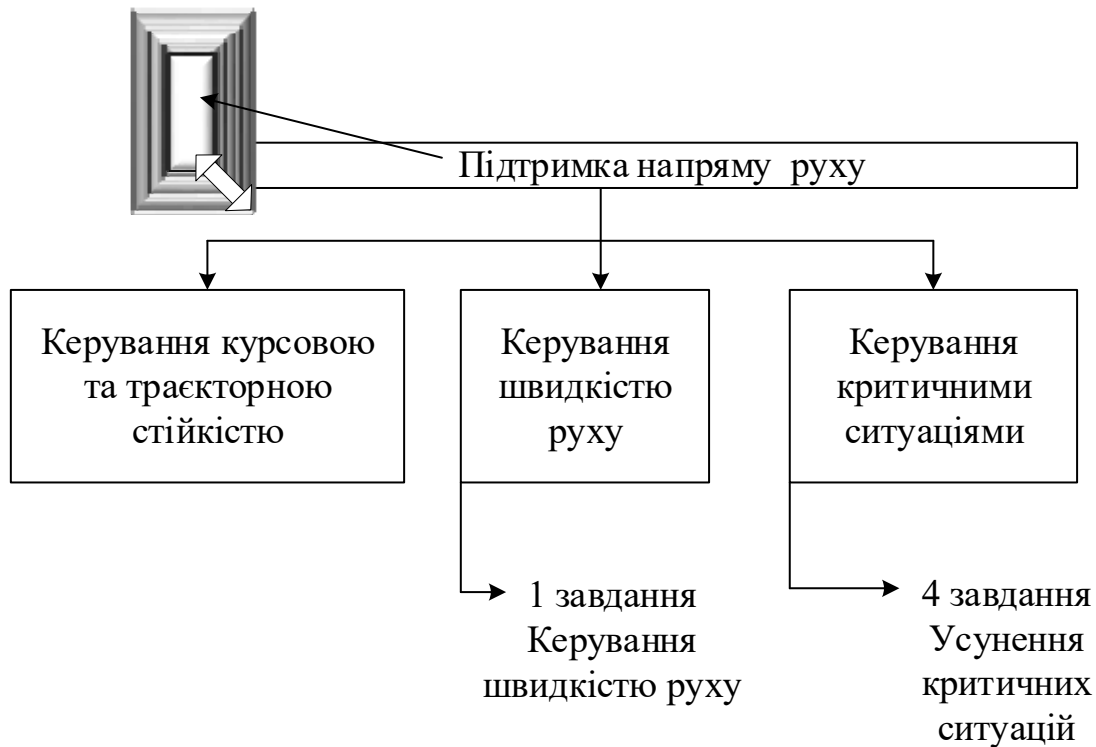


Рисунок 1.11 – Структура завдання підтримки напрямку руху

Електронні системи рульового керування можна розділити на два типи за ступенем незалежного впливу на орган керування: пасивні та активні. Пасивні системи самостійно не мають можливості впливати на органи рульового керування, а керують підсилювачами рульового механізму і знижують наслідки неправильних дій водія.

1.9.3 Завдання підтримки рухливості

Головним завданням керування ТЗ є завдання підтримки рухливості. Під рухливістю розуміється здатність транспортно-технологічної системи виконувати поставлене завдання незалежно від умов навколишнього середовища на дорозі і від стану самої машини. Система підтримки надійності може бути представлена як сукупність взаємодій декількох систем (рис. 1.12).

Завдання підтримки рухливості можна поділити на три основні: підтримка швидкості руху; підтримання курсової орієнтації; завдання усунення критичних ситуацій.

Таким чином, рухливість можна визначити, як інтегральну експлуатаційну властивість транспортно-технологічних машин (ТТМ), що визначає здатність ТТМ виконувати поставлене завдання з максимальною адаптивністю до умов експлуатації та стану самої машини. Визначення містить дві характеристики, щодо яких формується виконання транспортно-технологічної операції: умови експлуатації і стан машини.

Керування станом машини пов'язано з підтриманням її життєздатності, і головним у цьому процесі є забезпечення надійності.

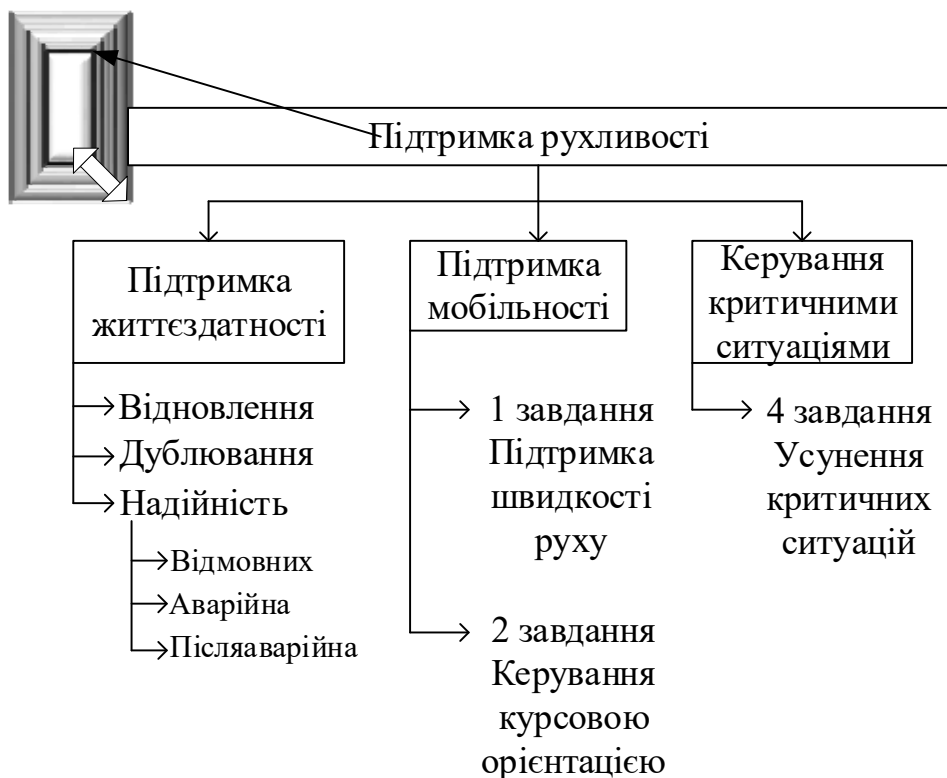


Рисунок 1.12 – Структура завдання підтримки рухливості ТЗ

При створенні ТТМ конструктори йдуть по шляху підвищення надійності систем і агрегатів за допомогою дублювання або підвищення запасу надійності і ресурсу.

Одним із способів збереження життєздатності ТТМ в екстремальних умовах є вибір раціональної схеми конструкції при конструюванні.

Методи дублювання і відновлення вступають в силу в тих випадках, коли з якої-небудь причини втрачена працездатність машини, що забезпечується її надійністю. При цьому слід розрізняти часткову і повну втрату працездатності. Дублювання, якщо це передбачено конструкцією машини, включається в роботу на етапі часткової втрати працездатності, а відновлення – при повній.

Принцип дії заснований на підключенні дублюючої аналогічної системи при виході з ладу основної. У електрогідравлічній гальмівній системі Sensotronic Brake Control – SBC (Mercedes-Benz), в якій відсутній жорсткий зв'язок між педаллю гальма і виконавчим механізмом (гальмування «по дротах») при втраті електрозабезпечення гідросистема продовжує працювати за рахунок додаткового джерела енергії. Іншим прикладом використання методу дублювання може служити система активного рульового керування AFS в електронний блок якої встановлено дублюючий процесор.

Таким чином, в формалізованому вигляді рухливість можна представити, як сукупність експлуатаційної та відмовної надійності ТТМ, які безпосередньо пов'язані з умовами експлуатації (рис. 1.13).

Основним завданням інженера-конструктора і головного спеціаліста по надійності, тобто проектувальників ТТК, є вибір найкращих параметрів

конструкції машини з урахуванням таких факторів, як надійність, довговічність, міцність, матеріаломісткість, ергономічність, екологічність (в широкому сенсі, включаючи безпеку), естетичність, економічність, технологічність, ремонтпридатність, зручність обслуговування, а також умови експлуатації та специфічні вимоги, що пред'являються до ТТМ.

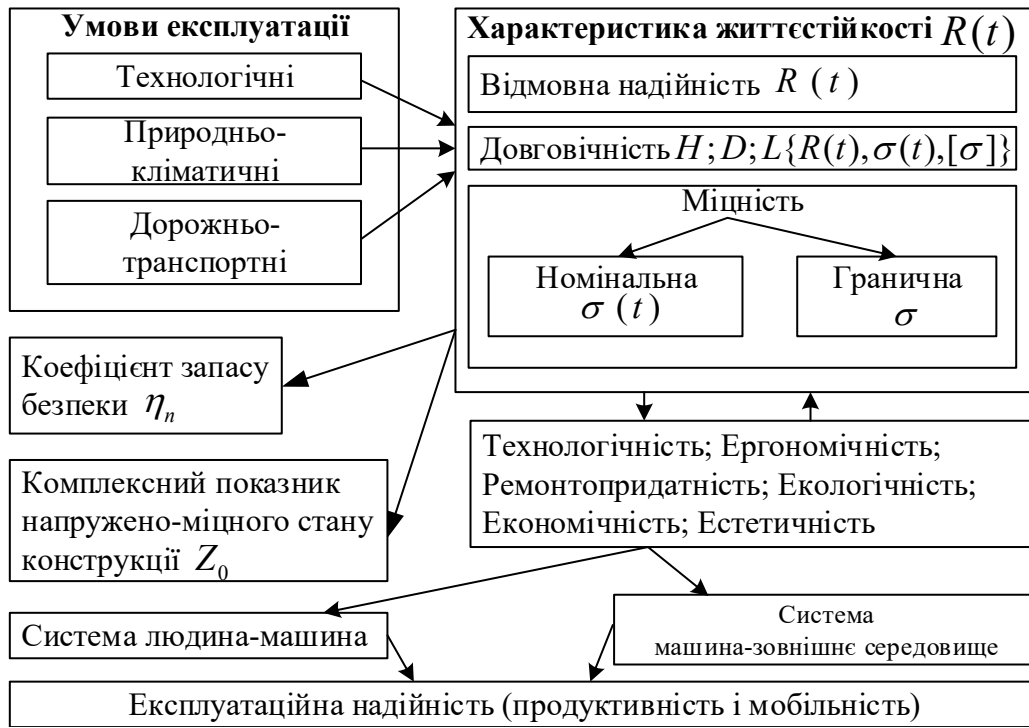


Рисунок 1.13 – Схема взаємозалежності відмовної надійності та інших факторів

Прийнято надійність розділяти на три рівні її забезпечення:

1) *визначає* – рівень надійності, який закладається конструктором при проектуванні;

2) *забезпечує* – закладається технологом при виготовленні деталей, систем та агрегатів. Технолог може забезпечити лише те, що заклав конструктор при розробці виробу;

3) *підтримує* – рівень надійності забезпечується під час експлуатації ТЗ. Даний рівень підтримує те, що заклав конструктор і забезпечив технолог.

Системи життєзабезпечення – це такі системи функціонування ТЗ, які дозволяють підтримувати мінімально необхідну конфігурацію систем і агрегатів машини для забезпечення виконання транспортно-технологічного завдання.

Наприклад, розглянемо принцип дії системи контролю тиску в шинах (Tire Pressure Monitoring System – TPMS).

Основною причиною розриву шини є поступова втрата повітря, часто викликана недостатнім контролем тиску в шинах. У кожне колесо автомобіля вбудований датчик, який визначає в кожен даний момент часу значення величини тиску повітря в шині з урахуванням її температури. Дана інформація надходить в ЕБК системи TPMS. При досягненні критичної величини тиску повітря система попереджає про це водія за допомогою сигнальної лампи на панелі приладів.

1.9.4 Завдання усунення критичних ситуацій

Зростання інтенсивності автомобільного руху в умовах сформованої в нашій країні дорожньої мережі висуває ряд проблем, пов'язаних з розробкою заходів щодо забезпечення максимальної безпеки автомобільного транспорту.

Структурну схему завдання усунення критичних ситуацій представлено на рис. 1.14.



Рисунок 1.14 – Структура завдання усунення критичних ситуацій

Роботи з підвищення безпеки в даний час ведуться в трьох напрямках: активна безпека, пасивна безпека та після аварійна. Це викликає зростання виробництва різних систем керування, що допомагають водієві справлятися з критичними ситуаціями.

1.10 Контрольні питання та завдання

1. У чому призначення систем автоматичного керування?
2. Що таке мікропроцесор? Що таке МПСК?
3. Чим відрізняються системи неавтоматичного та автоматичного керування?
4. Що таке ієрархія сигналів?
5. Наведіть приклади сигналів кожної ієрархічної сходинки?
6. Перерахуйте і поясніть індивідуальні системи автоматичного керування автомобіля і трактора?
7. Що таке автоматичне керування в техніці?
8. Що входить до складу систем автоматичного керування автомобіля?
9. Що входить до складу систем автоматичного керування трактора?
10. Проаналізуйте техніко-економічні показники електронних систем автоматизації?
11. Що входить до завдання керування транспортним засобом?

2 МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛІВ

Наразі спостерігається абсолютно новий підхід до технічного розвитку автомобіля, організації і технології його виробництва. Науково-технічні тенденції полягають у зменшенні витрат палива і зниження шкідливих викидів, розробці надлегкого автомобіля, підвищення безпеки, якості, надійності та довговічності, а також розвитку інтелектуальних автомобільно-дорожніх систем.

2.1 Системи керування енергетичною установкою

Керування двигуном необхідно розглядати одночасно з керуванням автомобілем. Швидкісні і навантажувальні режими роботи двигуна залежать від швидкісних режимів руху автомобіля в різних умовах експлуатації, які включають в себе розгони та уповільнення, рух з постійною швидкістю та зупинки.

Водій змінює швидкісний і навантажувальний режим двигуна впливаючи на дросельну заслінку. Вихідні характеристики двигуна при цьому залежать від складу паливо-повітряної суміші, моменту подачі палива в циліндри і кута випередження запалювання, керування якими здійснюється автоматично з урахуванням режимів роботи двигуна і складу відпрацьованих газів [7].

Перший серійний автомобіль з впорскуванням бензину був випущений в 1954 р. (Daimler-Benz).

Застосування систем впорскуванням палива замість традиційних карбюраторів забезпечує підвищення паливної економічності, зниженню токсичності відпрацьованих газів, поліпшення динамічних якостей автомобілів.

За допомогою датчиків електронної системи визначаються показники режимів роботи двигуна і автомобіля (кількість повітря, що надходить в циліндри; положення дросельної заслінки; температуру повітря у впускному трубопроводі, температуру охолоджуючої рідини двигуна, частоту обертання колінчастого валу тощо), які перетворюються в електричний сигнал і передаються в електронний блок керування (ЕБК). Відповідно до закладеної програми ЕБК обробляє отримані сигнали і видає команди виконавчим пристроям (форсунки, регулятор холостого ходу, реле включення вентилятора, свічки запалювання та ін.).

За місцем впорскування палива системи керування двигуном можна класифікувати наступним чином:

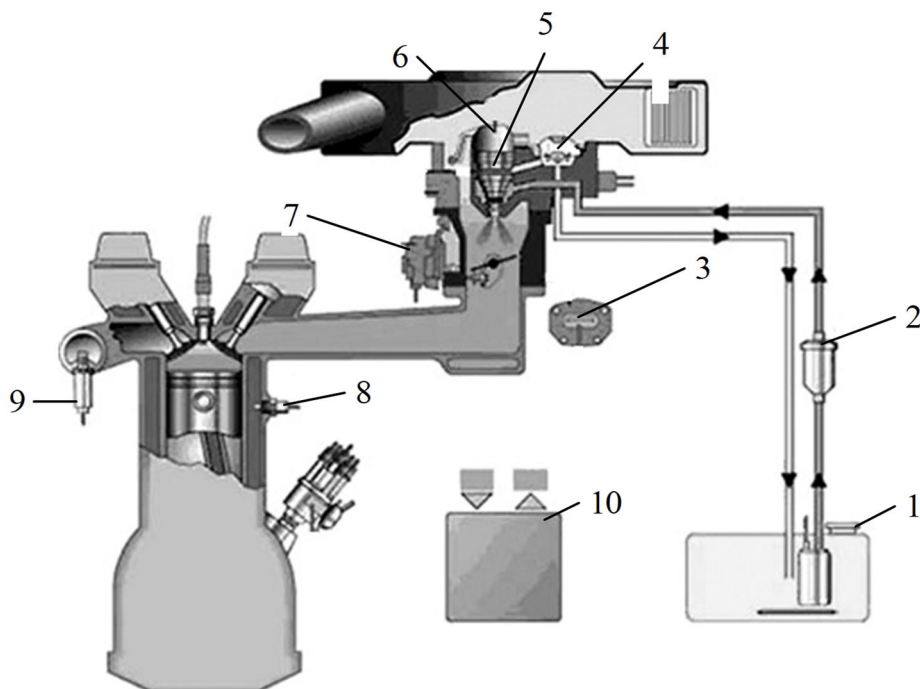
- центральне одноточкове (моно) впорскування з єдиною механічною або електромагнітною форсункою, розташованою у впускному колекторі. Відомі конструкції: Bosch «Mono-Jetronic» – центральне одноточкове впорскування палива (Volkswagen, Audi). Mono-Motronic – комплексна система керування бензиновим двигуном. Інтеграція системи запалювання і системи моноприску палива;
- розподільне впорскування з числом форсунок, що відповідає кількості циліндрів, які розташовуються у впускному колекторі перед впускними клапанами. Відомі конструкції: L-Jetronic, LE-Jetronic – розподільне

впорскування палива. М-Motronic (ВАЗ, ГАЗ), ME-Motronic – інтеграція системи запалювання і системи розподіленого впорскування;

- безпосереднє впорскування в циліндри. Відомі конструкції: Gasoline Direct Injection (GDI, Mitsubishi); Fuel Stratified Injection (FSI, Volkswagen); Mercedes (CGI), BMW (HPI), Toyota (JIS).

2.1.1 Система центрального впорскування

При роботі двигуна сигнали від датчиків надходять в електронний блок керування. За сукупністю сигналів та інформацією по еталонні характеристики впорскування блок керування обчислює початок і тривалість відкриття центральної форсунки. Відповідно до розрахункових даних подається сигнал на електромагнітну котушку форсунки. Запірний клапан відкривається. Бензин через сопло під тиском розпилюється у впускному колекторі і змішується з повітрям. Утворена паливо повітряна суміш подається в камери згоряння двигуна. Приклад конструкції системою центрального впорскування наведено на рис. 2.1.



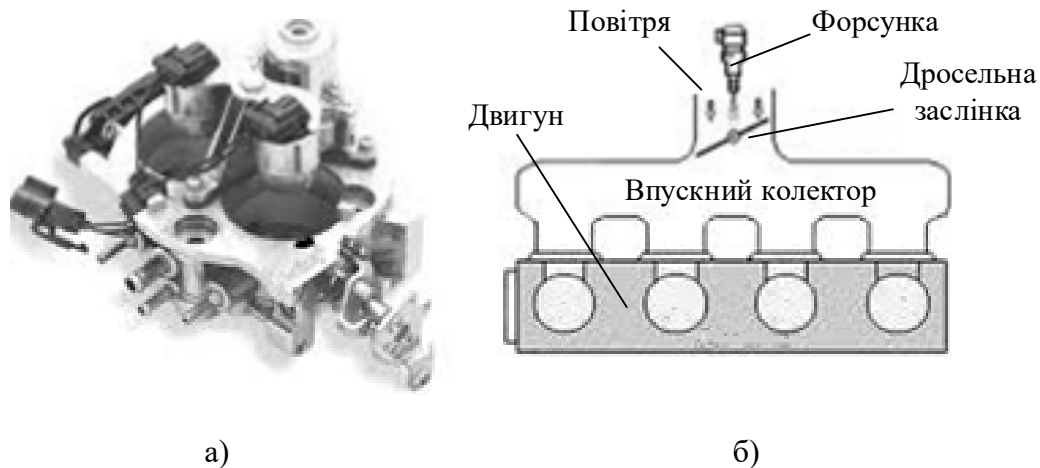
1 – електричний паливний насос; 2 – паливний фільтр; 3 – потенціометр дросельної заслінки; 4 – регулятор тиску; 5 – форсунка; 6 – датчик температури повітря; 7 – активатор холостого ходу дросельної заслінки; 8 – датчик температури двигуна; 9 – лямбда-зонд; 10 – електронний блок керування

Рисунок 2.1 – Система центрального впорскування палива [7]

Широке поширення отримали комплексні системи керування бензиновим двигуном, до складу яких входять компоненти електроіскрового запалювання і центрального одноканального впорскування палива (рис. 2.2).

У верхній частині моноблока встановлено електромагнітну форсунку (рис. 2.2, а). Паливо до форсунки підводиться по спеціальному каналу,

виконаному в корпусі моноблока. Для підтримки необхідного тиску в системах центрального впорскування використовується вбудований регулятор тиску, що перепускає надлишки палива по трубопроводу назад в бак. Так як паливна форсунка розташована перед дросельною заслінкою, практично на місці жиклера карбюратора в системах центрального впорскування підтримується тиск близько 0,08...0,12 МПа. Принцип роботи і пристрій регулятора аналогічні регуляторам, застосовуваним в електронних системах розподіленого впорскування, однак, на відміну від цих систем, порожнину над діафрагмою з'єднується ні з задроссельним простором, а з атмосферою (з порожниною за повітряним фільтром). Це пояснюється тим, що форсунка розташована над дросельною заслінкою, тобто в зоні практично постійного тиску, тому перепад тиску на форсунці не змінюється (рис. 2.2 РИСУНОК 2.2, б). У знеструмленому стані клапан притиснутий пружиною до сідла і перекриває доступ палива до отворів розпилювача.



а) карбюратор з системою центрального однокочкового впорскування; б) схема подачі паливо-повітряної суміші в циліндри двигуна

Рисунок 2.2 – Система центрального однокочкового впорскування палива [7]

Коли від блоку керування на котушку надходить імпульс, магнітне поле, що утворюється всередині котушки, піднімає якір вгору, зменшує тиск пружини на клапан. Паливо, що знаходиться всередині корпусу форсунки, піднімає клапан і під тиском, підтримуваним регулятором, розпилюється в корпус дросельної заслінки через отвори. Зазвичай форсунка має шість отворів, орієнтованих в різні боки. Дрібне розпилювання палива забезпечується за рахунок завихрення потоку палива в отворах розпилювача. Кут впорскування вибирається таким, щоб паливо прямувало в щілину між дросельною заслінкою і корпусом дросельної заслінки.

Система Mono-Jetronic, не має витратоміра повітря, тому співвідношення мас повітря і палива тут менш точне і визначається тільки положенням дросельної заслінки, температурою повітря на впуску та частотою обертання колінчастого валу.

Пристрій, що визначає положення дросельної заслінки, являє собою в цій системі не вимикач з контактами (холостого ходу, часткового навантаження, повного навантаження), а потенціометр, який інформує електронний блок

керування про стан заслінки в даний момент часу.

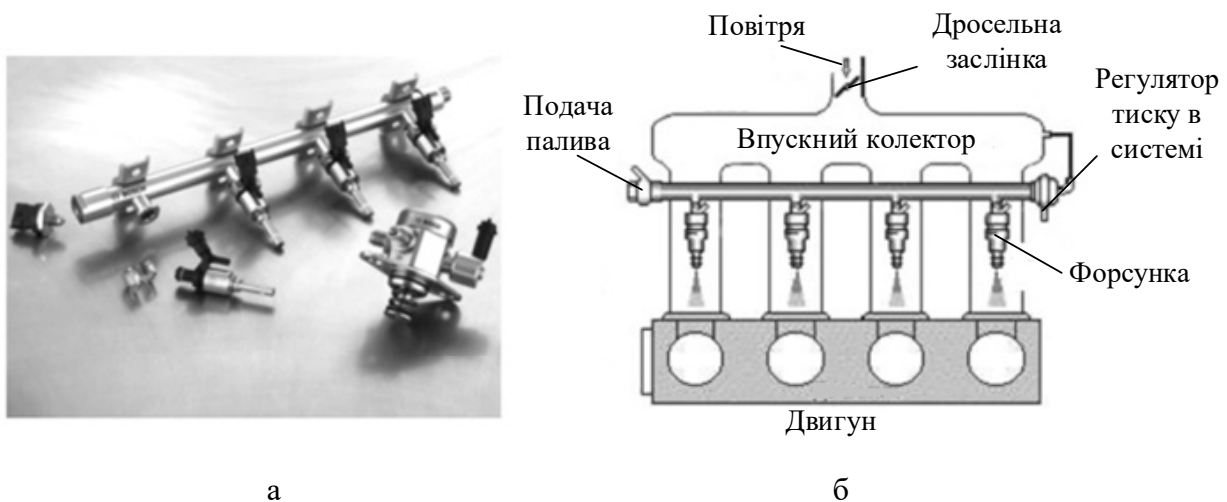
Дозування палива здійснюється за трьома параметрами:

- положення дросельної заслінки;
- температурі повітря на впуску;
- частоті обертання колінчастого валу двигуна.

Коригування дозування при холодному пуску й прогрівання здійснюється електронним блоком керування по сигналам, що отримуються від датчиків температури повітря на впуску, охолоджуючої рідини і потенціометра дросельної заслінки. Останній коректує дозування і при повному навантаженні. Коригування по токсичності відпрацьованих газів йде за сигналами лямбда-зонда. Зміна дозування відбувається за рахунок збільшення або зменшення часу упорскування при постійному тиску палива.

2.1.2 Система розподільного впорскування

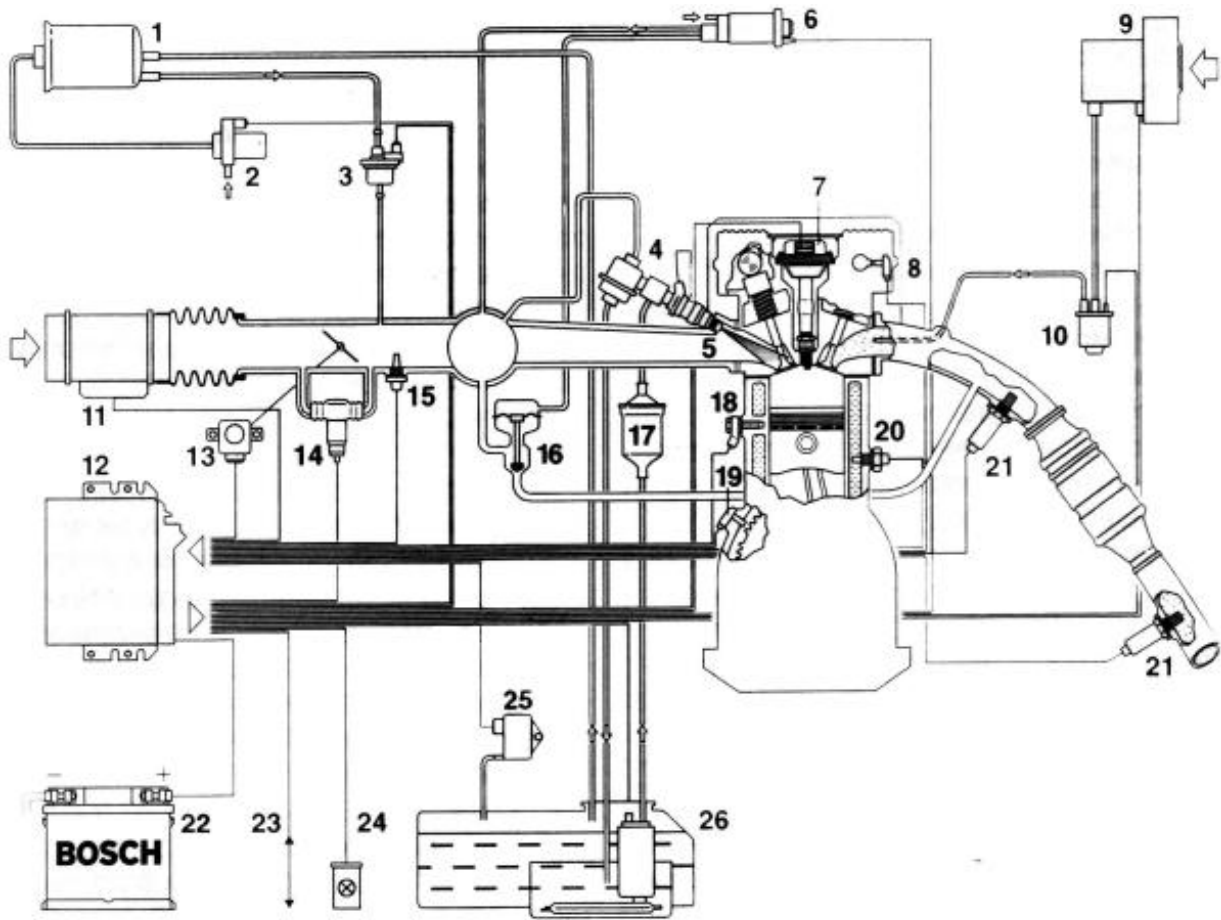
Розподільне впорскування – це впорскування з числом форсунок, що відповідає числу циліндрів та розташовані у впускному колекторі перед впускними клапанами (при розподіленому впорскуванні на кожен циліндр застосовується своя форсунка. Розподільне впорскування поділяється на: одночасне, попарно-паралельне, фазоване) (рис. 2.3, а).



а – елементи системи розподільного впорскування; б – схема подачі паливо-повітряної суміші в циліндри двигуна

Рисунок 2.3 – Система розподільного впорскування [7]

У системах розподільного впорскування палива, зовнішнє сумішоутворення паливо-повітряної суміші відбувається в безпосередній близькості від впускних клапанів (рис. 2.3, б). Паливо краще випаровується, мінімізовано вплив конструкції впускного колектора на рівномірність розподілу суміші по циліндрах, патрубки впускного колектора транспортують лише повітря. Схема системи розподільного впорскування наведено на рис. 2.4.



1 – адсорбер; 2 – клапан впускання повітря до адсорберу; 3 – клапан регенерації продувки; 4 – регулятор тиску палива; 5 – форсунка; 6 – регулятор тиску; 7 – котушка запалювання та свічка; 8 – датчик фаз ГРМ; 9 – допоміжний повітряний насос для подачі додаткових порцій повітря; 10 – допоміжний повітряний клапан; 11 – витратомір повітря; 12 – електронний блок керування; 13 – датчик положення дросельної заслінки; 14 – регулятор холостого ходу; 15 – датчик температури повітря на впуску; 16 – клапан системи рециркуляції відпрацьованих газів; 17 – паливний фільтр; 18 – датчик детонації; 19 – датчик частоти обертання колінчастого валу; 20 – датчик температури охолоджуючої рідини; 21 – лямбда-зонд (датчик кисню); 22 – акумуляторна батарея; 23 – діагностичний роз'єм; 24 – діагностична лампочка; 25 – датчик диференціального тиску; 26 – електричний паливний насос

Рисунок 2.4 – Схема системи розподіленого впорскування

У систему розподіленого впорскування можуть надходити такі дані: увімкнене запалювання, положення фаз ГРМ, частота обертання колінчастого валу, швидкість руху автомобіля, діапазон зміни передавального відношення (в разі наявності автоматичної трансмісії), номер включеної передачі, інформація про включення кондиціонера, напруга акумуляторної батареї, температура повітря на впуску, витрата повітря, положення дросельної заслінки, напруга сигналу кисневого датчика, сигнал датчика детонації.

Вхідні каскади електронного блоку керування здійснюють підготовку сигналів, що надійшли від датчиків, які характеризують режимні параметри. Мікропроцесор обробляє ці дані, визначає робочий режим двигуна і розраховує параметрів необхідних керуючих сигналів, які передаються на вихідні каскади посилення, а потім надходять до виконавчих пристроїв. Виконавчі пристрої

впливають на характеристики систем живлення і запалювання, забезпечуючи точне дозування палива і оптимальний момент запалювання.

У системах розподільного впорскування передбачені також додаткові функції системи. Необхідність в додаткових функціях керування і регулювання обумовлена жорсткими вимогами до складу відпрацьованих газів, а також прагненням забезпечити найбільший комфорт і точне відповідність потужності двигуна умов руху. В даний час використовуються наступні додаткові функції:

- регулювання частоти обертання колінчастого валу на холостому ході;
- регулювання подачі палива зі зворотним зв'язком за складом суміші;
- керування кутом випередження запалювання по детонації;
- керування рециркуляцією відпрацьованих газів для зниження викиду оксидів азоту (NO_x);
- керування турбокомпресором;
- керування довжиною впускних каналів;
- регулювання фаз газорозподілу відповідним впливом на газорозподільний механізм;
- обмеження подачі палива при досягненні заданої частоти обертання колінчастого валу.

Для будь-яких систем впорскування з електронним керуванням датчика положення дросельної заслінки є обов'язковим. Він в найпростіших системах є основним джерелом інформації про навантаження двигуна. Разом з тим велике значення має датчик тиску, що пневматично з'єднаний з впускним трубопроводом, який визначає абсолютний тиск в ньому. Для визначення навантаження двигуна особливо важливо виміряти кількість повітря, що надходить до двигуна.

2.1.3 Система безпосереднього впорскування

Безпосереднє впорскування (D4, GDI, DI, FSI) – впорскування палива безпосередньо у циліндр двигуна, а не у впускний колектор. Двигуни з таким типом впорскування більш екологічні та економічні. Кожен виробник позначає таку систему своєю аббревіатурою.

Першою фірмою яка застосувала двигун з безпосереднім впорскуванням на серійному автомобілю є компанія Mitsubishi. Тому розглянемо конструкцію та принципи дії безпосереднього впорскування на прикладі двигуна GDI (Gasoline Direct Injection).

Розглянемо основні конструктивні відмінності GDI від звичайного впорскування. Паливний насос високого тиску (ПНВТ) є механічним насосом (подібний ПНВТ дизельного двигуна), який розвиває тиск в 5 МПа (у інжекторного двигуна електронасос в баку створює в магістралі тиск близько 0,3...0,35 МПа).

Форсунки високого тиску з вихровими розпилювачами утворює форму паливного факела відповідно до режиму роботи двигуна. На режимі максимальної потужності впорскування відбувається на такті впуску і утворюється кінцевий паливно повітряний факел. При роботі двигуна на бідних

сумішах впорскування відбувається в кінці такту стиску і формується компактний паливно повітряний факел, який увігнуто днище поршня направляє прямо до свічки запалювання.

У днищі поршня особливої форми зроблена виїмка за допомогою якої паливно повітряна суміш направляється в район свічки запалювання та утворюється зона локального збагачення паливо-повітряної суміші.

На двигуні GDI застосовані вертикальні впускні канали, які забезпечують формування в циліндрі «зворотного вихору», направляючи паливно повітряну суміш до свічки і покращуючи наповнення циліндрів повітрям (у звичайного двигуна вихор в циліндрі закручений в протилежну сторону).

Компанія Mitsubishi стала піонером в застосуванні безпосереднього впорскування палива. На сьогоднішній день аналогічну технологію використовують Mercedes (CGI), BMW (HPI), Volkswagen (FSI, TFSI, TSI) і Toyota (JIS). Головний принцип роботи цих систем живлення аналогічний – подача бензину не у впускний тракт, а безпосередньо в камеру згоряння і формування пошарового або однорідного сумішоутворення у різних режимах роботи двигуна. Але подібні паливні системи мають і відмінності, причому іноді досить істотні. Основні з них – робочий тиск в паливній системі, розташування форсунок та їх конструкція.

Абревіатура FSI розшифровується як Fuel Stratified Injection, що в перекладі з англійської означає «пошарове впорскування палива». Паливна апаратура двигуна з системою впорскування FSI зроблена за аналогією з дизельними агрегатами: насос високого тиску нагнітає бензин в паливну рампу, загальну для всіх циліндрів. Паливо впорскується безпосередньо в камеру згоряння через форсунки з електромагнітними клапанами. Команда на відкриття кожної форсунки подається з електронного блоку керування, а фази її роботи залежать від обертів та навантаження двигуна (рис. 2.5).

Переваги бензинового двигуна з прямим впорскуванням:

- завдяки форсункам з електромагнітними клапанами можливо впорскування точно дозованої кількості палива в камеру згоряння в певний час;
- зміна фаз впускного розподільного валу на 40° забезпечує хорошу тягу на низьких і середніх обертах;
- використання рециркуляції вихлопних газів зменшує емісію токсичних речовин;
- двигуни з прямим впорскуванням FSI на 15% економніше бензинових двигунів з традиційною системою впорскування.

Система представлена на початку 2000 р. Як і в системі GDI для японського ринку, FSI може працювати в двох режимах – економічному (при малих і середніх навантаженнях) і звичайному (високі навантаження). В економічному (рівномірний рух на швидкостях до 120 км/год) впорскування палива відбувається на такті стиску, а в звичайному режимі – на такті впуску, як і в системі живлення з розподілим впорскуванням.

Підвищений тиск впорскування 10 МПа забезпечує більш своєчасну подачу палива та якісне сумішоутворення. Збільшено нахил форсунки, а впускний канал розділений спеціальною перегородкою на дві частини. Повітря

може надходити або через одну частину його перетину або через обидві. На малих обертах потік повітря проходить через одну половинку каналу, що дозволяє збільшити його швидкість для отримання кращого завихрення потоку. На великих обертах перегородка відкривається, повітря надходить через весь канал і швидкість потоку залишається приблизно такою ж, як і на малих обертах.

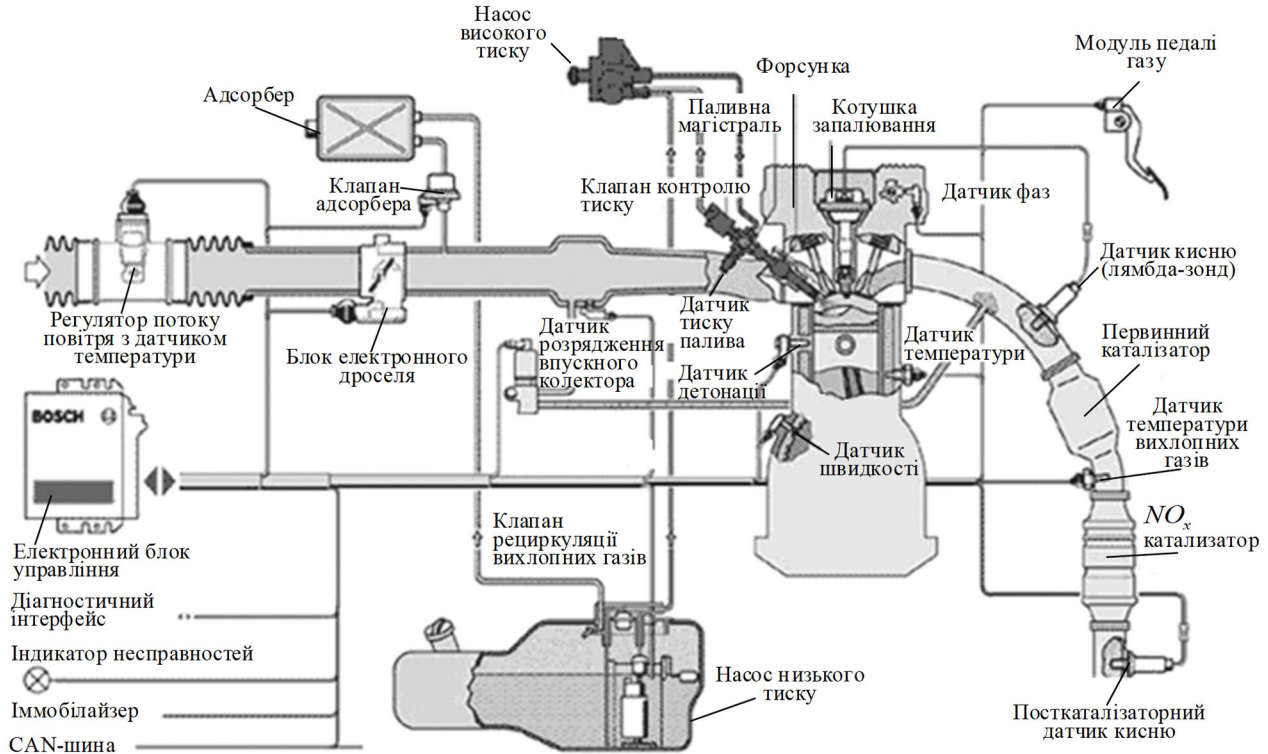


Рисунок 2.5 – Система безпосереднього впорскування палива [7]

Якщо порівняти двигуни Volkswagen робочим об'ємом 1,4 л з розподіленим і безпосереднім впорскуванням, що встановлюються на VW Polo, то двигун FSI на 11к.с. потужніше (86 к.с. проти 75 к.с.) і забезпечує меншу витрату палива (4,7-7,7 л проти 5,8-10,2 л/100 км).

2.1.4 Система живлення Common Rail

Найбільш відома система керування дизельним двигуном є система Common Rail.

Дизельні двигуни не мають дросельної заслінки. Замість цього процес згоряння контролюється наступними факторами:

- синхронізацією впорскування палива;
- тривалістю впорскування;
- картою впорскування по форсункам.

За допомогою електронного блоку керування в системах Common Rail можна контролювати кожен фактор індивідуально.

Система Common Rail складається з трьох основних частин: контуру низького тиску, контуру високого тиску і датчиків (рис. 2.6).

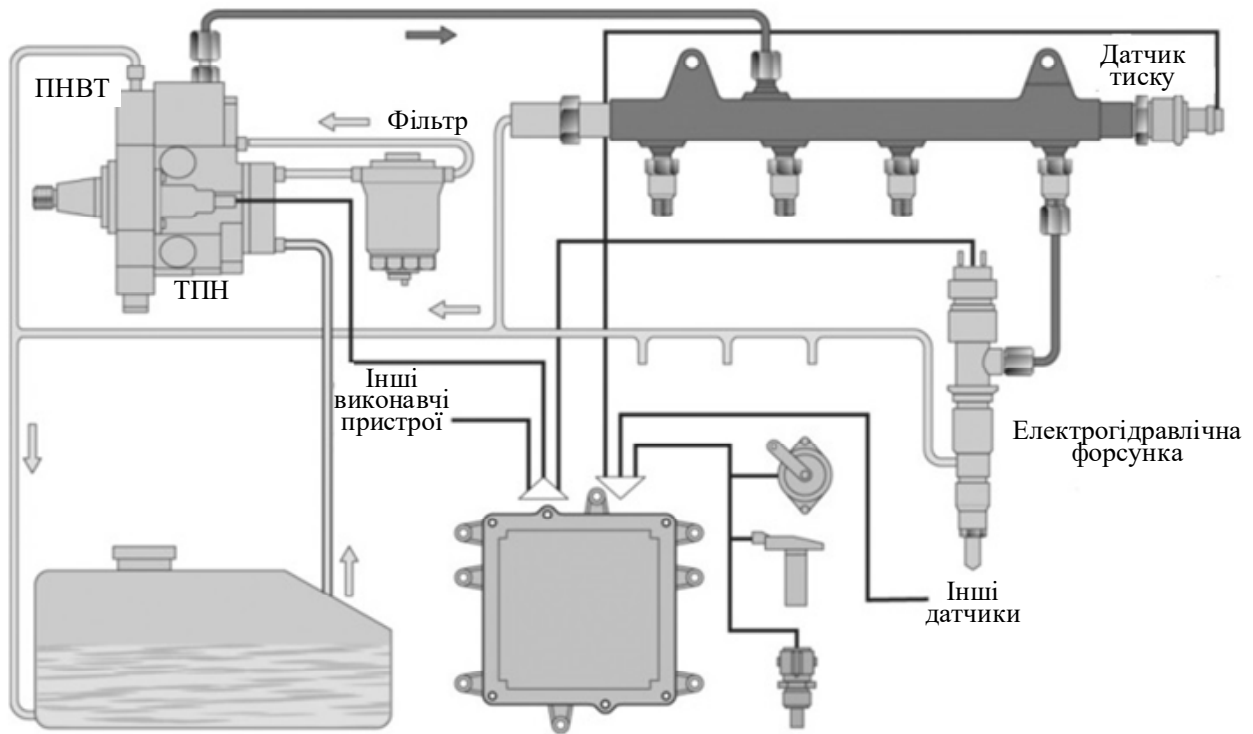
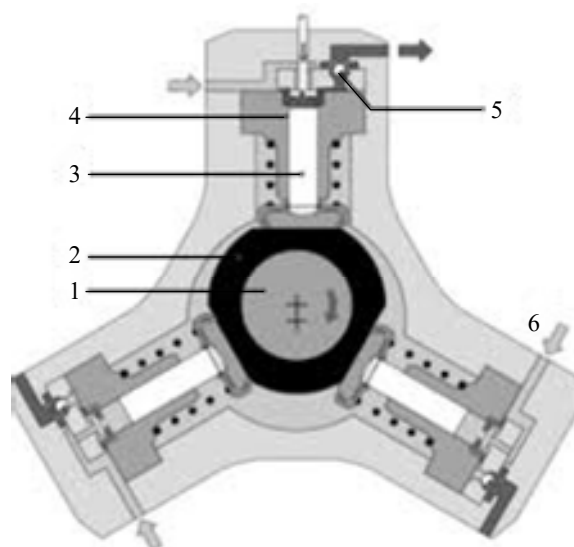


Рисунок 2.6 – Приклад системи живлення дизельного двигуна Common Rail [8]

У контур низького тиску входять: паливний бак, підкачуючий насос, паливний фільтр та трубопроводи.

Контур високого тиску складається з насоса високого тиску (замінює традиційний ПНВТ) з керуючим клапаном (рис. 2.7), акумуляторного вузла високого тиску (рампи) з датчиком, який контролює тиск палива, форсунок та трубопроводів високого тиску. Акумуляторний вузол являє собою довгу трубу з поперечно розташованими штуцерами для приєднання форсунок і виконаний двошаровим (внутрішній шар виготовлений з хімічно інертного матеріалу).



1 – вал приводу; 2 – кулачок; 3 – насосний елемент з плунжером; 4 – впускний клапан; 5 – випускний клапан; 6 – вхід палива

Рисунок 2.7 – Паливний насос високого тиску системи Common Rail [8]

Електронний блок керування системи Common Rail отримує електричні сигнали від наступних датчиків: положення колінчастого валу, положення розподільного валу, переміщення педалі газу, тиску наддуву, температури повітря, температури охолоджуючої рідини, масової витрати повітря і тиску палива (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Елементи системи живлення Common Rail [8]

Датчики визначають значення відповідних фізичних величин, а ЕБК на основі отриманих сигналів обчислює необхідну кількість палива, що подається, дає команду на початок впорскування, визначає тривалість відкриття форсунки, коригує параметри впорскування та керує роботою всієї системи.

У контурі низького тиску підкачуючий насос нагнітає паливо з бака, пропускає його через фільтр, в якому затримуються забруднення та доставляє його до контуру високого тиску.

У контурі високого тиску насос високого тиску подає паливо в акумуляторний вузол, де воно знаходиться при максимальному тиску 160 МПа. Тиск підтримується в акумуляторі за допомогою керуючого клапана. Якщо керуючий клапан насоса високого тиску відкривається по команді ЕБК, паливо від насоса по зливному трубопроводу надходить в паливний бак.

Кожна форсунка з'єднується з акумуляторним вузлом окремим трубопроводом високого тиску, а всередині форсунки є керуючий клапан. При отриманні електричного сигналу від ЕБК форсунка починає впорскування палива у відповідний циліндр. Впорскування палива триває, поки електрокеруючий клапан форсунки не відключиться по команді блоку керування. ЕБК визначає момент початку впорскування і кількість палива, отримуючи дані від датчиків і порівнюючи отримані значення зі спеціальною програмою, що закладена у пам'ять комп'ютера. Крім того, блок виконує постійний контроль працездатності системи.

Оскільки в акумуляторному вузлі паливо знаходиться при постійному і високому тиску, це дає можливість впорскування невеликих і точно вимірних порцій палива. З'явилася можливість впорскування попередньої порції палива

перед основною, що дає можливість значно поліпшити процес сумішоутворення і згоряння. Це позитивно впливає на екологічні показники роботи ДВЗ.

2.1.5 Система зміни фаз газорозподілу

Системи зміни фаз газорозподілу за принципом дії поділяються на два типи:

- системи з поворотом розподільного валу щодо своєї осі;
- системи керування ходом клапанів.

Система Variable Valve Timing with intelligence VVT-i (Toyota) призначена для керування розподільним валом впускних клапанів в діапазоні 60° (кута повороту колінчастого валу) з метою оптимізації фаз газорозподілу відповідно до режиму роботи двигуна (рис. 2.9).

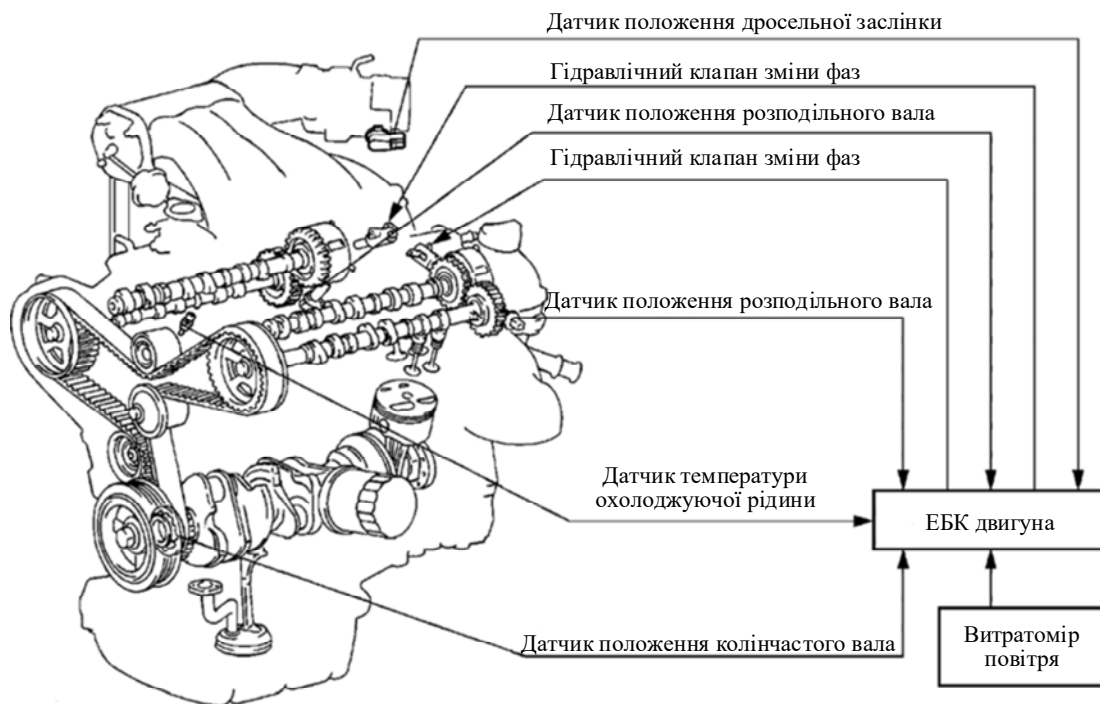


Рисунок 2.9 – Електронна система зміни фаз газорозподілу VVT-i

Система дозволяє збільшити крутний момент у всіх діапазонах частот обертання колінчастого валу двигуна, підвищити економію палива, зменшити токсичність відпрацьованих газів.

На основі даних про частоту обертання колінчастого валу, обсязі повітря на впуску, положення дросельної заслінки, температури охолоджуючої рідини ЕБК двигуна може обчислити оптимальні фази газорозподілу для будь-якого режиму руху і використовувати ці дані для керування гідравлічним клапаном зміни фаз (рис. 2.10). Крім того, ЕБК двигуна визначає фактичні фази газорозподілу, використовуючи сигнали датчиків положення розподільного і колінчастого валів, як сигнали зворотного зв'язку, що дозволяє точно встановлювати необхідні фази газорозподілу (рис. 2.11).

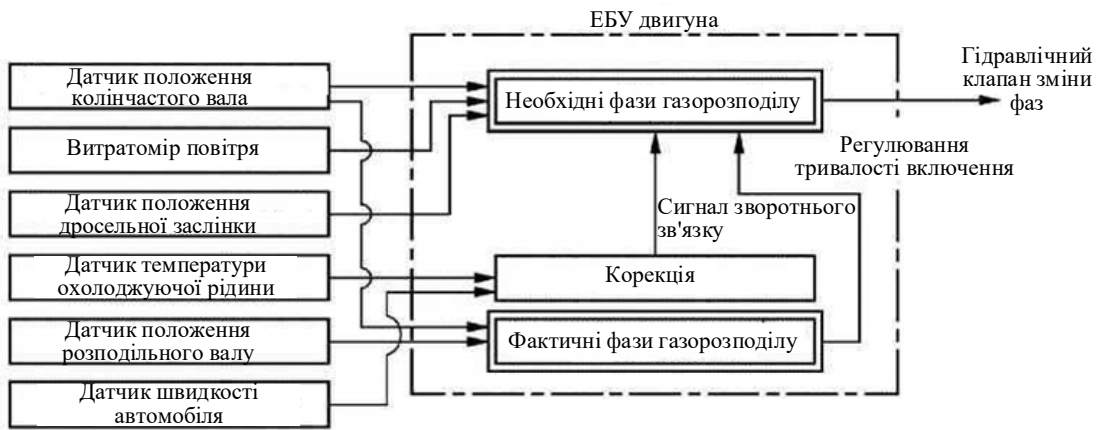


Рисунок 2.10 – Схема системи зміни фаз газорозподілу VVT-i [7]

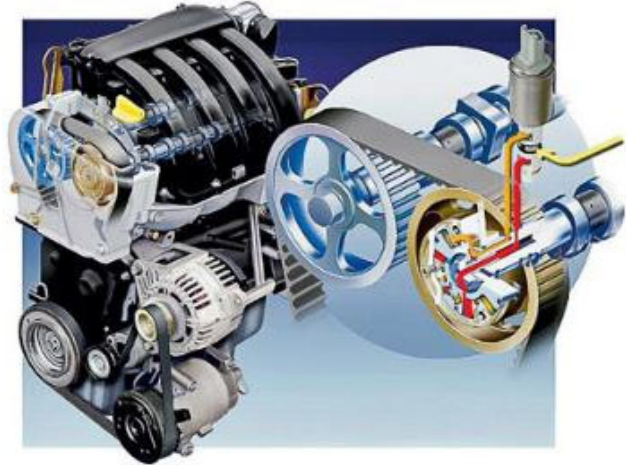
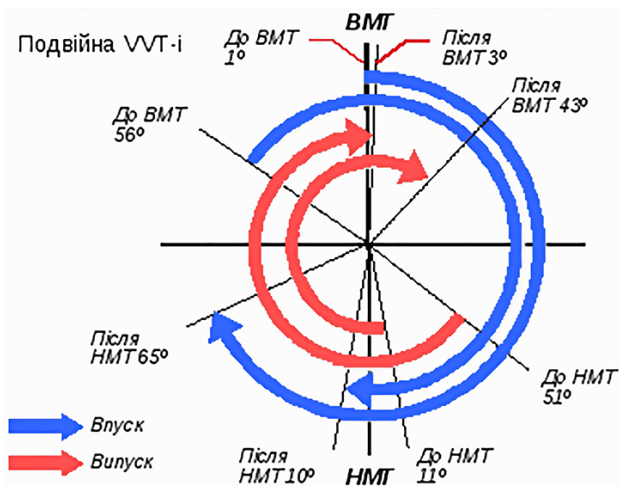


Рисунок 2.11 – Регулювання фаз газорозподілу [8]

Виконавчий механізм системи VVT-i складається з корпусу, що приводиться в рух розподільним валом випускних клапанів, направляючого елемента, сполученого з розподільним валом впускних клапанів (рис. 2.12).

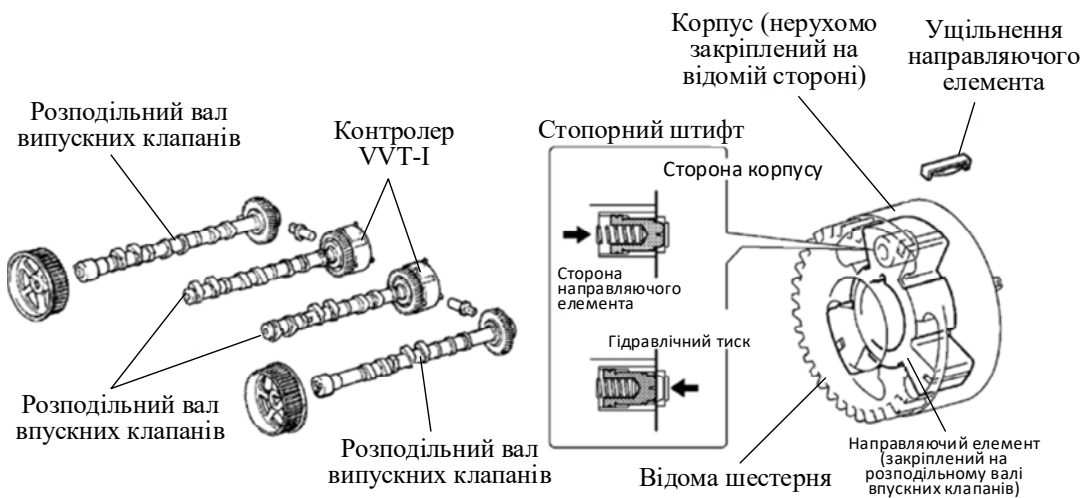


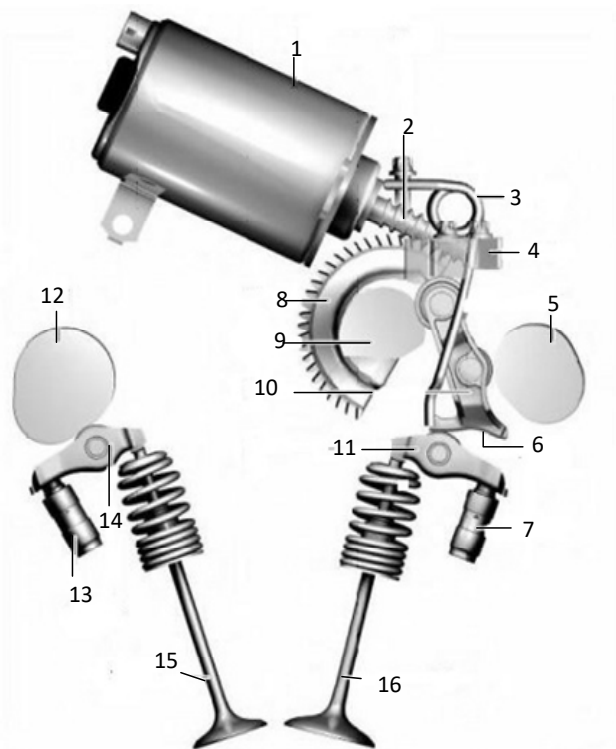
Рисунок 2.12 – Виконавчий механізм системи VVT-i

Тиск масла, що надходить з каналу випередження і каналу запізнювання розподільного валу впускних клапанів, створює обертання по колу направляючого елемента контролера VVT-і, внаслідок чого безперервно змінюються фази газорозподілу впускних клапанів.

Коли двигун зупинений, розподільний вал впускних клапанів займає положення найбільшого запізнювання, що забезпечує найкращі пускові характеристики двигуна. Якщо безпосередньо після запуску двигуна на контролер VVT-і не починає діяти гідравлічний тиск, стопорний штифт блокує рух контролера VVT-і, що запобігає детонації.

Найбільш досконалий, з конструктивної точки зору, різновид системи зміни фаз газорозподілу заснований на регулюванні висоти підйому клапанів. Дана система дозволяє відмовитися від дросельної заслінки на більшості режимів роботи двигуна. Піонером у цій області є компанія BMW і її система Valvetronic. Аналогічний принцип використано і у інших системах: Valvematic від Toyota; VEL, Variable Valve Event and Lift System від Nissan; Multiair – Fiat; VTI, Variable Valve and Timing Injection – Peugeot.

У системі Valvetronic зміну висоти підйому клапанів забезпечує складна кінематична схема, у якій традиційний зв'язок кулачок-коромисло-клапан доповнений ексцентриковим валом та проміжним важелем (рис. 2.13). Ексцентриковий вал обертається електродвигуном через черв'ячну передачу.



1 – сервопривід (електродвигун); 2 – черв'ячний вал; 3 – зворотна пружина; 4 – кулісний блок; 5 – впускний розподільний вал; 6 – похила частина проміжного важеля; 7 – гідрокомпенсатор впускного клапана; 8 – черв'ячне колесо; 9 – ексцентриковий вал; 10 – проміжний важіль; 11 – коромисло впускного клапана; 12 – випускний розподільний вал; 13 – гідрокомпенсатор випускного клапана; 14 – коромисло випускного клапана; 15 – випускний клапан; 16 – впускний клапан

Рисунок 2.13 – Система Valvetronic

Обертання ексцентрикового валу змінює положення проміжного важеля, який у свою чергу, надає певний рух коромислу та відповідне йому переміщення клапана. Зміна висоти підйому клапана здійснюється безупинно залежно від режимів роботи двигуна. Система Valvetronic встановлюється лише на впускні клапани.

2.1.6 Система «Старт-стоп»

Система «Старт-стоп» призначена для економії палива, зниження шкідливих викидів і шуму за рахунок скорочення часу роботи двигуна на холостому ході. Як показує практика експлуатації автомобіля, режим холостого ходу складає до 30% від загального часу роботи двигуна. Цьому сприяють часті зупинки на світлофорах, рух в пробках. Такі режими руху є атрибутами великого міста.

До недавнього часу система «Старт-стоп» застосовувалася в основному на гібридних автомобілях. На сьогодні ситуація змінюється. Практично всі провідні автовиробники мають в своєму модельному ряду автомобілі, обладнані цією системою.

Принцип роботи системи «Старт-стоп» полягає у виключенні двигуна при зупинці автомобіля і його швидкому запуску при натисканні на педаль зчеплення (механічна коробка передач) або відпуску педалі гальма (автоматична коробка передач).

Конструктивно система «Старт-стоп» включає наступні елементи: пристрій, що забезпечує багаторазовий запуск двигуна; система керування.

Існує кілька підходів до реалізації функції багаторазового запуску двигуна: посилений стартер; реверсивний генератор (стартер-генератор); впорскування палива в циліндри і займання суміші.

Найпростішим і надійним з точки зору конструкції є система «Stop & Start» фірми Bosch (рис. 2.14). Завдяки даній системі назва «Старт-стоп» стала загальною назвою інших систем. Система «Stop & Start» встановлюється на автомобілі BMW, Audi і забезпечує зниження споживання палива та шкідливих викидів до 8%.

Основу системи складає спеціальний стартер, розрахований на велику кількість пусків двигуна і має збільшений термін служби. Стартер обладнано посиленним малощумним механізмом приводу, що гарантує швидкий, надійний та безшумний пуск двигуна.

Система керування здійснює виконання наступних функцій:

- зупинка двигуна;
- запуск двигуна;
- контроль заряду акумуляторної батареї.

Як і всі сучасні електронні системи керування, система керування «Stop & Start» включає: вхідні датчики; блок керування; виконавчі пристрої.

До вхідних датчиків належать: датчик частоти обертання колінчастого валу, датчик положення педалі зчеплення (датчик положення педалі гальма), датчик напруги акумуляторної батареї, а також інші датчики системи керування двигуном.

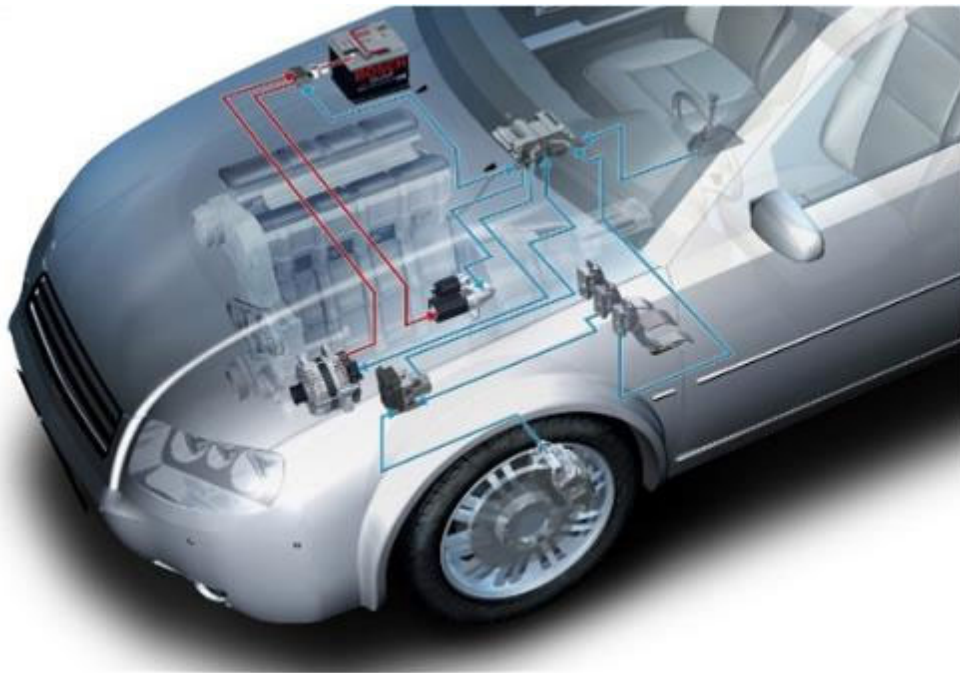


Рисунок 2.14 – Система «Stop & Start» (Bosch) [7]

Свого електронного блоку система не має, а використовує потужності блоку керування двигуном, де встановлено відповідне програмне забезпечення.

Виконавчими пристроями системи є:

- форсунки системи впорскування;
- котушки системи запалювання;
- стартер.

Робота системи «Stop & Start» здійснюється наступним чином. При зупинці автомобіля перед світлофором або в пробці система, на підставі сигналу датчика частоти обертання колінчастого валу, зупиняє двигун. Живлення споживачів електричного струму (кондиціонера, аудіосистеми тощо) подається від акумуляторної батареї. При натисканні педалі зчеплення (відпуску педалі гальма на автомобілі з автоматичною коробкою передач) система активує стартер і запускає двигун. Надалі цикл зупинки і запуску двигуна триває.

Якщо величина заряду акумуляторної батареї знижується нижче заданої величини, система на підставі сигналу відповідного датчика вимикається. Включення системи відбувається після зарядки акумуляторної батареї. Система може бути примусово відключена за допомогою спеціальної кнопки на панелі приладів.

Аналогічну конструкцію має система ISG (Idle Stop & Go) від Kia Motors [8]. Основна відмінність даної системи полягає в керуванні автомобільним генератором. При високому навантаженні на двигун для зниження споживання палива генератор відключається, при гальмуванні генератор включається і заряджається акумуляторна батарея. При зниженні потужності акумуляторної батареї нижче 75% від номінальної система вимикається. Система вимикається також при використанні кондиціонера.

Система STARS (Starter Alternator Reversible System), що випускається фірмою Valeo [7], використовує реверсивний генератор. Система встановлюється на автомобілях Citroen, Mercedes і дозволяє знизити витрату

палива до 10%.

Реверсивний генератор являє собою електричну машину змінного струму, яка в залежності від умов може виконувати функції генератора і стартера. Роботу реверсивного генератора забезпечує спеціальний приводний ремінь, що дозволяє передавати зусилля в двох напрямках. Реверсивний генератор працює безшумно і має менший час запуску (0,4 с в порівнянні з 0,8 с для звичайного стартера).

Керування системою STARS виконується за допомогою окремого електронного блоку керування, який взаємодіє з блоком керування двигуном. Склад вхідних датчиків аналогічний іншим системам «Старт-стоп».

Подальшим розвитком даної системи є використання рекуперативного гальмування для створення додаткової енергії і зниження витрати палива.

Компанія Mazda [7] розробила систему SISS (Smart Idle Stop System), яка є альтернативою іншим системам «Старт-стоп». У даній системі для багаторазового запуску двигуна використовується впорскування палива в циліндри і займання паливо-повітряної суміші. Система встановлюється на бензинові двигуни, що обладнані безпосереднім впорскуванням палива.

Для забезпечення роботи системи SISS поршні в циліндрах зупиняються в певному положенні, яке є оптимальним для подальшого запуску двигуна. З початком руху (при відпуску педалі гальма) в циліндри впорскується паливо і запалюється паливно повітряна суміш, таким чином здійснюється запуск двигуна. Під час запуску двигуна до енергії згоряння палива додається енергія стартера, який включається на нетривалий час.

Зниження витрати палива при застосуванні даної системи досягає 9%. Система SISS працює тільки з автоматичною трансмісією.

2.2 Системи керування силовою передачею

Поліпшення експлуатаційних якостей сучасної машини привело до значного ускладнення її конструкції. Оснащення машин автоматичною трансмісією дозволило знизити навантаження на водія при русі. Автоматизації керування піддалися всі основні вузли трансмісії: зчеплення, коробка передач (КП), головна передача з диференціалом, роздавальна коробка. Однак найбільшого поширення набули автоматичні трансмісії (АКП), в основі яких автоматичні коробки передач.

Можна виділити три класи автоматичних трансмісій автомобілів: автоматичні коробки передач на базі гідротрансформатора, механічні коробки передач з електронним (мехатронним) керуванням, варіаторні АКП.

2.2.1 Гідротрансформаторні автоматичні трансмісії

Гідромеханічна передача (ГМП) застосовується на автомобілях вже понад півстоліття і дає можливість полегшити керування автомобілем.

Застосування гідромеханічної передачі на автомобілях дозволяє отримати

наступні переваги [8]:

- забезпечення автоматизації перемикання передач і відсутність необхідності мати педаль зчеплення;
- підвищення прохідності автомобіля в умовах бездоріжжя за рахунок відсутності розриву потоку потужності при перемиканні передач;
- підвищення довговічності двигуна і агрегатів трансмісії за рахунок здатності гідротрансформатора знижувати динамічні навантаження.

Однак необхідно зазначити, що така трансмісія має втрату потужності та підвищену витрату палива за рахунок більш низького ККД ГМП в порівнянні з механічною коробкою передач. Гідромеханічна передача включає в себе три основні частини:

- гідротрансформатор;
- механічну коробку передач;
- систему керування.

На автомобілях ГМП вперше з'явилася в США. В 1940 р. коробку Hydramatic встановлювали на автомобілях Oldsmobile. Слід зазначити, що ще з початку 1930-х років на англійських автобусах використовувалася гідромеханічна трансмісія Wilson, яка не була автоматичною, але полегшувала роботу водія. В даний час в США ГМП забезпечуються 90% легкових автомобілів, а також всі міські автобуси і значна частина вантажних автомобілів. В Європі масове застосування ГМП почалося тільки на початку сімдесятих років минулого століття, коли ці передачі знайшли застосування в автомобілях Mercedes-Benz, Opel, BMW. В цей же час в Європі будуються спеціалізовані заводи з виробництва ГМП: фірма Borg-Warner будує завод в Англії (м. Летіфорд), Ford – в м. Бордо (Франція), GM – в м. Страсбург (Франція). В Японії з'являються відразу два спеціалізованих виробництва – Jatco і Aism-Wamer [8].

У ГМП в основному застосовуються механічні планетарні передачі, які легко піддаються автоматизації, але іноді використовують і звичайні ступінчасті коробки передач з автоматичним керуванням.

Але просто перемикати шестерні недостатньо: автомобіль не повинен розганятися ривками. Тому така коробка завжди доповнюється гідротрансформатором – він плавно змінює співвідношення між швидкостями обертання вхідного і вихідного валів (а також між крутним моментом на вході і на виході) в досить вузькому діапазоні (зазвичай від 1:1 до 1:2,3).

В сучасних АКП число ступенів збільшилася до восьми, що краще узгоджує роботу двигуна до умов руху і впливу зовнішніх факторів на динамічні характеристики автомобіля та ресурс силового агрегату.

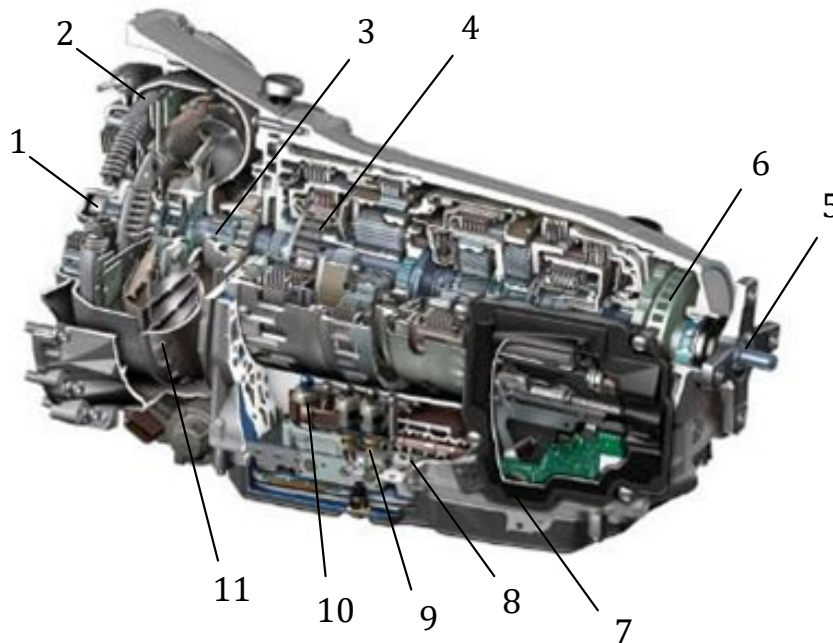
Системи керування автоматичних коробок передач, в яких застосовується лише гідравліка, витісняються системами, в яких поєднуються елементи електроніки і гідравліки (гідравлічний привід зберігається тільки у фрикційних елементах). До переваг застосування електроніки відносять: можливість встановлювати кілька різних програм перемикання передач, велика плавність включення передач, гнучкість і пристосованість до різних типів автомобілів, застосування спрощених гідравлічних ланцюгів керування і механізмів вільного

ходу. Вимірювальні перетворювачі системи визначають навантаження, положення важеля перемикачів передач, положення перемикача програм та режиму «kick-down», а також частоту обертання колінчастого валу двигуна і веденого валу коробки передач. Блок керування обробляє ці дані відповідно до встановленої програми і генерує сигнали керування коробкою передач. Електродинамічні перетворювачі утворюють зв'язок між електронними і гідравлічними ланцюгами, в той час як соленоїдні клапани приводять в дію фрикціони.

Таким чином, система автоматичного керування зазвичай складається з наступних підсистем:

- функціонування (гідравлічні насоси, регулятори тиску);
- вимірювальна, що отримує інформацію про параметри керування;
- керуюча, що генерує керуючі сигнали;
- виконуюча, що здійснює керування перемикачів передач, роботою двигуна;
- підсистема ручного керування;
- підсистема автоматичного захисту, що запобігає виникненню небезпечних ситуацій.

З вересня 2003 р. на автомобілі Mercedes-Benz класу E, S, SL і CL встановлюються гідромеханічні коробки передач 7G-Tronic (рис. 2.15). Ця семиступенева автоматична коробка передач змінила п'ятиступеневий варіант ГМП. Дана ГМП дозволила знизити витрату палива в середньому на 5% в залежності від моделі автомобіля за рахунок того, що перемикачів передач відбувається більш плавно і швидко.



1 – привідний вал; 2 – фрикціон блокування гідротрансформатора з гасителем крутильних коливань; 3 – масляний насос з контролем тиску ; 4 – фрикціони і планетарні передачі; 5 – вихідний вал; 6 – стоянкове гальмо; 7 – селектор; 8 – електронний блок керування з клапанами і датчиками вбудованими у піддон; 9 – електронний блок перемикачів передач; 10 – високошвидкісні соленоїди; 11 – гідротрансформатор

Рисунок 2.15 – Коробка передач 7G-Tronic [8]

Перемикання передач здійснюється трьома багатодисковими гальмами, на які впливають гідравлічні циліндри. Тиск в системі керування створює гідронасос з приводом від двигуна через насосне колесо гідротрансформатора. У нижню частину коробки встановлюється гідравлічний виконавчий золотниковий пристрій, який за допомогою електромагнітних клапанів і по команді блоку керування з'єднує гідронасос з гідравлічними елементами зчеплення і гальм.

Основними елементами електронної системи керування є електронний блок і важіль керування, який може займати чотири позиції:

P – парковка;

R – задній хід;

N – нейтральна передача;

D – рух в режимі автоматичного перемикання передач.

При положенні важеля в позиції D програма забезпечує різні алгоритми перемикання відповідно до опору руху, навантаження, положення педалі газу, дорожньої ситуації. Алгоритми керування відповідають руху в різних умовах:

- рух з постійною високою швидкістю;
- міський режим руху;
- гірський режим руху;
- режим буксирування;
- рух на поворотах.

При переміщенні важеля вліво водій переводить коробку передач в режим ручного перемикання. Рухом важеля вперед-назад – підвищує або понижує передачі. Таке перемикання передач прийнято називати секвентальним (послідовним).

Електронний блок керування є адаптивним, тобто він запам'ятовує манеру водіння водія і коригує алгоритми автоматичного перемикання передач.

2.2.2 Механічні коробки передач з електронним керуванням (автоматизовані коробки передач)

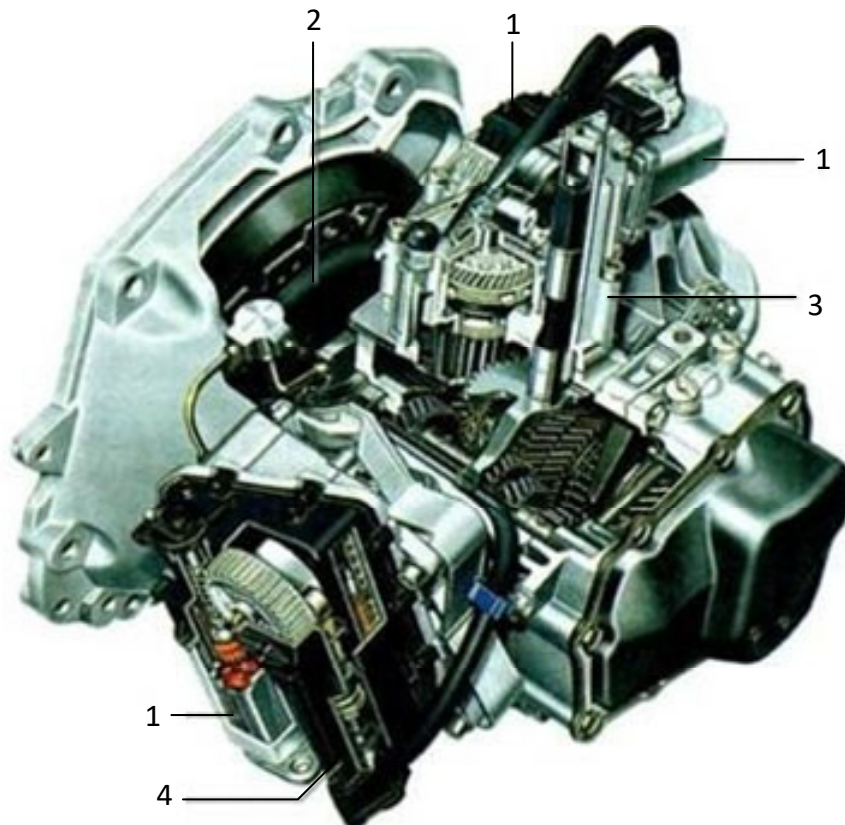
Ступінчасті механічні КПП встановлюються на автомобілі понад сто років, вони конструктивно і технологічно досконалі, тому зрозумілий інтерес до створення для них технічних засобів АСУ ТП. Автоматичне керування механічними КПП здійснюється за допомогою сучасних електронних та виконуючих пристроїв.

Вперше такий агрегат – Sequential M Gearbox (SMG) був розроблений компанією BMW. Ця коробка передач має шість передач для руху вперед і може працювати в двох незалежних керованих сервомеханізмами режимах. У першому економічному режимі коробка передач працює повністю автоматично, як і будь-яка інша автоматична коробка. Цей режим включається автоматично кожного разу, коли включається запалювання. Другий – спортивний режим, який вибирає сам водій, який дає можливість перемикати передачі вгору-вниз, як це робить система Tiptronic.

Для перемикання передач використовуються гідравлічні виконуючі механізми. Інженерам BMW вдалося домогтися рекордного часу перемикання передач: при розгоні автомобіля час перемикання не перевищує 0,08 с.

Електронний блок керування коробки передач контролює не тільки виконуючи пристрої але і управляє роботою двигуна, забезпечуючи зміну режиму його роботи при перемиканні на нижчі передачі. При зниженні швидкості до 15 км/год автоматично включається друга передача, а при повній зупинці – перша.

У коробці передач Easytronic (рис. 2.16), що розроблена спільно компаніями Valeo і Luk, яка призначена для установки на невеликі автомобілі для європейського ринку у якості виконавчих пристроїв використовуються три крокових електродвигуна.



1 – крокові двигуни; 2 – автоматичне зчеплення; 3 – механізм перемикання передач; 4 – блок керування зчепленням

Рисунок 2.16 – Автоматизована коробка передач Easytronic [8]

Коробка передач вийшла легкою і компактною але перемикання передач здійснюється повільніше, ніж в коробках передач з гідравлічним керуванням.

Керування трансмісією вантажних автомобілів, особливо коробками передач магістральних тягачів з великим числом передач, завжди вимагало великого уміння від водія. Не випадково, що автоматизація торкнулася і таких коробок. Більшість виробників вантажних автомобілів пропонують в якості варіантів автоматичні і напівавтоматичні коробки передач.

2.2.3 Автоматичні коробки передач з подвійним зчепленням

Коробка перемикання передач з двома зчепленнями і паралельними валами вперше була випробувана на гоночному автомобілі Audi Quattro у 1978 р.

У 2003 р. компанія Volkswagen встановила нові автоматизовані коробки передач, в яких перемикання передач при розгоні відбувається без розриву потоку потужності (рис. 2.17) на автомобілі Audi TT 3.2 Quattro і VW Golf 5. У цих коробках передач крутний момент від двомасового маховика двигуна передається на два багатодискових зчеплення, що пов'язані з співвісними ведучими валами, один з яких проходить всередині іншого (рис. 2.18).

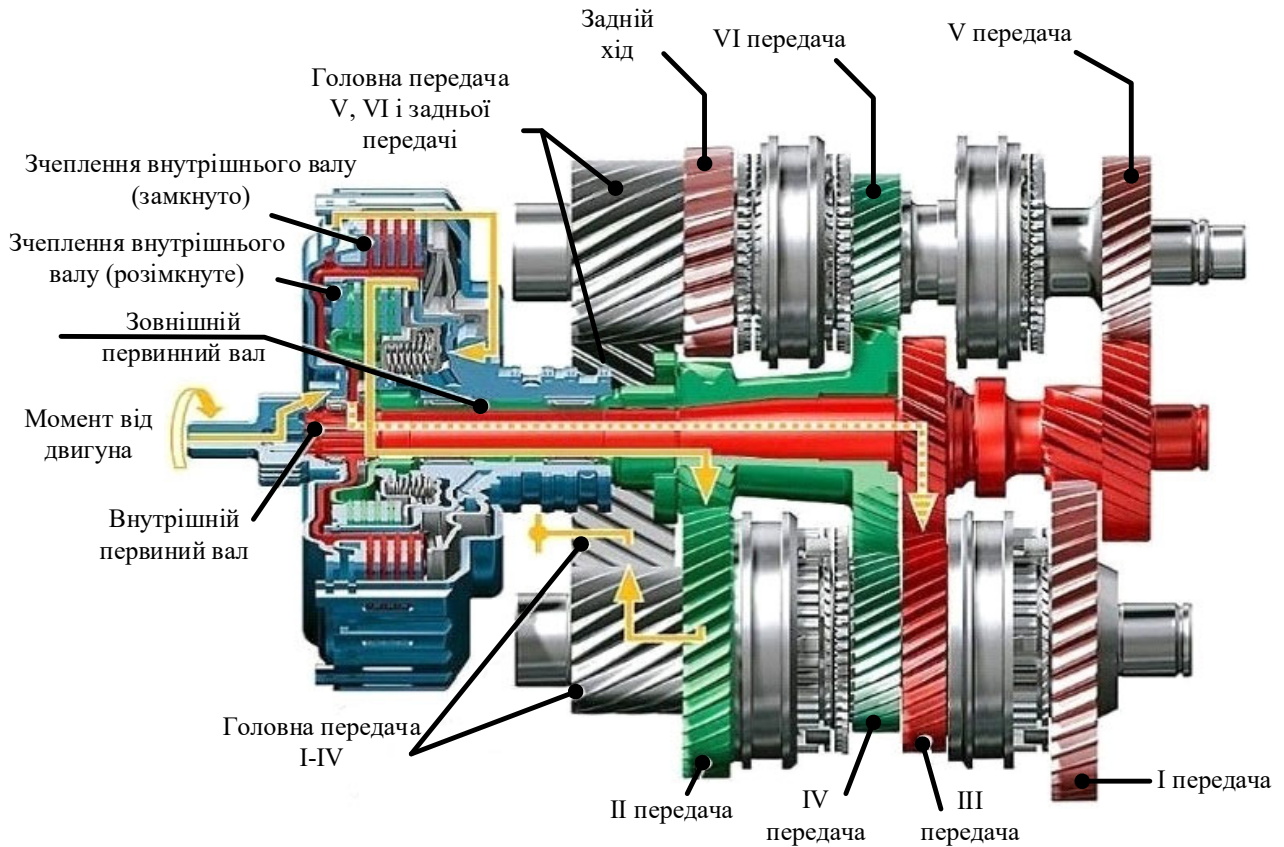
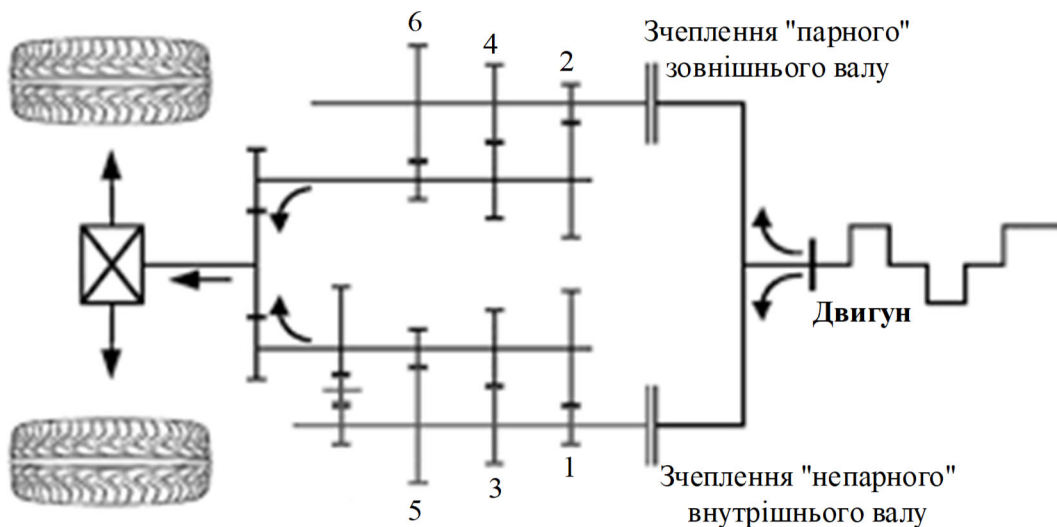


Рисунок 2.17 – Коробка передач з двома зчепленнями автомобіля Audi TT 3.2 Quattro [14]



1, 2 – багатодискові зчеплення; 3, 4, 5, 6 – синхронізатори

Рисунок 2.18 – Принципова схема коробки передач з двома зчепленнями

Паралельно ведучим валам розташовані два ведені вала. З одним з ведучих валів жорстко пов'язані шестерні непарних передач (7, 3, 5), а з іншим – парних (2, 4, 6 і передача заднього ходу). На ведених валах знаходяться шестерні постійного зачеплення відповідних передач, які можуть жорстко з'єднуватися з відомими валами за допомогою синхронізаторів.

Керування зчепленнями і переміщенням синхронізаторів здійснюється за допомогою гідравлічних виконуючих пристроїв. Необхідний тиск в гідравлічній системі створюється електричним гідронасосом.

Керує роботою коробки передач електронний блок, який отримує інформацію від десяти датчиків, що розташовані в коробці та пов'язаний високошвидкісною шиною з електронним блоком керування двигуна.

При рушанні автомобіля з місця електронний блок дає команду на включення першої передачі, а потім першого зчеплення, після чого крутний момент передається на один з відомих валів коробки передач, який через ведучу шестерню приводить в обертання ведучу шестерню головної передачі. Головна передача через диференціал приводить в обертання ведучі колеса автомобіля і одночасно розкручує другий ведений вал, на якому розташовані синхронізатори, що включають парні передачі. За час розгону на першій передачі при досягненні відповідної швидкості і за рахунок простого перемикання зчеплень на паралельному відомому валу включається друга передача.

Перехід на наступні передачі відбувається аналогічно без розриву потоку потужності, який присутній у простих механічних коробках передач.

Процес перемикання ускладнюється тоді, коли з'являється необхідність перемикання на нижчу передачу при русі з постійною швидкістю. Такий алгоритм перемикання передач, що закладено у пам'яті електронного блоку керування, розроблено компанією Audi [7].

Автомобілі з такими коробками передач показують дуже гарні результати по динаміці розгону та паливної економічності в порівнянні з автомобілями, що оснащені звичайними механічними коробками. Коробки передач, що виконані за такою конструктивною схемою, застосовує фірма Ferrari на своїх автомобілях Формули-1.

2.2.4 Варіаторні коробки передач

Коробки передач з варіаторами є безступінчастими і дають можливість отримати в заданому обмеженому діапазоні будь-яке передавальне число. У багатьох країнах такі коробки передач позначають буквами CVT (Continuously Variable Transmission) – трансмісія яка здатна плавно змінювати передавальне число.

Основна перевага варіатора в порівнянні з іншими коробками передач полягає в ефективному використанні потужності двигуна за рахунок оптимального узгодження навантаження на автомобіль з оборотами колінчастого валу, тим самим досягається висока паливна економічність.

Варіаторна коробка передач має такі загальні пристрої [7]:

- механізм, що забезпечує роз'єднання коробки передач від двигуна (нейтральне положення коробки передач);

- варіатор (варіаторна передача);
- механізм, що забезпечує рух заднім ходом;
- система керування.

Для роз'єднання варіатора від двигуна можуть використовуватися такі механізми:

- відцентрове автоматичне зчеплення (варіатор Transmatic);
- електромагнітне зчеплення з електронним керуванням (варіатор Hyper на автомобілях Nissan);
- багатодискове мокре зчеплення з електронним керуванням (варіатор Multitronic на автомобілях Audi, варіатори на автомобілях Honda);
- гідротрансформатор (варіатор Ecotronic на автомобілях Ford, варіатор Extroid на автомобілях Nissan, варіатор Lineartronic на автомобілях Subaru).

В даний час в автоматичних коробках передач застосовують клиноремінні та тороїдні варіатори.

Клиноремінні варіатори. Вперше на серійному автомобілі трансмісія з клиноремінним варіатором DAF Variomatic була застосована у 1950 р. В трансмісії Variomatic використовувалася передача з гнучкою зв'язкою з клиновим ременем. Гумовий армований клиновий ремінь затискався конічними поверхнями ведучого та веденого шківів. Відстань між двома поверхнями ведучого шківів могло змінюватися, тому змінювався його робочий радіус, що приводило до зміни радіуса веденого шківів, частини якого стискалися пружиною. Гумові ремені були розташовані під днищем автомобіля, тому швидко зношувалися і руйнувалися. Заміна ременів була досить складною операцією. Величина передавального варіатором крутного моменту була невеликою, тому таку конструкцію можна було застосовувати тільки на автомобілях з малопотужними двигунами. Крім того, автомобіль з такою трансмісією міг рухатися заднім ходом з тією ж швидкістю, що і вперед, що було досить небезпечно.

Голландський інженер Hubert van Doorne удосконалив конструкцію клиноремінного варіатора, замінивши гумовий ремінь сталевим, що складається з набору окремих пластин спеціальної форми (рисунок 2.19). Принциповою відмінністю конструкції є те, що такий ремінь може передавати не тільки тягові, а й штовхаючі зусилля. Інженер використовував свою розробку в конструкції трансмісії Transmatic, яка могла передавати крутні моменти величиною до 150 Н·м. Трансмісії з варіаторами не мають нейтральній передачі, тому при зупинці автомобіля необхідно від'єднувати двигун від трансмісії за допомогою будь-якого пристрою. В трансмісіях Variomatic і Transmatic для цієї мети використовувалося відцентрове зчеплення, яке автоматично вимикалося і включалося. Рушання з місця і зупинка автомобілів з цими трансмісіями супроводжувалися різкими ривками.

Компанія Subaru, що використала коробку передач з клиноремінним варіатором на автомобілі Justy, застосувала електромагнітне порошкове зчеплення з комп'ютерним керуванням. Аналогічне рішення використовує і компанія Nissan на автомобілях Micra з варіатором. Для обмеження швидкості заднього ходу застосовують спеціальні обмежувальні пристрої.

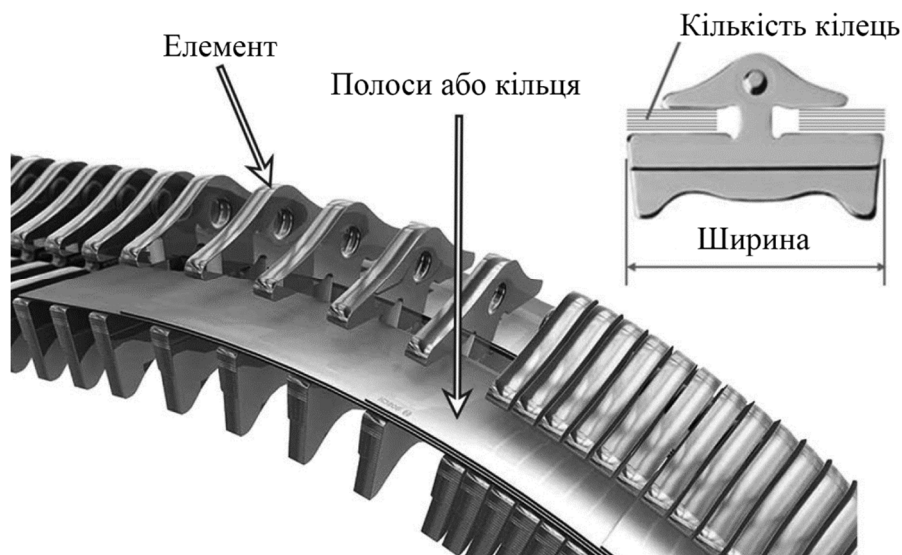


Рисунок 2.19 – Конструкція сталевго ременя [7]

Компанія Honda розробила власну конструкцію варіатора зі сталевим ременем та шківми. Для зрушення з місця і зупинки використовується багатодискове мокре зчеплення, що керується комп'ютером. Ця трансмісія встановлюється на автомобіль середнього класу Civic, що приводиться в рух 1,6 літровим двигуном, що розвиває максимальний крутний момент в 140 Н·м. Серед особливостей трансмісії слід зазначити комп'ютерний контроль (від електронної системи керування) тиску для керування положенням половин обох шківів варіатора. Ця система забезпечує оптимальний тиск без надмірного його підвищення. Занадто сильне стиснення знижує механічну ефективність, а також призводить до передчасного зносу ременя і збільшення гучності роботи.

Програмування роботи варіатора на автомобілі Civic забезпечило гарну паливну економічність. При випробуваннях в міському циклі руху економія палива досягає 15% в порівнянні з витратою палива автомобілем зі звичайною чотириступінчастою автоматичною коробкою передач.

У 1995 р. німецька компанія ZF продемонструвала автоматичну коробку передач з клиноремінним варіатором Ecotronic, в якій використовувався гідротрансформатор. Таке рішення ускладнює і здорожує конструкцію але забезпечує плавне рушання з місця та інтенсивний розгін автомобіля. Наявність гідротрансформатора дає можливість зменшити діапазон передавальних чисел варіатора, що знижує його розміри та габарити автоматичної коробки передач. В даний час ZF виготовляє три варіанти таких коробок передач. Найбільш потужний варіант з цього сімейства коробок CFT25 має сталевий ремінь шириною 30 мм, планетарну передачу для забезпечення заднього ходу, яка включається за допомогою багатодискового мокрого зчеплення. Коробка передач може передавати крутний момент до 250 Н·м, що дає можливість використовувати такі коробки передач на автомобілях середнього класу VW Passat, Ford Mondeo тощо. Керування коробками передач ZF здійснюється за допомогою комп'ютера, програмне забезпечення якого забезпечує адаптивне керування різними режимами руху.

Автомобілі з автоматичними коробками передач, що використовують варіатор зі сталевим ременем, мають набагато кращі показники паливної економічності і плавності роботи в порівнянні зі звичайними гідромеханічними КПП. Надійність і довговічність сучасних коробок передач з такими варіаторами також є досить високими.

Широке застосування варіаторних КПП стримується не технічними, а скоріше, психологічними проблемами. Водії звикли, що при розгоні автомобіля зі звичайною механічною або автоматичною коробками передач вони відчують збільшення частоти обертання двигуна. Автомобіль з варіатором може інтенсивно розганятися і при постійній частоті обертання колінчастого валу двигуна, тому що варіатор дозволяє автоматично змінювати передавальне число трансмісії при розгоні автомобіля. Така робота трансмісії забезпечує оптимальні умови розгону але через незвичні відчуття у водія створюється враження, що автомобіль недостатньо динамічний.

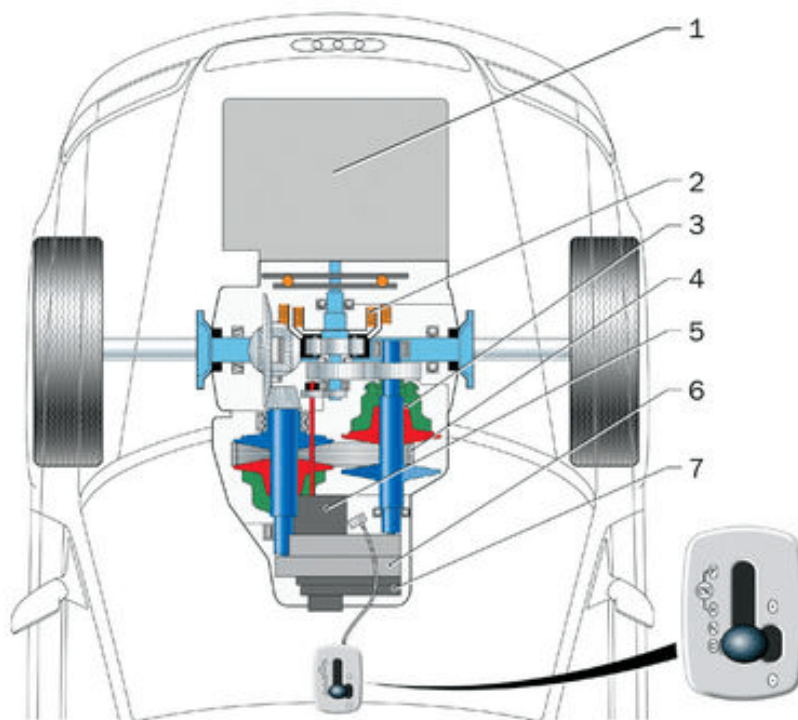
Для вирішення цієї проблеми деякі виробники були змушені адаптувати керуючі системи своїх варіаторів для штучного створення ряду фіксованих передавальних чисел, подолавши таким чином психологічну проблему. У водіїв таких автомобілів з'явилася можливість вибору між ручним послідовним (секвентальним) перемиканням передач з фіксованими значеннями або безступінчастим автоматичним керуванням. Вперше така конструкція була використана компанією Nissan у 1997 р. в коробці передач Hyper CVT-M6 (рис. 2.20).



Рисунок 2.20 – Коробка передач Hyper CVT-M6 [15]

Компанія Audi при створенні коробки передач з варіатором Multitronic використовувала інший принцип (рис. 2.21). При розгоні забезпечується збільшення оборотів двигуна зі збільшенням швидкості автомобіля. Такий режим розгону не є найефективнішим але дає можливість вирішити психологічні проблеми водія. При екстремальному розгоні керуюча електроніка перемикає варіатор на оптимальний режим роботи.

Привідний ремінь Audi представляє собою багатоланковий ланцюг, який передає крутний момент за рахунок тертя між торцями осей пластин, що утворюють ланцюг та поверхнями шківів.



1 – двигун; 2 – зчеплення; 3 – варіатор; 4 – ланцюг; 5 – гідронасос; 6 – керуючий блок; 7 – блок електроніки

Рисунок 2.21 – Схема трансмісії з коробкою передач Multitronic [7]

Гідравлічна система керування варіатором забезпечує оптимальне зусилля стиснення шківів, не допускаючи проковзування ланцюга і забезпечуючи необхідну довговічність варіатора. Новий підхід забезпечив можливість автомобілю Audi A6 з коробкою передач Multitronic показати кращі результати по паливній економічності і інтенсивності розгону в порівнянні з таким же автомобілем, що обладнаний механічною коробкою передач. Крім автоматичного режиму Multitronic підтримує режим секвентального перемикавання передач з шістьма фіксованими передавальними числами. У конструкції використовується мокре багатодискове зчеплення для забезпечення можливості плавного рушання з місця.

2.2.5 Тороїдні варіатори

Перший патент на конструкцію трансмісії з тороїдальним варіатором був отриманий Чарльзом Хаїтом у 1877 р. Такі трансмісії виробництва Perbury-Hayes пропонувалися для установки на автомобілі в 30-х роках минулого сторіччя. Однак вони могли передавати невеликий крутний момент і через відсутність відповідних матеріалів і технологій мали низьку довговічність. Основна проблема при створенні тороїдального варіатора полягає в тому, що величина передавального крутного моменту прямо залежить від величини сил тертя в контактні ролика з колесами, і чим вище момент, тим більше повинна бути сила тертя, причому при дуже малій площі контакту. Високі контактні напруги поверхонь деталей варіатора призводять до їх руйнування.

У тороїдальному варіаторі (рис. 2.22) між двома колесами зі сферичною (тороїдною) робочою поверхнею затискаються ролики. Одне колесо є ведучим, а інше – веденим. Передача крутного моменту забезпечується силами тертя між робочими поверхнями коліс і роликів. Зміна положення осі роликів в поперечній площині приводить до зміни передавального числа варіатора, рівного відношенню радіусів кіл, що проходять через точки контакту коліс з роликів.

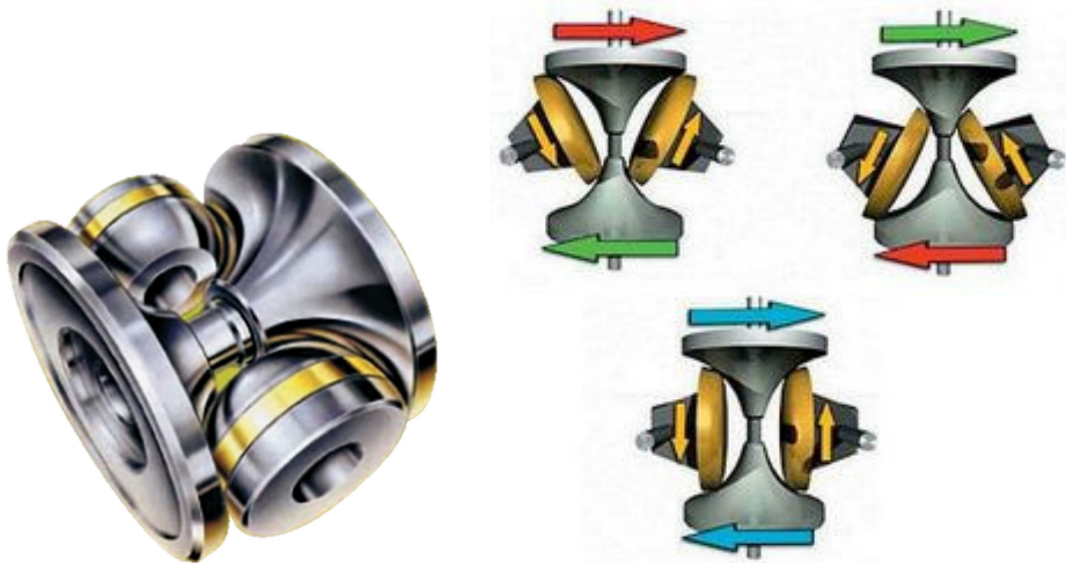


Рисунок 2.22 – Схема роботи тороїдального варіатора [8]

Залежно від кута повороту ролика ведене колесо може обертатися з тією ж швидкістю, що і ведуче (якщо ролик горизонтальний), з більшою або меншою (якщо ролик повертається). При використанні тороїдального варіатора в трансмісії автомобіля так же, як і в разі клиноремінного, необхідно забезпечити можливість отримання заднього ходу і відключення варіатора від двигуна за допомогою зчеплення.

У 1999 р. компанія Nissan почала встановлювати на деяких зі своїх автомобілів, призначених для японського ринку, коробки передач Extroid. У цій коробці передач (рис. 2.23) використовується здвосний тороїдальний варіатор, що розділяє потік потужності з метою зменшення розмірів вузла. Коробка

передач була сконструйована для поздовжньої установки на потужні задньопривідні автомобілі й може передавати крутний момент до 300 Н·м, що на сьогоднішній день є рекордом для коробок передач з варіаторами. Можливість передачі таких зусиль забезпечена застосуванням високоякісних сталей і спеціальних трансмісійних олів. Зусилля стиснення коліс і роликів варіатора становлять величину до 10 т. При таких зусиллях стиснення повернути ролик для зміни передавального числа варіатора досить складно. Nissan використовує оригінальну систему повороту, в якій ролики повертаються автоматично при їх невеликому зсуві щодо осі обертання.

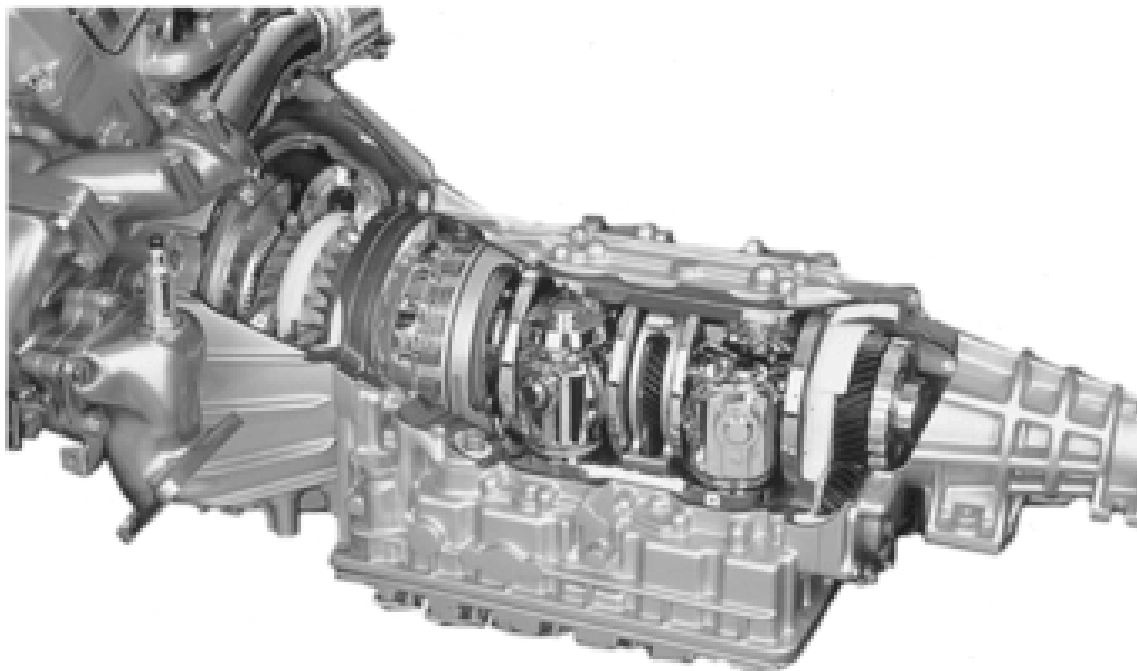


Рисунок 2.23 – Коробка передач Nissan Extroid з тороїдальним варіатором [8]

Спільно з варіатором в коробці передач Extroid працює гідротрансформатор. Для включення заднього ходу використовується планетарна передача, керована за допомогою багатодискового мокрого фрикційного зчеплення.

Компанія Mazda розробила трансмісію, яка включає в себе два тороїдальних варіатора, двоступеневу планетарну передачу і два автоматичних зчеплення. При русі з місця планетарна передача знижує передавальне число з метою отримання високого крутного моменту. На великій швидкості привід на колеса здійснюється безпосередньо від тороїдального варіатора. Коробка передач включає в себе головну передачу з диференціалом та призначена для поперечної установки на передньопривідні автомобілі.

2.2.6 Системи розподілу крутного моменту

Широке застосування поліпшених систем підвищеного тертя, що з'явилися в кінці 1990-х років, надихнуло конструкторів автомобілів до розробки концепції «активної трансмісії». Така трансмісія дає можливість

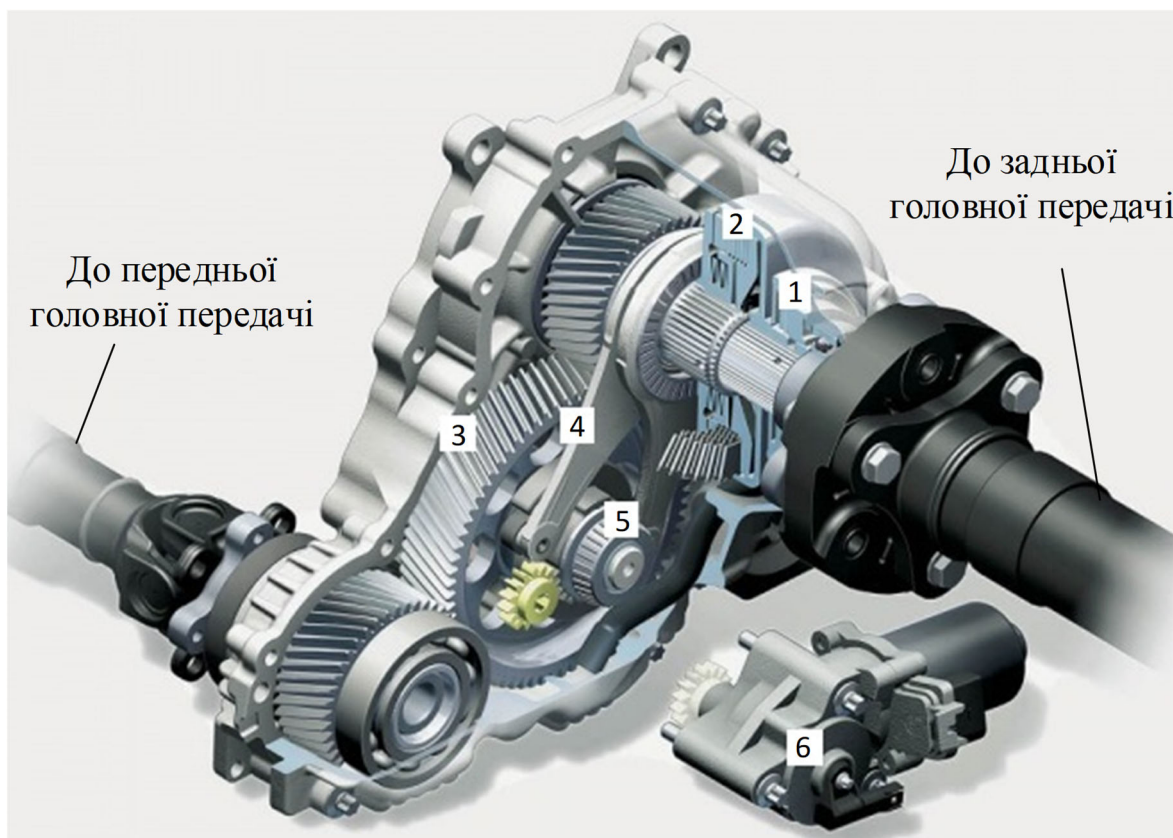
змінювати стійкість і керованість автомобіля шляхом керування розподілом крутного моменту по бортах автомобіля, а також, в разі повнопривідного варіанту між передніми і задніми осями [8]. Крутний момент розподіляється в залежності від ступеня проковзування муфти, відповідно керування здійснюється гідравлікою, яка стискає диски муфти з різною силою, зменшуючи або збільшуючи величину переданого моменту на ту або іншу сторону. Контролює роботу муфт блок керування, який видає команди виконуючим пристроям з урахуванням інформації, отриманої від датчиків. Дуже багато залежить від програмного забезпечення мікропроцесорної системи керування, яка повинна розподіляти крутний момент в залежності від навантаження на відповідні колеса автомобіля.

Для виключення можливості втрати стійкості автомобіля, обумовленої можливими помилками водія при керуванні, блок керування системи повинен отримувати сигнали, відповідні кута та швидкості повороту рульового колеса, швидкості рушення і бокового прискорення. При наявності точної інформації від датчиків і правильного «розуміння» вимог водія є кілька способів, за допомогою яких може коригуватися траєкторія руху автомобіля в разі знесення/заносу. Коригувальні дії можуть проводитися за допомогою диференціала або гальм, а також, за допомогою рульового керування. Але той же ефект можна отримати за допомогою «активної» роботи системи розподілу крутного моменту.

Система повного приводу xDrive є розробкою концерну BMW і відноситься до систем постійного повного приводу. Система забезпечує безступінчастий, безперервний і змінний розподіл крутного моменту між передньою і задньою віссю в залежності від умов руху [8].

Система повного приводу xDrive в своїй основі використовує традиційну для BMW задньопривідну схему трансмісії. Розподіл крутного моменту між осями здійснюється за допомогою роздавальної коробки, яка являє собою зубчасту передачу приводу передній осі, що керована фрикційною муфтою. У трансмісії спортивних позашляховиків замість зубчастої передачі використовується ланцюгова передача. Роздавальна коробка xDrive розроблена спільно з австрійською фірмою Magna Steyr (рис. 2.24). Момент на передній міст відбирається пакетом фрикціонів, ступінь стиснення яких плавно змінюється в діапазоні 0-100% за допомогою важільного механізму, що керується електромотором.

Розглянемо, як працює система xDrive, при прояві тенденції повнопривідного автомобіля в повороті до недостатньої поворотності. Крутний момент, який передається на передню вісь, зменшує діючу на автомобіль поперечну силу. Автомобіль починає гірше керуватись, а його передні колеса зносить за межі зовнішнього радіуса повороту. Система xDrive інтегрована до системи динамічного контролю курсової стійкості DSC (Dynamic Stability Control). Завдяки датчикам системи DSC система xDrive розпізнає тенденцію до недостатньої поворотності і перерозподіляє тягове зусилля з передньої осі на задню. Параметри керування автомобілем з випередженням адаптуються до дорожніх умов, запобігаючи знесенню.



1 – масляний насос; 2 – пакет фрикційних дисків; 3 – шестерня передача; 4 – важіль; 5 – ексцентрик; 6 – керуючий електродвигун

Рисунок 2.24 – Роздавальна коробка системи xDrive [7]

При надлишковій поворотності недостатньою виявляється поперечна стійкість задньої осі, що призводить до її заносу. Система xDrive розпізнає тенденцію до надмірної обертальності ще до початку заносу задньої осі. Багатодискова муфта в роздавальній коробці з випередженням направляє додатковий крутний момент на передню вісь.

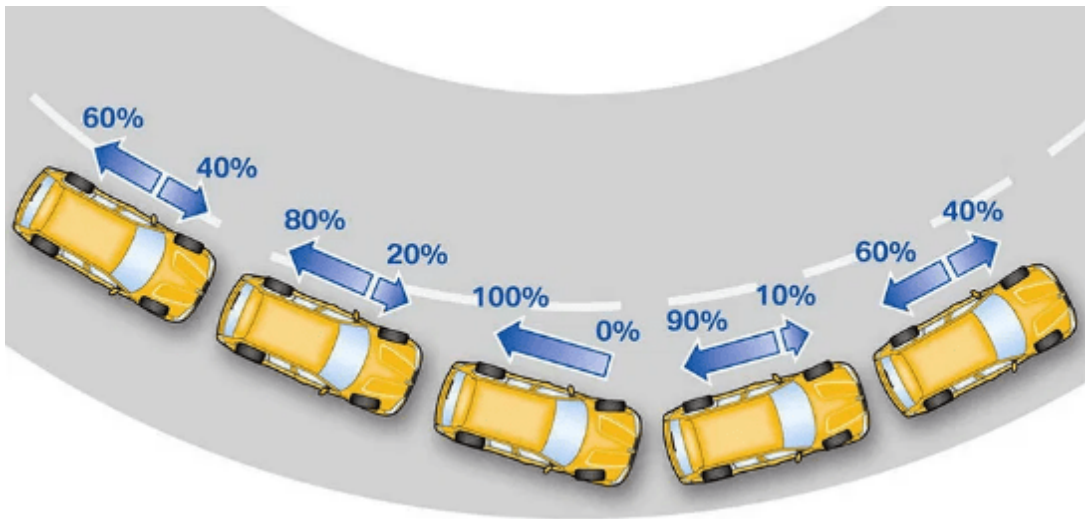
Функція динамічного гальмування системи DSC забезпечує пригальмовування коліс при одночасному втручанні в роботу керування двигуном, щоб непомітно для водія стабілізувати автомобіль або поліпшити його маневреність.

Інтеграція xDrive в автомобіль відрізняється високим рівнем мережевого об'єднання. Основними елементами системи є блок керування DSC, в якому розраховується повздовжнє розподілення моментів, і блок керування роздавальною коробкою (VGSG), в якому знаходиться електронна система керування, і сама роздавальна коробка.

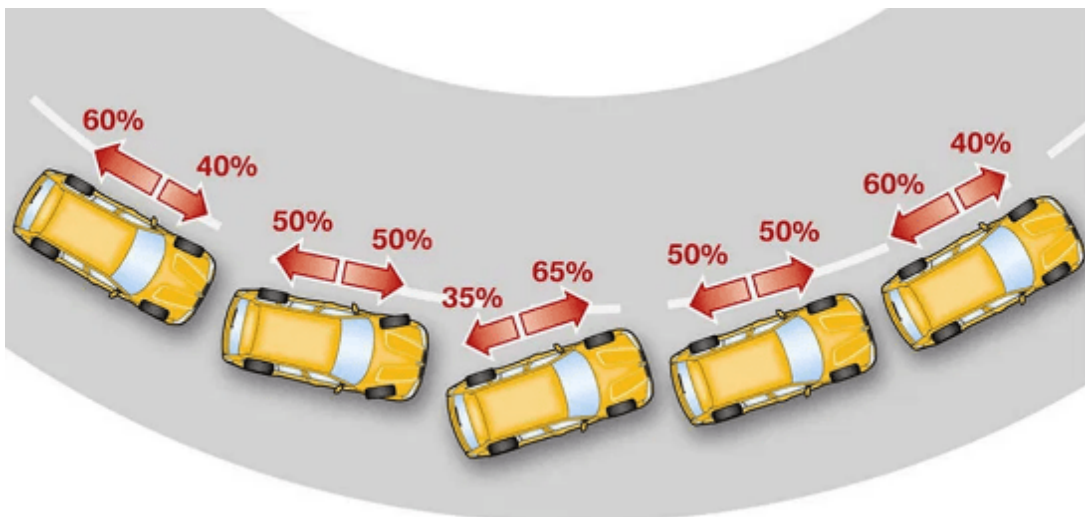
Блок керування системи DSC розраховує параметри поперечного розподілу моменту, за реалізацію яких відповідають система керування двигуном і гідроагрегат DSC. Разом всі три елементи утворюють інтегровану систему керування ходовою частиною GenO.

У разі недостатньої поворотності (рис. 2.25, а) система повного приводу xDrive та система динамічного гальмування оптимально доповнюють один одного. У той час як xDrive скеровує момент на задні колеса, система динамічного гальмування цілеспрямовано пригальмовує внутрішнє по

відношенню до центру повороту заднє колесо, одночасно збільшуючи момент двигуна. В результаті автомобіль знову набуває нейтральну поворотність без втрати динаміки.



а – недостатня поворотність



б – надлишкова поворотність

Рисунок 2.25 – Функціональна взаємодія систем xDrive і DSC [36]

При надлишковій поворотності (рис. 2.25, б) xDrive перерозподіляє момент так, що задні колеса максимально розвантажуються. Одночасно DSC додатково пригальмовує зовнішнє по відношенню до центру повороту заднє колесо, сприяючи швидкої стабілізації автомобіля і забезпечує його нейтральну поворотність.

Система повного приводу xDrive, яка забезпечує повздовжній розподіл моменту та підсистема динамічного регулювання гальмуванням, що відповідає за поперечний перерозподіл моменту, об'єднані в єдину систему, забезпечують автомобілю максимальну безпеку руху при зростанні динамічності (рис. 2.26).

Крім інтелектуальної системи повного приводу xDrive, автомобілі BMW оснащуються системою Dynamic Performance Control. Завдяки роботі цих двох систем регульований розподіл моменту відбувається не тільки між передньою і

задньою осями – за допомогою xDrive, система Dynamic Performance Control розподіляє момент між задніми колесами.

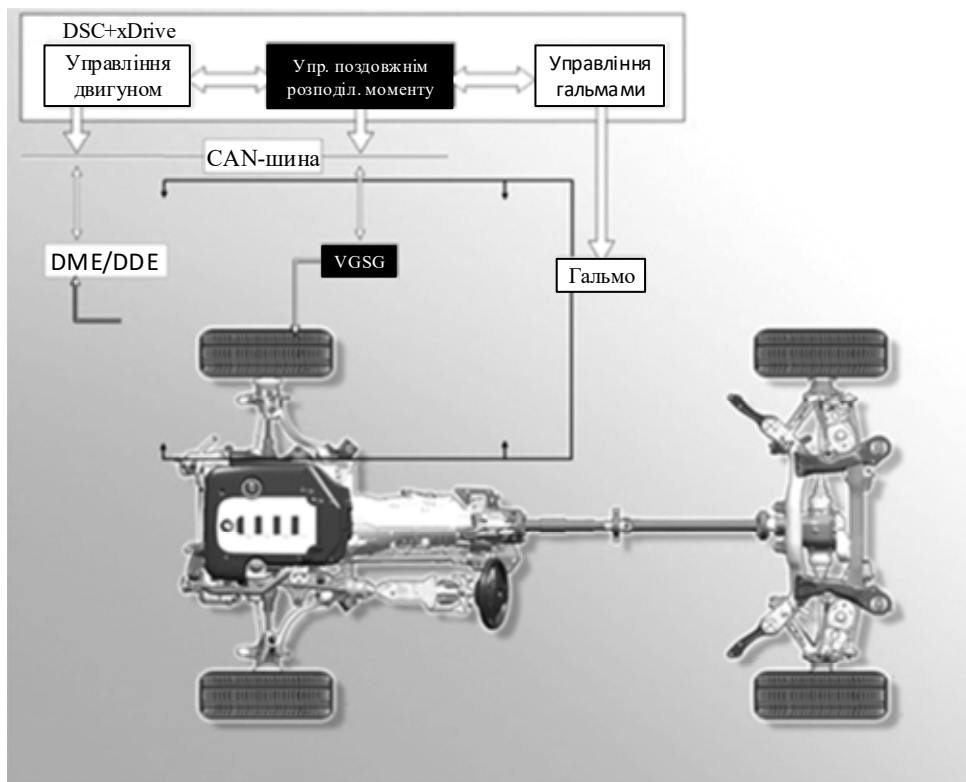


Рисунок 2.26 – Структурна взаємодія систем xDrive і DSC [7]

Система постійного повного приводу xDrive розподіляє крутний момент з перевагою на користь коліс заднього моста (40:60), який може бути обладнано активним диференціалом Dynamic Performance Control – DPC (рис. 2.27), що здатний змінювати співвідношення крутного моменту між колесами.

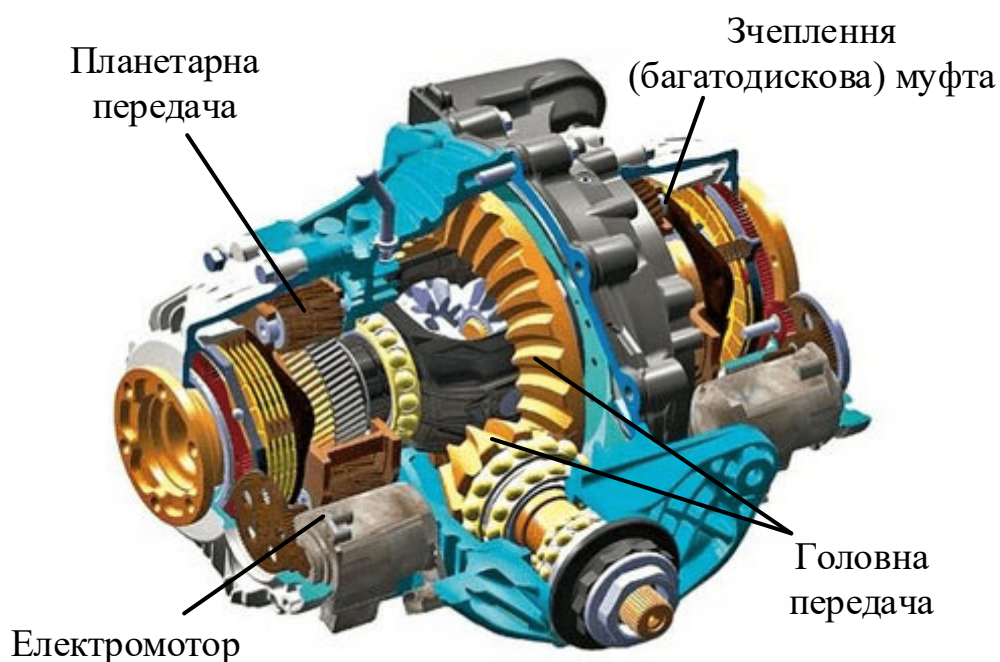


Рисунок 2.27 – Активний диференціал Dynamic Performance Control (BMW) [7]

Між корпусом диференціала Dynamic Performance Control та півосями встановлено планетарні передачі особливої конструкції. Вони містять здвоєні сателіти, шестерні яких мало відрізняються по діаметру і числу зубів, а коронна шестерня відсутня. Між корпусами блоку сателітів і корпусом заднього моста встановлено багатодискові муфти з електромеханічними приводами.

Ведучі шестерні планетарних передач жорстко пов'язані з коробкою диференціала, а ведені – з півосями. Планетарний механізм працює як підвищуюча передача, увімкнення якого викликає зниження частоти обертання двигуна, що супроводжується зазвичай зростанням його крутного моменту і вивільненням частини кінетичної енергії маховика. При вимкнених муфтах і прямолінійного руху автомобіля планетарні передачі обертаються як одне ціле разом з корпусом диференціала, а сателіти не обкатуються навколо ведучих та ведених шестерень. При цьому крутний момент передається на колеса автомобіля через шестерні напівосей, як в звичайному диференціалі.

Передавальне відношення планетарної передачі може плавно змінюватися в залежності від просковзування дисків муфти, що визначається силою їх стиснення. При цьому перерозподіл крутних моментів по колесах однієї осі використовується як для корекції траєкторії руху автомобіля на повороті, так і для стабілізації прямолінійного руху по дорозі з різними умовами зчеплення під правим та лівим ведучими колесами.

Більший крутний момент передається на зовнішнє по відношенню до центру повороту автомобіля колесо або на колесо з кращими умовами зчеплення з дорогою.

Наочно показано поведінку в віражі автомобіля зі звичайним заднім міжколісним диференціалом (зліва) і з активним диференціалом DPC (праворуч) (рис. 2.28). DPC «підкручує» праве заднє колесо, одночасно мікропроцесорна система знижує крутний момент, що подається на передній міст – і все разом повністю прибирає ефект недостатньої поворотності, допомагаючи автомобілю легше увійти в поворот.

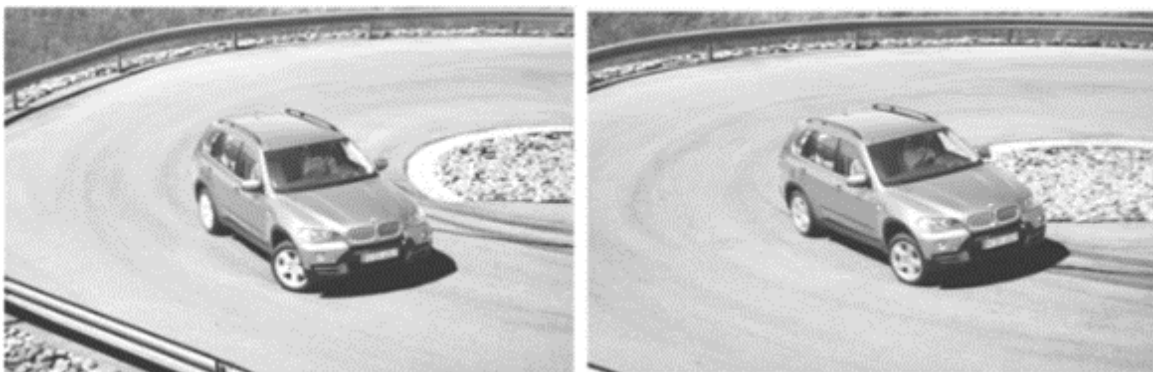


Рисунок 2.28 – Дія активного диференціала DPC [7]

Машина зі звичайним заднім диференціалом в цьому ж повороті через недостатню поворотність, навпаки, виходить за межі безпечного «коридору», розширюючи радіус і вимагаючи повертати кермо на більший кут. Таким чином, в лівому повороті електроніка затискає фрикціон правого заднього колеса, тому на піввісь через планетарну передачу починає надходити більше крутного

моменту – і праве, зовнішнє до віражу колесо, починає «забігати» вперед, тим самим «додатково повертаючи» машину всередину повороту і зменшуючи ефект недостатню поворотності.

Активні диференціали дозволяють змінювати розподіл крутного моменту по колесах однієї осі без їх гальмування і зниження сумарного тягового зусилля.

Всі відомі активні диференціали перерозподіляють переданий до коліс крутний момент за допомогою вбудованих в них планетарних передач, керованих за допомогою працюючих в маслі багатодискових муфт.

Стискання дисків муфт відбувається за допомогою електрогідравлічних або електричних виконавчих механізмів, що діють по командам електронного блоку керування, що генерується з урахуванням кута повороту рульового колеса, швидкості руху автомобіля, його бокового прискорення, включеної передачі, частот обертання окремих коліс і швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі (рис. 2.29).

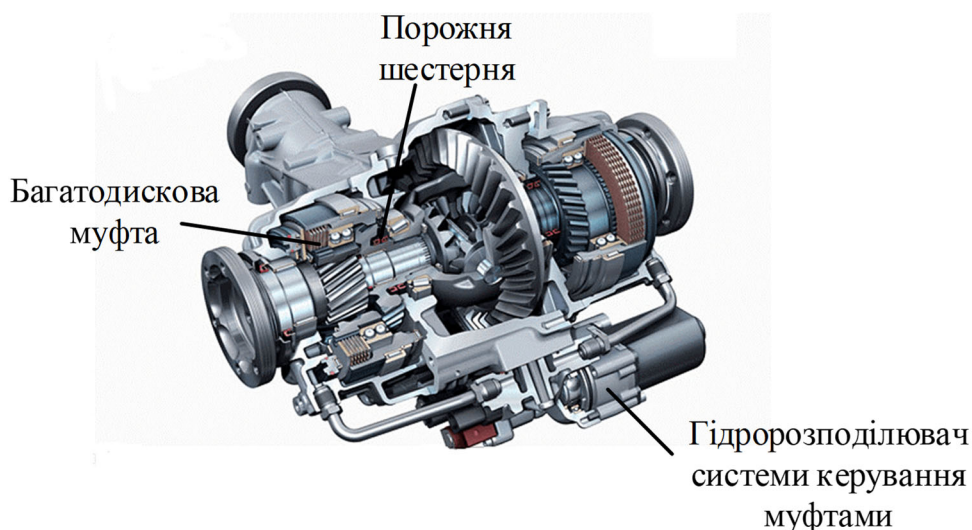


Рисунок 2.29 – Audi S4 quattro Sport differential [8]

Піонером у цій галузі є компанія Mitsubishi, що оснастила активним диференціалом Active Yaw Control (AYC) автомобіль Lancer Evolution (рис. 2.30). Взнявши за основу звичайний відкритий диференціал, інженери Mitsubishi додатково з'єднали вихідні вали через дві передачі – підвищуючу та знижуючу, включенням яких керує електроніка за допомогою «мокрих» зчеплень. Таким чином, вмикаючи ту чи іншу передачу, електроніка може змусити один вал обертатися швидше або повільніше іншого.

Одночасно із Mitsubishi систему керування тягою розробила Honda – SH-AWD (Super Handling All-Wheel Drive system) – систему повного приводу з супер керованістю. Система SH-AWD, подібно AYC, дозволяє розподіляти крутний момент не тільки між задньою і передньою осями але і між лівим і правим колесами. Електронна складова системи включає в себе датчики кута повороту, бокового та кутового прискорення, швидкості обертання коліс, оборотів двигуна і тиску повітря на впуску, передавального числа трансмісії. Інформація від всіх датчиків надходить в комп'ютер, який розраховує оптимальний розподіл крутного моменту по колесах.

Далі комп'ютер генерує команди блоку керування диференціалом: той розподіляє момент між осями і задніми колесами. На потрібну ось він перекидає від 30 до 70 % моменту, на одне з задніх коліс – від 0 до 100 %.

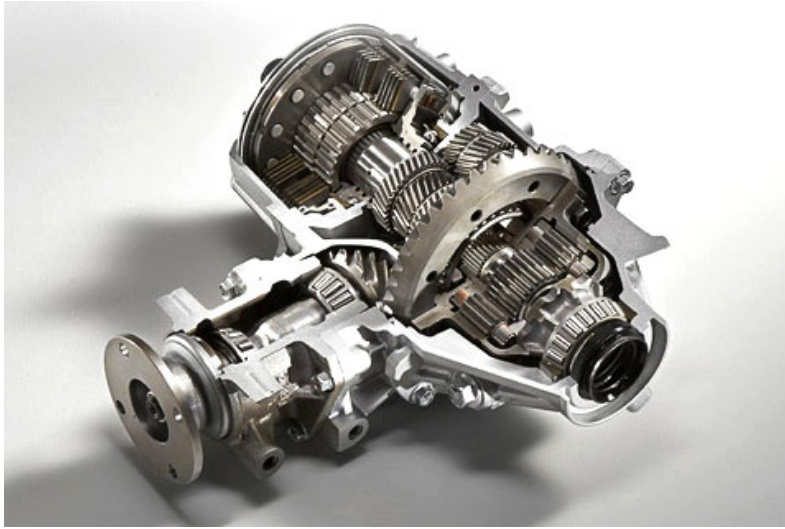


Рисунок 2.30 – Диференціал Active Yaw Control Mitsubishi Lancer Evo [8]

Оскільки система SH-AWD здатна подавати різну величину крутного моменту до коліс переднього моста, заднього правого колеса, заднього лівого колеса, вона краще, ніж будь-яка інша система повного приводу, здатна утримувати автомобіль на заданому курсі.

При проходженні поворотів система збільшує крутний момент на зовнішніх колесах, особливо на задньому зовнішньому колесі, і зменшує – на внутрішніх по відношенню до радіусу повороту колесах. Це утворює прискорення щодо вертикальної осі автомобіля і момент сили, яка спрямовує автомобіль всередину повороту.

Система повного приводу SH-AWD містить електромагнітні муфти зчеплення, систему керування прискоренням і блок керування.

Система SH-AWD одночасно діє як диференціал підвищеного тертя і розподільник крутного моменту. Система SH-AWD поліпшує керуваність і стійкість автомобіля при русі по прямій, руху на підйомі, проходженні поворотів, розгоні.

Залежно від того, як крутний момент розподіляється по колесах, існує чотири режими використання системи повного приводу (рис. 2.31):

- 1) до кожного з коліс подається рівний крутний момент (рис. 2.31, а);
- 2) подається різний крутний момент до передніх і задніх коліс (рис. 2.31, б);
- 3) до передніх коліс подається однаковий крутний момент, до задніх коліс подається крутний момент різної величини, який не збігається з моментом на передніх колесах (рис. 2.31, в);
- 4) режим SH-AWD: до передніх коліс подається однаковий крутний момент, до задніх коліс подається крутний момент різної величини. При цьому на одному із задніх коліс величина крутного моменту збігається з моментом на передніх колесах (рис. 2.31, г).

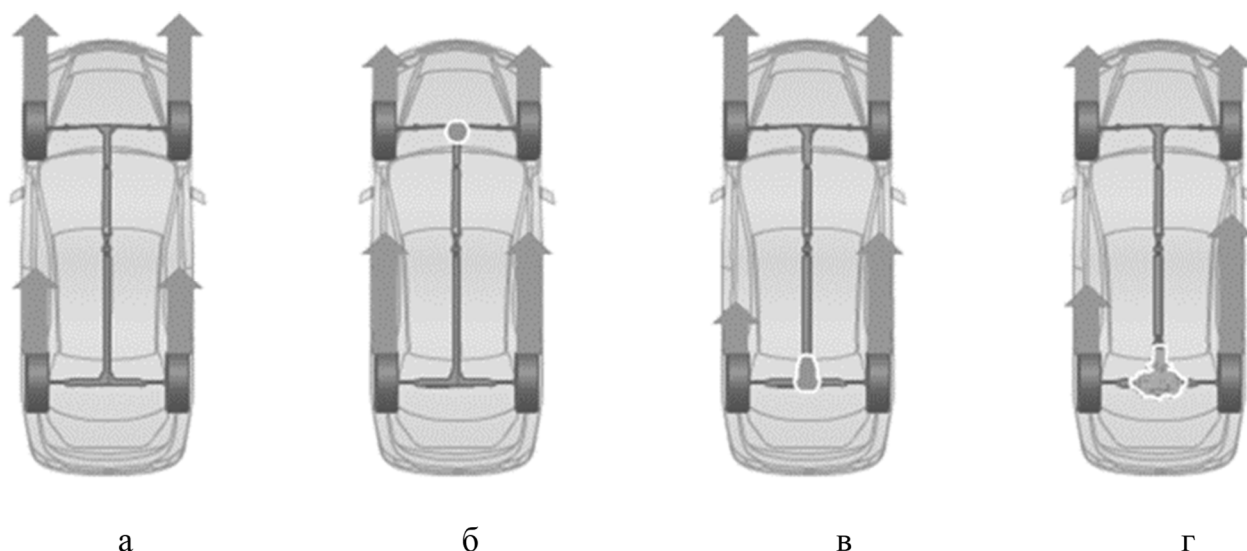
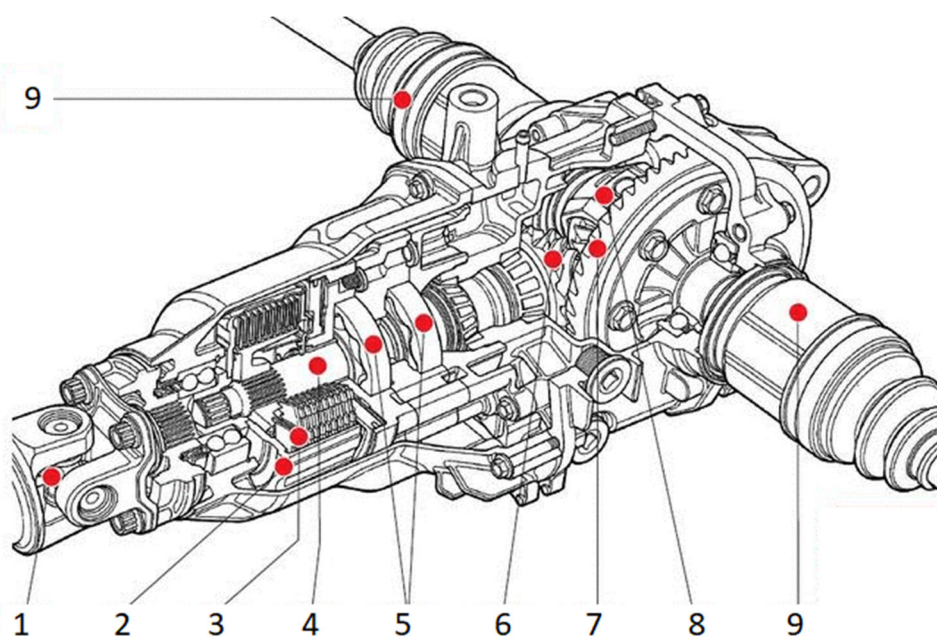


Рисунок 2.31 – Режими роботи системи повного приводу SH-AWD

Кожне електромагнітне багатодискове зчеплення керує передачею моменту до «свого» заднього колеса правого або лівого (рис. 2.32).



1 – карданний шарнір нерівних кутових швидкостей; 2 – обойма муфти, на яку передається потужність від карданного валу; 3 – пакет фрикціонів; 4 – вал приводу головної передачі заднього моста; 5 – масляний насос з механічним приводом; 6 – ведуча шестерня головної передачі; 7 – відомка шестерня головної передачі; 8 – вільний конічний диференціал; 9 – привідний вал колеса з карданними шарнірами рівних кутових швидкостей

Рисунок 2.32 – Задній диференціал SH-AWD [8]

Вбудовані електромагнітні котушки змінюють положення сердечника магніту щодо його корпусу. ЕБК розраховує, який струм подати на магніт, тим самим, стискаючи пакети дисків і плавно змінюючи розподіл крутного моменту. Обидва зчеплення здатні працювати незалежно один від одного але під

загальним керуванням комп'ютера. Модулі зчеплення доповнено власними планетарними передачами. У тандемі з диференціалом працює прискорювальний блок, який робить більш надійною поведінку автомобіля в крутих поворотах. Його роль – примусове «підкручування» задніх коліс в віражах, чим він і відрізняється від звичних пристроїв.

Таким чином, SH-AWD дозволяє змінювати передачу моменту, виключаючи явні прояви недостатньої або надлишкової поворотності машини.

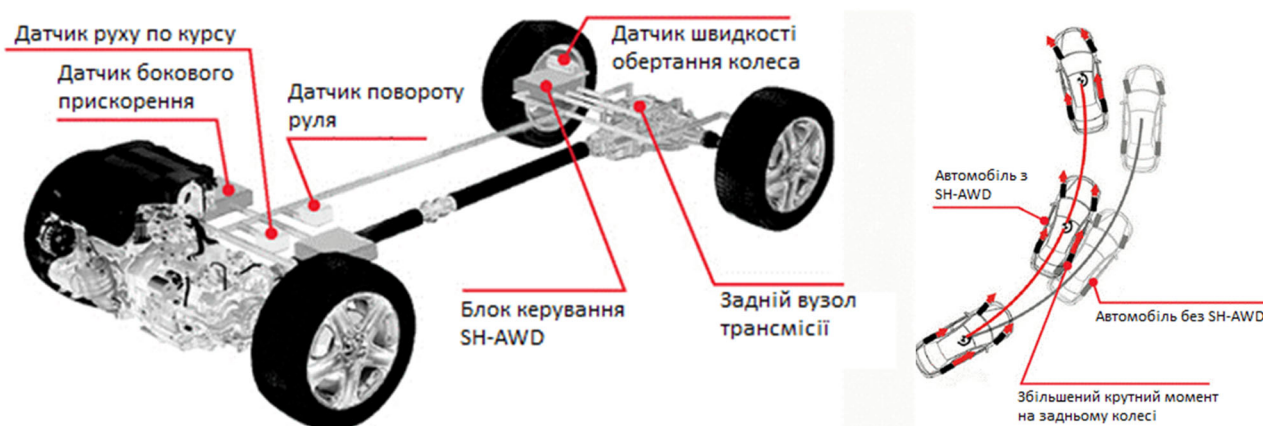


Рисунок 2.33 – Схема і принцип дії трансмісії SH-AWD [8]

На рис. 2.33 продемонстровано, як трансмісія SH-AWD «підрулює» в повороті, за допомогою «бортового» зчеплення подаючи момент на зовнішнє заднє колесо.

2.3 Системи керування напрямом руху

В даний час підсилювачами рульового керування оснащують переважну більшість автомобілів [9]. Навіть машини малого класу, як правило, отримують підсилювачі вже в базових комплектаціях. І не лише для комфорту. «Невидимий помічник», зменшуючи зусилля на кермі, дозволяє знизити передавальне відношення в рульовому механізмі і, відповідно, кількість обертів. Підсилювачі, що застосовуються на сучасних автомобілях, за принципом своєї дії можуть бути адаптивними і неадаптивними, а за типом приводу – гідравлічними, пневматичними та електричними. Адаптивні підсилювачі можуть змінювати коефіцієнт посилення в залежності від швидкості автомобіля. У автомобіля з таким підсилювачем при маневруванні на стоянці зусилля, необхідне для повороту рульового колеса, значно нижче, ніж у неадаптивних, а при підвищенні швидкості руху автомобіля зусилля повороту збільшується [7].

Неадаптивний підсилювач складається з трьох основних частин:

- джерела енергії;
- силового елемента, що створює додаткове зусилля при роботі рульового керування;

- керуючого елемента, що відповідає за включення і виключення силового елемента.

Адаптивний підсилювач, крім перерахованих компонентів, має датчик швидкості автомобіля, електронний блок керування і виконуючий пристрій (зазвичай електрогідравлічний), який впливає на керуючий елемент.

2.3.1 Підсилювачі рульового керування

Більшість сучасних автомобілів з підсилювачем мають гідравлічний підсилювач рульового керування, в якому гідравлічний насос, що приводиться від двигуна автомобіля (джерело енергії), створює тиск в гідравлічному циліндрі (силовий елемент). Найбільш поширені гідропідсилювачі, у яких силовий та розподільний елементи об'єднані з рульовим механізмом в одному корпусі (гідроруль). Поршнем гідроциліндра в рейковому рульовому механізмі є рульова рейка, в механізмі «гвинт-гайка рейка-сектор» – гайка. Керуючий пристрій виконано у вигляді золотника на вхідному валу механізму, який при прикладанні зусилля до керма повертається (або зміщується), перекриває певні канали для проходу рідини і тим самим з'єднує праву або ліву порожнини гідроциліндра з гідравлічним насосом [7].

Традиційним недоліком систем з неадаптивним підсилювачем є мале реактивне зусилля на кермо, тобто гідропідсилювач занадто активно допомагає водієві. Дана обставина знижує рівень безпеки руху на високій швидкості, так як водієві легше різко повернути кермо і, відповідно, відхилити автомобіль від траєкторії.

Щоб забезпечити гарну інформативність рульового приводу і водночас не зробити рульове колесо занадто тугим, потрібно пов'язати воедино масу чинників: продуктивність насоса, параметри золотника та жорсткість торсіону, геометрію передньої підвіски і кути установки коліс (від цього в першу чергу залежить величина повертаючого зусилля), параметри задньої підвіски, характеристики бокового ведення шин й навіть жорсткість кузова на скручування [9]. Значна частина виробників спеціально знижує інформативність рульового керування на користь комфорту.

Іншим важливим завданням, що стоїть перед проектувальниками, є конструктивне забезпечення «легкості» керма на малих швидкостях руху і «важким» – на високих.

Саме тому з'явилися серійні гідропідсилювачі з електронним регулюванням роботи розподільника в залежності від швидкості. В системі Magnasteer (рис. 2.34) виробництва фірми Delphi Saginaw, якою оснащені деякі автомобілі концерну General Motors (Chevrolet Corvette, багато моделей Cadillac тощо) за допомогою електромагнітного пристрою змінюється жорсткість торсіону слідкуючого пристрою.

У німецьких гідропідсилювачах ZF Servotronic, які стоять на машинах Audi A6 і A8, BMW 5-й і 7-ї серій, на допомогу золотнику приходять електрогідравлічний модулятор тиску – з ростом швидкості за сигналом від керуючого блоку він обмежує тиск в робочому контурі, що знижує зусилля яке створюється гідропідсилювачем майже до нуля.



Рисунок 2.34 – Виконавчий механізм системи Magnasteer [7]

Використання обмежувача тиску в системі гідравлічного підсилювача рульового приводу дозволяє керувати потужністю насоса гідропідсилювача керма. Таким чином, число обертів насоса на холостому ході може бути низьким, завдяки чому і досягається економія палива [8].

Різновидом гідропідсилювача є електрогідравлічний підсилювач (рис. 2.35), в якому гідравлічний насос з'єднаний з електродвигуном, що живиться від бортової електромережі автомобіля. Конструктивно електродвигун і гідронасос об'єднано в силовий блок Powerpack [7].

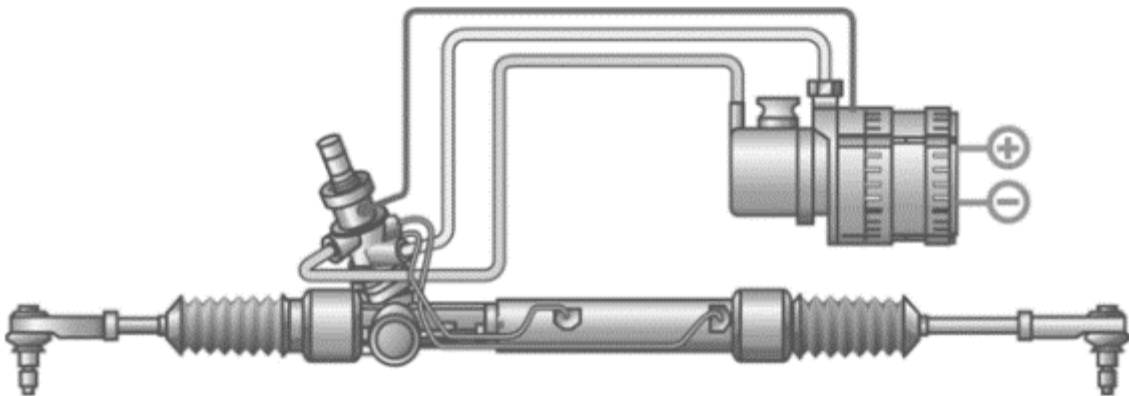


Рисунок 2.35 – Електрогідравлічний рульовий підсилювач [7]

Переваги такої схеми: компактність, можливість функціонування при непрацюючому двигуні (джерело енергії – АКБ автомобіля); включення гідронасоса тільки в необхідні моменти (економія енергії), можливість застосування електронних систем регулювання в ланцюгах електродвигуна.

2.3.2 Електромеханічні підсилювачі

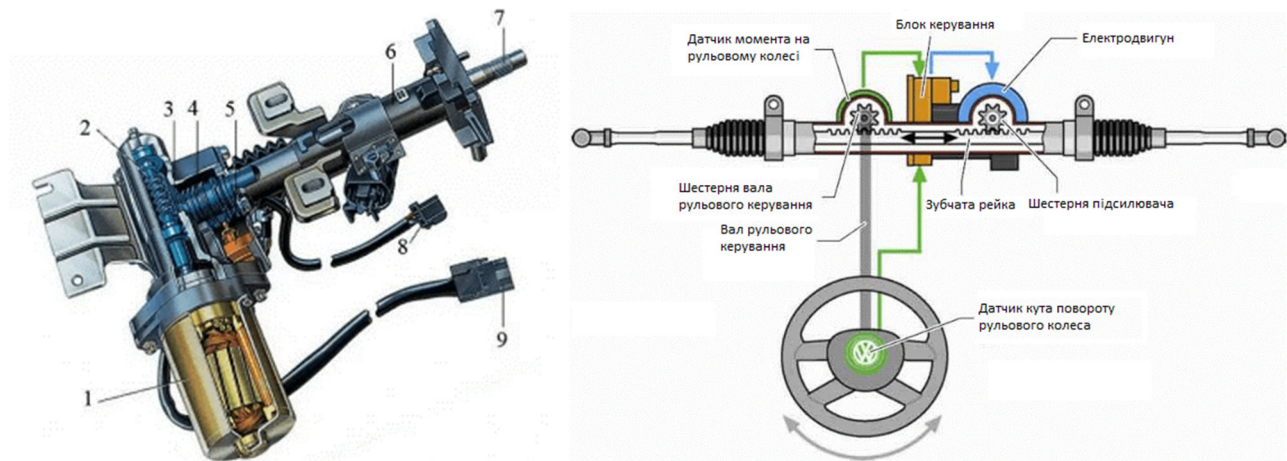
Останнім часом набула поширення абревіатура EPS (Electrical Power Steering) або MDPS (Motor Driver Power Steering). Йдеться про електричні підсилювачі рульового керування (ЕПК), в яких функції силового елемента виконує електродвигун, а керуючого елемента – електронний блок. Основні переваги даного підсилювача: зручність регулювання характеристик,

підвищення надійності (відсутність гідравліки), економна витрата енергії.

Спочатку системи ЕПР застосовувалися лише в автомобілях особливо малого класу і лише в останні роки почали поширюватися на автомобілі малого та середнього класу.

Як правило, системи ЕПР (рис. 2.36) включають:

- датчик моменту на рульовому колесі;
- електронний блок керування, який здійснює калькуляцію необхідного допоміжного моменту електродвигуна на основі вхідних сигналів;
- знижуючий редуктор, що збільшує момент електродвигуна;
- електродвигун, що виконує команди електронного блоку керування.

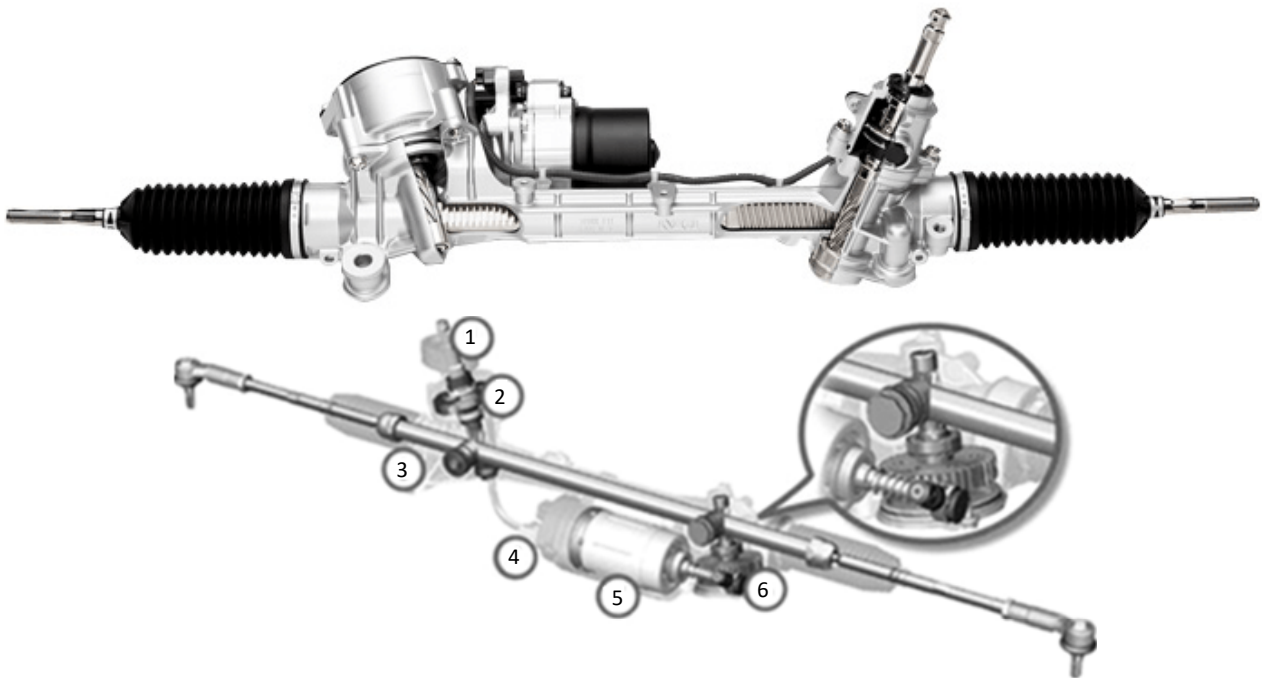


1 – електродвигун; 2 – черв'як; 3 – черв'ячне колесо; 4 – муфта; 5 – потенціометр; 6 – кожух; 7 – рульовий вал; 8 – роз'єм датчика моменту на рульовому валу; 9 – роз'єм живлення електродвигуна

Рисунок 2.36 – Система Electric Power Steering [8]

Наведено приклад конструктивного виконання електропідсилювача [8] (рис. 2.37). Принцип дії електромеханічного підсилювача можна описати таким чином: торсіонний стрижень 1 скручується зусиллям, яке водій прикладає до керма. Датчик крутного моменту 2 вимірює зусилля, що передається через шестерню 3 на рульову рейку. Розраховане блоком керування 4 зусилля передається через сервомотор 5 і черв'ячний механізм 6 на рульову рейку.

Зусилля, що прикладається водієм до керма, передається на торсіонний вал, який скручується. Цей момент обертання вимірює сенсор і передає в електронний блок керування, який, в свою чергу, дає точну команду на електричний двигун, що створює додатковий момент обертання в рульовому механізмі. Таким чином, електроніка подає струм потрібної полярності та сили на обмотки електромотора, пов'язаного з рульовим механізмом через черв'ячну передачу. Зусилля підтримки передається на черв'ячний механізм або на рульове керування з передачею гвинтом та кульковою гайкою й далі – на рульову рейку. А за сигналами від датчика швидкості можна змінювати характеристику підсилювача відповідно до будь-якої закладеної в програму електронного блоку керування залежності.



1 – торсіонний вал; 2 – датчик крутного моменту; 3 – шестерня; 4 – блок керування; 5 – сервомотор; 6 – черв'ячний механізм

Рисунок 2.37 – Конструкція електромеханічного підсилювача [8]

Слід пам'ятати, що, подібно до гідропідсилювача, система є допоміжною і вихід її з ладу не може значно вплинути на керованість автомобілем, так як існує механічний зв'язок між рульовим колесом та рейкою рульового керування. При входженні в аварійний режим керування водій зможе відчувати поступове збільшення зусилля на кермі, регульоване блоком керування ЕПР та прийняти відповідні заходи [9].

Створення систем ЕПР стало наслідком загальної боротьби за екологію. Електропідсилювач не використовує олів, тим самим знижує ймовірність забруднення навколишнього середовища.

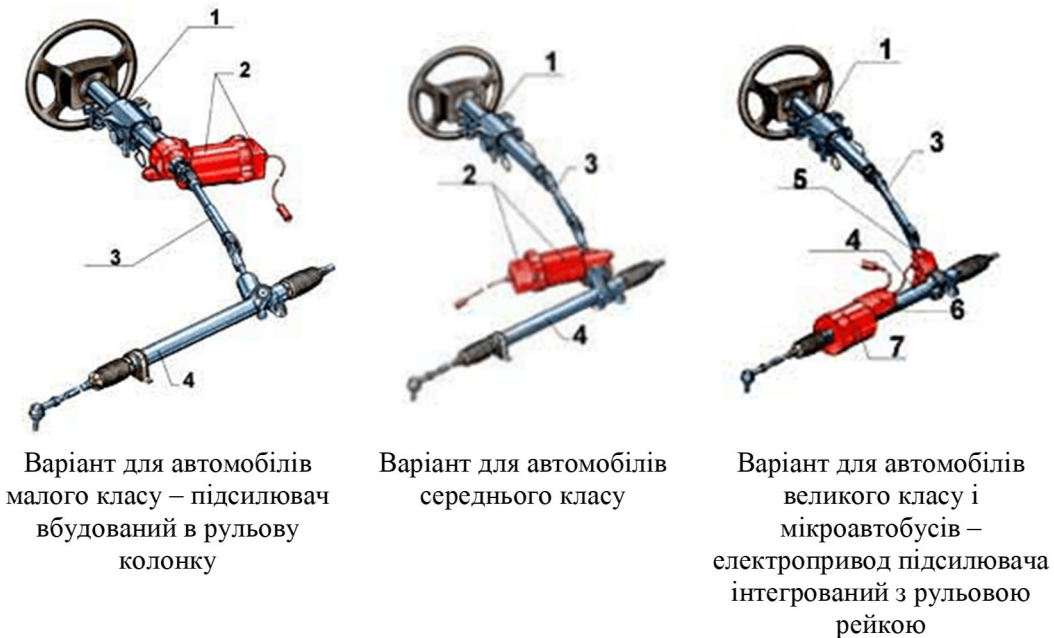
Використання електропідсилювача дозволяє знизити витрату палива, так як ЕПР, на відміну від ГПР, включається в роботу тільки в тому випадку, коли водієві потрібна допомога в повороті керма. Електричний підсилювач рульового керування надає підтримку водієві, використовуючи електричний мотор і не використовуючи основний двигун. У технічному обслуговуванні електропідсилювач менш вимогливі, ніж ГПР, і коштують значно менше. Електропідсилювач легше адаптувати під будь-які закони керування посилення на рульовому колесі залежно від швидкості пересування автомобіля, зусилля водія і кута повороту керма.

Використання ЕПР сприяє зменшенню шумових та віброхарактеристик автомобіля, так як гідронасос і система приводу відсутні. Електромеханічний підсилювач керма Mercedes-Benz ML забезпечує до 7 % економії палива на відміну від гідравлічного (рис. 2.38) [8].



Рисунок 2.38 – Електромеханічний підсилювач керма Mercedes-Benz ML

Застосування електропідсилювача надає великі можливості компоновок рульового керування (рис. 2.39). Електродвигун може передавати зусилля на вал рульового колеса, вал шестерні рейки та саму рейку.



1 – рульова колонка; 2 – електропідсилювач з черв'ячною передачею і електронним блоком керування; 3 – проміжний вал; 4 – рейковий рульовий механізм; 5 – слідкуючий пристрій з торсіоном; 6 – блок керування; 7 – електропривод з механізмом гвинт – кулькова гайка – рейка

Рисунок 2.39 – Варіанти електропідсилювачів ZF Servolectric [8]

Системи електропідсилювачів в залежності від місця їх установки бувають трьох типів [9]:

- 1) Column type – електродвигун розташований на рульовій колонці;
- 2) Pinion type – електродвигун з передавальним механізмом, що розташовується на черв'ячній передачі;

- 3) Rack assist type – електродвигун, що впливає на рейку рульового механізму.

Якщо в системах типу Column type всі елементи знаходяться в кабіні автомобіля, то основні робочі елементи систем Pinion type і Rack assist type

знаходяться поза кабіною, в моторному відсіку, що, до речі, полегшує їх охолодження.

Головний недолік електропідсилювачів керма полягає в тому, що це неремонтопридатний вузол і при виході з ладу ЕПР підлягає повній заміні.

2.3.3 Активні системи рульового керування

Значним кроком у розвитку електронних систем рульового керування є створення активних систем (AFS – Active Front Steering, AS – Active Steering, ESAS – Electric Steer Assisted Steering).

Система AFS (рис. 2.40) є спільною розробкою фірм Bosch [7] та ZF [8]. В даний час система встановлюється на більшість моделей автомобілів BMW [7], у якості опції, та є фірмовим атрибутом даної марки. Конкурентними перевагами даної системи є підвищення комфорту і безпеки при експлуатації автомобіля.

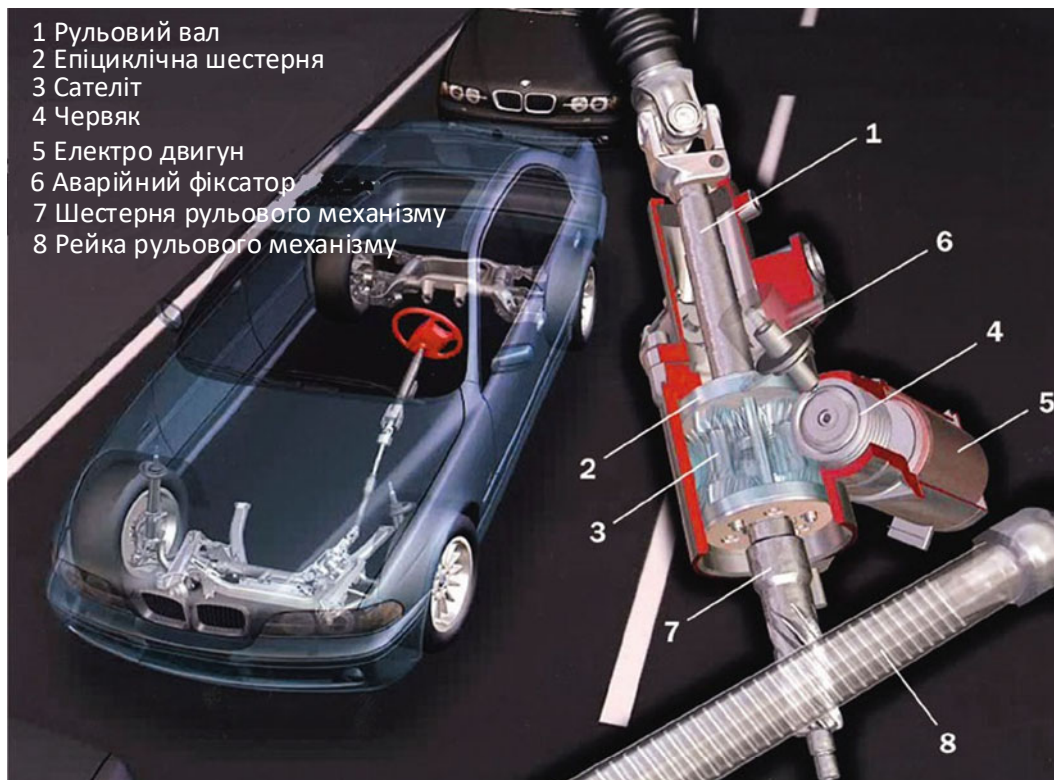


Рисунок 2.40 – Система активного рульового керування (AFS) [8]

Система активного рульового керування (AFS) призначена для:

- зміни передавального відношення рульового механізму в залежності від швидкості руху;
- коригування кута повороту передніх коліс при проходженні поворотів і гальмуванні на слизькому покритті.

Система активного рульового керування в своїй роботі взаємодіє з іншими системами, у тому числі з гідропідсилювачем керма Servotronic, системою динамічної стабілізації Dynamic Stability Control (DSC).

Рульовий вал системи AFS розрізаний, і в нього вбудована планетарна

передача. Корпус планетарного редуктора може обертатися за допомогою електромотора, який включається по сигналу електронного блоку керування, який отримує інформацію від датчиків.

Система активного рульового керування, над якою інженери фірми BMW працюють з 1997 р. [8], включає наступні елементи:

1) датчики: датчик положення електродвигуна; датчик сумарного кута повороту; датчик кута повороту рульового колеса; датчики системи динамічної стабілізації (швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі і вертикального прискорення);

2) електронний блок керування;

3) виконуючі пристрої: електродвигун з черв'ячним редуктором, епіциклічна шестерня планетарного редуктора.

Система AFS активується при запуску двигуна. Робота системи полягає в зміні передавального відношення рульового механізму в залежності від швидкості і умов руху (рис. 2.41).

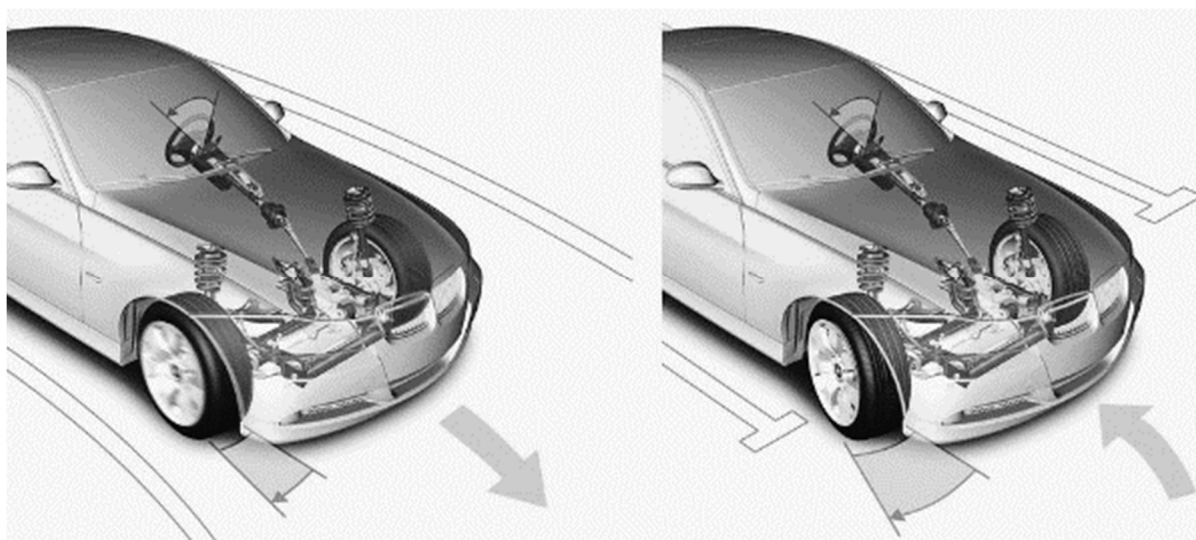


Рисунок 2.41 – Робота системи активного рульового керування [8]

При здійсненні маневрів на низькій швидкості відповідно до сигналів датчика кута повороту рульового колеса включається електродвигун. Електродвигун через черв'ячну пару передає момент на епіциклоїдну шестерню планетарного редуктора. Обертання шестерні в певному напрямі з максимальною швидкістю забезпечує найменше передавальне відношення рульового механізму, яке досягає значення 1:10. При цьому кермо стає «гострим», зменшується число обертів рульового колеса від упору до упору, чим досягається високий комфорт у керуванні [7].

З підвищенням швидкості руху виконання поворотів супроводжується зменшенням частоти обертання електродвигуна, відповідно збільшується передавальне відношення рульового механізму. На швидкості 180–200 км/год передавальне відношення досягає оптимального значення 1:18. Електродвигун при цьому перестає обертатися, а зусилля від рульового колеса передається на рульовий механізм безпосередньо. З подальшим зростанням швидкості

електродвигун знову почне працювати, при цьому обертається в протилежну сторону. У такому випадку передавальне відношення рульового механізму може досягати величини 1:20. При цьому передавальне відношення рульове керування має найменшу гостроту, збільшується число обертів рульового колеса від упору до упору, тим самим забезпечується безпека маневрування на високих швидкостях [7].

Якщо при проходженні повороту фіксується надлишкова обертальність автомобіля, система AFS на підставі сигналів датчиків системи DSC самостійно коригує кут повороту передніх коліс. В результаті чого зберігається курсова стійкість автомобіля. У разі, коли система активного рульового керування не може повністю забезпечити стійкий рух автомобіля, активується система динамічної стабілізації.

Аналогічним чином система активного рульового керування стабілізує рух автомобіля при гальмуванні на слизькому покритті, чим досягається підвищення ефективності антиблокувальної системи (ABS) та скорочення гальмівного шляху.

Необхідно відзначити, що розробкою подібних рульових механізмів займаються не тільки інженери BMW. Японський родстер Honda S2000 вже на протязі декількох років в штатній комплектації оснащується «коаксіальною» рейкою, що збільшує чутливість рульового керування на великих кутах повороту керованих коліс, що підвищує маневреність автомобіля [7].

Інженерам Audi [7] вдалося знайти геніальне технічне рішення: для зміни передавального відношення рульового механізму в залежності від швидкості руху автомобіля використовується додатковий електромеханічний привід вал-шестерня рульового механізму (рис. 2.42, 2.43) [7].

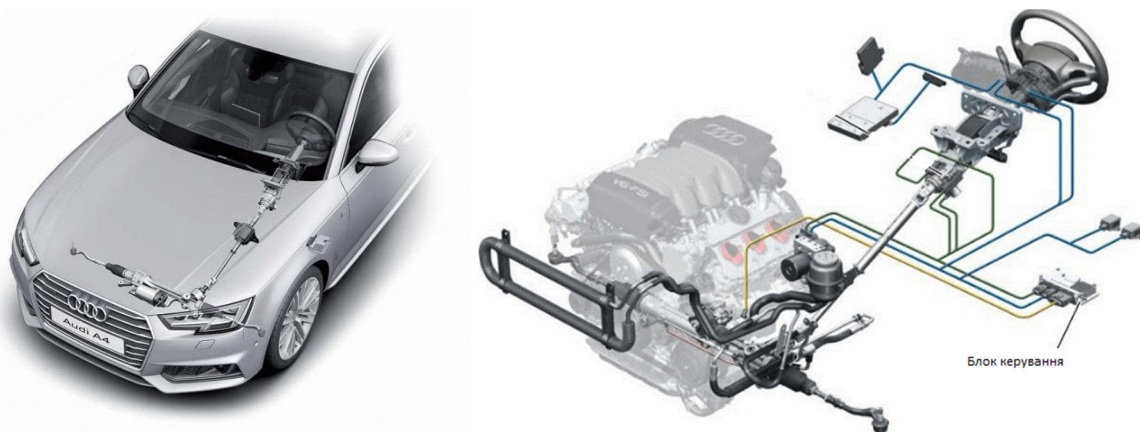


Рисунок 2.42 – Динамічне рульове керування

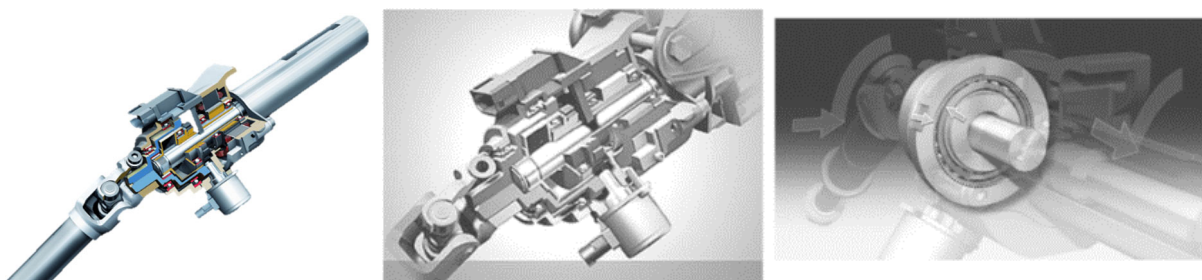


Рисунок 2.43 – Виконуючий механізм динамічного рульового керування Audi [8]

В динамічне рульове керування Audi Dynamic Steering (ADS) вбудовано підсумовуючий механізм (виконуючий механізм, що підсумовує кут повороту рульового колеса та кут підкермовування). Механічний зв'язок між рульовим колесом та керованими колесами в будь-якій ситуації здійснюється через виконуючий механізм. При серйозній несправності цієї системи блокується вал електродвигуна підсумовуючого механізму. Це запобігає некоректній роботі системи [8].

Необхідність збільшення або зменшення кута повороту керованих коліс визначається блоком керування на підставі інформації, що надходить від датчиків (аналогічний системі AFS). Блок керування подає сигнали на електродвигун, який надає руху одному з елементів підсумовуючого механізму. Кут повороту коліс дорівнює сумі кута підкермовування, заданого підсумовуючим механізмом та кута повороту рульового колеса, заданого водієм.

Виконуючий механізм, що приводить в обертання вал-шестерню рульового механізму, являє собою хвильову передачу, один з елементів якої керується електродвигуном. Характерною особливістю цього механізму є перетворення високої частоти обертання (наприклад, електродвигуна) в дуже низьку.

Розвиток електроніки дозволить у майбутньому перейти до систем без механічного зв'язку між кермом та колесами – так званим керуванням по дротах (steering by wire). Електронний блок, отримуючи інформацію про поворот колеса, з одного боку та швидкості повороту й бічних прискорень – з іншого, посиляє сигнал на електродвигуни які індивідуально повертають колеса.

Переваги такої системи очевидні. У критичній ситуації автомобіль зможе самостійно (причому значно швидше водія) повернути колеса на потрібний кут. Такі системи більш ефективні і з технологічної точки зору: протягнути дроти набагато простіше ніж вал з шарнірами. Рульова трапеція стає непотрібною, так як поворот коліс на різний кут забезпечується самими електродвигунами.

2.4 Системи керування автомобілем на режимах розгону та гальмування

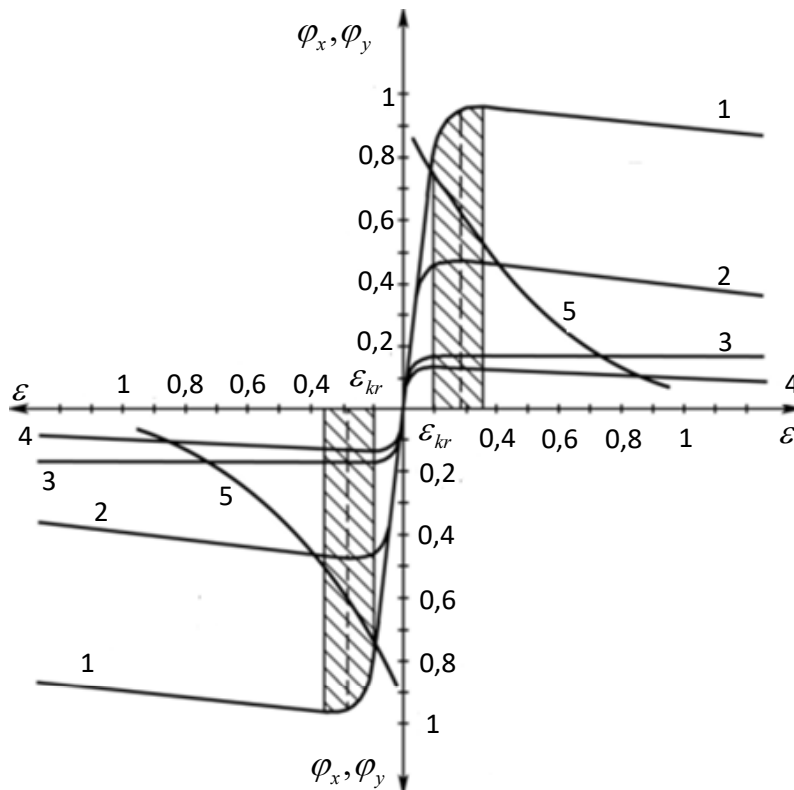
2.4.1 Теоретичні передумови автоматизації робочої гальмівної системи

Безпека руху автомобілів з високими швидкостями в значній мірі визначається ефективністю дії та надійністю гальмівної системи. Робоча гальмівна система забезпечує зниження швидкості автомобіля до прийняттого значення, що забезпечує безпечний рух. Зміна швидкості автомобіля досягається за рахунок перетворення кінетичної енергії поступального руху автомобіля в роботу тертя в парах: гальмівна колодка – гальмівний барабан або диск; шина колеса (колесо) – дорожня поверхня (дорога) при обертанні колеса. Якщо приведена до поверхні контакту колеса з дорогою гальмівна сила F_x , що виникає в гальмівному механізмі, менше сили тертя X , яка виникає між колесом і дорогою, $F_x < X$, то процес гальмування протікає усталено аж до повної зупинки автомобіля. При цьому рух автомобіля в режимі інтенсивного гальмування

перебігає плавно: без юза, занесення та блокування коліс.

При зміні співвідношень між силами в розглянутих парах відбувається блокування коліс. Це явище може супроводжуватися повною зупинкою обертання колеса при триваючому поступальному русі автомобіля. Рух колеса по дорозі без обертання називається юзом колеса. Юз будь-якого колеса автомобіля відразу призводить до втрати стійкості руху. Рух автомобіля юзом найбільш ймовірний взимку на слизьких дорогах та під час або після дощу. Блокування коліс при гальмуванні є головним й потенційно небезпечним режимом руху, властивим класичній робочій гальмівній системі.

При робочому гальмуванні автомобільне колесо сповільнює обертання і починає рухатися щодо дорожнього полотна з деяким прослизанням, фізична природа якого пояснюється деформаційними процесами в зоні контакту з дорогою. Після досягнення межі стійкого і нестабільного діапазонів кочення, що збігається з максимальним значенням коефіцієнта зчеплення, деформаційне ковзання перетворюється у відносне (рис. 2.44).



1, 2, 3, 4 – коефіцієнти зчеплення φ_x в поздовжньому напрямку відповідно для сухого асфальту, мокрому бетону, мокрої бруківки, снігу; 5 – коефіцієнт зчеплення φ , в поперечному напрямі для сухого асфальту

Рисунок 2.44 – Діаграми $\varphi - \varepsilon$ ковзання колеса в тяговому (I) і гальмівному (II) режимах руху для різних станів дорожнього покриття

Величина відносного ковзання колеса, при якій спостерігається максимум коефіцієнта поздовжнього зчеплення $\varphi_{\text{л}}$ є критичною. Перехід через це значення є початком нестійкого процесу блокування колеса. Коефіцієнт зчеплення $\varphi_{\text{л}}$

блокованого колеса в порівнянні з його граничним – оптимальним (максимальним) значенням $\varphi_{l\max}$ може істотно зменшуватися. Для характеристики ступені прослизання колеса відносно дороги використовують величину відносного ковзання колеса ε , яка визначається виразом:

$$\varepsilon = \frac{V - \omega_k r_k}{V},$$

де ε – відносне ковзання (коефіцієнт ковзання, буксування);
 ω_k – кутова швидкість колеса;
 r_k – радіус кочення колеса;
 V – швидкість поступального руху автомобіля.

Величина відносного ковзання ε може змінюватися від нуля (вільне кочення колеса) до одиниці (повністю заблоковане колесо). Збільшення ковзання колеса при гальмуванні призводить до появи сили реакції з боку дороги фундаментальними законами. Фундаментальні закони фізики роботи еластичного автомобільного колеса такі, що поздовжня реакція гальмівної сили зростає при збільшенні прослизання до певної межі – межі діапазону стійкого кочення колеса.

При збільшенні гальмівного моменту і відносного ковзання поздовжня реакція гальмівної сили зменшується до величини, що залежить від властивостей пари тертя: колесо-дорога при заблокованому колесі. Цей процес характеризується зміною коефіцієнта поздовжнього зчеплення колеса з дорогою φ_x в залежності від величини відносного ковзання.

Коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою в поперечному напрямку φ_y також залежить від величини відносного ковзання ε (рис. 2.44). Найбільші значення коефіцієнта φ_y відповідають зоні деформаційного ковзання колеса. При відносному ковзанні колеса коефіцієнт зчеплення в поперечному напрямі φ_y швидко зменшується та при блокуванні колеса його значення наближається до нуля. Одночасно істотно зменшується сила зчеплення колеса з дорогою в поперечному напрямі. Тому будь-який зовнішній вплив в поперечному напрямі може стати критичним за параметрами курсової та траєкторної стійкості. У режимі гальмування при взаємодії коліс та дороги виникають повздовжні горизонтальні реакції дороги X . Сили X в сумі визначають величину сили інерції F , отже, величину уповільнення j – одного з показників ефективності гальмування. Реалізація максимальних значень гальмівних сил визначає можливість досягнення максимального значення уповільнення:

$$F_j = \sum_{i=1}^n X_i.$$

Об'єктивно водій не здатний контролювати величину гальмівних сил і підтримувати кочення коліс в зоні деформаційного ковзання при максимальних

значеннях коефіцієнта зчеплення $\varphi_{x \max}$. Екстремне гальмування у всіх випадках здійснюється водієм при максимальному зусиллі на педалі гальма та повністю заблокованих колесах. Тому в процесі гальмування необхідно автоматично підтримувати відносне ковзання коліс, близьке до критичного, забезпечуючи таким чином високі значення коефіцієнтів зчеплення в поздовжньому і поперечному напрямках, а отже, високу ефективність гальмування при збереженні стійкого руху автомобіля.

2.4.2 Рівняння рівноваги сил і моментів, що діють на автомобіль та колесо в режимі гальмування

Рівняння рівноваги сил і моментів сил, що діють на автомобіль в режимі гальмування (рис. 2.45), можна записати у вигляді:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{b + \varphi_x h}{a - \varphi_x h},$$

де Z_1, Z_2 – нормальні реакції, що діють на колесо з боку дороги;
 a, b – відстані від осі передніх і задніх коліс до центру мас автомобіля;
 φ_x – коефіцієнт зчеплення шини колеса з дорогою в поздовжньому напрямі;
 h – відстань від центру мас автомобіля до поверхні дороги.

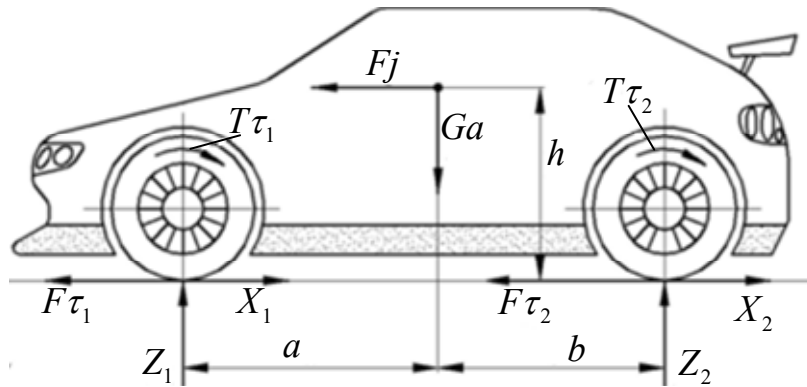


Рисунок 2.45 – Сили, що діють на автомобіль

Якщо, сили зчеплення коліс з дорогою дорівнюють:

$$X_1 = Z_1 \varphi_x, \quad X_2 = Z_2 \varphi_x,$$

тоді:

$$\frac{X_1}{X_2} = \frac{b + \varphi_x h}{a - \varphi_x h},$$

де X_1, X_2 – сили зчеплення передніх і задніх коліс з дорогою.

Розглянемо схему сил, що діють на колесо (рис. 2.46).

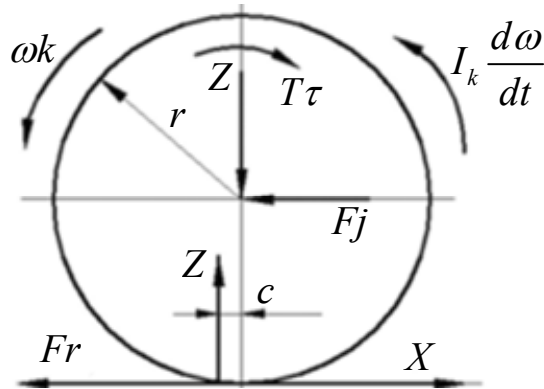


Рисунок 2.46 – Сили, що діють на колесо

Динамічне рівняння моментів, що діють на колесо в режимі гальмування, записується у вигляді:

$$\sum_1^n T_i = X r_d - T_\tau - Z_c - I_k \frac{d\omega_k}{dt},$$

- де T_τ – гальмівний момент на колесі, $T_\tau = F_\tau r_d$;
 F_τ – гальмівна сила;
 I_k – момент інерції колеса;
 Z_c – плече дії нормальної реакції щодо осі колеса.

Вважаючи момент опору коченню $T_\tau = Z_c$ і момент інерції колеса I_k величинами, істотно меншими інших доданків, динамічне рівняння моментів записується у вигляді:

$$\sum_{i=1}^n T_i = 0,$$

а рівняння рівноваги має вигляд:

$$X r_d = F_\tau r_d.$$

2.4.3 Основні властивості класичної робочої гальмівної системи

При постійних значеннях конструктивних параметрів та розмірів елементів гальмівної системи гальмівні моменти на колесах передньої і задньої осей визначаються виразом:

$$\frac{X_1}{X_2} = \frac{T_{\tau 1} r_d}{T_{\tau 2} r_d} = \frac{F_{\tau 1} r_d}{F_{\tau 2} r_d} = \frac{k_1 p_1}{k_2 p_2},$$

де k_1, k_2 – коефіцієнти пропорційності;

p_1, p_2 – тиск робочого тіла в виконавчих пристроях гальмівних механізмів коліс передньої і задньої осей.

При фіксованих значеннях розмірів a, b, h (рис. 2.45) та тиску робочого тіла в приводах гальмівної систем, $p_1 = p_2$ оптимальне співвідношення гальмівних моментів коліс передньої і задньої осей, що забезпечує рівність величин відносного ковзання, можливо тільки для єдиного (розрахункового) значення коефіцієнта зчеплення φ_p .

При повороті керованих коліс сила зчеплення в бічному напрямку може виявитися недостатньою для створення повертаючого моменту, і тоді починається бічний занос передніх коліс автомобіля. Відновити стійкість руху автомобіля можна, зменшуючи гальмівний момент передніх коліс.

При повному блокуванні всіх чотирьох коліс рух автомобіля по дорозі буде некерованим і непередбачуваним, що неминуче призведе до аварійної ситуації. Особливо небезпечне блокування коліс при русі автомобіля на великій швидкості та в поворотах. Водій зі звичайним досвідом водіння в такій ситуації, як правило, відразу намагається повернути кермо для вирівнювання руху, що призводить до повної втрати контролю над автомобілем.

У всіх випадках при використанні класичної робочої гальмівної системи сумарна сила зчеплення коліс з дорогою виявляється менше максимально можливої, тому гальмівний шлях автомобіля збільшується.

2.4.4 Завдання автоматизації робочої гальмівної системи

При збільшенні швидкості руху автомобілів, інтенсивності дорожнього руху, збільшення інформаційного навантаження на водія стає важливим завдання збереження оптимального сталого психофізичного стану.

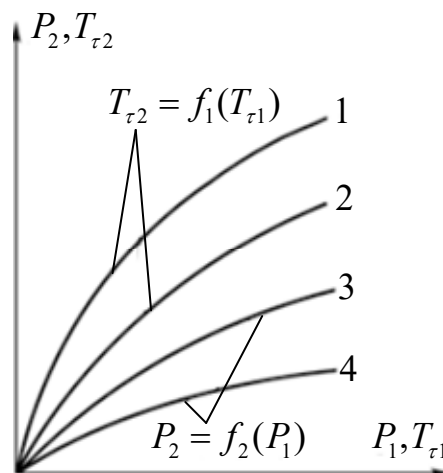
Одним з факторів, що впливає на стан водія є величина сил, необхідних для приводу органів керування. Тому одним із завдань можна вважати зниження фізичних зусиль водія. У гальмівних системах застосовують слідкуючі силові приводи, що забезпечують необхідні величини гальмівних моментів і зворотний зв'язок з водієм.

Раніше було доказано, що оптимальне співвідношення гальмівних моментів коліс передньої і задньої осей, що забезпечує рівність величин відносного ковзання і реалізацію максимальних сил зчеплення коліс при будь-яких значеннях коефіцієнта зчеплення φ_x , можна забезпечити регулюванням тиску робочого тіла в приводах гальмівних механізмів передніх і задніх коліс:

$$\frac{k_1 p_1}{k_2 p_2} = \frac{b + \varphi_x h}{a - \varphi_x h}$$

У практиці розрахунків гальмівних систем залежність $P_2 = f_2(P_1)$ визначається із залежності для гальмівних моментів коліс передньої і задньої осей автомобіля $T_{r2} = f_1(T_{r1})$ (рис. 2.47). Значення гальмівних моментів

розраховуються при рівних значеннях коефіцієнтів зчеплення для кожного колеса. Максимальні значення коефіцієнтів зчеплення відповідають межі деформаційного ковзання при оптимальній величині відносного ковзання ε_0 . Діапазон зміни коефіцієнта зчеплення в повздовжньому напрямі φ_x обирається відповідно до реальних властивостей дорожнього покриття. Величини нормальних реакцій визначаються ваговими станами автомобіля. Однак величина коефіцієнта зчеплення φ_x не може залишатися незмінною навіть в межах обмеженої ділянки дороги. Тому оптимальний розподіл тисків в гальмівних механізмах автомобіля не може забезпечити кочення коліс з однаковими значеннями відносного ковзання. Найбільш важливим завданням автоматизації робочої гальмівної системи є запобігання блокування коліс та забезпечення рівних для кожного колеса величин відносного ковзання.



1, 3 – для повністю завантаженого; 2, 4 – для спорядженого стану автомобіля

Рисунок 2.47 – Залежності гальмівного моменту і тиску робочого тіла в приводі

У цьому випадку гальмування здійснюється ефективно та із збереженням стійкого руху.

Фактично коефіцієнт зчеплення залежить від багатьох додаткових факторів: типу покриття дороги, конструкції шини та тиску, швидкості руху автомобіля тощо. Тому для регулювання режиму ковзання колеса необхідно застосовувати спеціальні автоматичні екстремальні регулятори тиску робочого тіла, здатні в умовах варіювання численних параметрів здійснювати керування величиною гальмівних моментів кожного колеса і забезпечувати максимальну ефективність гальмування.

2.4.5 Обґрунтування принципу регулювання гальмівних сил

Для отримання максимальної величини уповільнення та мінімального гальмівного шляху необхідно, щоб всі колеса автомобіля в процесі гальмування мали однакові значення величин відносного ковзання ε . Ефективність гальмування в умовах реалізації максимального коефіцієнта зчеплення $\varphi_{x\max}$ в

порівнянні з режимом гальмування при повністю блокованих колесах $\varepsilon = 1$ оцінюється коефіцієнтом ефективності:

$$k_c = \frac{\varphi_{x\max}}{\varphi_{x\varepsilon=1}} = \frac{S}{S_{\min}},$$

де S, S_{\min} – гальмівний і мінімальний гальмівний шлях автомобіля;
 $\varphi_{x\varepsilon=1}$ – значення поздовжнього коефіцієнта зчеплення при $\varepsilon = 1$.

Оптимальний режим гальмування в порівнянні з гальмуванням при блокованих колесах забезпечує значне скорочення гальмівного шляху автомобіля – на сухому асфальті до 20%, на мокрому до 60-80% і на слизькому до 2,5-3 разів.

Для здійснення ефективного гальмування необхідно, щоб гальмівна сила могла бути реалізована за умови зчеплення та з урахуванням співвідношення $X_1 = F_{\tau 1}, X_2 = F_{\tau 2}$. З урахуванням співвідношення $X = Z$ та гальмівних сил p для будь-якого моменту часу в процесі гальмування повинні зберігатись умови:

$$F_{\tau 1} = Z_1 \varphi_{\max}, F_{\tau 2} = Z_2 \varphi_{\max}.$$

Для ефективного гальмування необхідно забезпечити зміну гальмівних сил $F_{\tau 1}, F_{\tau 2}$, в залежності від величин Z, φ_{\max} . Способи визначення поточних значень коефіцієнтів зчеплення φ в режимі реального часу в даний час невідомі. Для вирішення завдання пропонується кілька методів.

Технічно можливо безпосереднє регулювання режиму буксування колеса з метою отримання оптимального значення відносного ковзання ε_0 . В цьому випадку регулятор автоматичної системи керування повинен реагувати на величину відхилення відносного ковзання ε_0 від оптимального значення ε і відповідно до відхилення змінювати величину гальмівного моменту. Вимірювання відносного ковзання кожного колеса не становить технічної проблеми. Для цього відповідно необхідно виміряти швидкість руху автомобіля v і кутову швидкість обертання колеса ω_k . Однак відсутність інформації про значення оптимальної величини відносного ковзання для конкретних обмежених ділянок дороги робить неможливим використання зазначеного способу регулювання буксування колеса в даний час.

Рух автомобіля в режимі гальмування може контролюватися за величиною уповільнення. Ефективний режим гальмування з максимально можливим уповільненням j_{\max} забезпечується за рахунок регулювання тиску робочого тіла в приводі гальмівних механізмів. Розглянутий спосіб регулювання передбачає визначення та аналіз характеру зміни одного параметра – поздовжнього уповільнення автомобіля j_x . Незважаючи на зручність і простоту однопараметричного способу контролю гальмування, використовувати в якості критерію тільки величину поздовжнього уповільнення j_x через низку причин не представляється можливим. У процесі ефективного гальмування повинна

зберігатися курсова і траєкторна стійкість автомобіля, яка легко може бути порушена через різні значення коефіцієнтів поздовжнього зчеплення шини з дорогою φ_x . Визначення складових величин горизонтального уповільнення j_x і j_y , що викликані порушенням умов стійкості руху, наприклад поворотом поздовжньої осі автомобіля щодо вертикальної осі, яка проходить через його центр мас, може стати технічно неможливим завданням через малі початкові значення бічних прискорень та недостатню чутливість датчиків лінійних й кутових прискорень. Але навіть відносно невелике початкове зміщення поздовжньої осі автомобіля може стати причиною розвитку некерованого заносу у процесі гальмування.

В даний час найбільш зручним вважається спосіб контролю ефективності робочої гальмівної системи зміною тиску робочого тіла в приводах гальмівних механізмів в залежності від характеру зміни кутової швидкості колеса. Самоналагоджувальна система автоматичного регулювання має у своєму складі процесор, що аналізує процес кочення колеса. Опосередкованим чином система визначає максимальне значення коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою. Регулятор системи здійснює плавну зміну гальмівної сили за рахунок зміни тиску робочого тіла в кожному з виконавчих пристроїв. Однією з переваг подібного методу контролю ефективності гальмування є можливість регулювання гальмівної сили кожного колеса, що дозволяє забезпечити незалежне обертання коліс, запобігти їх блокуванню та руху автомобіля з бічним занесенням.

2.4.6 Принцип дії системи автоматичного регулювання гальмівних моментів

Принцип дії самоналагоджувальної системи автоматичного керування, що керує гальмівними моментами коліс пояснюється залежністю $X = f_2(\varepsilon)$ та $F_\tau = f_2(\varepsilon)$ (рис. 2.48). При плавному збільшенні гальмівної сили F_τ на ділянці характеристики 0-1 відбувається збільшення відносного ковзання від $\varepsilon = 0$ до ε_1 , сили зчеплення колеса з дорогою від $X = 0$ до $X = X_{\max}$ та кутового уповільнення колеса від $\omega = 0$ до ω_1 .

Максимально можливе за умови зчеплення значення сили X_{\max} залишається меншою за F_τ , тобто $X_{\max} < F_\tau$ на величину, пропорційну моменту інерції колеса I_k . Збільшення гальмівної сили F_τ після точки 1 призводить до швидкого розвитку процесу блокування колеса. На цій ділянці характеристики не може встановитися сталий режим буксування, так як різниця сил $(F_\tau - X)$ навіть при постійному значенні гальмівної сили $F_\tau = const$ може тільки зростати через безперервне збільшення відносного ковзання і зменшення сили зчеплення X . Цей процес прискорює блокування колеса і призводить до помітного збільшення швидкості (темпу) зміни кутового уповільнення ω . Збільшення темпу зміни кутового прискорення свідчить про досягнення максимально

можливих значень сили зчеплення X_{\max} та коефіцієнта зчеплення φ_x для конкретних умов руху. Датчик швидкості колеса і обчислювальний блок САК забезпечують вимір кутового уповільнення колеса. При певному значенні кутового уповільнення в точці 2 характеристики $\omega = \omega_2$ регулятор генерує силовий сигнал, що діє на виконуючий пристрій регулювання тиску робочого тіла в приводі гальмівного механізму. Критична величина уповільнення ω_2 визначається обчислювальним блоком відповідно до обраного алгоритму роботи. Алгоритм роботи автоматично вибирається в залежності від умов руху, побічно визначаються темпом зміни та величиною гальмівної сили і параметрів кочення колеса.

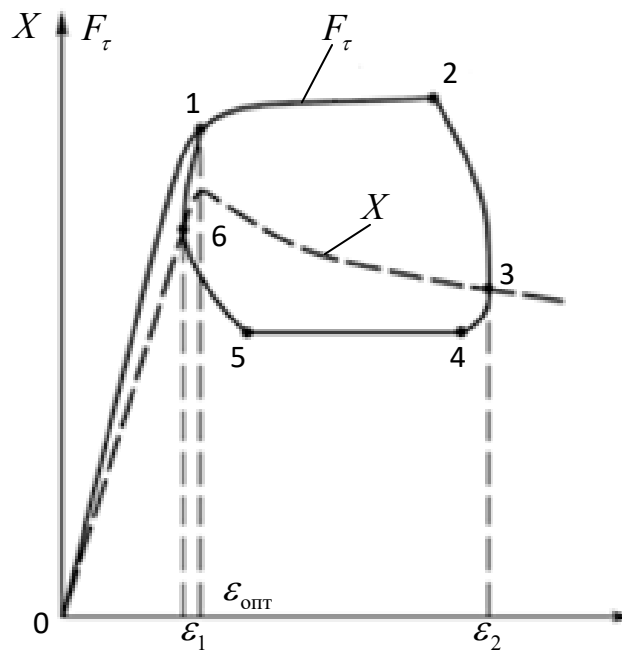


Рисунок 2.48 – Робочий цикл регулювання гальмівної сили

На ділянці 2-3-4 характеристики відбувається відносно швидке зменшення гальмівної сили і зменшення відносного ковзання. Співвідношення сил X і F_τ змінюється, а їх різниця $(F_\tau - X)$ зменшується. Відбувається «розгін» колеса. Кутове уповільнення колеса ω на ділянці характеристики 2-3 поступово зменшується і в точці 3, при однаковому значенні сил $X - F_\tau$, дорівнює нулю $\omega_3 = 0$.

На ділянці 3-4 характеристики гальмівна сила продовжує зменшуватися, а колесо обертається з кутовим прискоренням $\omega > 0$. Мінімально можливе значення гальмівної сили для заданих умов руху так само, як і величина критичного значення уповільнення ω_2 в точці 2 характеристики, автоматично визначається обчислювальним блоком системи.

На ділянці 4-5 характеристики підтримується мінімальне значення гальмівної сили, $F_\tau = F_{\min}$, колесо продовжує обертатися з кутовим прискоренням. У точці 5 прискорення досягає встановленого максимального значення, $\omega = \omega_{5\min}$. У цей момент силовий сигнал від регулятора, що надходить на виконавчий пристрій приводу гальмівного механізму, забезпечує збільшення

тиску робочого тіла й відповідно гальмівної сили F_r . Колесо продовжує обертатися зі зменшеним прискоренням до моменту рівності сил гальмівної та зчеплення, до точки б, де $F_r = X$ і кутове прискорення колеса дорівнює $\omega_6 = 0$.

На ділянці характеристики б-1 подальше збільшення гальмівної сили забезпечує обертання колеса зі зростаючим уповільненням. У точці 1 істотно змінюється темп наростання кутового уповільнення колеса і цикл автоматичної зміни гальмівної сили F_r повторюється.

При регулюванні гальмівної сили колесо обертається з уповільненням на ділянці характеристики б-1-2-3 і з прискоренням на ділянці 3-4-5-6. При цьому забезпечується зміна відносного ковзання в діапазоні $\Delta\varepsilon = (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)$. З метою підвищення ефективності роботи гальмівної системи діапазон зміни відносного ковзання $\Delta\varepsilon$ повинен бути якомога меншим. У цьому випадку середнє значення відносного ковзання $\bar{\varepsilon}$, що визначається з виразу:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{2},$$

буде ближче до його оптимального значення ε_0 , а значення реалізованого коефіцієнта зчеплення φ_x ближче до його максимального значення φ_{max} . Сучасні системи регулювання гальмівних сил забезпечують відхилення відносного ковзання від оптимального значення в межах $\varepsilon_1 - \varepsilon_0 = \varepsilon_3 - \varepsilon_0 = 0,05$, а середнього значення коефіцієнта зчеплення φ в порівнянні з його максимальним значенням не більше ніж на 3%. Наведені показники забезпечують гальмування автомобіля з максимальним можливим уповільненням для кожного типу покриття і будь-якого його стану. У різних типах і моделях систем регулювання робочі цикли можуть відрізнятися коригуванням критичної частоти обертання колеса в точці 2 в залежності від початкової швидкості гальмування (рис. 2.48), відсутністю ділянки 4-5 (з постійним значенням мінімальної гальмівної сили), а також мати інші особливості. Ці відмінності робочих циклів не змінюють загальних принципів регулювання гальмівної сили але дозволяють найкращим способом вирішити задачу зменшення діапазону зміни відносного ковзання $\Delta\varepsilon$.

Відповідно до зазначеного принципу зміни гальмівної сили і з урахуванням поточного значення кутової швидкості, яке пов'язано з поточним значенням відносного ковзання залежністю:

$$\omega_{ki} = \frac{1 - \varepsilon_i}{r_d},$$

де ω_{ki} – поточне значення кутової швидкості колеса на ділянці гальмування;
 ε_i – поточне значення відносного ковзання.

Поточне значення окружної швидкості колеса $V_{ki} = \omega_{ki} / r_d$ змінюється відповідно до зміни відносного ковзання ε_i за деяким законом (рис. 2.49). Можна

припустити, що при достатній частоті повторення робочих циклів зміни гальмівного моменту середнє значення окружної швидкості колеса, визначається з виразу:

$$\bar{V}_K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \omega_{ki} r_d,$$

де \bar{V}_K – середня окружна швидкість колеса.

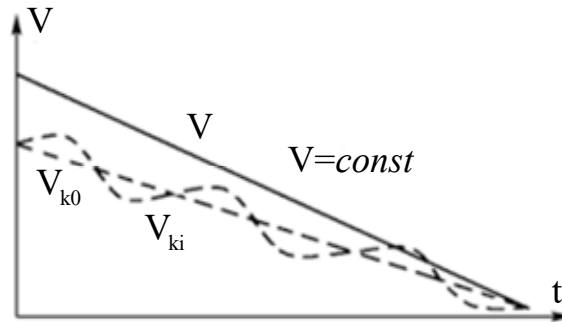


Рисунок 2.49 – Зміна середніх значень окружної та лінійної швидкостей

У цьому випадку середня швидкість автомобіля \bar{V} також змінюється за лінійним законом з постійним середнім (за часом) значенням уповільнення j (рис. 2.49).

2.4.7 Принципова схема системи автоматичного регулювання гальмівних моментів

Розглянуту систему автоматичного регулювання гальмівних моментів коліс прийнято називати антиблокувальною системою (АБС) і використовувати для її позначення абревіатуру АБС (ABS).

АБС – це автоматична система регулювання гальмівних моментів коліс автомобіля з пристроями зворотного зв'язку, що запобігають блокуванню коліс і забезпечують збереження курсової стійкості та керованості автомобіля. Основними конструктивними елементами АБС є: датчики кутової швидкості коліс, виконавчі пристрої регулювання тиску робочого тіла в приводах гальмівних механізмів – «модулятори», електронний блок керування (рис. 2.50). Датчики забезпечують перетворення кутової швидкості обертання коліс в електричний сигнал, що передає інформацію про параметри кочення коліс та рух автомобіля в ЕБК.

Модулятори забезпечують зміну гальмівних моментів, що діють на колесо з боку гальмівних механізмів за рахунок зміни тиску робочого тіла в приводах.

Електронний блок керування виконує обробку поточної інформації про кочення колеса та рух автомобіля, обирає відповідний умовам руху закон керування (алгоритм) і відповідно до прийнятого алгоритму генерує електричні сигнали, що керують роботою модуляторів тиску. Крім того, ЕБК контролює справність АБС і в разі несправності дає команду та забезпечує керування за допомогою резервних або аварійних елементів гальмівної системи.

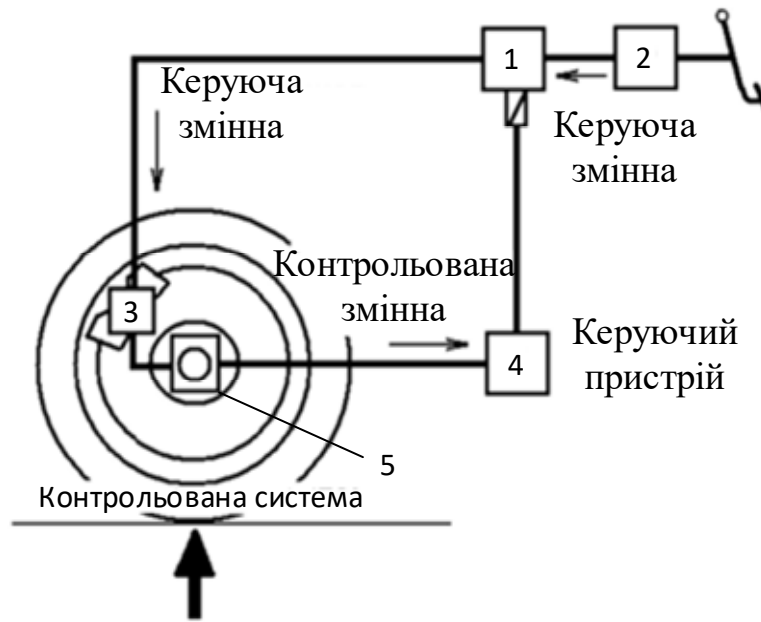


Рисунок 2.50 – Структурна схема контуру керування АБС

Основні процеси в АБС відбуваються в наступній послідовності. При керуючому впливі на педаль тиск робочого тіла в приводі збільшується, і деформаційне ковзання швидко переходить в відносне. Починаючи з цього моменту, збільшення тиску в приводі не викликає збільшення гальмівних сил. Якщо в русі одного з коліс з'являються ознаки блокування, то різко зростає темп кутового уповільнення. При досягненні критичного значення кутового уповільнення ЕБК генерує керуючий сигнал, що забезпечує спрацювання електромагнітного клапана (ЕМК) 1 (рис. 2.50). При роботі клапана тиск робочого тіла в приводі гальмівного механізму зменшується до величини, яка виключає блокування колеса.

Під час автоматичного керування процесом гальмування відбувається постійне визначення меж діапазонів стійкого і нестійкого кочення коліс і модулювання тиску робочого тіла з метою отримання максимальної, за умови зчеплення, гальмівної сили. Вплив на замкнутий контур керування АБС змінюється відповідно до обраного ЕБК законом керування – алгоритмом. Алгоритм враховує варіанти взаємодії коліс з дорогою, тип мікропрофілю дороги, момент тертя в гальмівних механізмах, характер зміни тиску в головному гальмівному циліндрі, зміну динамічного радіуса колеса та ін. Правильно обраний закон керування процесом гальмування автомобіля має найбільше значення для досягнення високої якості роботи АБС. Саме цим пояснюється досить висока активність фірм – розробників АБС в області патентування алгоритмів. В даний час налічується кілька тисяч патентів, що захищають алгоритми керування АБС. Незважаючи на таку велику кількість технічних рішень в цьому напрямку, багато фірм використовують в своїх виробках одні і ті ж алгоритми.

Основними критеріями якості роботи АБС прийнято вважати:

- збереження курсової і траєкторної стійкості та керованості автомобіля за

рахунок регулювання сил зчеплення коліс з дорогою в поздовжньому (поперечному) напрямках при робочому і екстреному гальмуванні;

- збереження керованості автомобіля за рахунок підтримки сил зчеплення коліс, достатніх для здійснення маневру за допомогою керованих коліс;
- коефіцієнт ефективності – відношення гальмівного шляху при працюючій АБС до гальмівного шляху із заблокованими колесами;
- швидкість зміни гальмівних моментів при проїзді коротких ділянок дороги з різними коефіцієнтами зчеплення;
- відсутність вібрацій в агрегатах трансмісії і поздовжніх коливань автомобіля;
- відсутність впливів зворотного зв'язку на педаль робочого гальма і шуму пристроїв і механізмів АБС.

2.4.8 Способи контролю гальмівних сил

Залежно від конструктивної схеми гальмівного приводу, вимог до складу та комплектації АБС, в тому числі з міркувань економії, використовуються різні способи регулювання (контролю) гальмівних моментів коліс автомобіля.

Спосіб контролю гальмівних сил коліс може в значній мірі впливати не тільки на гальмівну ефективність але і на стійкість руху автомобіля. Для контролю гальмівних сил коліс двохосьових автомобілів використовуються двох-, трьох- і чотирьох канальні системи автоматичного регулювання. Для кожної із зазначених систем регулювання гальмівних моментів коліс здійснюється відповідно за двома, трьома або чотирма каналами регулювання гальмівного моменту коліс.

Канали-приводи виконавчих пристроїв гальмівних механізмів забезпечують незалежне регулювання гальмівних моментів: всіх чотирьох коліс (4-канальна АБС); кожного колеса передньої осі і загального для задніх (3-канальна АБС); кожного або одного з коліс передньої осі і загального або одного з коліс задньої осі (2-канальна АБС).

4-канальні АБС забезпечують роздільний контроль гальмівного моменту кожного з коліс автомобіля (Individual Regelung – індивідуальне регулювання ковзання кожного колеса) і застосовуються в двоконтурних робочих гальмівних системах з роздільним приводом гальмових механізмів передньої та задньої осей (рис. 2.51, а); з діагональним приводом гальмових механізмів (рис. 2.51, б).

У 4-канальних АБС кутова швидкість кожного колеса контролюється окремим датчиком, а тиск робочого тіла в приводах кожного гальмівного механізму – окремим модулятором.

У процесі гальмування на дорозі зі змінним коефіцієнтом зчеплення коліс з дорогою можуть виникати гальмівні сили, що різні за величиною для коліс правої та лівої сторін автомобіля. Це неминуче призводить до появи моменту, який розвертає автомобіль в площині дороги навколо вертикальної осі. Незважаючи на цей недолік, умови зчеплення коліс з дорогою забезпечують збереження керованості і курсової стійкості автомобіля, а траєкторія руху адекватно коригується керуючими впливами водія на кермо.

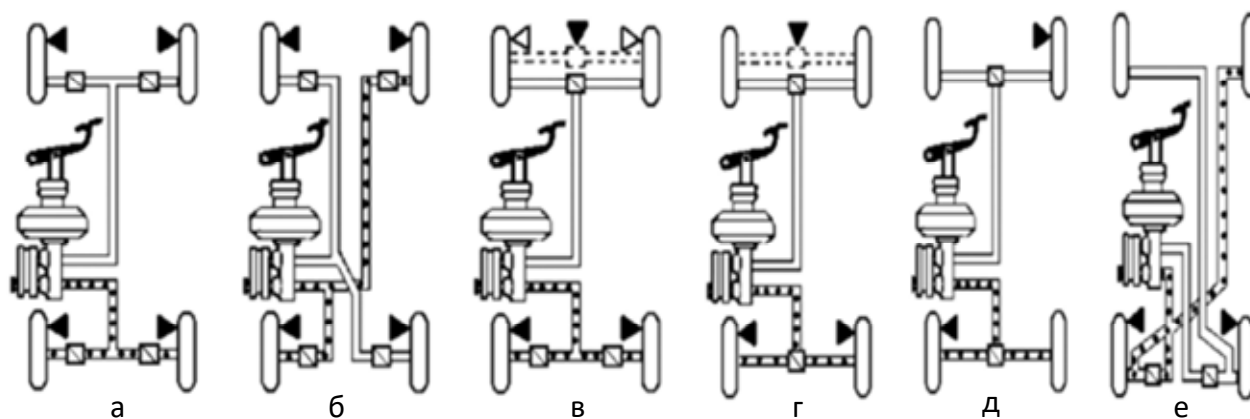


Рисунок 2.51 – Варіанти систем АБС

3-канальні АБС забезпечують ефективне гальмування при збереженні керованості і курсової стійкості автомобіля з меншою кількістю функціональних елементів – модуляторів та датчиків.

Конструкція 3-канальної системи АБС (рис. 2.51, в) забезпечує роздільний контроль гальмівних моментів передніх коліс за рахунок встановлення окремих датчиків кутової швидкості і модуляторів, що дозволяє усунути розвертання від задніх коліс. Контроль гальмівних сил задніх коліс виконують з використанням принципу низько порогового регулювання (Select Low – регулювання по «слабому» колесу) тиску робочого тіла в приводах задніх гальмівних механізмів. У цьому випадку тиск робочого тіла в приводах задніх гальмівних механізмів лівого і правого коліс встановлюється однаковим і рівним тиску в приводі гальмівного механізму заднього колеса, що має менший коефіцієнт зчеплення. Система забезпечує рух передніх коліс з оптимальними значеннями коефіцієнтів зчеплення, при цьому одне із задніх коліс буде гальмуватися з недостатньою, за умови зчеплення, гальмівною силою. В цілому при зменшенні обертаючого моменту та підвищенні керованості й стійкості дещо збільшиться гальмівний шлях автомобіля.

Використання принципу низько порогового регулювання гальмівних сил коліс задньої осі в 3-канальній АБС забезпечує задовільні гальмівну ефективність, керованість і стійкість автомобілів з довгою базою і великим моментом інерції щодо вертикальної осі. Принцип низько порогового регулювання гальмівних сил не застосовується для коліс передньої осі. В цьому випадку при підвищенні керованості і стійкості автомобіля може істотно знизитися гальмівна ефективність за рахунок недостатнього використання зчпної ваги, що припадає на передню вісь і суттєво збільшується при гальмуванні внаслідок перерозподілу маси автомобіля.

2-канальні АБС (рис. 2.51, г-е) мають в своєму складі значно менше дорогих функціональних елементів, а значить, і меншу вартість, ніж 4- і 3-канальні АБС. Однак, при використанні 2-канальних АБС виникають суттєві функціональні обмеження.

2-канальна АБС (рис. 2.51, г) переважно використовується для задньопривідних автомобілів. Модулятори встановлені в приводах гальмівних

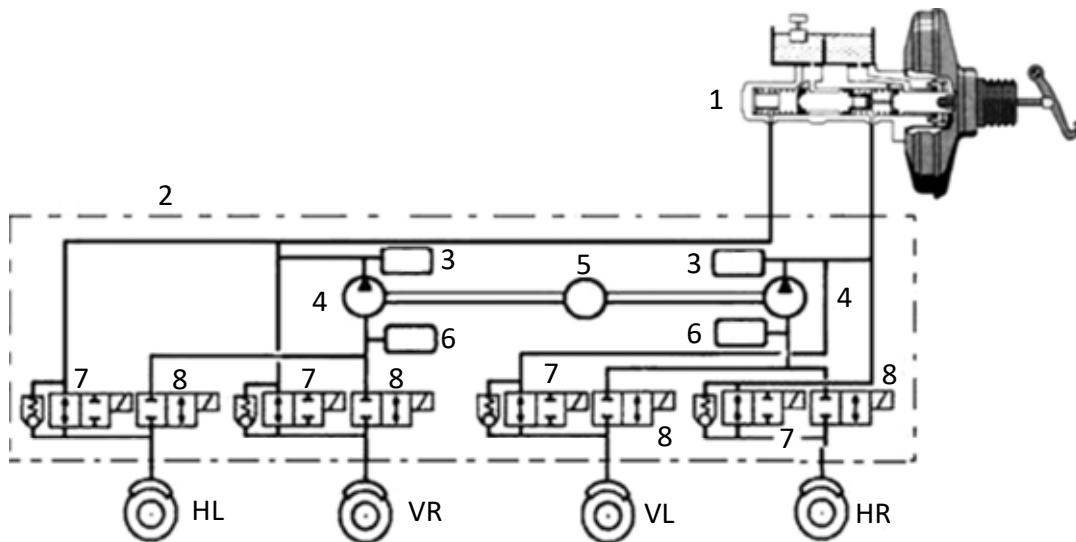
механізмів передньої і задньої осей, датчики кутової швидкості контролюють рух кожного переднього колеса та корпусу диференціала головної передачі ведучого (заднього) моста. Для контролю гальмівного моменту в приводі передніх коліс використовується принцип високопорогового регулювання тиску (Select High – регулювання по «сильному» колесу). У цьому випадку тиск робочого тіла в приводах передніх гальмівних механізмів лівого і правого коліс встановлюється однаковим і рівним тиску в приводі гальмівного механізму переднього колеса, що має більший коефіцієнт зчеплення. Повне блокування одного з передніх коліс при екстремому гальмуванні не призводить до заносу, хоча збільшується знос шин і погіршується керованість. Автомобіль зберігає керованість, а задана траєкторія руху підтримується за рахунок силових і кінематичних керуючих впливів водія на кермо. Задні колеса завжди рухаються в площині, паралельній осі автомобіля і при гальмуванні на дорозі з різними коефіцієнтами зчеплення створюють мінімальний обертаючий момент.

2-канальна АБС (рис. 2.51, д) має загальні приводи гальмівних механізмів передньої і задньої осей, модулятори та датчики кутової швидкості, що встановлені діагонально – для одного з коліс передньої й задньої осей. Блокування переднього колеса можливе, якщо контрольоване переднє колесо має більш високий коефіцієнт зчеплення. За умови, що в межах бази автомобіля коефіцієнти зчеплення лівих і правих шин з дорогою залишаються постійними, задні колеса не можуть бути заблокованими і не створюють обертаючого моменту. У разі, коли контрольоване переднє колесо має менший коефіцієнт зчеплення, жодне з передніх коліс не може бути заблоковано, а блокування заднього не призводить до некерованого руху автомобіля.

2-канальна АБС (рис. 2.51, е) використовується виключно для двоконтурного діагонального гальмівного приводу. Датчики кутової швидкості контролюють передні колеса автомобіля, модулятори забезпечують незалежне регулювання тиску робочого тіла в приводах кожного переднього колеса, а в приводах задніх коліс – спільно у відповідності до передніх. Для запобігання блокування задніх коліс тиск в приводах всіх коліс обмежують з урахуванням можливого зниження вертикальних навантажень на задні колеса. Система забезпечує більш низьке уповільнення, ніж 3 або 4-канальні АБС.

На рис. 2.52 наведено схему системи АБС 5, що розроблена фірмою Bosch [10] для легкових автомобілів з гідравлічним гальмівним приводом.

Гідравлічні 4-канальні схеми АБС 5 з розподілом гальмівних моментів за схемами типу Х або ІІ в обов'язковому порядку мають в своєму складі наступні основні компоненти (рис. 2.52). Гальмівний привід кожного колеса містить нормально відкритий впускний клапан 7, що призначений для підвищення тиску в колісних гальмівних циліндрах та нормально закритий впускний клапан 8, що забезпечує «скидання» тиску з колісного циліндра. Зворотний клапан встановлюється паралельно впускного для швидкого зменшення тиску в колісних циліндрах після припинення роботи гальмівної системи.



1 – головний гальмівний циліндр; 2 – гідравлічний модулятор; 3 – демпферні камери; 4 – насоси; 5 – електричний двигун; 6 – гідравлічні акумулятори; 7 – впускні електромагнітні клапани; 8 – випускні електромагнітні клапани

Рисунок 2.52 – Схема АВС 5 з гальмівним приводом діагонального типу

Використання окремих клапанів для кожної фази зміни тиску забезпечує їх компактність за рахунок обмеженого числа (двох) гідравлічних сполучних елементів і меншого об'єму робочих порожнин. Зменшення маси і розмірів рухомих деталей клапанів забезпечує зниження необхідних сил керування електромагнітного приводу. Електромагніти приводу мають одне активне положення (подача живлення), що забезпечує зниження маси і розмірів їх рухомих частин, спрощення електричної схеми, зниження втрат електричної енергії в котушках електромагнітів та ЕБК. Компактні розміри клапанів і електромагнітів забезпечують малі проміжки часу їх роботи і роботи електричних схем, сприяють синхронізації роботи функціональних елементів системи, підвищують адаптацію до змін коефіцієнта зчеплення, зменшують коливання уповільнення автомобіля і шум клапанів.

При натиснутій педалі гальма тиск в головному циліндрі гальм збільшується за рахунок роботи вакуумного підсилювача. Одночасно зростає тиск в приводах колісних гальмівних механізмів і робочих циліндрів гальм.

Датчики кутової швидкості контролюють режим кочення коліс та при певному значенні уповільнення ЕБК генерує сигнали, що керують клапанами 7 і 8. Клапан 7 закривається, а клапан 8 відкривається, і певний об'єм гальмівної рідини з колісного циліндра надходить в камеру гідроакумулятора.

Після закінчення робочого циклу зміни тиску при закритому випускному клапані відкривається впускний, і цикл повторюється. Витрата гальмівної рідини з головного гальмівного циліндра компенсується за рахунок підкачки за допомогою електронасоса 4, 5. Електронасос включається автоматично при певній витраті рідини з головного гальмівного циліндра в період циклу, при якому закриті впускний і випускний клапани.

Демпферна камера 3 згладжує пульсації тиску гальмівної рідини і зменшує вплив на педаль робочої гальмівної системи.

2.4.9 Антиблокувальні гальмівні системи вантажних автомобілів

Антиблокувальні гальмівні системи вантажних автомобілів виконують функції, що подібні до функцій АБС легкових автомобілів, тобто запобігають блокуванню коліс при гальмуванні, забезпечують керованість і курсову стійкість при екстремому гальмуванні та у багатьох випадках скорочують гальмівний шлях автомобіля. Крім того, АБС запобігає складанню автопоїзда при гальмуванні. Більшість сучасних вантажних автомобілів мають гальмівні системи з пневматичним приводом але функціонально блок АБС працює таким саме чином, як і АБС з гідравлічним приводом. Система АБС, яка використовується на вантажних автомобілях, складається з датчиків кутової швидкості коліс, електронного блоку керування і модуляторів тиску робочого тіла.

Для регулювання процесу кочення колеса в режимі гальмування використовуються відомі принципи регулювання тиску робочого тіла в виконавчих пристроях (камерах) гальмівних механізмів.

При індивідуальному керуванні виходить найменший шлях гальмування автомобіля, у порівнянні з іншими способами контролю гальмівного моменту. При цьому контролюється і встановлюється оптимальний тиск повітря окремо в камерах гальмівних механізмів кожного колеса. На дорозі типу «мікст» через велику різницю гальмівних сил лівих і правих коліс може створюватися значний обертаючий момент відносно вертикальної осі, що проходить через центр мас автомобіля. Це створює серйозні труднощі в керуванні коротко базовими автомобілями, наприклад сідельними тягачами. Крім того, через велику величину плеча обкатки керованих коліс в рульовому керуванні автомобіля виникає значний момент, що ускладнює керування автомобілем.

Низько ступінчасте регулювання дозволяє зменшити відхилення автомобіля від траєкторії руху та додаткові моменти опору в рульовому керуванні при гальмуванні практично до нуля. Для цього гальмівні механізми обох коліс однієї осі автомобіля керуються загальним клапаном модулювання тиску. При використанні низько ступінчастого способу контролю гальмівного моменту коліс всіх осей рівень тиску робочого тіла в приводах визначається по колесу, що має найменший коефіцієнт зчеплення.

Модифіковане індивідуальне регулювання (Modifizierte Individual Regelung) дає зменшення обертаючого моменту до рівня, що забезпечує прийнятну керованість та стійкість курсового руху. Клапани модуляції тиску повітря встановлюються для гальмівних механізмів кожного колеса (групи коліс) осі. Обертаючі моменти зменшують за рахунок обмеження різниці гальмівних сил (тиску повітря в камерах гальмівних механізмів) коліс лівого і правого бортів до допустимого рівня. При модифікованому індивідуальному керуванні гальмівними моментами колесо, на якому реалізується велика гальмівна сила, за рахунок обмеження тиску повітря в камері гальмується недостатньо. При такому способі керування гальмівним моментом в більшості випадків встановлюється постійний режим кочення колеса з відносним ковзанням, близьким до оптимального значення, і коефіцієнтом зчеплення, близьким до максимального значення, для конкретних умов руху. Такий компромісний спосіб контролю

гальмівного моменту збільшує гальмівний шлях в порівнянні з індивідуальним керуванням але забезпечує безпеку руху і більш легке керування автомобілем.

Вантажні автомобілі часто використовуються в складі автопоїзда, і навіть часткове використання АБС на тягачі або причепі дозволяє значно підвищити ефективність гальмування.

Двовісні системи АБС (рис. 2.53, 2.54) в основному призначені для обладнання двохосових вантажних автомобілів, автобусів і напівпричепів.

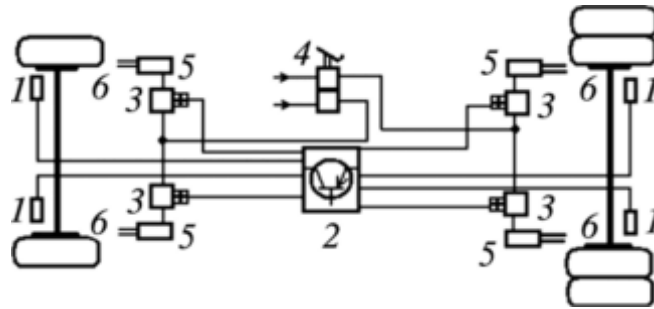


Рисунок 2.53 – Двовісна чотириколісна АБС для вантажних автомобілів і автобусів

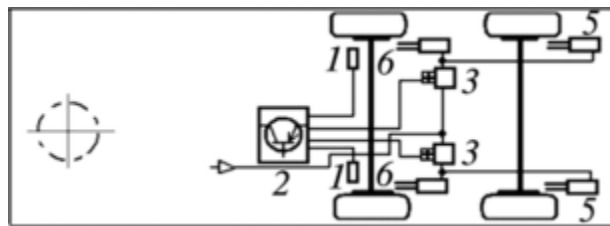
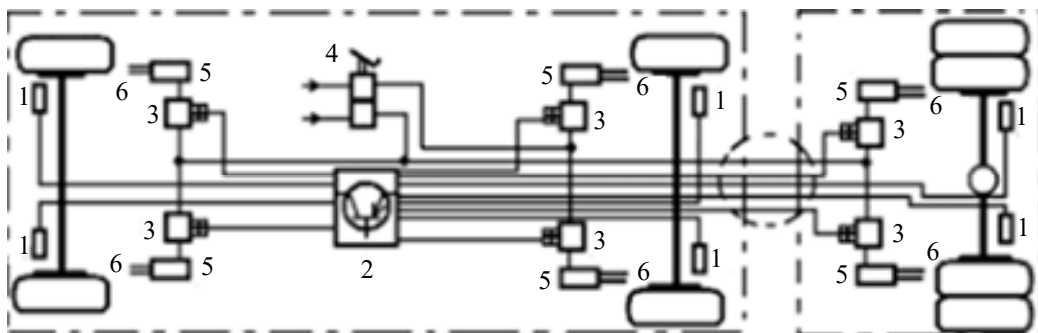


Рисунок 2.54 – Двовісна чотириколісна АБС для напівпричепів

Тривісні транспортні засоби можуть оснащуватися двохосовими системами АБС, якщо дві осі розташовано в безпосередній близькості, умови кочення коліс осей не відрізняються та прилади гальмівної системи можуть керуватись тим же тиском. Тривісні системи в основному призначені для встановлення на довго-базові транспортні засоби, наприклад шарнірно-зчленовані автобуси (рис. 2.55).



1 – датчики кутової швидкості коліс; 2 – електронний блок керування; 3 – модулятори; 4 – гальмівний кран робочої гальмівної системи; 5 – гальмівні камери; 6 – зубчасте колесо (кільце) датчика кутової швидкості

Рисунок 2.55 – Тривісна шестиколісна АБС для зчленованих автобусів

Для осей автомобілів з керованими колесами, використовується метод модифікованого індивідуального керування або, якщо вісь оснащена тільки одним клапаном модулювання тиску, – метод низько порогового регулювання тиску. Для задніх мостів вантажних автомобілів застосовується тільки метод індивідуального керування.

Всі системи АБС можуть оснащуватися одноканальними модуляторами тиску. Для вантажних автомобілів з пневмогідравличним приводом гальм тиск рідини в гідравлічній частині приводу контролюється за рахунок одноканальних модуляторів тиску АБС, підключених в пневматичну магістраль.

В інших схемах керування модулятор тиску встановлюється в привід паралельно гальмівним камерам. АБС причепів можуть обладнуватися модуляторами релейного типу.

2.4.10 Принцип роботи одноканального модулятора

Одноканальний модулятор тиску встановлюється послідовно в привід гальмівної камери 8 (рис. 2.56, 2. 57). У початковому стані електромагнітні клапани (ЕМК) 3 і 4 знаходяться у верхньому положенні. Порожнина зліва від клапана 1 через відкритий нижній отвір ЕМК 3 з'єднується з атмосферою.

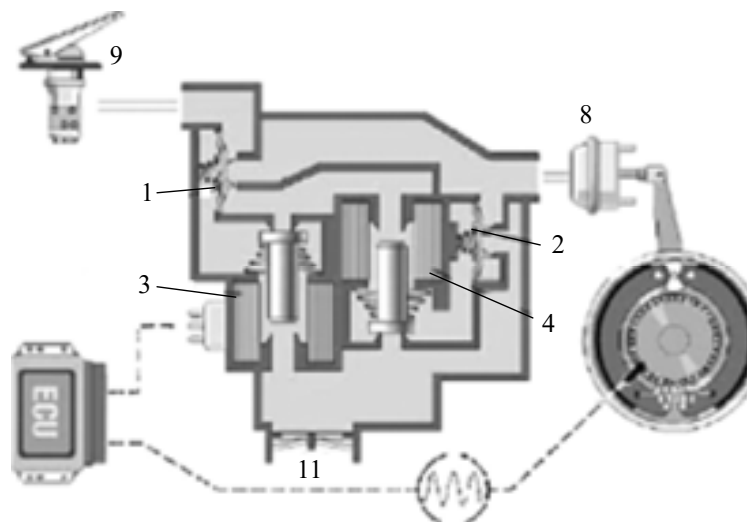
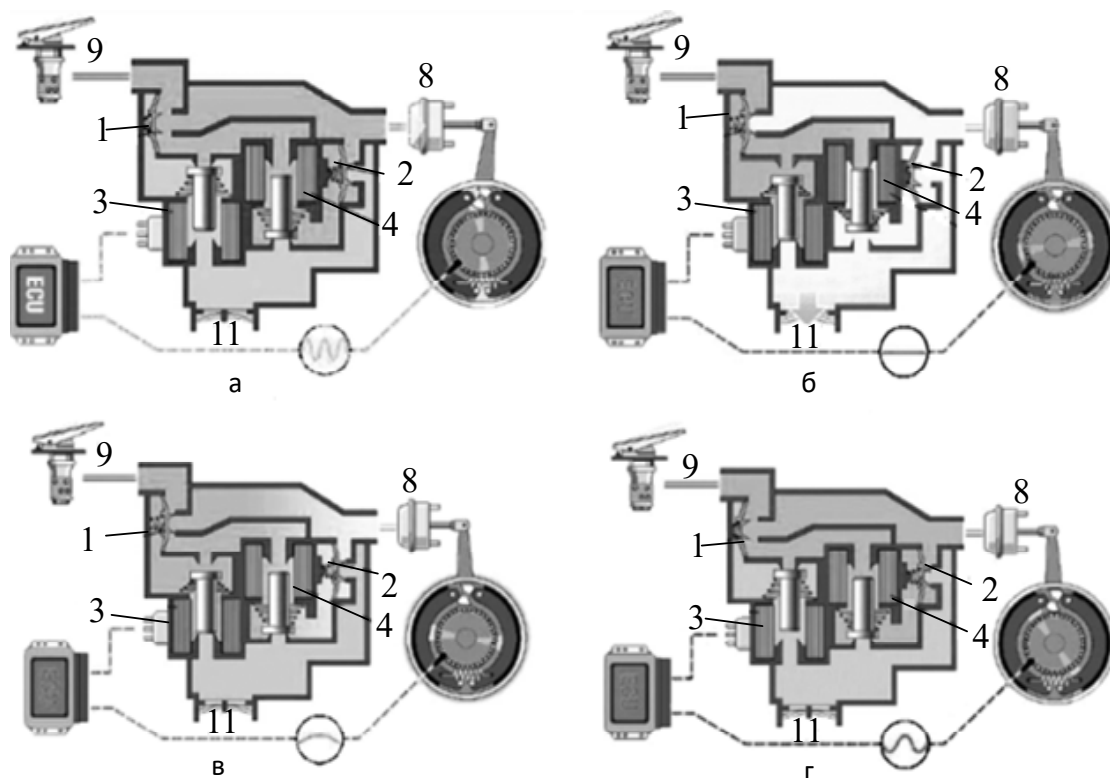


Рисунок 2.56 – Одноканальний модулятор тиску

Порожнина справа через відкритий нижній отвір ЕМК 4 з'єднується з атмосферою. Під дією надлишкового тиску повітря в гальмівній камері 8 клапани 1 і 2 відкриваються, і порожнина гальмівної камери 8 з'єднується з атмосферою через вихід 11 і відповідні камери і канали гальмівного крана.

При спрацьовуванні приводу під час відсутності ознак блокування коліс повітря перетікає через відкритий, під дією надлишкового тиску на його праву поверхню, клапан 1 в гальмівну камеру 8. Одночасно керуючим сигналом ЕБУ ЕМК 4 встановлюється в нижнє положення, закриваючи вихід в атмосферу. Через канали ЕМК 3 і 4 стиснене повітря надходить в праву порожнину клапана 2. Активна площа правої поверхні клапана для розглянутого випадку більше його

лівої поверхні, і клапан 2 надійно утримується в закритому положенні, роз'єднуючи гальмівну камеру 8 з атмосферним виходом 11.



а – гальмування без активації системи АБС; б – гальмування з активацією системи АБС (скидання тиску з камери); в – процес стабілізації (утримання тиску); г – продовження процесу гальмування (збільшення тиску)

Рисунок 2.57 – Принцип роботи одноканального модулятора

При появі ознак блокування коліс ЕБК генерує сигнали для ЕМК 3 і 4, що забезпечують зменшення тиску в гальмівних камерах 8. ЕМК 3 опускається вниз, закриває атмосферний отвір і одночасно відкриває доступ повітря від гальмівного крана 9 в ліву порожнину клапана 7. ЕМК 4 піднімається вгору, при цьому права порожнина клапана 2 з'єднується з атмосферою через відкритий нижній отвір клапана. Діафрагмовий клапан 2 стає неврівноваженим, зміщується вправо, і гальмівна камера 8 через вихід 7 з'єднується з атмосферою.

Падіння тиску праворуч від діафрагмового клапана 1 забезпечує його надійне замикання.

Для утримання тиску в гальмівних камерах 8 ЕБК генерує сигнал, при якому ЕМК 4 зміщується в нижнє положення. Нижній отвір ЕМК 4 закривається, права порожнина діафрагмового клапана 2 ізолюється від атмосфери. Надмірний тиск повітря утримує клапан 1 в закритому, але практично рівноважному стані, забезпечуючи високу швидкодію системи за необхідності повторення циклу.

Для збільшення тиску в гальмівній камері 3, в результаті якого він зміщується вгору, відкриваючи нижній атмосферний отвір. Цикл повторюється по одній з описаних схем (рис. 2.57).

2.4.11 Особливості робочого циклу регулювання тиску в камерах гальмівних механізмів

Процес (робочий цикл) регулювання тиску в камерах гальмівних механізмів вантажних автомобілів з пневматичним приводом відрізняється від процесу регулювання тиску робочого тіла в гальмівних системах легкових автомобілів з гідравлічним приводом.

Ця різниця пояснюється властивостями робочих тіл. Рідина в гідравлічних приводах гальм практично не стискається. Повітря в пневматичних приводах має пружні властивості. Швидкодія пневматичних приводів нижче, ніж у гідравлічних, через більшу довжину приводів, більших об'ємів порожнин функціональних елементів, значного опору руху повітря тощо.

Процеси зміни параметрів руху автомобіля та характер керуючих сигналів в АБС вантажних автомобілів залежить від способу керування. На рис. 2.58 наведено характеристики зміни параметрів руху автомобіля при гальмуванні на дорозі з різними коефіцієнтами зчеплення шини колеса з поверхнею по коліях.

У розглянутому прикладі коефіцієнт зчеплення шини лівого колеса з дорогою істотно більше коефіцієнта зчеплення правого колеса. Швидкість руху автомобіля V , лінійні дотичні (окружні) швидкості лівого V_l і правого V_n коліс, кутова швидкість уповільнення правого ω_n , і лівого ω_l коліс моста (осі) і характер їх зміни в процесі гальмування визначаються граничними значеннями величин відносного ковзання. Кочення лівого колеса відбувається з постійним значенням відносного ковзання ε_1 .

Діапазон зміни відносного ковзання правого колеса $\Delta\varepsilon_n = (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)$ для підвищення ефективності роботи гальмівної системи повинен бути якомога меншим. В цьому випадку середнє значення відносного ковзання ε буде ближче до його оптимального значення ε_0 , а значення реалізованого коефіцієнта зчеплення φ_x ближче до його максимального значення φ_{max} .

Індивідуальний спосіб керування тиском в гальмівних камерах коліс ведучого моста автомобіля (рис. 2.58, а, б, в, г) забезпечує високі показники ефективності гальмування.

Швидкість поступального руху автомобіля (рис. 2.58, а, крива 1) і лінійні швидкості лівого і правого коліс (криві 2 і 3) змінюються відповідно до тиску в гальмівних камерах. Внаслідок різниці гальмівних сил, що обумовлена процесом керування, виникає значний момент, що розвертає автомобіль навколо вертикальної осі, яка проходить через центр мас.

Кутові уповільнення лівого і правого коліс (рис. 2.58, б, криві 2 і 3) змінюються відповідно до закону зміни тиску в гальмівних камерах та встановленим алгоритмом процесу керування пороговими значеннями кутових уповільнень ω_{k1} , ω_{k2} .

Величини коефіцієнтів відносного ковзання лівого і правого коліс (рис. 2.58, в, криві 2 і 3) змінюються відповідно до умов кочення коліс.

Діаграми станів клапанів утримання тиску (рис. 2.58, г) і випускного правого колеса, що котиться на межі блокування, відображено залежністю 4 та 5.

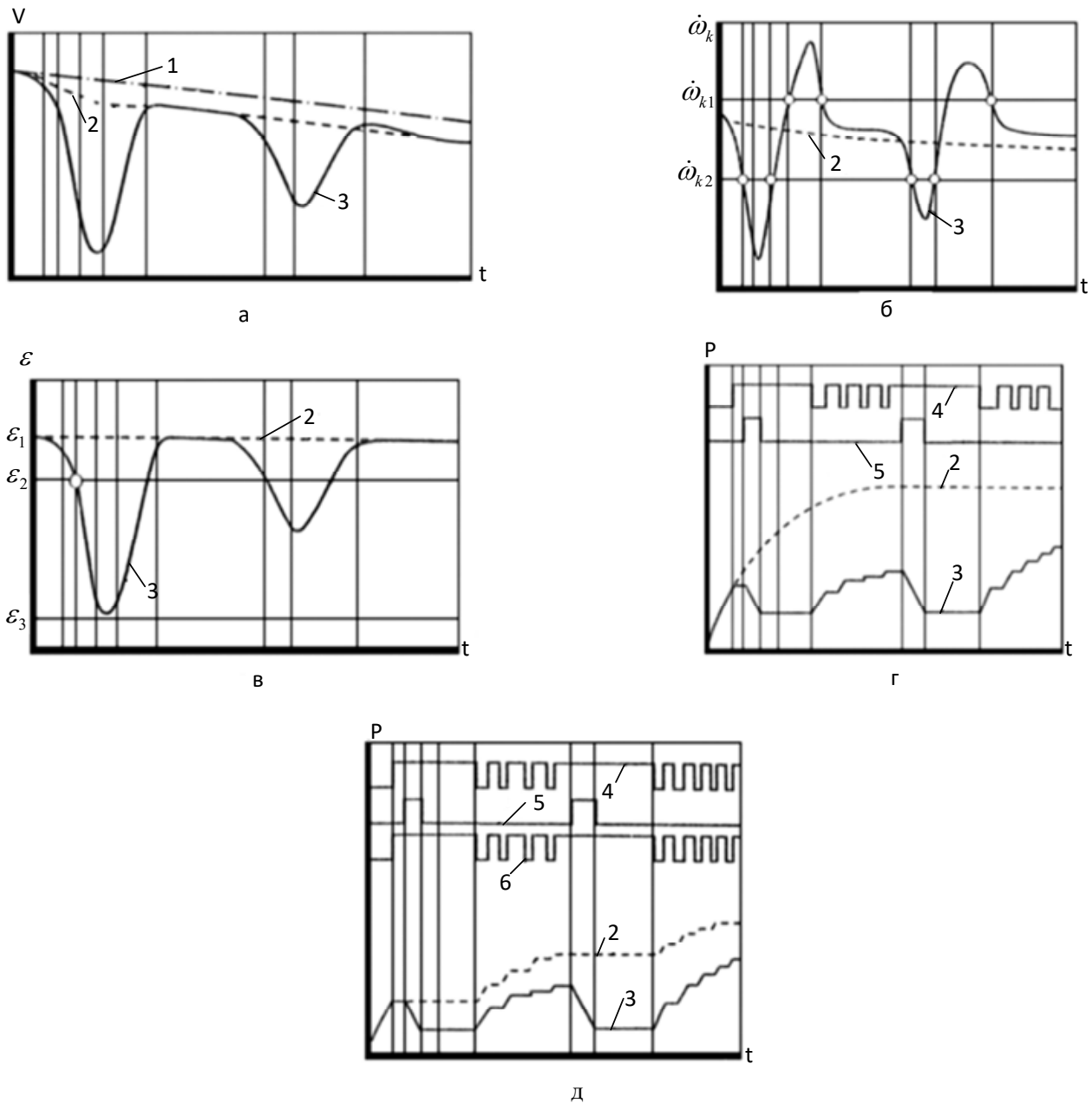


Рисунок 2.58 – Процеси керування АБС

Модифіковане індивідуальне регулювання тиску в гальмівних камерах коліс керованої осі дозволяє істотно зменшити різницю гальмівних моментів до величини, яка виключає знос автомобіля.

Наведено характеристики зміни тиску в гальмівних камерах лівого і правого коліс (криві 2 і 3). Модифіковане індивідуальне регулювання забезпечує роботу модуляторів обох коліс. Модулятор лівого колеса, що має високий коефіцієнт зчеплення, за рахунок роботи клапана утримання тиску (крива 4) забезпечує випереджаюче зростання тиску в лівій гальмівній камері в порівнянні з тиском в гальмівній камері правого колеса. Тиск в гальмівній камері правого колеса контролюється за рахунок роботи клапанів утримання тиску і випускного (криві 6 і 5).

2.4.12 Призначення, принцип дії та теоретичні основи роботи протибуксувальних систем

Ведучі колеса кожного з мостів автомобіля кінематично зв'язані диференціалом, що забезпечує незалежне обертання коліс при передачі на кожне з коліс крутного моменту. Поряд з позитивними якостями багато конструкцій диференціалів мають і істотні недоліки. Диференціал може стати причиною значного зменшення тягової сили і втрати курсової та траєкторної стійкості при рушанні автомобіля з місця або русі по слизькій дорозі. Особливо явно це проявляється, якщо автомобіль потрапив в бруд, глибокий сніг, пісок або на ожеледицю. Тоді на початку руху автомобіль може залишитися нерухомим через сили опору, що перевищують сумарну тягову силу, яка не реалізована повністю внаслідок конструктивних властивостей диференціала. У таких умовах ведуче колесо, що має менше зчеплення з дорогою, починає буксувати (обертатися швидше за інші). Більш небезпечна ситуація, коли на асфальтованій слизькій дорозі зустрічається поворот, підйом або ухил. У цьому випадку зміна режиму роботи двигуна і зміна величини сил тяги на колесах можуть призвести до непередбачуваної зміни характеру повздовжнього руху автомобіля внаслідок втрати зчеплення коліс автомобіля в поперечному напрямку.

Протибуксувальні системи (ПБС) автомобілів забезпечують динамічну стабілізацію руху в умовах зрушення з місця, маневрування і русі на дорогах з малим або змінним коефіцієнтом зчеплення. Така система широко застосовувалася в автоперегонах (рис. 2.59) та пізніше стала застосовуватися в автомобілях, що випускаються серійно.



Рисунок 2.59 – Застосування ПБС в автоперегонах «Формула-1»

ПБС автоматично запобігає пробуксовці одного або декількох ведучих коліс в тяговому режимі, підтримуючи ковзання коліс ε в оптимальній зоні, що відповідає максимальному значенню поздовжнього коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою φ_{max} :

$$\varepsilon = \frac{V - \omega_k r_k}{V},$$

де ε – коефіцієнт ковзання (буксування) колеса відносно поверхні дороги;
 ω_k – кутова швидкість колеса;
 r_k – радіус кочення колеса.

При оптимальній величині поздовжнього ковзання коліс забезпечується висока динаміка розгону автомобіля, а за рахунок високих значень коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою в поперечному напрямку зберігається стійкість руху. На рис. 2.60 показано характер зміни коефіцієнтів зчеплення колеса з дорогою в поздовжньому напрямку (криві 1, 2, 3 – мокрий асфальт, сніг, сухий асфальт) і поперечному φ_y (крива 4 – мокрий асфальт). Ширина діапазону регулювання відносного ковзання є критерієм якості роботи ПБС. Використання ПБС дозволяє збільшити силу тяги при русанні або розгоні на дорогах з малим або змінним коефіцієнтом зчеплення в поздовжньому напрямку φ_x , зберегти стійкість прямолінійного і криволінійного руху автомобіля. Обмеження буксування коліс сприяє зменшенню зносу шин і навантажень в трансмісії при різких змінах коефіцієнта зчеплення. Використання ПБС позитивно впливає на ефективність використання автомобіля, скорочує затримки в дорозі та підвищує безпеку руху.

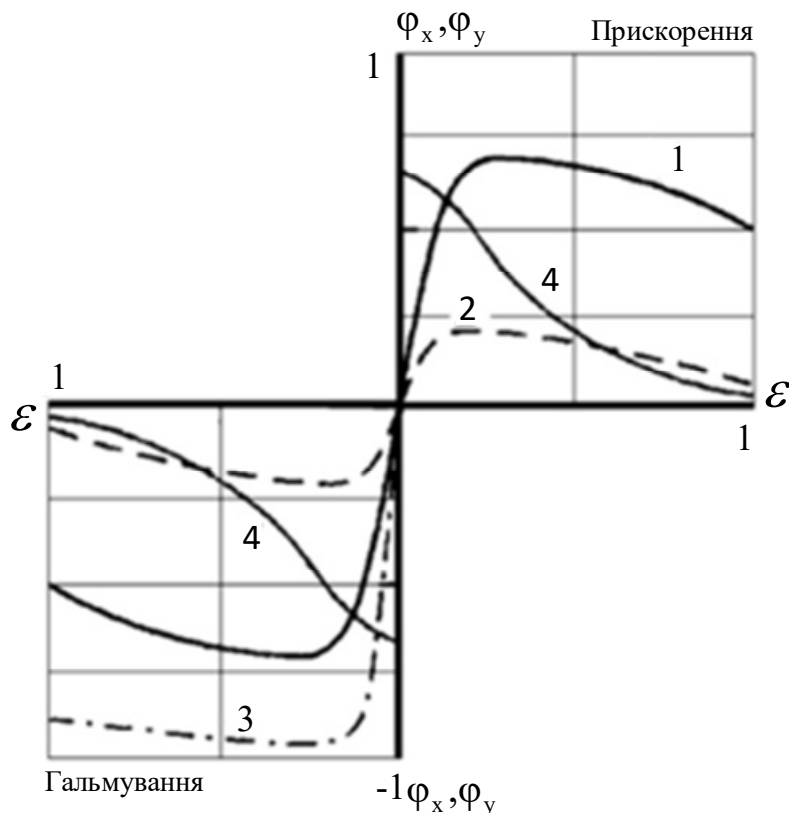


Рисунок 2.60 – Зміна коефіцієнта зчеплення

2.4.13 Структура автоматичної системи керування силою тяги на ведучих колесах

При русі автомобіля по дорозі з низькими або різними для лівої і правої колії коефіцієнтами зчеплення буксування коліс внаслідок зайвого крутного моменту часто обмежується буксуванням одного з ведучих коліс. Для підвищення інтенсивності розгону доцільно створити гальмівний момент на колесі, що буксує. Результатом гальмування буксуючого колеса є ефект блокування диференціала, який можна порівняти з роботою диференціалу підвищеного тертя або повністю заблокованого. Наведене до сонячної шестірні значення гальмівного моменту еквівалентно моменту внутрішнього тертя диференціала і дозволяє збільшити тягову силу на відстаючому колесі:

$$T_2 = T_1 + T_{TP}$$

Переваги примусового гальмування буксуючого колеса особливо відчутні при рушанні з місця та розгоні автомобіля на слизьких і гірських дорогах, а для вантажних автомобілів – на дорогах з важкими умовами руху. В останньому випадку при жорсткому блокуванні диференціала водієві важко визначити вплив блокування на підвищення тягового зусилля.

На дорогах з покриттям, що характеризується однаковим, але низьким коефіцієнтом зчеплення, надлишковий момент двигуна призводить до пробуксовки обох ведучих коліс. Спроби розгону нерухомого або повільно рухомого автомобіля на таких дорогах призводять до істотного зниження коефіцієнта зчеплення в поздовжньому напрямі та втрати стійкості. У цьому випадку динаміка розгону може бути поліпшена за рахунок зменшення ковзання коліс до прийнятної рівня, що відповідає більш високим значенням коефіцієнта зчеплення.

Системи керування силою тяги з замкнутим зворотним зв'язком (ПБС) створюються на базі антиблокувальних систем гальмового керування (АБС) з метою використання компонентів АБС – датчиків частоти обертання коліс і клапанів керування тиском у виконавчих пристроях гальмівних механізмів. Такий тип систем керування силою тяги (АБС/ПБС) має два ланцюги: створення та контролю гальмівних моментів на ведучих колесах; регулювання і контролю крутного моменту двигуна.

Електронний блок керування (ЕБК) АБС/ПБС сприймає і обробляє сигнали, що відображають команди водія і надходять від процесора системи, керуючої роботою двигуна (наприклад, EGAS – модуля дросельної заслінки [3]). Буксування колеса розпізнається ЕБК АБС/ПБС в результаті аналізу інформації від датчиків частоти обертання ведучих коліс при порівнянні їх кутових швидкостей.

Алгоритм оптимального керування силою тяги на ведучих колесах може бути реалізований тільки при заміні жорсткого механічного зв'язку між педаллю керування двигуном і виконавчими пристроями системи живлення – дросельною заслінкою або рейкою паливного насоса високого тиску на керування за допомогою електронних елементів. В цьому випадку з педаллю жорстко пов'язаний датчик, який визначає її положення і генерує відповідний

електричний сигнал (рис. 2.61).

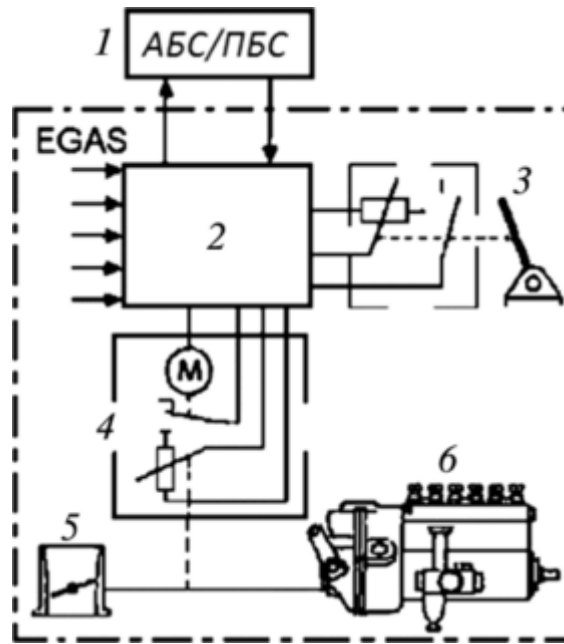


Рисунок 2.61 – Система керування роботою двигуна

Електричний сигнал датчика педалі 3 надходить в ЕБК двигуна 2 і АБС/ПБС 1. При коченні ведучих коліс без буксування серводвигун 4 позиціонує ВП 5 або 6 строго відповідно до положення педалі. При коченні ведучих коліс з буксуванням ЕБК АБС/ПБС 3 відповідно до сигналів ЕБК двигуна 4, датчиків кутових швидкостей ведучих коліс 1, положення педалі, буксування коліс, швидкості руху автомобіля, сили тяги та сигналів інших датчиків генерує керуючий силовий сигнал для серводвигуна ВП 5 й контролера гальмування 2, що переключає виконавчі пристрої гальмівних механізмів на роботу від елементів ПБС (рис. 2.62).

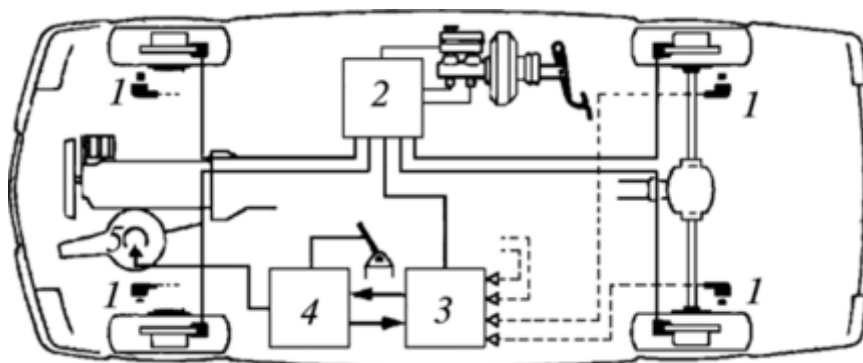


Рисунок 2.62 – Система керування силою тяги

Після відновлення позиції ВП дані про стан керуючих роботою двигуна елементів передаються в блок керування 2. Для реалізації поліпшеної тягової характеристики з використанням обмеженого ковзання ведучих коліс в системах АБС/ПБС з ЕБК двигуном застосовується коротке одночасне спрацювання робочих гальм ведучих коліс.

2.4.14 Пристрої керування силою тяги з замкнутим зворотним зв'язком легкових автомобілів

Принципова гідравлічна схема однієї з систем АБС/ПБС показана на рис. 2.63, де HZ (1, 2) – магістралі головного циліндра; USV (1, 2) – клапани керування контурами приводу; D1 і D2 – гідравлічні демпфери; RVR (1, 2) – вакуумні запобіжні клапани; AV (HR, HL, VR, VL) – електроклапани скидання тиску; SV (1, 2) – впускні клапани; sRFP (1,2) – насоси; Spk (1, 2) – гідравлічні акумулятори; EV (HR, HL, VR, VL) – нагнітальні електроклапани; HR, HL, VR, VL – колісні гальма. При розробці системи АБС/АSR фірмою Bosch велика увага приділена зниженню маси пристрою та виробничих витрат. У ній використані ЕМК типу 2/2, які мають два положення перемикання, що спрощують гідравлічну схему системи. Функція керування двигуном не залежить від конструкції гідравлічної системи. Конструкція гідравлічної частини системи базується на модульному принципі, що дозволяє уніфікувати її елементи для різних типів приводів.

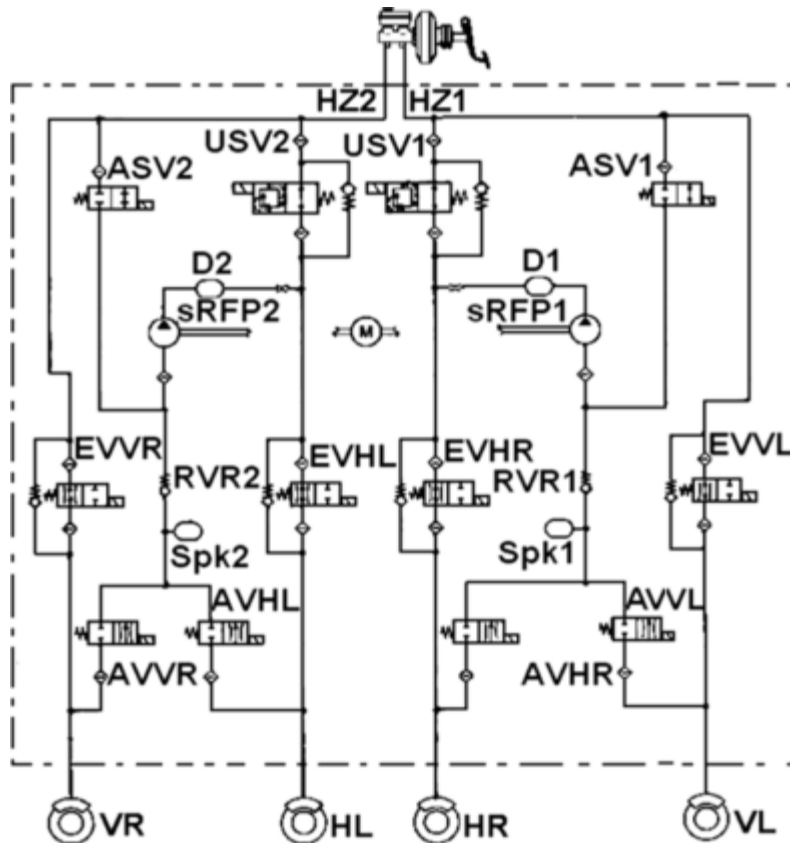


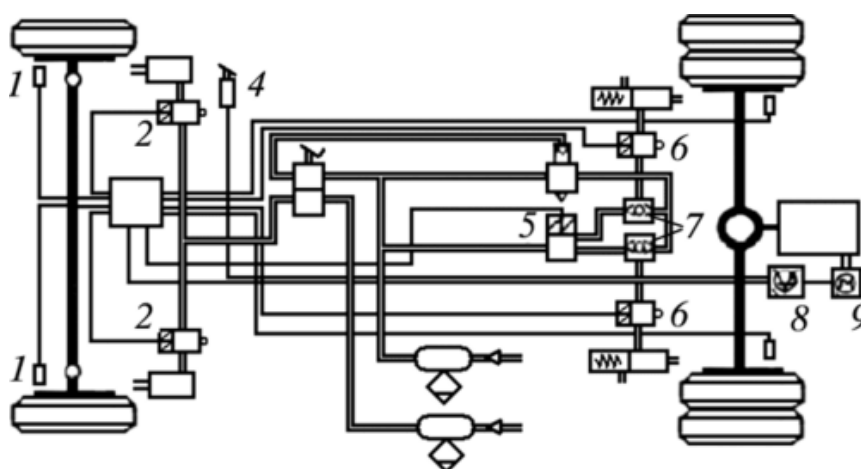
Рисунок 2.63 – Схема гідравлічної системи АБС/ПБС Bosch

Мікропроцесорний блок керування має чотири функціональних модуля: обробки вхідної інформації; розрахунковий пристрій (процесор) для обробки, розрахунку і вибору алгоритмів керування; підсилювач вихідних сигналів; стабілізатор напруги живлення. В процесі функціонування ПБС всі її елементи самодіагностуються. Можливості пристрою ПБС, що встановлюється на легкових автомобілях, можуть бути розширені додатковим пристроєм, що

включає систему керування гальмівним моментом двигуна (MSR). На рівному дорожньому покритті швидке включення понижувальної передачі або зміна режиму роботи двигуна може призвести до гальмування ведучих коліс автомобіля та їх ковзання. Пристрій MSR реагує на зміну умов роботи силового агрегату позиціонуванням положення дросельної заслінки, збільшуючи крутний момент двигуна з метою зменшення гальмівних сил і забезпечення максимальної стійкості руху автомобіля.

2.4.15 Противобуксувальна система фірми Bosch

Противобуксувальні системи вантажних автомобілів і автобусів конструктивно об'єднані з антиблокувальною системою і використовують ряд елементів останньої. Принципова схема комплексної ПБС Bosch показана на рис. 2.64.



1 – датчик кутової швидкості; 2, 6 – модулятори; 3 – блок керування ПБС; 4 – датчик положення педалі акселератора; 5 – електроклапан ПБС; 7 – двухмагістральні клапан; 8 – блок керування системою EGAS; 9 – електродвигун

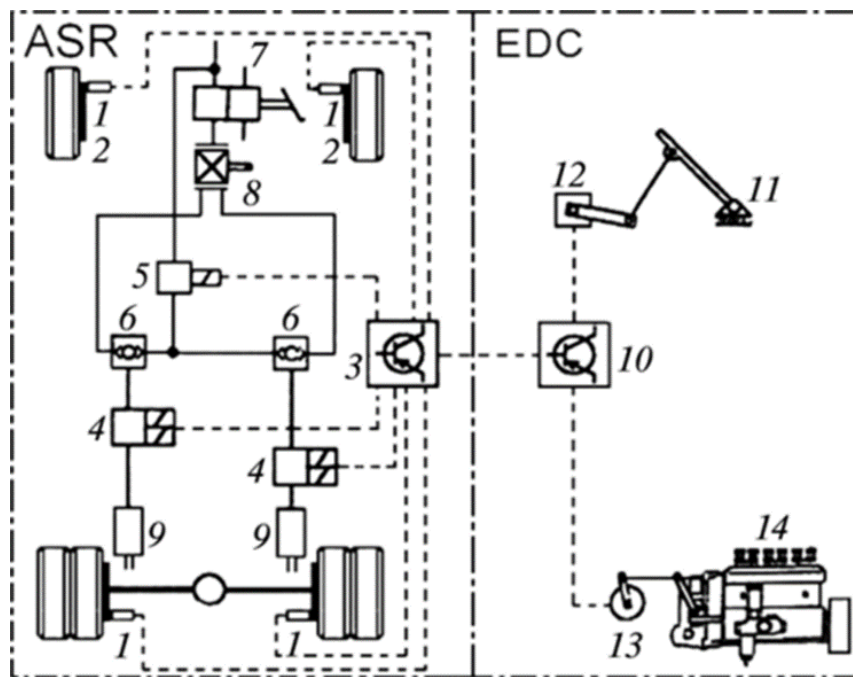
Рисунок 2.64 – Схема комплексної ПБС Bosch

У комплексній ПБС Bosch крім елементів АБС додатково встановлені електроклапан 5, два двухмагістральні пневмоклапана 7, електронна система керування рейкою паливного насоса – електронна педаль. Датчики кутової швидкості коліс і модулятори використовуються як в АБС, так і в ПБС. Електронний блок керування АБС/ПБС конструктивно виконано як єдиний вузол.

Системи електронного керування бензиновим і дизельним двигуном EGAS/EDC [7] застосовувалися на автобусах та інших транспортних засобах з двигуном, розміщеному на значному віддаленні від місця водія, рідше – на вантажних автомобілях. З появою ПБС актуальність застосування систем EGAS/EDC зростає.

В системі електронного керування режимом роботи двигуна (рис. 2.65) є електричний датчик переміщення 12 (потенціометр), вісь якого пов'язана з віссю повороту педалі 11. Електричним ланцюгом датчик з'єднано з ЕБК 10. При зміні положення педалі блок керування 10 генерує керуючий сигнал для електродвигуна 13, що змінює положення рейки паливного насоса високого

тиску 14. Потужність двигуна збільшується або зменшується. Блок керування є мікропроцесорним. Повністю збережені принципи побудови, прийняті для ЕБК АБС. Є чотири функціональні групи: обробки вхідної інформації, розрахункові пристрої, підсилювачі вихідних сигналів і стабілізатори напруги живлення. Для виконання додаткових функцій протибуксувальної системи в ЕБК розширені можливості розрахункових пристроїв і елементів посилення вихідних сигналів. В процесі функціонування ПБС всі її елементи піддаються самодіагностуванню аналогічно елементам АБС.



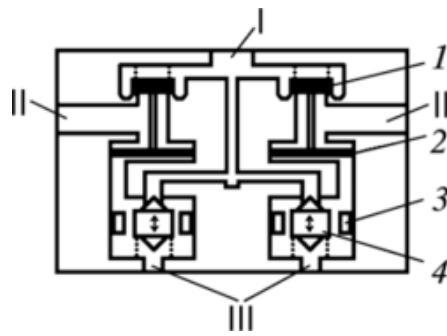
1, 2 – датчик кутової швидкості колеса

Рисунок 2.65 – Принципова схема керування силою тяги вантажних автомобілів, що оснащені системою ПБС

У АБС/ПБС є загальна сигнальна лампа, яка спалахує при появі несправності хоча б в одній з цих систем. Про включення в роботу ПБС інформує спеціальна сигнальна лампа.

ЕМК ПБС виконано у вигляді єдиного вузла, що є комбінацією двох електромагнітних клапанів (рис. 2.66), що функціонують незалежно один від одного. Вихід I електроклапана ПБС підключено до ресивера сторонніх споживачів, виходи II через двухмагістральні клапани з'єднані з гальмівними камерами ведучих коліс, виходи III – з атмосферою. В електроклапані є два нормально закритих пневмоклапана 1, які відкриваються штоками поршнів 2.

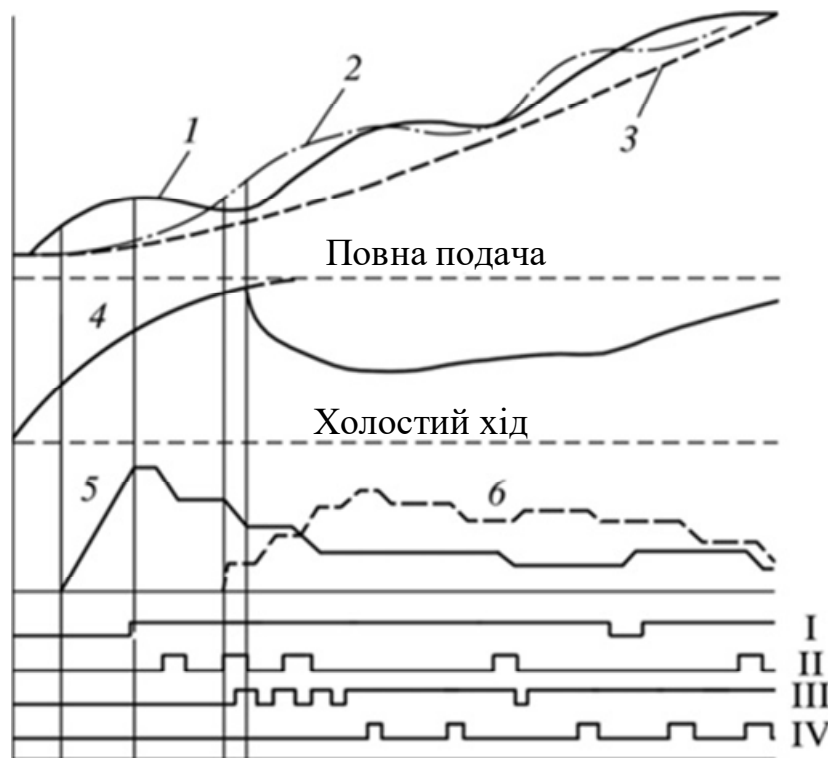
При надходженні струму на будь-яку з обмоток відповідний сердечник опускається вниз і закриває атмосферний вихід III. Одночасно повітря надходить від виходу I в нижню камеру поршня. Поршень зміщується вгору і штоком відкриває відповідний пневмоклапан (ПК). При відкритому ПК повітря проходить до виходу II, а потім в привід гальмівних механізмів автомобіля. При знеструмленні обмотки 3 сердечник ПК піднімається за рахунок пружини, і повітряний клапан ЕМК закривається.



1 – пневмоклапан; 2 – поршень; 3 – обмотка; 4 – сердечник

Рисунок 2.66 – Електроклапан ПБС

Камера під поршнем з'єднується з атмосферою, тиск повітря в ній зменшується, ПК закривається. ПБС Bosch працює в двох режимах: гальмування ведучого колеса і (або) зменшення потужності двигуна. Гальмування колеса виконується при швидкості автомобіля менше 30 км/год (для виключення температурного перевантаження гальмівного механізму) і пробуксовці тільки одного з ведучих коліс. При пробуксовці обох коліс на будь-якій швидкості, а також при швидкості автомобіля понад 30 км/год зменшення потужності двигуна проводиться системою EGAS/EDC. Команди в блок керування EGAS/EDC надходять з блоку керування АБС/ПБС. Блок керування ПБС має пріоритет перед датчиком педалі, тому при відповідних режимах руху потужність двигуна зменшується, навіть якщо педаль натиснута до упору.



1, 2 – окружна швидкість коліс осі; 3 – швидкість автомобіля; 4 – кількість палива, що впорскується; 5, 6 – тиск в гальмівних камерах; I, II, III, IV – сигнали на електроклапанах модулятора

Рисунок 2.67 – Характеристики роботи ПБС Bosch

На рис. 2.67 наведено залежності, що характеризують роботу ПБС Bosch при розгоні вантажного автомобіля. Регулювання тиску в гальмівних камерах проводиться по трьох фазовому циклу, що забезпечується роботою модулятора АБС. Електромагнітний клапан ПБС відкритий при збільшенні тиску і закритий при витримці або зменшенні тиску. Зменшення потужності двигуна відбувається внаслідок зменшення кількості палива, що впорскується. На автомобілях типу бх2 з пневмопідвіскою коліс підвищення ефективності ПБС Bosch може бути забезпечено короткочасним, не більше ніж на 90 с збільшенням на 30% навантаження на ведучу вісь. Для цього знижується тиск повітря в пневмобалонах підвіски підтримуючої осі.

Зміна тиску повітря в пневмобалонах забезпечується відповідним керуючим впливом на ЕМК пневмосистеми підвіски.

2.4.16 Системи електронного контролю стійкості

Революційною системою активної безпеки автомобіля є система електронного контролю стійкості (ЕКС). Система ЕКС забезпечує збереження курсової та траєкторної стійкості руху автомобіля. Системи ЕКС в даний час відомі під численними торговими назвами: ESP (Electronic stability programme), DSC (Dynamic System Control), VDC (Vehicle Dynamic Control). Їх принцип дії та технічні характеристики в цілому схожі.

Відомо, що на ковзання шин впливають поперечні складові горизонтальної сили, що виникає в точці контакту шини з поверхнею дороги. Часто на дорогах створюється ситуація, що виявляється в істотному зниженні коефіцієнта зчеплення шин з поверхнею дороги, ще більш ускладнюється при появі поздовжнього або поперечного (бічного) ковзання коліс. При русі автомобіля з ковзанням коліс керуючі впливи водія на кермо в більшості випадків стають помилковими, їх швидкість і амплітуда погано узгоджуються з параметрами об'єктивно необхідних для конкретних умов руху впливів. У багатьох випадках причиною подальших подій є не погана підготовленість водія до складної дорожньої ситуації, а об'єктивно притаманні людині особливості прояву психофізичних реакцій за необхідності здійснення миттєвих дій (рис. 2.68).

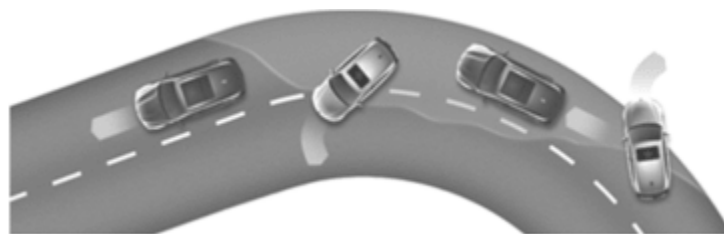


Рисунок 2.68 – Виникнення критичної ситуації

Крім того, більшість водіїв не має достатніх навичок для швидкої оцінки раптово розпочатого ковзання між колесом і поверхнею дороги і тим більше уявлення про спосіб контролю пересування і бічного ковзання автомобіля. Ковзання коліс автомобіля швидко призводить до повної втрати контролю над

рухом автомобіля – втрати керованості. У цій ситуації людина як найбільш інерційна ланка системи повинна бути звільнена від необхідності виконання «швидких» керуючих впливів ($<0,1$ с).

При русі на слизькій дорозі з занесенням основним сенсом керуючих впливів є підтримка рівності між моментами сил, що діють на колеса автомобіля (динамічний момент), розвертаючи автомобіль навколо вертикальної осі і інерційним моментом, зумовленим рухом по криволінійній траєкторії. Така рівновага забезпечує стійкий рух автомобіля з бічним юзом при постійному значенні курсового кута. Саме до такого способу руху вдаються професійні водії при проходженні поворотів на слизькій дорозі. Однак вказаний спосіб руху можливий тільки при одночасних керуючих впливах на педаль подачі палива, рульове керування та гальмівну систему.

Система ЕКС вступає в роботу, коли, наприклад, через велику швидкість при проходженні правого повороту передні колеса зносить із заданої траєкторії в напрямку дії сил інерції, тобто по радіусу більшого, ніж радіус повороту (рис. 2.69, а). Система ЕКС в цьому випадку пригальмовує заднє колесо, що йде по внутрішньому радіусу поворота, надаючи автомобілю надлишкову поворотність і направляючи його в поворот. Одночасно з пригальмовуванням коліс ЕКС знижує обороти двигуна. Якщо при проходженні повороту відбувається занос задньої частини автомобіля, ЕКС активізує гальмо лівого переднього колеса, що йде по зовнішньому радіусу поворота (рис. 2.69, б). Таким чином, з'являється протиобертаючий момент, що виключає бічний занос. Якщо під час повороту на задньопривідному автомобілі починається занос задньої осі, то система пригальмовує переднє зовнішнє колесо. Переднє внутрішнє колесо буде обертатися, і таким чином створиться протизанос. Приблизно те ж саме відбувається і на передньому приводі, коли починається занос ведучої осі [8].

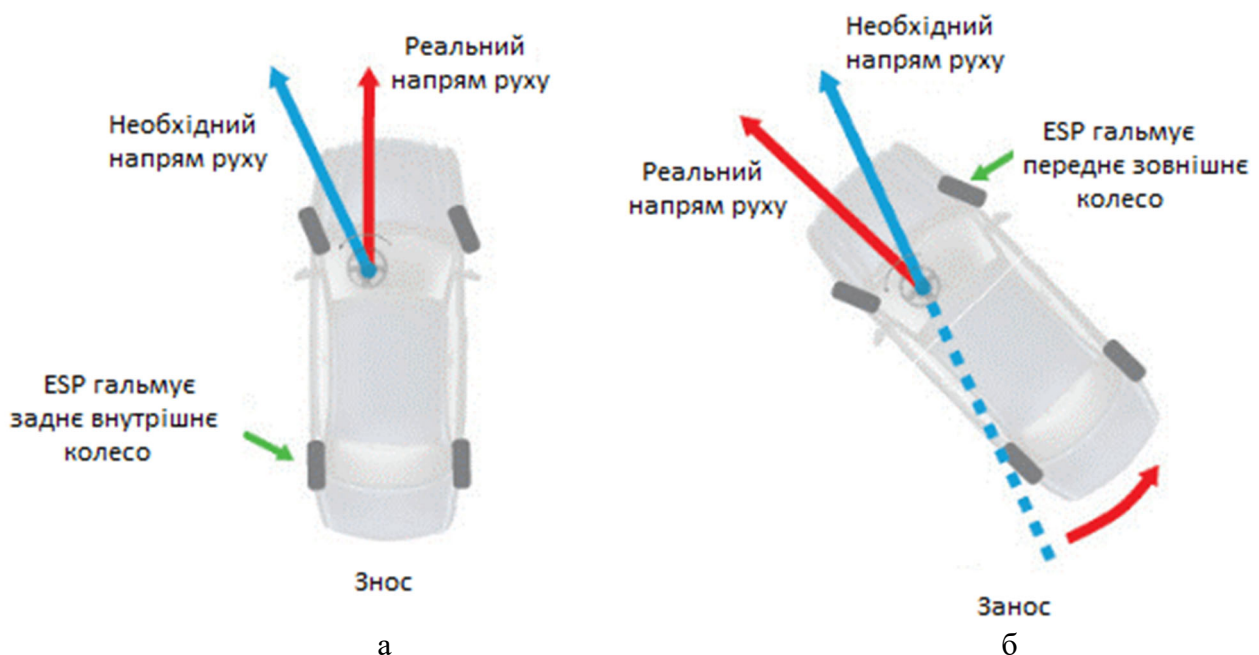


Рисунок 2.69 – Дія системи ЕКС [29]

Система ЕКС працює наступним чином: якщо почалося бічне ковзання, то воно повинно бути рівномірним і плавним. Коли ковзають всі чотири колеса, ЕКС самостійно вирішує, гальмівні механізми яких коліс повинні бути задіяні. Час реакції системи ЕКС – 20 мс. Працює система на будь-яких швидкостях і в будь-яких режимах руху.

Безумовно, ЕКС високоефективна система. Однак насправді її можливості обмежені. Причиною цього є закони фізики, змінити які «електроніка» не в силах. Тому якщо радіус повороту занадто малий або швидкість в повороті перевищує розумні межі, навіть найдосконаліша програма стабілізації руху не допоможе [8].

Водієві, що не має необхідних навичок та вмінь контраварійної їзди, система ЕКС надає значну допомогу. Завдяки даній системі недосвідчений водій зможе безпечно керувати автомобілем на будь-якій дорозі.

Дослідженнями визначено, що системи курсової стійкості автомобілів повинні відповідати наступним вимогам:

- при зниженні коефіцієнта зчеплення шин з дорогою до кордону зони нестійкого ковзання поведінка (динаміка) автомобіля повинна бути передбачена, а напрямок руху – не мінятися різко;
- відхилення автомобіля від заданого напрямку руху навіть при русі по дорогах з низьким коефіцієнтом зчеплення повинні бути мінімальними і забезпечувати безпечний рух;
- на стійкість руху не повинні впливати зміна маси автомобіля і зовнішні впливи (бічний вітер, стан поверхні дороги тощо);
- параметри і характеристики автомобіля повинні залишатися в межах оптимальних значень за суб'єктивними відчуттями водія.

ЕКС забезпечує активну безпеку автомобіля. Система постійно контролює дії водія і автоматично коректує рух за рахунок контролю крутного моменту двигуна, гальмівних сил та положення кузова автомобіля з урахуванням заданого водієм напрямку руху. Система доповнює керуючі впливи водія, втручаючись лише при загрозі появи критичної ситуації через знос коліс. Відповідальність за вибір напрямку руху цілком залишається за водієм.

Система ЕКС забезпечує підвищення активної безпеки за рахунок:

- активної допомоги водієві при критичних ситуаціях;
- підвищення курсової стійкості при складних дорожніх умовах і виконанні небезпечних маневрів (гальмуванні, русі накатом, розгоні, гальмуванні двигуном, зміні тягової сили тощо.);
- підвищення стійкості руху при екстремальних маневрах, пов'язаних зі зміною напрямку руху;
- поліпшення керованості;
- кращого використання зчеплення шин з дорогою в порівнянні зі зчепленням при використанні тільки систем АБС і ПБС.

2.4.17 Теоретичні основи керування курсовою стійкістю автомобіля

Фізичну картину втрати стійкості курсового руху при юзі коліс показано

на рис. 2.69. Під час повороту з гальмуванням на керовані колеса автомобіля діють бічна сила F_s та гальмівна F_r . При повороті колеса на кут θ під дією бічної сили F_s еластична шина колеса деформується в бічному напрямку і виникає бічне ведення колеса. В результаті бічного відведення вектор швидкості поступального руху центру колеса V_k відхиляється від площини обертання колеса (слід площині OX) (рис. 2.70) на кут бічного відведення δ , а від початкового (заданого) положення X_1 на кут β , званий в деяких джерелах кутом «нишпорення». збільшення бічної сили F_s є основною причиною збільшення кута бічного відведення. Відношення бічної сили до кута бічного відведення називається коефіцієнтом опору бічному відведенню:

$$k_\delta = \frac{F_s}{\delta}.$$

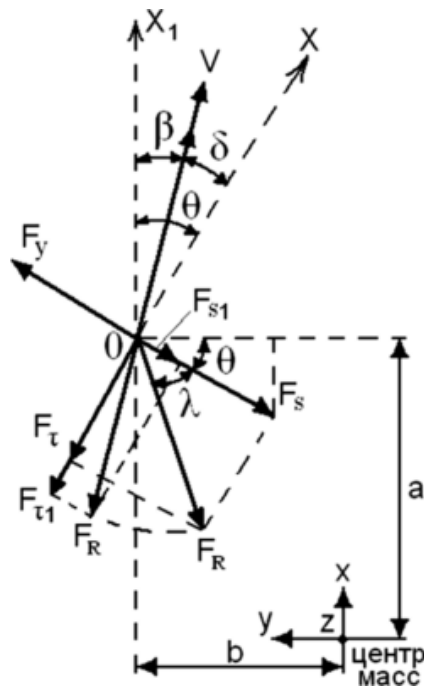


Рисунок 2.70 – Сили, що діють на кероване колесо автомобіля при повороті

Із збільшенням бічної сили кут бокового уводу δ збільшується, і в межі 12-20° (на сухому асфальті) сила зчеплення колеса з поверхнею дороги F_y стає рівною бічній силі F_s .

З цього моменту деформаційне ковзання (відведення колеса) переходить в фазу нестійкого відносного бічного ковзання – юз.

При дії на колесо поздовжніх сил (тягової F_k або гальмівної F_r) коефіцієнт опору бічному уводу k_s зменшується. При нахилі площини колеса в сторону дії бічної сили кут бокового уводу колеса δ збільшується, а при нахилі колеса в сторону, протилежну діючій силі F_s , призводить до зменшення кута.

При вільному обертанні колеса (режим накату $F_k = 0$, $F_r = 0$) результуюча сила, що діє на колесо, дорівнює $F_r = F_s$.

Рух передніх керованих коліс з юзом призводить до збільшення кута λ , що визначає напрямок ковзання. Залежно від зміни коефіцієнта відносного ковзання в $(0 \leq \varepsilon \leq 1)$ змінюється і кут напрямку ковзання $(0^\circ \leq \lambda \leq 90^\circ)$:

$$\lambda = \text{arctg} \left(\frac{F_\tau}{F_s} \right).$$

Зміна напрямку ковзання (кута λ) призводить до повороту результуючої сили F_R (рис. 2.71) та при збереженні коефіцієнта відносного ковзання, до зміни величин і напрямків поздовжніх сил (тягової F_k або гальмівної F_x і бічної F_s):

$$\vec{F}_R = \vec{F}_S + \vec{F}_\tau.$$

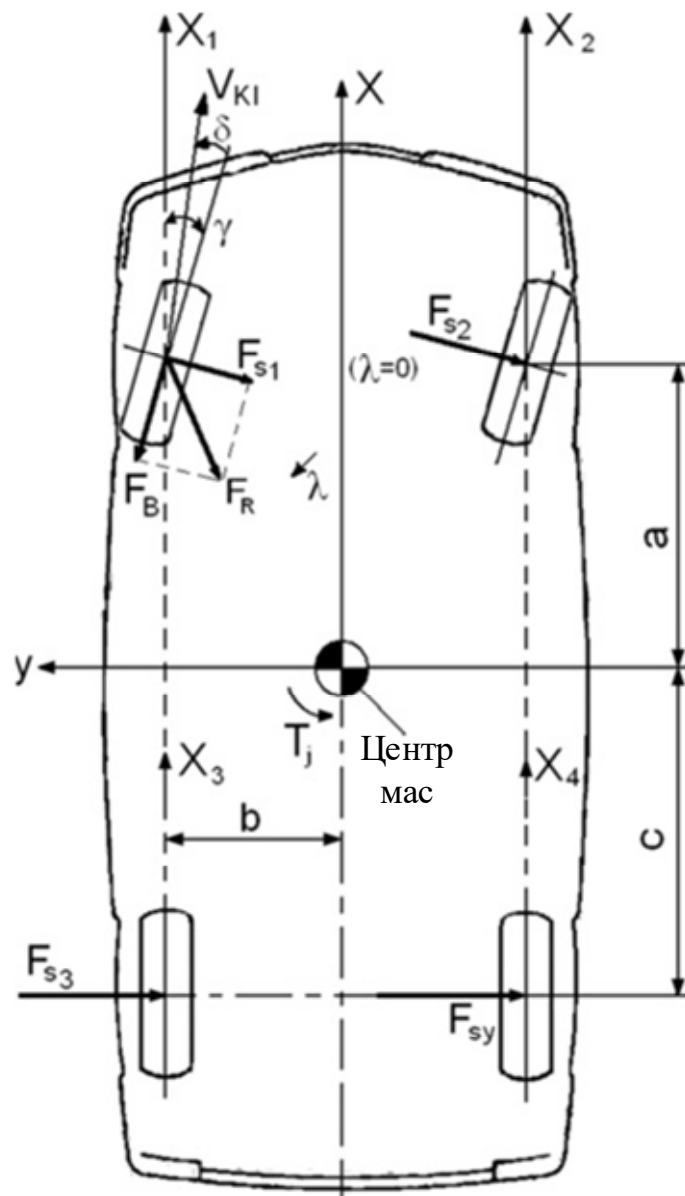


Рисунок 2.71 – Сили, що діють на автомобіль при повороті

Таким чином, при відповідній зміні поздовжньої і бічної сил можна

зберегти постійним або змінити значення кута напрямку ковзання λ .

Результуючі сили F_{Ri} , що діють на колеса автомобіля, створюють реактивні моменти щодо вертикальної осі, що проходить через центр мас автомобіля (рис. 2.71), що врівноважують момент інерції автомобіля T_i . У разі рівного розподілу результуючих сил F_{Ri} відповідним силам зчеплення F_{yi} і рівність чинного і реактивних моментів зберігають стійкий рух автомобіля:

$$T_j = \sum_{i=1}^4 T_i;$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^4 T_j &= T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = \\ &= a[F_{R1} \cos(\gamma + \lambda) + F_{R2} \cos(\gamma + \lambda)] - c(F_{R3} + F_{R4}), \end{aligned}$$

де T_1, T_2, T_3, T_4 – моменти результуючих сил, що діють на колеса, щодо вертикальної осі автомобіля.

Поворот результуючих сил F_{Ri} щодо вертикальної осі автомобіля порушує рівновагу моментів T_i і вимагає певних керуючих дій, що коректують траєкторію руху, а при переході ковзання в фазу відносного – робить рух автомобіля некерованим.

Контролювати процес зміни бічної сили F_s практично неможливо, але величину і напрямок результуючої сили F_r можна змінювати за рахунок поздовжніх сил – тягової F_k або гальмівної F_x .

Керуючи силами тяги ведучих коліс та гальмівними силами всіх коліс, можна забезпечити режим руху, при якому кути відведення коліс обмежені в межах деформаційного ковзання шин, реалізуються усталені сили зчеплення коліс з дорогою, виконується умова рівності моментів сил, що діють на автомобіль T_i . У цьому випадку виключається рух керованих коліс з юзом і дію зовнішніх моментів розвертаючих автомобіль. Траєкторія руху автомобіля відповідає повороту керованих коліс, зберігається керованість. На рис. 2.72 показана якісна картина зміни параметрів руху автомобіля з деякою постійною швидкістю по дорогах з високим і низьким коефіцієнтом зчеплення. Крива 1 відповідає траєкторії руху автомобіля по дорозі з високим коефіцієнтом зчеплення при відсутності бокового ковзання коліс. Напрямок руху повністю відповідає повороту керованих коліс. Траєкторії руху автомобіля по кривим 2 і 3 відповідають руху по дорозі з низьким коефіцієнтом зчеплення та бічним ковзанням коліс. Корекція положення автомобіля забезпечується за рахунок додаткового керування курсовим кутом при керуючих впливах водія (крива 2) за допомогою системи ЕКС (крива 3). Зсув автомобіля в бічному напрямку призводить до відхилення від заданої рульовим керуванням траєкторії руху.

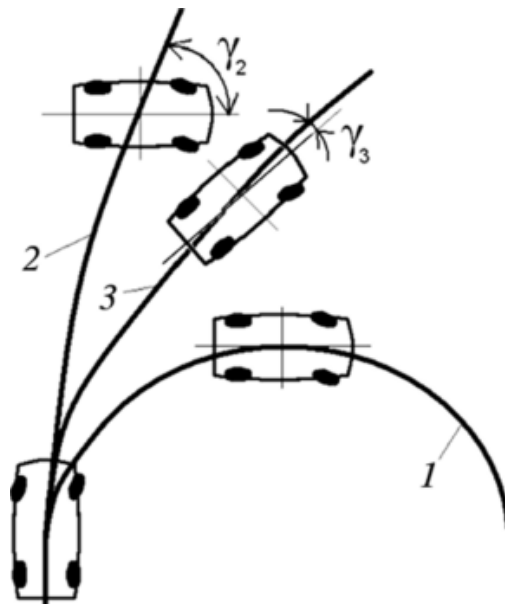


Рисунок 2.72 – Траєкторії руху автомобіля з фіксованим положенням рульового колеса

Радіус повороту в цьому випадку залежить не стільки від положення рульового колеса, скільки від бічних сил і кута бічного відведення. Зміна кута бічного відведення може стати настільки швидким, що стане неможливим контроль руху за допомогою рульового керування і автомобіль почне переміщатися з бічним юзом і обертанням навколо вертикальної осі (крива 2).

При додатковому керуванні курсовим кутом за допомогою системи ЕКС (крива 3) відведення коліс в межах пружної деформації забезпечується контролем ковзання і коефіцієнта зчеплення коліс з поверхнею дороги. Зберігається керованість автомобіля. Рух здійснюється з невеликим кутом бічного відведення по заданій траєкторії з більшим, ніж у випадку 1, радіусом повороту.

2.4.18 Структурна схема системи керування

Система керування ЕКС контролює параметри руху автомобіля в поздовжньому і поперечному напрямках і поворот відносно вертикальної осі автомобіля. Це дозволяє вирішити основне завдання керування курсовою стійкістю: зберегти прийнятні за критеріями керованості значення курсового кута γ і кутову швидкість повороту поздовжньої осі автомобіля δ щодо вертикальної осі.

Вхідними сигналами (параметрами) в структурній схемі (рис. 2.73) є дії водія на органи керування автомобіля: кут повороту рульового колеса, положення педалі подачі палива, сили на педалі гальма.

За допомогою датчиків положення рульового колеса 3, тиску в приводі гальмівних механізмів 2 і положення педалі подачі палива 7 керуючі впливи водія перетворюються в електричні сигнали.

Відповідно сигналам датчиків 3, 7, 5 контролер ЕКС визначає, як «повинен» рухатися автомобіль в результаті керуючих дій водія. Фактичні

параметри руху автомобіля в площині дороги і характеристики коефіцієнтів зчеплення шини з поверхнею дороги оцінюються за допомогою датчиків кутової швидкості коліс 1, кутової швидкості повороту щодо вертикальної осі 4, поперечного прискорення 5, тиску в приводі гальмівних механізмів 2 і швидкості автомобіля. Це найбільш важлива і складна частина завдання, так як характер руху автомобіля залежить не тільки від керуючих дій водія, але і від зовнішніх впливів випадкового характеру.

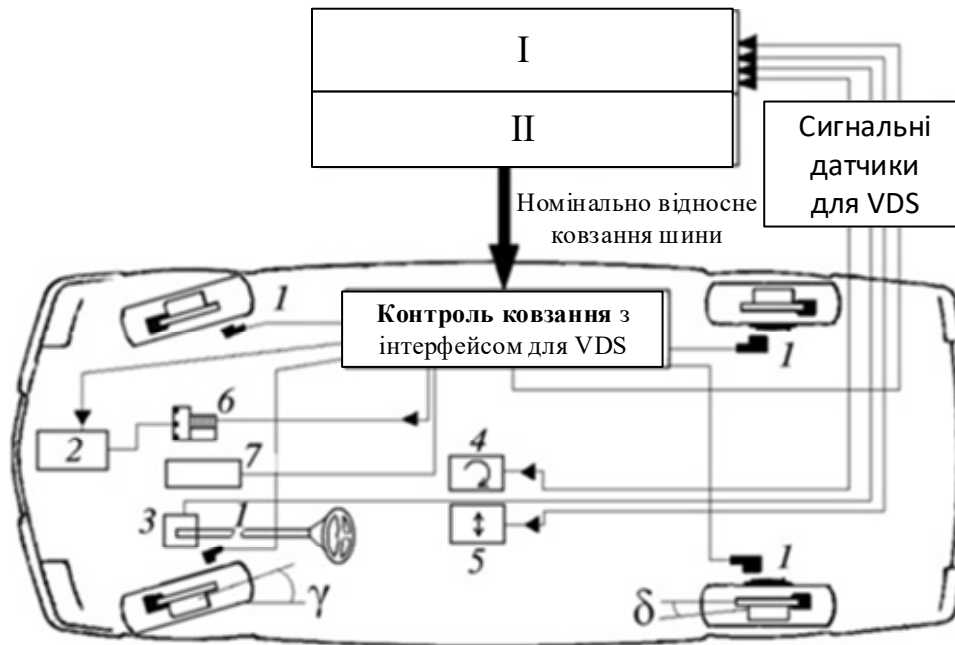


Рисунок 2.73 – Структурна схема системи керування VDS

На підставі сигналів датчиків фактичних параметрів контролер ЕКС обчислює обертаючий момент навколо вертикальної осі, необхідний для наближеного приведення параметрів дійсного стану до параметрів необхідного (розрахункового) стану.

Контролером ЕКС встановлюється номінальне (оптимальне) значення величин ковзання коліс для відповідних контролерів ковзання. Слідкуючий блок визначає величину контрольованої змінної – кут напрямку ковзання (курсний кут) λ .

Для зміни величини і напрямку (регулювання) результуючих сил, що діють на колеса автомобіля, обчислюється різниця між номінальними і фактичними значеннями змінних і генеруються керуючі сигнали.

Керуючі сигнали генеруються контролерами ковзання (гальмівних і тягових сил) і надходять до виконавчих пристроїв відповідних елементів системи керування – модулятору тиску в приводі гальмівних механізмів 6 і регулювання режиму роботи двигуна 7.

Для реалізації завдання керування бічним уводом кожного колеса окремо необхідно, щоб гальмівний момент кожного колеса керувався незалежно від водія відповідно до програми керування ЕБК системи ЕКС. В АБС об'єктом керування є робочі гальмівні механізми, що регулюють кутову швидкість і

поздовжнє ковзання колеса в межах, що забезпечують відсутність блокування колеса. У ЕКС об'єктом керування є автомобіль в цілому, і стабілізація руху в критичних умовах здійснюється регулюванням величин поздовжніх і поперечних сил, що діють на колеса за рахунок відносного ковзання.

2.4.19 Функціональна схема системи ЕКС

Головний контролер ЕКС встановлює параметри стаціонарного, прискореного та уповільненого руху автомобіля по траєкторії постійного радіуса, який заданий кутом повороту рульового колеса, швидкістю руху автомобіля V_a та кутовою швидкістю обертання навколо вертикальної осі ω_a . Функціональна схема системи ЕКС наведена на рис. 2.74. За основу для визначення необхідного стаціонарного режиму руху автомобіля вибирається траєкторія руху постійного радіуса, заданого кутом повороту рульового колеса.

Алгоритм розрахунку параметрів руху засновано на спрощеній математичній моделі автомобіля. Для розрахунку параметрів траєкторії руху використовуються змінні величини, що визначені за допомогою датчиків кутової швидкості автомобіля навколо вертикальної осі, кута повороту рульового колеса, поперечного прискорення та розрахункові значення змінних: поздовжньої складової швидкості і гальмівної сили.



Рисунок 2.74 – Функціональна блок-схема системи ЕКС

Слідкуючий блок на основі спрощеної моделі автомобіля для кожного з коліс визначає: кут бокового уводу δ , кут ковзання λ_i , поперечну складову швидкості колеса V_{y_i} , сили, що діють на колесо в поздовжньому F_k або F_τ і поперечному F_s напрямках, результуючу силу F_R і кутову швидкість повороту поздовжньої осі автомобіля ω_d . Номінальні значення курсового кута γ і кутової швидкості ω_a визначаються на основі даних: кута повороту рульового колеса, крутного моменту двигуна T_e , тиску в приводі гальмівних механізмів P_τ , поздовжньої складової швидкості автомобіля V_x і коефіцієнта зчеплення шини з дорогою φ . Коефіцієнт зчеплення шини з дорогою визначається із значень поздовжньої і поперечної складових прискорення автомобіля. Алгоритм обчислення дозволяє врахувати динамічні характеристики автомобіля й поверхні дороги – поперечний і поздовжній ухили, коефіцієнти зчеплення коліс лівого та правого бортів автомобіля.

За допомогою ланцюга зворотного зв'язку контролера порівняння оцінюються відхилення кутової швидкості ω_a і курсового кута γ порівняно з тими ж параметрами, що встановлені для спрощеної моделі автомобіля. Вихідним параметром контролера порівняння є обертаючий момент щодо вертикальної осі автомобіля. Величина моменту, разом з встановленими дійсними значеннями відносного ковзання, кутів ковзання та результуючими силами, що діють на колеса, використовується для зміни ковзання коліс автомобіля. Ковзання коліс регулюється за допомогою сигналів керування контролерів гальмівної системи та режиму роботи двигуна.

2.4.20 Контролери ковзання гальмівної системи і режиму роботи двигуна

Для керування ковзанням колеса в межах стійкого (деформаційного) діапазону необхідно оцінювати ковзання з відповідним ступенем точності. Коефіцієнт ковзання колеса відносно дороги визначається з виразу:

$$\varepsilon = \frac{V_x - \omega_k r_d}{V_x},$$

де ε – відносне ковзання;
 ω_k – кутова швидкість колеса;
 r_d – динамічний радіус колеса;
 V_x – поздовжня складова швидкості руху автомобіля.

Поздовжня складова швидкості руху автомобіля може бути визначена з даних про кутові швидкості обертання коліс. Керування ковзанням колеса є безперервним процесом, в якому поточні значення величин гальмівного моменту підтримуються постійними на протязі певного періоду часу.

Припускаючи, що кутова швидкість обертання колеса до кінця цього

періоду стає постійною, $\omega_{ki} = const$, а кутова швидкість колеса при відсутності ковзання ($\varepsilon = 0$) може бути визначена за відомими значеннями відповідних гальмівних сил $F_{\tau i}$, вертикальних реакцій на колесо з боку дороги Z_i і тангенціальної жорсткості колеса C_τ , з виразу:

$$\omega_{k0} = \frac{C_\tau}{C_\tau - \frac{F_\tau}{F_N}},$$

де ω_{k0} – кутова швидкість обертання колеса при відсутності ковзання.

Використовуючи дані про кутову швидкість обертання автомобіля щодо вертикальної осі, значеннях кутів повороту керованих коліс, поперечної складової швидкості руху автомобіля і швидкості обертання колеса при відсутності ковзання, обчислюється через швидкість точки центру мас автомобіля V_x в напрямку його поздовжньої осі X (див. рис. 2.70). Використовуючи отримане значення швидкості V_x , обчислюються лінійні швидкості кожного колеса та дійсна величина ковзання з виразу:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\omega_{ki}}{\omega_{k0}},$$

де ω_{ki} – дійсне значення кутової швидкості обертання колеса.

Для керування ковзанням ведучих коліс автомобіля за рахунок зміни крутного моменту (тягової сили), номінальний гальмівний момент на колесі в межах діапазону стійкого ковзання можна частково або повністю створювати зміною режиму роботи двигуна.

При необхідності зменшення тягового моменту на колесі до номінального (необхідності гальмування колеса) може бути використаний гальмівний момент двигуна, аж до максимально можливого значення.

У разі якщо момент обертання колеса залишається більше розрахованого номінального значення, може додатково створюватися гальмівний момент за рахунок збільшення тиску в приводі гальмівного механізму.

Фактичне значення гальмівної сили, усталеної в результаті дії гальмівного моменту двигуна, моменту гальмівного механізму і моменту інерції колеса може бути визначена відповідно до рівняння динаміки колеса:

$$F_\tau = k_\tau \frac{p_\tau}{r_d} - \frac{T_k}{r_d} + \frac{J_k}{r_d^2} \frac{d}{dt} \omega_k,$$

де F_τ – гальмівна сила;

k_τ – відношення гальмівного моменту до тиску в приводі гальм, $k_\tau = \frac{T_\tau}{p_\tau}$;

r_d – динамічний радіус колеса;

T_k – крутний момент, що передається на колесо від двигуна;

J_k – момент інерції колеса;

ω_k – кутова швидкість обертання колеса.

Стале значення гальмівної сили, що викликане дією гальмівних механізмів, служить змінною для розрахунку номінального ковзання шини контролером гальмівної системи:

$$\varepsilon_0 = A_0 \varphi + \frac{A_1}{\omega_{k0}} + A_2,$$

де ε_0 – величина номінального (оптимального) відносного ковзання;

φ – коефіцієнт зчеплення шини з поверхнею дороги;

ω_{k0} – кутова швидкість обертання колеса без ковзання;

A_0, A_1, A_2 – розрахункові коефіцієнти.

2.4.21 Контролер системи керування силою тяги на ведучих колесах

Контролер системи керування силою тяги отримує від контролера ЕКС інформацію про номінальне середнє значення відносного ковзання ведучих коліс і величину номінального гальмівного моменту блокування ведучих коліс. Ці величини використовуються для розрахунку моменту, що діє на автомобіль, щодо вертикальної осі. Оптимальна різниця кутових швидкостей ведучих коліс однієї осі визначається контролером ЕКС як різниця кутових швидкостей коліс при коченні без ковзання. Далі встановлюється діапазон допустимого ковзання D_ε та дійсний діапазон ковзання ведучих коліс як різниця між двома поточними (динамічними) величинами відносного ковзання. Різниця між дійсним й допустимим діапазоном відносного ковзання коліс може призвести до блокування ведучих коліс.

Контролер системи керування силою тяги обчислює номінальні значення необхідних, за умовами руху, гальмівних моментів ведучих коліс і крутного моменту двигуна. Крутний момент двигуна регулюється (зменшується) протягом дуже короткого часу, практично протягом робочого циклу. Для двигунів з іскровим займанням робочої суміші використовується спосіб затримки запалення (запалювання суміші після ВМТ); для двигунів з безпосереднім впорскуванням палива встановлюється інтервал часу, протягом якого відключається подача палива для всіх або частини циліндрів.

Номінальна частота обертання карданного валу і номінальна різниця обертання ведучих коліс обчислюються на підставі розрахованих номінальних величин ковзання і кутової швидкості коліс. Контрольовані змінні – кутова швидкість карданного валу і різниця швидкостей ведучих коліс – визначаються за фактичними кутовими швидкостями правого і лівого ведучих коліс:

$$\omega_g = \frac{1}{2} i_0 (\omega_{k3} + \omega_{k4}),$$

$$\Delta\omega_k = \omega_{k3} - \omega_{k4},$$

де ω_g – частота обертання карданного валу;
 ω_{k3}, ω_{k4} – частота обертання лівого і правого провідних коліс;
 $\Delta\omega_k$ – різниця частот обертання лівого і правого провідних коліс;
 i_0 – передавальне число головної передачі.

На швидкість зміни частоти обертання карданної передачі істотний вплив мають моменти інерції обертових частин двигуна, трансмісії і ведучих коліс автомобіля. У порівнянні з частотою обертання карданної передачі різниця частот обертання ведучих коліс автомобіля є відносно нестабільним параметром через невеликі значення моментів інерції коліс. Крім того, внаслідок роботи диференціала ведучого моста на різницю кутових швидкостей коліс $\Delta\omega_k$ не впливає режим роботи двигуна. Параметри ω_g і $\Delta\omega_k$ використовуються як контрольовані змінні величини, оскільки дозволяють розділити динамічну систему на дві підсистеми з характерними динамічними властивостями.

Для контролю кутової швидкості обертання карданного валу використовуються параметри режиму роботи двигуна і робочої гальмівної системи при симетричній дії гальмівних механізмів. Несиметрична дія гальмівних механізмів призводить до появи різниці кутових швидкостей ведучих коліс. Для керування різницею кутових швидкостей ведучих коліс використовується спеціальний контролер, керуючі сигнали якого залежать від включеної передачі і режиму роботи двигуна.

Для контролю відхилення різниці кутових швидкостей ведучих коліс контролером ЕКС використовується відносно невеликий інтервал в межах діапазону допустимого ковзання. Якщо номінальний гальмівний момент блокування ведучих коліс необхідно зменшити або використовувати режим низькопорогового регулювання, то контролер ЕКС забезпечує режим руху з великим значенням різниці кутових швидкостей коліс $\Delta\omega_k$. Вихідним параметром контролера є різниця номінальних значень гальмівних моментів коліс. Момент від карданної передачі з урахуванням заданої різниці гальмівних моментів від двигуна розподіляється між колесами. Номінальне значення моменту на карданній передачі встановлюється зміною режиму роботи двигуна за допомогою контролера ПБС. Симетричний гальмівний вплив на колеса має за мету швидке зменшення крутного моменту на протязі перехідного процесу роботи двигуна.

2.4.22 Особливості гідравлічної системи ЕКС

Гідравлічна система повинна забезпечувати надійну роботу при будь-яких експлуатаційних умовах роботи автомобіля. Особливо серйозні вимоги до роботи гідравлічної системи ЕКС пред'являються при низьких температурах

навколишнього середовища, коли плинність гальмівної рідини знижується. Це явище може призводити до зменшення швидкості перетікання рідини і збільшення часу зміни гальмівного моменту. Для забезпечення роботи гідравлічної системи ЕКС в кожному контурі гальмівної системи встановлюється гідравлічний насос високого тиску з приводом від електричного двигуна.

Гідравлічна система ЕКС (рис. 2.75) складається з блоку А з двома електричними насосами рециркуляції 7, замкнутих гальмівних контурів передніх коліс I і задніх коліс II.

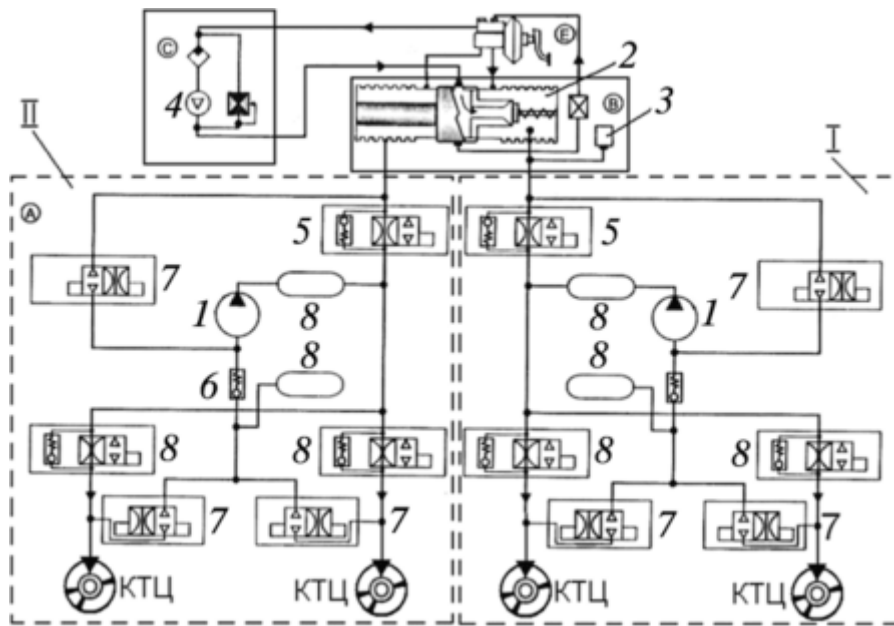


Рисунок 2.75 – Гідравлічна система ЕКС

Блок В містить диференційний гідропідсилювач тиску 2 з датчиком тиску 3. У блок С входять головний насос 4 і елементи регулювання тиску: редукційний, перепускний і зворотний клапани.

Блок Е включає головний гальмівний циліндр з підсилювачем і бачок для гальмівної рідини.

Головний насос 4 включається, як тільки сигнал про початок активного гальмування передається від ЕБК АБС на контролер ковзання системи ЕКС. Гальмівна рідина з бачка подається в центральну камеру диференціального гідропідсилювача – розподільника 2. Плунжери гідропідсилювача 2 нагнітають гальмівну рідину в насоси рециркуляції 1 під певним тиском P , який формується за допомогою клапанів 5, 6 і електромагнітних клапанів 7 і підтримується за допомогою демпферних камер 8.

Демпферні камери 8 забезпечують функціональну надійність та експлуатаційну безпеку системи ЕКС. Гальмівна рідина надходить в контури робочої гальмівної системи під тиском, що забезпечує необхідну величину гальмівного моменту.

Електромагнітні клапани 7 і 8 дозволяють реалізувати дві основні програми регулювання тиску в колісних гальмівних циліндрах (КТЦ) відповідно до алгоритмів роботи АБС, що забезпечує гальмування без блокування коліс, і

алгоритмами роботи ЕКС, з гальмуванням окремих коліс при одночасному регулюванні крутного моменту двигуна.

Робота клапанів 7 і 8 забезпечується програмою керування, що зберігається в ПЗУ ЕБК.

2.4.23 Системи електронного контролю стійкості для великовантажних автомобілів

Раніше було доказано, що однією з головних причин дорожньо-транспортних пригод (ДТП) є неуважність водіїв транспортних засобів (ТЗ). У зв'язку з цим стає актуальною проблема зниження кількості ДТП за рахунок оснащення транспортних засобів електронними системами підвищення активної безпеки. За рахунок контролю дорожніх умов і умов руху транспортних засобів системи керування здатні зреагувати на раптово мінливу ситуацію набагато раніше, ніж це може зробити водій. Більш того, електронні системи не дозволяють водієві здійснювати помилкові дії, які можуть стати причиною ДТП.

Проведені в різних країнах світу дослідження показують, що кількість ДТП за участю великовантажних автомобілів може бути скорочено за рахунок використання електронних систем контролю курсової стійкості (ЕКС) (рис. 2.76, 2.77). Головна функція системи ЕКС – забезпечення стійкості транспортного засобу за рахунок контролю траєкторії руху і запобігання перекидання в рамках фізичних меж. Це найбільш складна система підвищення активної безпеки, яка використовує можливості АБС, ПБС з контролем тяги, електронної систем керування дросельною заслінкою і адаптивні системи повороту керованих коліс. Системи ЕКС можуть надавати коригувальний вплив на рух транспортного засобу в тому випадку, якщо воно відхиляється від заданого водієм напрямку руху.



Рисунок 2.76 – Мотивація до створення систем ЕКС для великовантажних автомобілів



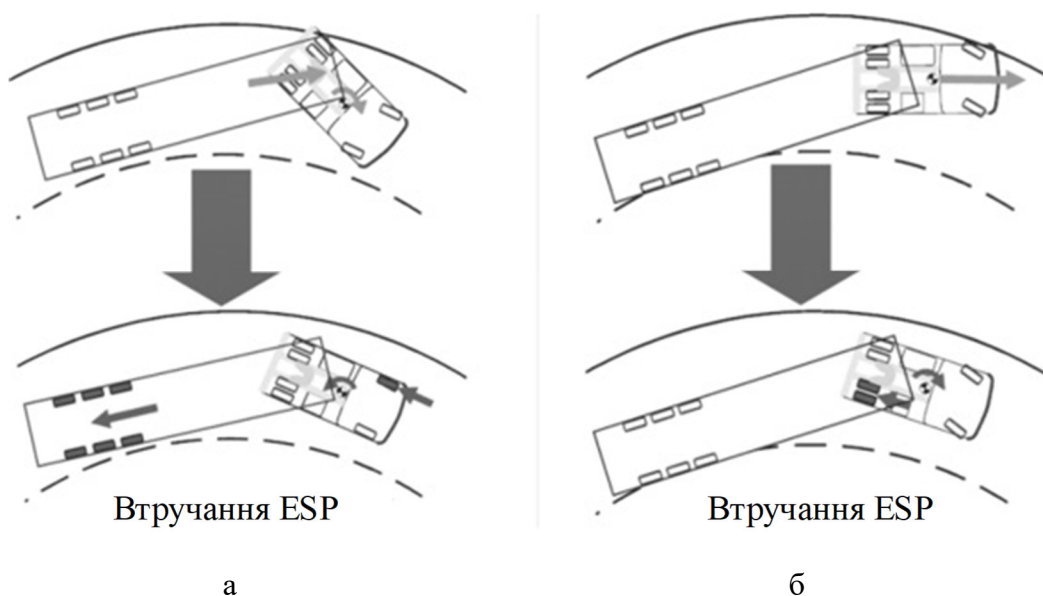
Рисунок 2.77 – Особливості функціонування великовантажних автомобілів [32]

Розвиток систем ЕКС для великовантажних автомобілів заснований на технологіях для легкових автомобілів.

Функціонування систем ЕКС для комерційного транспорту розширюється/адаптується під спеціальні вимоги:

- складна гальмівна система (пневматичне гальмо, зношуваність гальм);
- складна динаміка транспортних засобів (варіанти автомобілів, причепа);
- різні вантажі;
- небезпека перекидання (високий центр тяжіння);
- операції вантажного транспорту (вартість вантажу і пасажирського транспорту).

Принцип дії системи заснований на керуванні тяговою і гальмівною силами при занесенні або знесенні, що дозволяє автомобілю рухатися по заданій траєкторії. На рис. 2.79 наведено коригувальні дії системи ЕКС великовантажного автомобіля в критичних ситуаціях.



а – небезпека занесення напівпричепа; б – знесення автомобіля

Рисунок 2.78 – Коригувальна дія системи ЕКС

Перешкоджання перекидання під дією фізичних законів здійснюється системою ЕКС за допомогою обмеження бокового прискорення шляхом обмеження моменту крутного двигуна і гальмуванням. При цьому система ЕКС не допускає також виявлення втрати зчеплення «внутрішніх» коліс шляхом зменшення швидкості ТЗ гальмуванням.

Система реєструє кутові швидкості коліс, кут повороту рульового колеса і бічне прискорення автомобіля. Контролер порівнює сигнали і параметри що надходять від різних датчиків і виявляє тенденцію до заносу або зносу автомобіля.

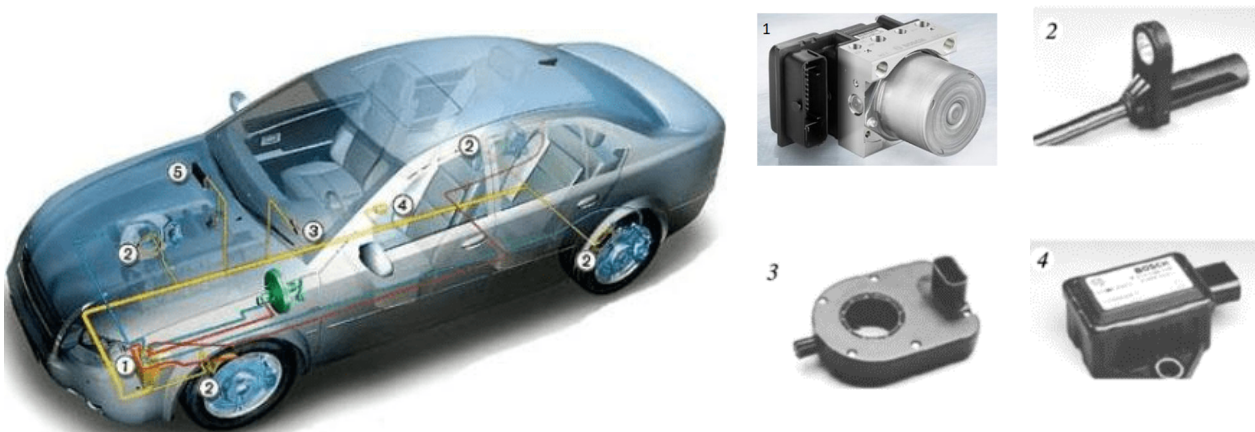
Показана робота системи ЕКС в критичній ситуації (рис. 2.79), що викликана втратою зчеплення задньої осі тягача з поверхнею руху та яка веде до небезпечного заносу напівпричепа. Для усунення такої ситуації система ЕКС генерує комплекс наступних заходів: пригальмовує переднє колесо, що йде по зовнішньому радіусу; зменшує крутний момент двигуна; застосовує «розтяжне» гальмування – гальмування всього причепа. В результаті дії системи рух автомобіля стабілізується.

На рис. 2.79, б наведено ситуацію, що характеризується втратою зчеплення передньою віссю та небезпекою «вильоту» автомобіля з дороги. Система ЕКС пригальмовує колесо задньої осі тягача, що рухається по внутрішньому радіусу, і знижує момент двигуна.

2.4.24 Конструктивні особливості елементів систем ЕКС

При розробці системи ЕКС використано елементи систем АБС і ПБС. Це дозволило істотно скоротити витрати на стадії дослідно-конструкторських робіт і забезпечило прийнятну вартість системи.

Конструкцію системи контролю курсової стійкості легкових автомобілів розглянемо на прикладі однієї з найпоширеніших систем. На рис. 2.79 наведено основні компоненти системи ЕКС фірми Bosch (ESP) [7].



1 – гідроагрегат з інтегрованим електронним блоком; 2 – датчик частоти обертання колеса; 3 – датчик кута повороту рульового колеса; 4 – датчик повороту навколо вертикальної осі і датчик поперечного прискорення; 5 – електронний блок керування двигуном

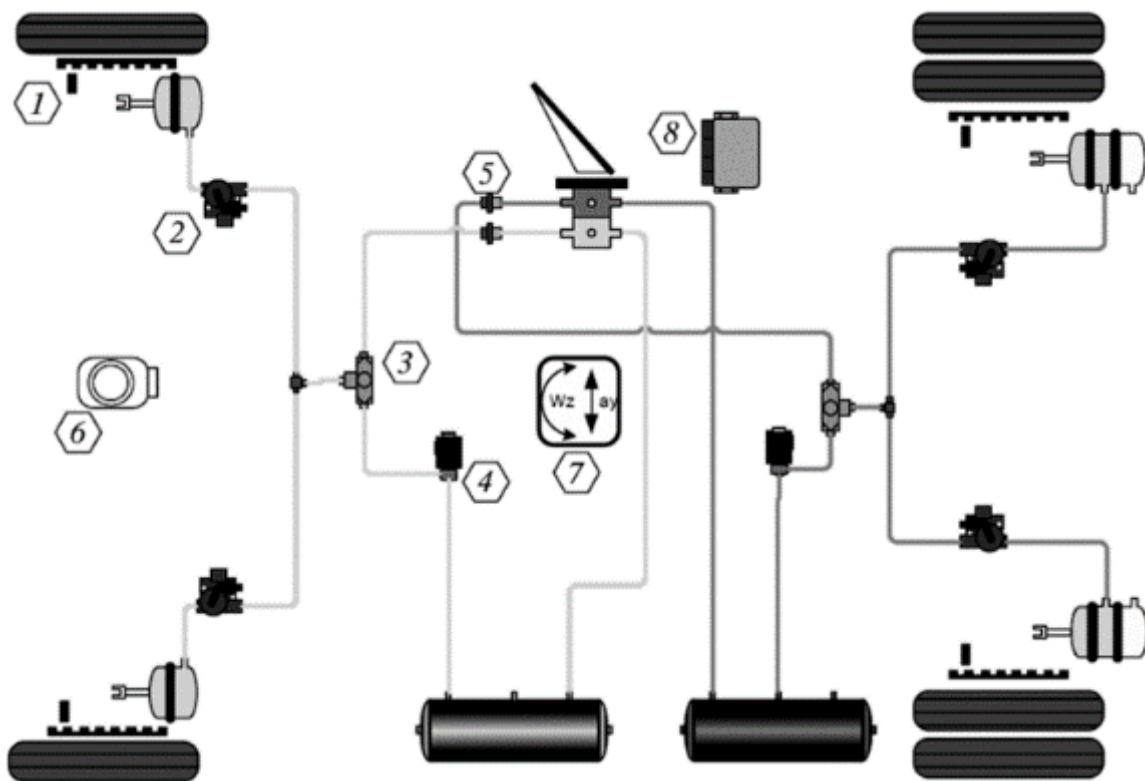
Рисунок 2.79 – Компоненти ЕКС (ESP) Bosch

Система ESP складається з: датчиків, електронного блоку керування, гідравлічної систему пригальмовування та системи керування двигуном.

Система ESP використовує компоненти антиблокувальної системи автомобіля. Електронний блок керування (ЕБК) постійно отримує і аналізує сигнали від датчиків кута повороту рульового колеса, бічного прискорення, кутової швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі, частоти обертання коліс.

У момент, коли поєднання показників датчиків сприймається ЕБК як наближення до критичної ситуації, пов'язаної з втратою стійкості, він посилає сигнал гідравлічній системі пригальмовування та електронного блоку керування двигуном.

Приклад конструкції системи ЕКС для вантажних автомобілів наведено на рис. 2.80.



1 – датчик кутової швидкості; 2 – модулятор АБС; 3 – клапан двохмагістральний; 4 – клапан ПБС; 5 – датчик тиску; 6 – датчик кута повороту рульового колеса; 7 – датчик швидкості ризику і бічних прискорень; 8 – електронний блок

Рисунок 2.80 – Схема системи ЕКС вантажного автомобіля

Система ЕКС вантажних автомобілів має вузли, що аналогічні вузлам системі ЕКС легкових автомобілів.

2.4.25 Керування АБС

У будь-якій системі автоматичного керування гальмівною системою автомобіля використовуються перетворювачі частоти обертання коліс в електричний

імпульсний сигнал. Такі перетворювачі називаються колісними датчиками АБС (рис. 2.81). Переважно використовуються індуктивні датчики Хола.

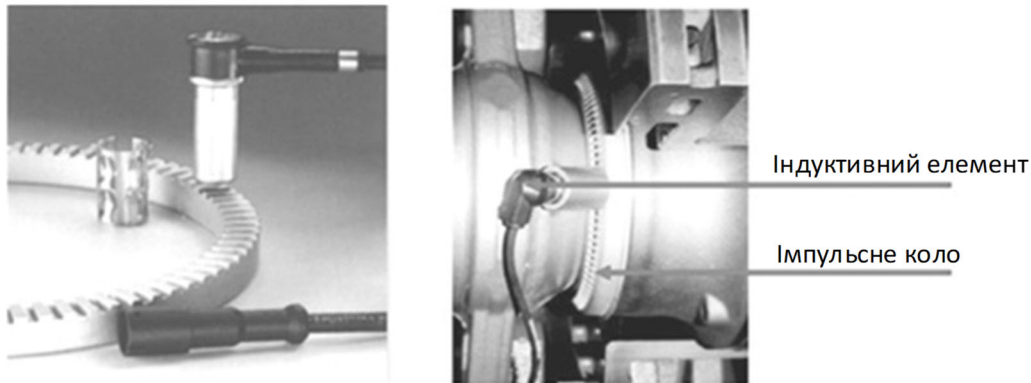


Рисунок 2.81 – Датчик частоти обертання і спосіб його встановлення

Індуктивний датчик складається з постійного магніту (з сердечником) і індуктивного перетворювача. Сердечник охоплює котушка, в якій генерується електричний сигнал датчика. Датчик закріплено нерухомо на елементах шасі автомобіля. Для створення змінного магнітного поля використовується зубчасте (імпульсне) колесо/кільце, що виконано з магнітного сплаву. Зафіксоване на маточині колеса зубчасте кільце має в залежності від розміру колеса, як правило, 80 або 100 зубів. Зубчасте кільце обертається без дотику до датчика частоти обертання. Внаслідок повторюваного переходу «зуб-западина» створюється магнітне поле і, як наслідок цього, в датчику частоти обертання коліс генерується індуктивна змінна напруга, частота якої залежить від швидкості обертання колеса.

Таким чином, в результаті обертання зубчастого кільця відбувається постійна зміна магнітного потоку, внаслідок чого в котушці датчика генерується синусоїдальна змінна напруга (рис. 2.82). Частота вимірюється в герцах (Гц), і вона служить показником того, як часто змінюється напруга від «+» S до «-» N протягом однієї секунди.

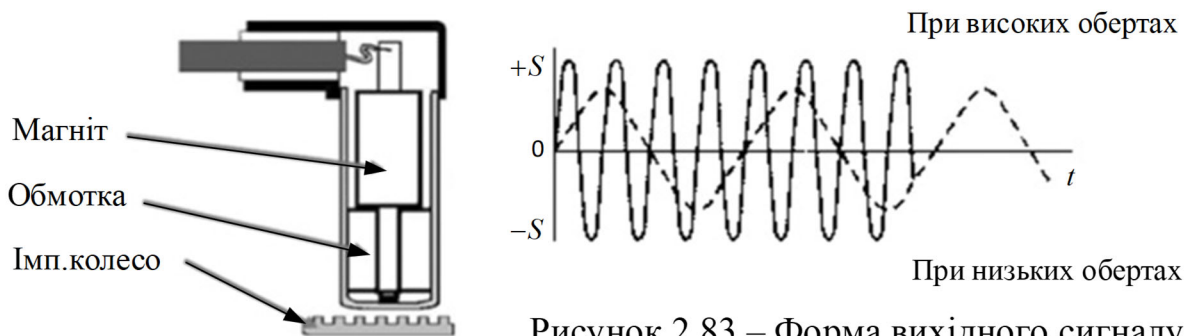


Рисунок 2.82 – Конструкція датчика

Рисунок 2.83 – Форма вихідного сигналу індуктивного датчика

Характеристики основних датчиків системи ЕКС (кутової швидкості повороту автомобіля навколо вертикальної осі, бічного прискорення, кута повороту рульового колеса) наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Датчики системи ЕКС

Датчик	Вимірювані значення	Належність до системи
Датчики швидкості обертання коліс	Кутова швидкість колеса	АБС / ПБС (динаміка коліс)
Датчики тиску	Гальмівне зусилля на педалі і робочий тиск в системі	ЕКС (динаміка автомобіля)
Датчик повороту керма	Кут повороту (залежить від водія)	
Датчик швидкості рискання	Поворот автомобіля навколо вертикальної осі	
Датчик бічних прискорень	Бічне прискорення автомобіля	

Кут повороту автомобіля навколо вертикальної осі (зміни курсового кута, швидкості рискання) визначається за допомогою датчика гіроскопічного типу (рис. 2.84). Датчик є досить складною конструкцією і успішно використовуються для вирішення подібних завдань в авіації і військової техніки.

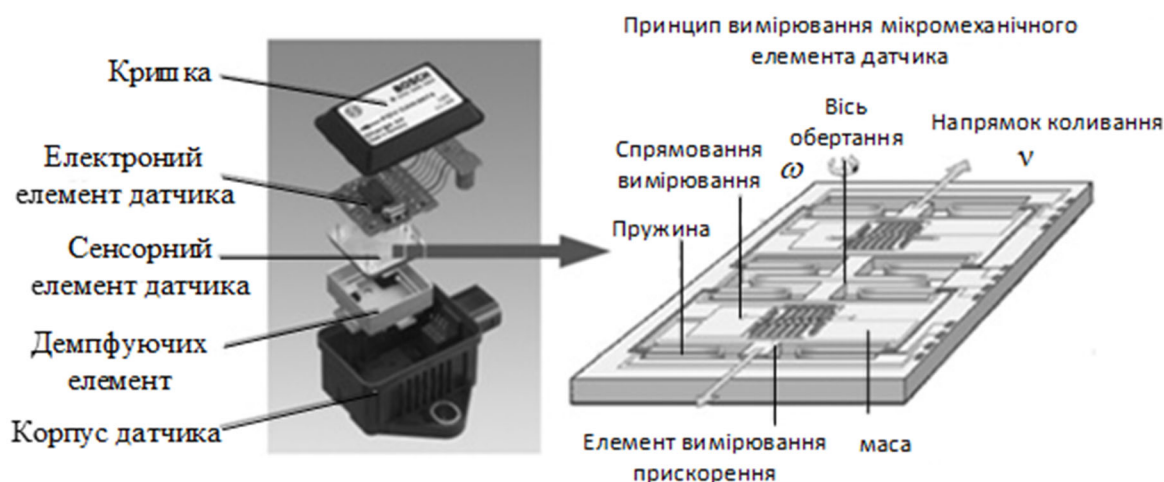


Рисунок 2.82 – Структурна схема і принцип вимірювання датчика швидкості нишпорення і кутових прискорень

Обертання вимірюється маленькою кремнієвою пластиною розміром приблизно 2x3 мм. У кремній вставлена коливальна система, по якій через проводячі смужки, протікає змінний струм з частотою 5 кГц. За допомогою магнітного поля, що виникає в кришці датчика з постійним магнітом, приходить в рух коливальна частина кремнію. При обертанні транспортного засобу діє коріолісова сила. Дана сила повертає коливальну масу вправо або вліво. Бічний рух перетвориться в величину вимірювання і видається як швидкість обертання. Цей датчик, щоб отримати якомога точніші вимірювальні величини, монтується якомога ближче до центру тяжіння транспортного засобу.

Датчик швидкості рискання (вібраційний гіроскоп) зазвичай об'єднано з акселерометром поперечних прискорень (інерційний датчик).

Кут повороту рульового колеса визначається за допомогою оптоелектронного датчика. Датчик складається з оптичної частини – світломодуючого диска, закріпленого на валу рульового колеса, світлодіодів

і фототранзисторів. Для отримання високої точності вимірювань використовується ступеневе кодування сигналу за допомогою набору фототранзисторів, встановлених за світломодулюючим диском. Оптико-електронний перетворювач з цифровим інтерфейсом забезпечує високу точність вимірювань і відрізняється надійністю роботи.

Існують і інші конструкції датчиків кута повороту рульового колеса автомобіля. Конструкцію датчика кута повороту рульового колеса, що працює за принципом анізотропного магніторезистивного вимірювання (AMR-елемент) наведено на рис. 2.85.

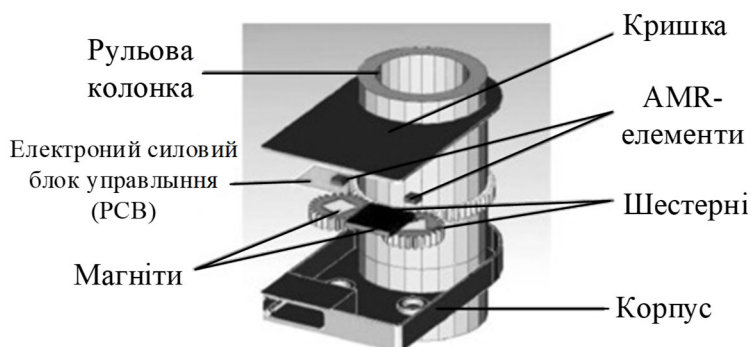


Рисунок 2.83 – Конструкція датчика кута повороту рульового колеса, що працює за принципом анізотропного магніторезистивного вимірювання

Датчик тиску робочого тіла в гальмівному приводі дозволяє визначити тиск, що створюється водієм при натисканні на педаль гальма. Використовуються датчики п'єзоелектричного типу, що зберігають працездатність при великих значеннях тиску в приводі.



Рисунок 2.84 – Блок керування системою

В якості центрального керуючого пристрою для систем ЕКС в автотранспортних засобах використовується блок керування (рис. 2.86). При цьому блок забезпечує наступні функції: приймає, фільтрує і підсилює сигнали від датчиків швидкості обертання; обчислює ковзання та прискорення; керує роботою клапанів (генерує позиційні команди для соленоїдів).

2.4.26 Електронні гальмівні системи

Зростаюча конкуренція в транспортній промисловості призводить до постійного посилення вимог, що пред'являються до гальмівних систем. Нове

покоління гальмівних систем відрізняється від існуючих наявністю постійних атрибутів автомобільної електроніки: вимірювальних пристроїв, електронного блоку керування, а також виконавчих механізмів.

Всі системи даного класу об'єднує одне – відсутність жорсткого зв'язку між педаллю гальма і виконавчим механізмом, так звана електронна педаль. Її переміщення перетворюється в електричний сигнал і подається до блоку керування. Після аналізу інформації від різних датчиків (навантаження, швидкості, поперечного прискорення, кута повороту рульового колеса) електроніка самостійно дає команду виконавчим механізмам, що регулюють тиск в контурах гальмівної системи. Загальне позначення таких систем – EBS (Electronic Braking System) – електронна система гальмування, а також система Brake by wire – гальмування «по дротах».



Рисунок 2.85 – Блок EBS фірми WABCO

Залежно від виду енергоносія розрізняють електрогідравлічні системи: SBC (Sensotronic Brake Control) (рис. 2.88), EHB (Electronic hydraulic Braking); електропневматичні: EBS (Electronic Braking System), EPB (Electronic Pressure Braking); електромеханічні: EMK (Electromechanical Braking).

2.4.27 Електрогідравлічна гальмівна система

На відміну від антиблокувальних гальмівних систем системи контролю сили тяги (TCS) і керування автомобілем (ESP), електронні гальмівні системи можуть створювати тиск в робочих циліндрах незалежно від дій водія. Ця функція є базовою при створенні електрогідравлічних гальмівних систем (EHB) [10].

У стандартних гальмівних системах легкових автомобілів сила, що прикладається водієм до педалі гальма, під дією її важеля механічно передається на вакуумний сервопривід і від нього, в посиленому вигляді, до головного

гальмівного циліндра. Таким чином тиск використовується для досягнення необхідного ефекту гальмування при окремому гальмівному зусиллі на кожному колесі. При наявності гальм ЕНВ ця механіко-гідравлічна послідовність дій порушується. При нормальних умовах експлуатації між педаллю гальма і гальмом колеса відсутня механічна ланка.

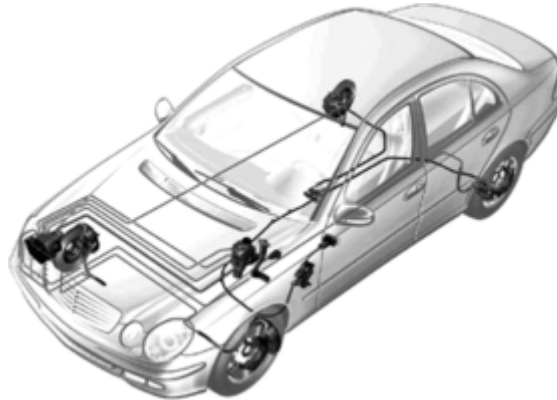


Рисунок 2.86 – Електрогідравлічна гальмівна система Mercedes-Benz (Sensotronic Brake Control) [8]

Система ЕНВ складається з наступних компонентів:

- блоку виконавчого механізму;
- гідравлічного модулятора тиску;
- датчиків (наприклад, датчиків частоти обертання коліс);
- розширення блоку ECU (в гідравлічному модуляторі тиску) або окремого блоку ECU; каналів керування та тиску.

Для забезпечення безпеки в системі використовуються два окремих датчика (один – на виконавчому механізмі для визначення ходу педалі і інший – датчик тиску на гідравлічному модуляторі) для визначення «запиту на гальмування» і передачі його в блок керування, який з'єднано з сервоприводом гальм і системами ABS, TCS і ESP. Датчики цих систем забезпечують ЕБК даними про динаміку автомобіля – швидкість руху, повороти та обертання коліс.

2.4.28 Електропневматична гальмівна система

Гальмівні системи з електронним керуванням (EBS) дозволяють оптимізувати процеси сил тяги та гальмування вантажних автомобілів.

EBS складається з модуля гальмівної системи з ножним керуванням, приладу керування та окремого керуючого модуля регулювання тиску для кожного колеса.

На ці модулі подано повітря під тиском 8 атм (0,8 МПа). Загальна електроніка обробки сигналів та прискорювальні клапани знаходяться в корпусі модуля керування тиском і відповідають за короткий час спрацювання й відпускання гальма, що складає приблизно 0,25 с.

При натисканні на педаль гальма передається електричний сигнал (електричний перетворювач в крані ножного гальма). Гальмівний тиск

відповідної осі (колеса) керується через індивідуальний модулятор. Результатом є висока реакція, більш керована і ефективна гальмівна система, яка підвищує безпеку руху. Гальмівна система містить малу кількість компонентів, відповідно менше часу на обслуговування (рис. 2.89). Пневматичне керування гальмами при виході з ладу електроніки зберігається.

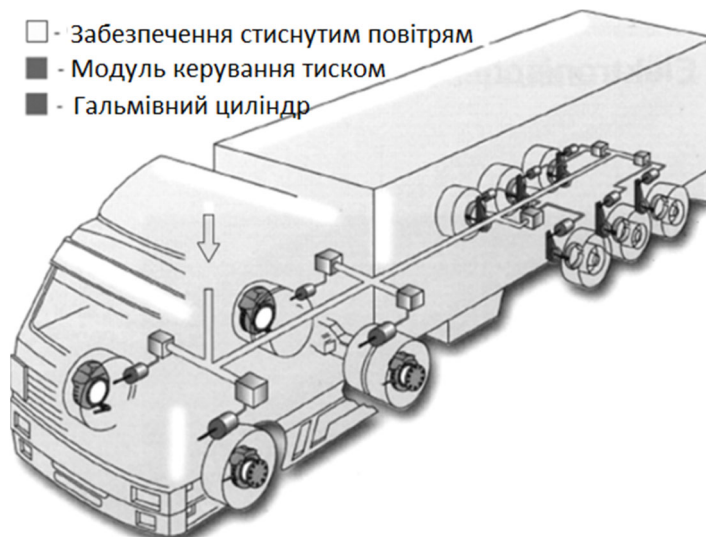


Рисунок 2.87 – Електропневматична гальмівна система



Рисунок 2.88 – Компоненти електронної гальмівної системи EBS 2.3 (Knorr-Bremse Group)

Система EBS об'єднана зі стандартним бортовим контролером зв'язку CAN ISO 11992 (рис. 2.92). Система EBS має переваги, так як здатна використовувати сигнали, що надходять від інших систем (яким вона може також передавати команди) для керування гальмовою системою. Надійність роботи і щільність переданих даних потребують застосування спеціального контролера CAN між тягачем та причепом, а також для забезпечення зв'язку між системою EBS і блоком керування гальмовою системою і клапанами модулятора тиску.

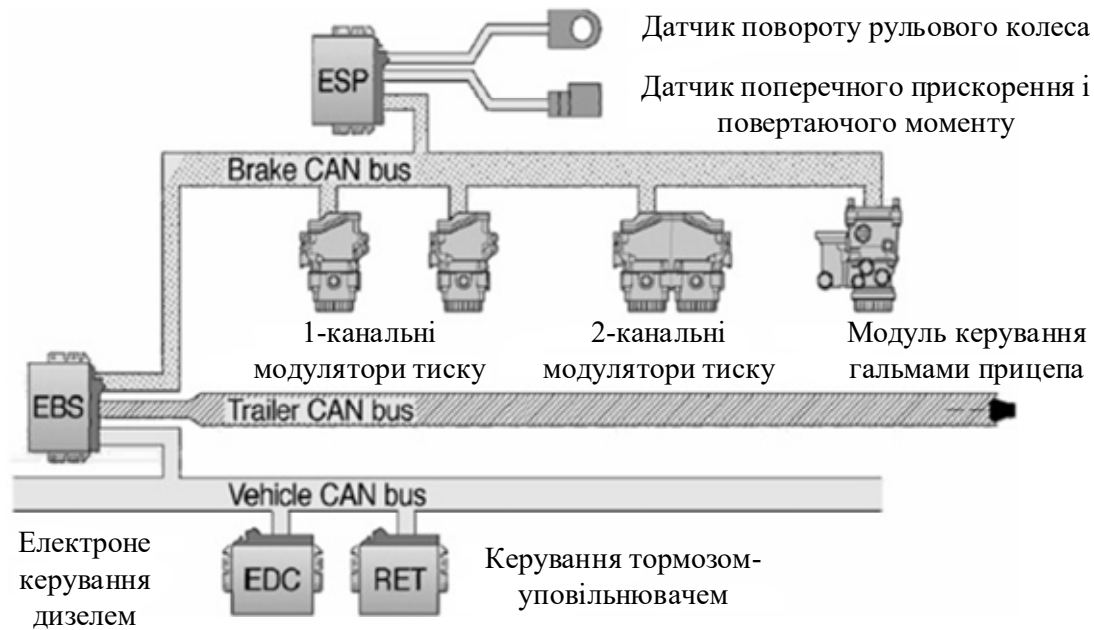


Рисунок 2.89 – Структурна схема системи EBS 2.3 (Knorr-Bremse Group)

Крім шини даних CAN, що з'єднує контролер з причепом, EBS має, щонайменше, ще дві шини даних: одну, що з'єднує EBS з блоком керування (наприклад, EDC і/або ЕБК сповільнювача, ЕБК трансмісії та інші) і одну внутрішню шину для зв'язку з модулями контролю тиску і модулем контролю причепа. Система EBS, таким чином, здатна обмінюватися інформацією з іншими системами з метою оптимізації функцій керування автомобілем.

Система ELB включає EPB, ABS і TCS як стандартні функції. Блок контролю EBS може вирішувати завдання призначення тієї чи іншої системи або систем гальмування.

2.4.29 Електромеханічна гальмівна система

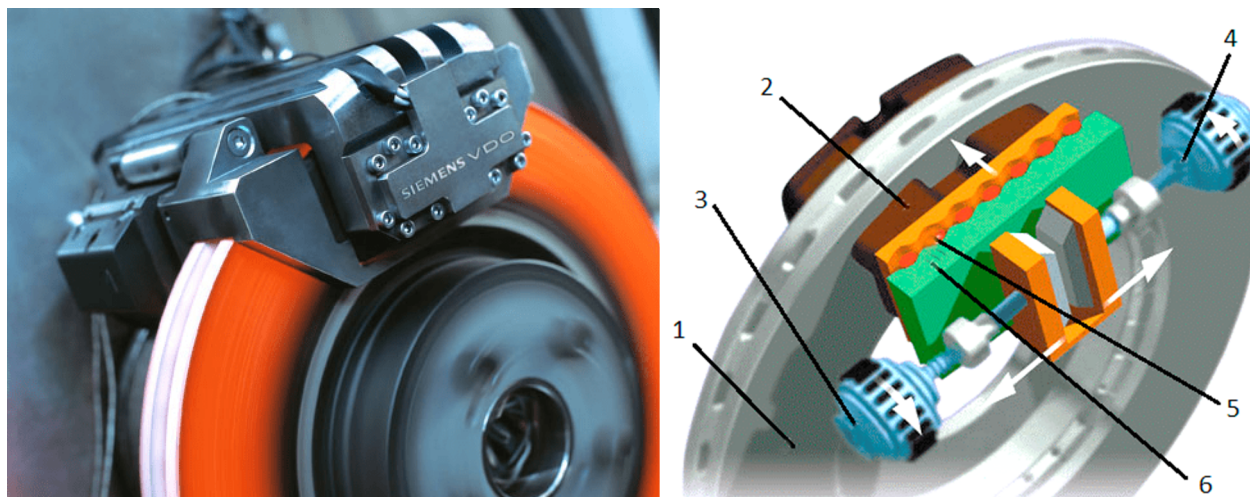
Компанія Siemens VDO представила принципово нову конструкцію гальмівного механізму. Дана технологія створена фірмою eStop і продана Siemens в 2005 р. [7]. До цього вона вже використовувалася в авіації та космонавтиці.

Принцип роботи системи полягає в використанні ефекту клину. Механічна частина нового гальмівного механізму включає в себе «клин», гальмівні колодки, два електродвигуна, два приводи «гвинт-гайка» і власне корпус (супорт). «Клин» – це дві колодки з хвилеподібними поверхнями, між якими знаходяться ролики. Одна колодка-«клин» жорстко зафіксована, а друга переміщується сервоприводом (рис. 2.92).

Конструкція цікава тим, що за рахунок обертання колеса створюється додаткове гальмівне зусилля. Якщо у звичайних гальмівних механізмах зміщення колодки в поздовжньому напрямку виключено, то в «клиновому механізмі», навпаки, є допуск по її переміщенню в невеликому діапазоні. У міру притиснення колодки до диска створюється зусилля, що переміщує її в бік зміщення «клин», через що колодка ще сильніше притискається до диска. Таким

чином, енергія руху автомобіля використовується для його ж уповільнення.

Система включає «інтелектуальну» електронну частину. Для точного визначення необхідного зміщення «клину» електронний блок керування системою використовує дані датчиків швидкості обертання колеса, положення «клину» і ступеня натискання на електронну педаль гальма. Датчик вимірює швидкість приблизно сто раз в секунду. Ця ж електроніка має програму роботи в режимі ABS, ESP та інших активних «помічників», що підвищують безпеку руху.



1 – гальмівний диск; 2 – гальмівна колодка; 3,4 – електродвигун (з передачею гвинт-гайка); 5 – ролики; 6 – колодка- «клин»

Рисунок 2.90 – Лабораторні випробування Electronic Wedge Brake (гальмування зі швидкості 210 км/год) [8]

Перевага «клиновидного» гальма полягає в тому, що при його використанні відсутній цілий ряд компонентів – гідропривід з його гальмівними циліндрами, трубками, гідромодуль і іншими вузлами, що виключають блокування коліс, їх буксування. Завдяки цьому істотно знизилася вага даної системи, а також зменшилася трудомісткість обслуговування. Так як гідравліки в системі немає, то виключений такий негативний фактор, як відмова гальм через витіки або закипання рідини. Слід зазначити, що дана система може використовуватися в якості стоянкового гальма, причому не тільки на задніх, а й на передніх колесах. Залишається лише питання надійності нової системи. Що буде при обриві/окисленні електропроводки або збоїв в програмі ЕБК системи? Використання електронно керованої гальмівної системи технологічно спрощує компоновку автомобіля як в районі моторного відсіку, так і шасі. Зменшується і час складання механізму – адже складових менше, а заливати рідину і прокачувати гальма не потрібно.

2.4.30 Система автономного екстреного гальмування

В складі системи автономного екстреного гальмування (Autonomous Emergency Braking – АЕВ) працює адаптивний круїз-контроль – система, що здатна вдатися до екстреного гальмування з метою уникнення фронтального

удару без участі водія. АЕВ може повністю запобігти зіткненню або зменшити його наслідки.

Для виявлення ймовірного зіткнення система АЕВ використовує радар, лідар (рис. 2.93) або камеру (рис. 2.94). Якщо небезпека підтверджується, програмна платформа перехоплює керування гальмами і самостійно уповільнює рух машини.

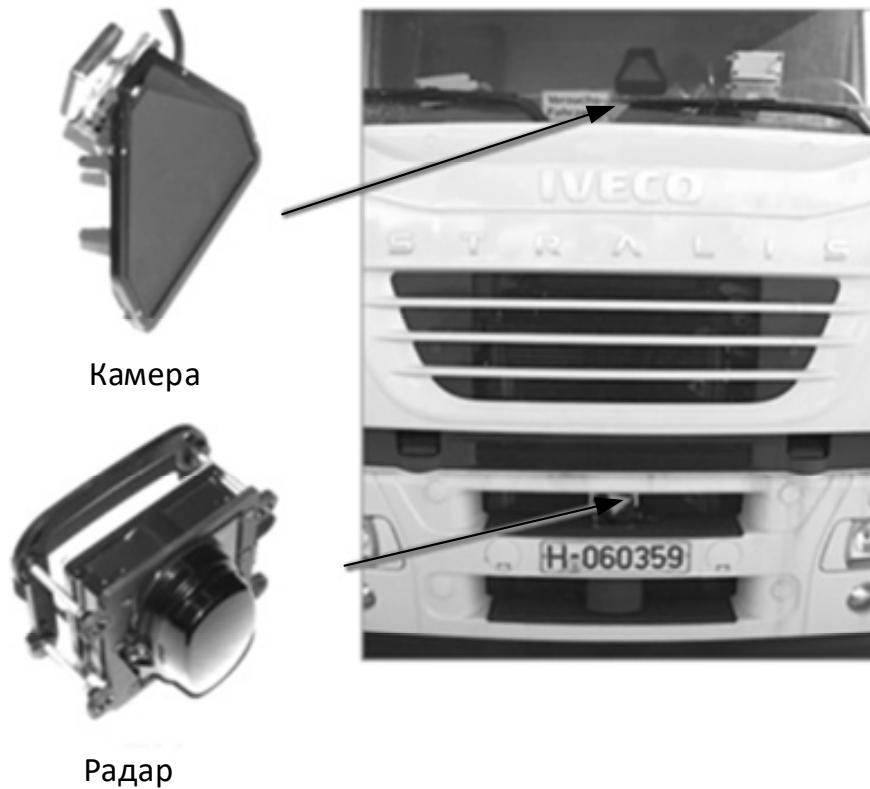


Рисунок 2.91 – Датчики системи АЕВ фірми WABCO

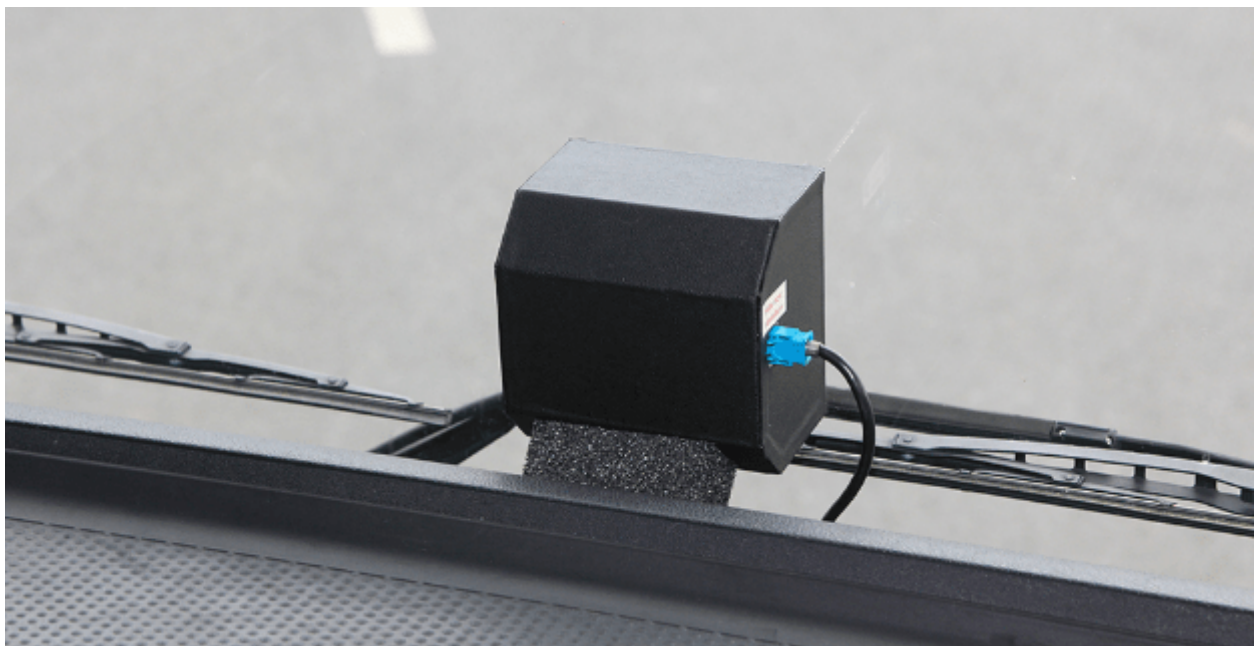


Рисунок 2.92 – Камера високої роздільної здатності системи АЕВ

Автомобілі, що обладнані системою АЕВ дозволять помітно скоротити число фронтальних зіткнень, які відбуваються досить часто в містах з напруженим трафіком (рис. 2.95). Крім виявлення інших транспортних засобів, система АЕВ повинна «бачити» і пішоходів, щоб своєчасно гальмувати та не допускати наїзду.

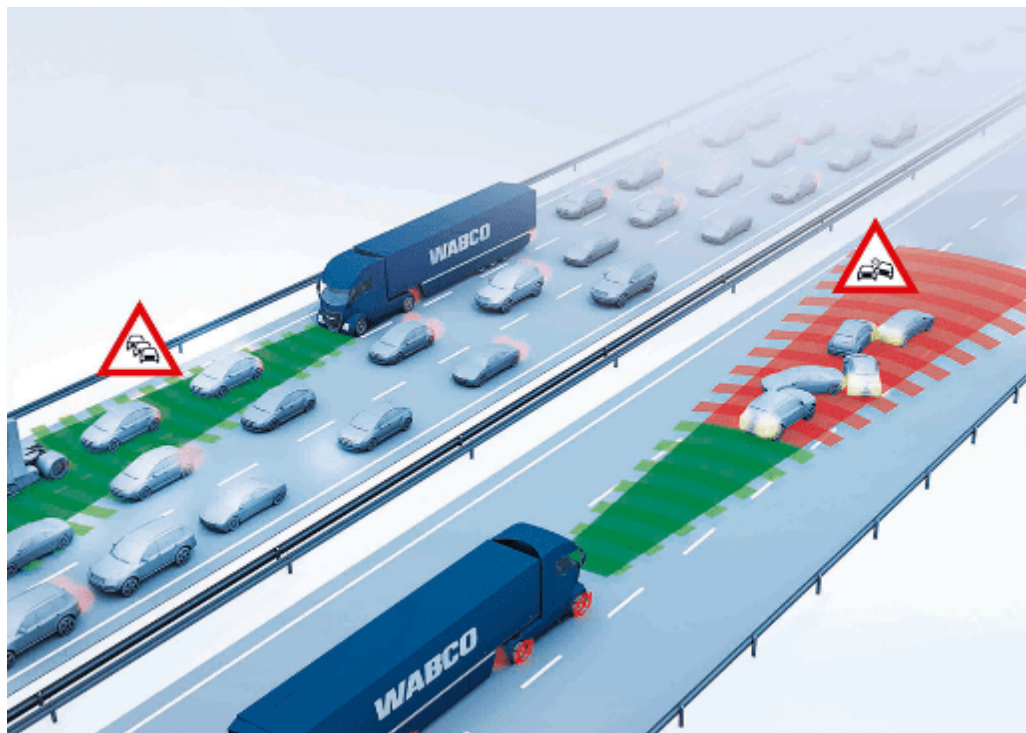


Рисунок 2.93 – Робота системи АЕВ фірми WABCO [33]

Ключовою особливістю системи OnGuardMAX є забезпечення повного гальмування при загрозі фронтального зіткнення як з рухомими, так і нерухомими об'єктами.

2.5 Електронні системи керування підвіскою автомобіля

У практиці проектування підвісок основна увага приділяється вирішенню завдань підвищення стійкості та покращення керованості автомобіля. При тривалому часу руху велике значення має плавність автомобіля. У підвісках з постійними значеннями параметрів поліпшення одних експлуатаційних властивостей відбувається на шкоду іншим.

Для створення підвіски, що забезпечує задовільні характеристики статичної та траєкторної стійкості, керованості і плавності руху, необхідно передбачити можливість зміни в процесі руху основних параметрів підвіски.

Можна виділити три напрями електронних систем керування підвіскою сучасного автомобіля:

- керування пружними елементами підвіски;
- керування стабілізаторами поперечної стійкості;
- керування кінематикою підвіски.

Очевидно, що мають місце і комплексні електронні системи керування підвіскою.

Характеристики, які отримує підвіска того чи іншого автомобіля, завжди компромісні. Щоб кузов автомобіля в певних режимах (розгін, гальмування, проходження поворотів) надмірно не нахилився в сторону або не розгойдувався в горизонтальному та вертикальному напрямках зі значною, а іноді – із надлишковою амплітудою, доводиться збільшувати жорсткість пружних елементів підвіски. Однак такий крок, необхідний для безпечного руху, неминуче призводить до погіршення комфорту, тому конструкторам майже завжди доводиться зупинитися на якомусь усередненому варіанті, який, зрозуміло, не може забезпечити ні максимуму безпеки, ні найкращого комфорту. Ідеальна підвіска повинна самостійно змінювати свої характеристики в залежності від дорожніх умов, саме такі системи керування прийнято називати «активними».

Системи, які незначно змінюють свої характеристики або віддають це право водієві, називають напівактивними або «пасивними» [9].

За принципом дії розвиток отримали два напрямки активних підвісок: пневматичні та гідروпневматичні.

2.5.1 Пневматична підвіска

Найбільш поширені пружні елементи – пружини, амортизатори та торсіони – мають постійну жорсткість. Тому регулювати характеристики можна лише в підвісках з пневмоелементами, зміна внутрішнього тиску повітря в яких дозволяє відповідним чином змінювати і жорсткість підвіски.

Пневматичний пружний елемент (рис. 2.96) підвіски має внутрішню порожнину (газову камеру), що з'єднана штуцером з пневматичним приводом та забезпечує регулювання тиску. Пневматичні елементи – це циліндричні ємності, що складаються з дуже міцної та еластичної гуми.



Рисунок 2.94 – Пневматичні пружні елементи

Це особливо важливо для вантажних автомобілів, де необхідно полегшити процес навантаження розвантаження автомобіля у пандусів, складських приміщень тощо. Деякі автомобілі мають спеціальні пульти управління для регулювання висоти вантажної платформи при знаходженні водія поза автомобілем.

У підвісці Mercedes-Benz Airmatic для підресорювання кожного окремого колеса використовують стиснуте повітря, необхідну кількість якого швидко підводять або відводять через електромагнітні клапани, що конструкцію аналогічну до амортизаторів (рис. 2.97).

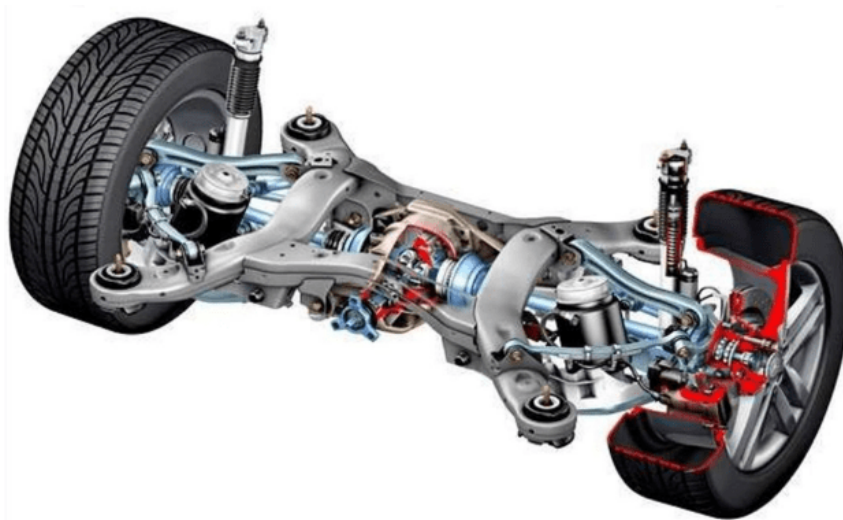
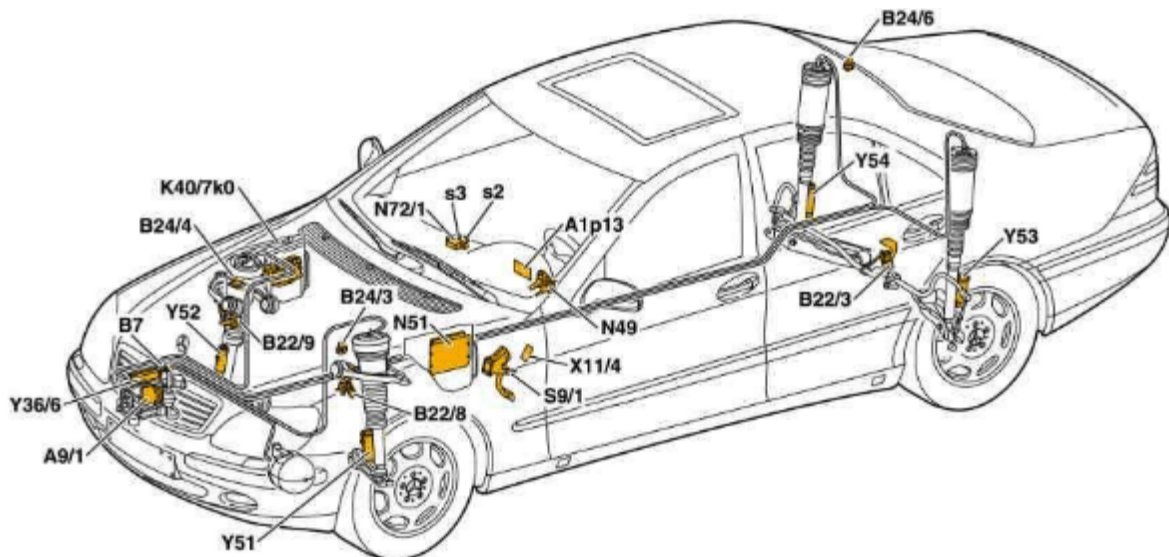


Рисунок 2.95 – Підвіска Airmatic Mercedes-Benz [40]

Система Airmatic складається з передніх і задніх пневматичних амортизаційних стоек, компресора, центрального пневматичного акумулятора, блоку керування і датчиків, які інформують блок керування про швидкість руху, навантаження автомобіля і кут повороту рульового колеса [7]. Узли і механізми підвіски Airmatic з'єднані один з одним повітряними магістралями та підключені в електричну систему автомобіля за допомогою багатофункціональної шини електронної передачі даних CAN (рис. 2.98).

В роботу Airmatic може втрутитися вже сам водій, який, по-перше, може встановити необхідний дорожній просвіт, піднявши або опустивши кузов автомобіля, що, наприклад, на місці стоянки може стати в нагоді для більш зручного завантаження багажника або приєднання причепа. По-друге, водій вибирає режим – комфортний або спортивний, в якому буде працювати підвіска під час руху.

Режим «комфорт» забезпечує максимальну зручність для водія і пасажирів. Режим «спорт» покращує стійкість та безпеку, так як в цьому режимі автомобіль краще тримає дорогу. Однак індивідуальне регулювання жорсткості амортизаторів на кожному колесі окремо дозволяє враховувати крен кузова та швидкість, з якою автомобіль входить в поворот, оцінювати кут повороту і швидкість, з якою водій повертає кермо. Тобто в русі жорсткість амортизаційних стоек може автоматично змінюватися так, що буде обрано найраціональніший і ефективний режим роботи підвіски, що найбільш відповідає конкретним дорожнім умовам як з точки зору безпеки, так і комфортності. Наприклад, при гальмуванні передні колеса будуть підресорені більш жорстко, ніж задні, а при прискоренні – навпаки. В обох випадках це дозволить уникнути поздовжнього «клювка» кузова.



A9/1 – компресор пневмопідвіски; A1p13 – багатофункціональний дисплей; O7B22/3 – датчик висоти заднього моста; B22/8 – датчик висоти лівого переднього колеса; B22/9 – датчик висоти правого переднього колеса; B24/3 – лівий передній датчик прискорення кузова; B24/4 – правий передній датчик прискорення кузова; B24/6 – правий задній датчик прискорення кузова; K40/7 – правий передній запобіжник і модуль реле (реле компресора пневмопідвіски); N49 – датчик кута повороту рульового колеса; N51 – модуль управління AIRmatic з ADS; N72/1s2 – перемикач кліренсу; N72/1s3 – перемикач режимів комфорт/спорт; S9/1 – кінцевий вимикач стоп-сигналу; X11/4 – комп'ютерний вихід; Y36/6 – блок клапанів

Рисунок 2.96 – Компоненти пневмопідвіски Airmatic

Підвіска Airmatic автоматично пристосовується до різної завантаженості автомобіля і здатна вибирати величину дорожнього просвіту, орієнтуючись на дорожні умови. Нормальний дорожній просвіт встановлюється і автоматично підтримується постійним при русі зі швидкістю 80 км/год і вище, а також під час швидкого розгону до швидкості 120 км/год. Однак, якщо датчик швидкості зафіксував, що швидкість перевищила позначку 140 км/год, то Airmatic опустить кузов автомобіля на 15 мм нижче норми. Тим самим центр ваги машини знижується, що робить автомобіль більш стійким, а також одночасно поліпшуються аеродинамічні характеристики, що, в свою чергу, знижує витрату палива. Якщо швидкість автомобіля знизиться до 70 км/год, то нормальний дорожній просвіт буде автоматично відновлено. При русі у важких дорожніх умовах кліренс можна збільшити понад норму на 25 мм і тим самим уникнути пошкоджень кузова знизу.

У парі з регульованою пневмопідвіскою Airmatic працюють адаптивні амортизатори Adaptive Damping System (ADS), а також електрогідравлічна система Active Curve System, що постійно керує роботою стабілізаторів поперечної стійкості.

2.5.2 Гідропневматичне підвіска

Підтримка сталості рівня кузова забезпечують не тільки пневматичні, але і гідропневматичні підвіски.

Прорив у впровадженні гідропневматичних підвісок стався в 1989 р., коли підвіска Citroen отримала електронний блок керування, за що модель Citroen XM в наступному році була відзначена нагородою «Кращий автомобіль року» [9].

Перше покоління підвіски Hydoractive керується комп'ютером тільки в одному з двох робочих режимів. Надалі прогрес в електроніці і гідравліці дозволив фахівцям Citroen переглянути і спростити деякі технічні рішення, що розширило експлуатаційні можливості підвіски, а також підвищило її комфортність і надійність. На Женевському автосалоні в 2000 р. представили третє покоління підвіски Hydroactive, яке отримав Citroen C5. Якщо попередники Hydroactive просто підтримували стабільність кузова над дорогою при маневруванні, при розгонах і гальмуваннях, залишаючи незмінним дорожній просвіт, то тепер підвіска отримала додаткову можливість автоматично змінювати кліренс в залежності від швидкості автомобіля та стану траси.

Електронним центром Hydactive є гідроелектронний інтерфейс, що складається з електронного контролера та автономного генератора гідравлічного тиску. Електронний контролер сприймає інформацію від шести датчиків. Отримана інформація порівнюється з параметрами, закладеними в пам'ять мікрокомп'ютера, а за результатами аналізу видається команда електроклапанам вузла «гідротронік», через які гідравлічна рідина закачується або, навпаки, відкачується з гідросистеми, змушуючи підвіску змінювати режим роботи, а кузов – опускатися або підніматися над дорогою.

Підвіска була доповнена двома гідропневматичними пружними елементами 3 і 6 (рис. 2.99), включеними в контури керування передньої і задньої підвісок, системою клапанів, керованих мікропроцесором, який може змінювати жорсткість пружних елементів і коефіцієнти опору амортизаторів за рахунок зміни прохідних перетинів клапанів ходу.

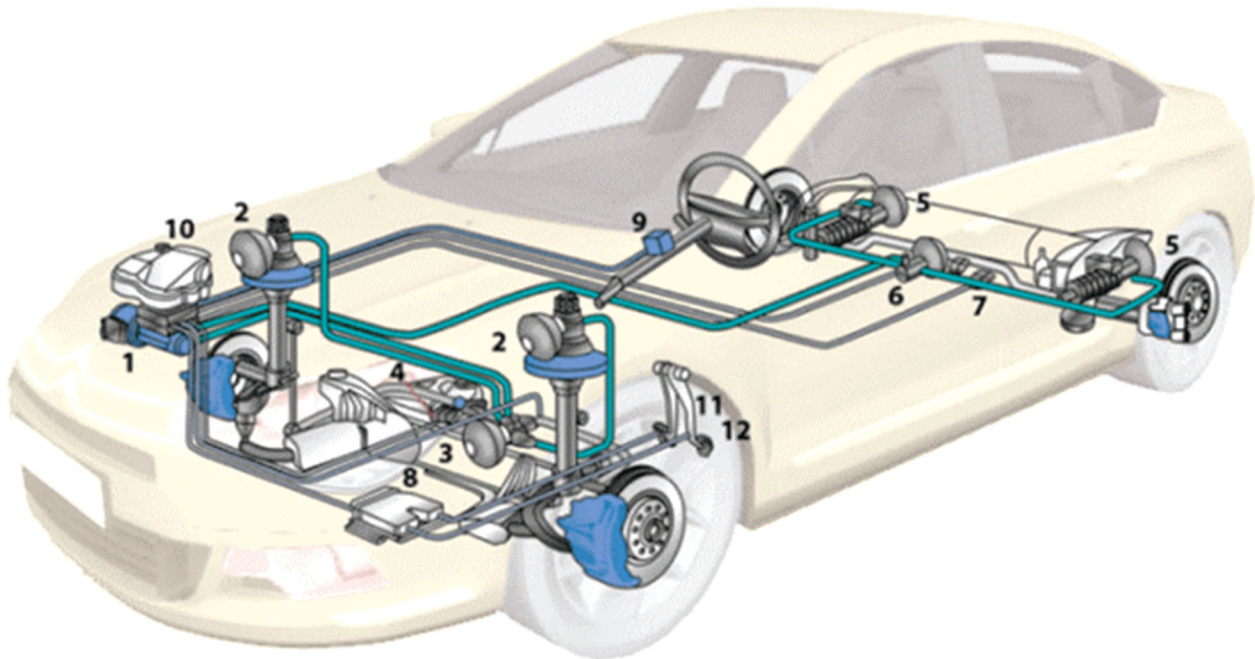
Таким чином, підвищені їздові якості автомобіля Citroen пов'язані з роботою його підвіски в двох режимах – «м'якому» і «жорсткому». «М'який» режим забезпечує комфортабельність та зручність керування. При цьому підвіска має більшу гнучкість і помірну амортизацію. «Жорсткий» режим покращує стійкість автомобіля і безпеку. Підвіска в цьому випадку характеризується меншою гнучкістю, але краще захищає пасажирів і водія від несприятливих впливів качки, поштовхів і ривків на нерівній дорозі. Підвіска вибирає свій режим, «жорсткий» або «м'який», в залежності від обраного водієм стилю водіння.

Підвіска переводиться в «жорсткий» режим в результаті відключення гідравлічного амортизатора краном (регулятор жорсткості). При цьому зменшується її гнучкість (менше обсяг газу), отже, збільшується амортизація (рідина проходить через один отвір).

Електронне керування регулятором жорсткості здійснює мікропроцесор, який отримує інформацію від датчиків кута повороту і кутової швидкості рульового колеса, положення педалі акселератора, тиску в гальмівній системі, крену кузова, поздовжнього прискорення автомобіля, бічного прискорення автомобіля, швидкості автомобіля, швидкості коливання підвіски.

У конструкції гідропневматичною підвіски передбачено примусова

(ручна) зміна дорожнього просвіту, що в конкретних умовах забезпечує подолання перешкод, а також зручність навантаження (вивантаження).



1 – інтегрований вузол «гідротронік»; 2 – стійки передньої підвіски; 3 – передній регулятор жорсткості; 4 – передній електронний датчик положення; 5 – задні гідропневматичні циліндри; 6 – задній регулятор жорсткості; 7 – задній електронний датчик положення; 8 – блок керування; 9 – датчик положення рульового колеса; 10 – резервуар для рідини гідросистеми; 11 – педалі газу і гальма

Рисунок 2.97 – Гідропневматична підвіска Hydroactive автомобіля Citroen C5 [8]

В системі Activa фірми Citroen використовуються два гідравлічних циліндра, розташованих по діагоналі в протилежних кутах автомобіля між кузовом і підвіскою. Система високого тиску обмежує крен кузова до $0,5^\circ$, що для водія невідчутно. Запас в $0,5^\circ$ достатній для запобігання нищпорення автомобіля, забезпечуючи практично вертикальне положення кузова при русі автомобіля на повороті. Це гарантує вертикальне положення коліс і хорошу стійкість.

2.5.3 Система Active Body Control

У 1999 р. компанія Mercedes створила систему Active Body Control (ABC), що забезпечує активний контроль положення кузова автомобіля. Активна підвіска ABC – яскравий приклад мехатронної системи, в якій забезпечено безпосередню взаємодію електронних і механічних вузлів.

Система ABC вперше з'явилася на автомобілі Mercedes-Benz CL. Підвіска з ABC представляє симбіоз гідравліки, електроніки і механіки (рис. 2.100). Основними елементами підвіски в цій системі є спеціальні амортизаційні стійки, в яких пружина знаходиться в циліндрі, і на пружину може впливати поршень, переміщений тиском рідини від гідравлічного насоса і гідроаккумуляторів [7].

Аналізуючи інформацію від 13 датчиків прискорень кузова, блок

керування подає команду виконавчим механізмам, які, відкриваючи або закриваючи відповідні клапани, збільшують або зменшують подачу рідини з магістралі в гідроциліндри пружинних стоек. Система здатна пригнічувати коливання кузова, якщо їх частота не перевищує 5 Гц.

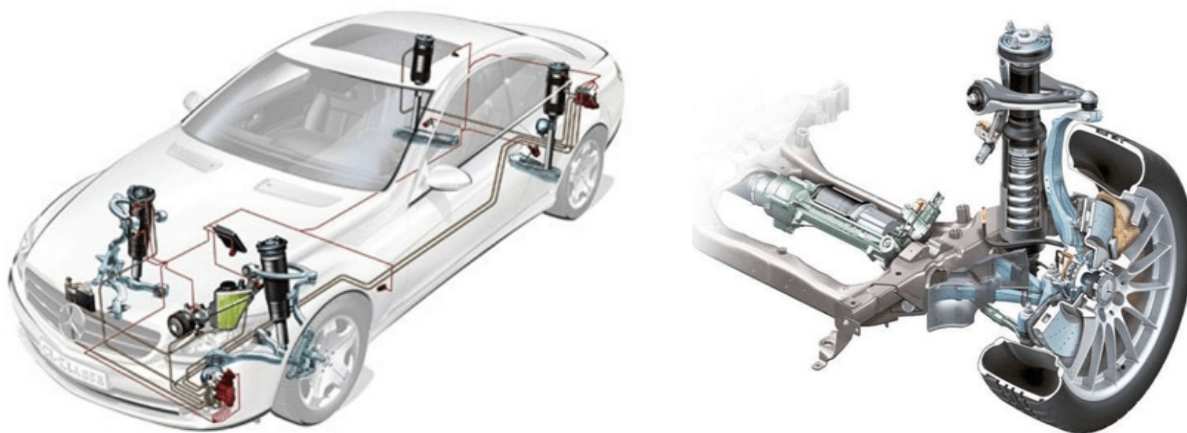


Рисунок 2.98 – Система Active Body Control автомобіля Mercedes-Benz CL [8]

Боротьба з коливаннями – не єдине завдання АВС. Ця ж система дозволяє відмовитися від стабілізаторів поперечної стійкості, збільшуючи тиск в гідроциліндрах навантажених коліс і зводячи крен до мінімуму. Крім того, АВС змінює дорожній просвіт. На поганих дорогах на розсуд водія можна змінювати дорожній просвіт в межах ± 75 мм. А на великих швидкостях дорожній просвіт автоматично зменшується на 10 мм.

2.5.4 Підвіска з електромагнітними стойками

Американська фірма Bose – відомий виробник високоякісних автомобільних динаміків представила принципово нову активну підвіску, де замість звичних пружин і амортизаторів використовуються лінійні електродвигуни. Електродвигунами управляє складна електронна система, що забезпечує збереження положення кузова при вертикальному переміщенні коліс. ЕБК обробляє сигнали датчиків переміщення коліс щодо кузова та генерує силові сигнали для лінійних електродвигунів, що компенсують ці переміщення.

У конструкції підвіски фірми Bose колесо як би підвішене в електромагнітному полі, подібно мембрані в гучномовці, а його переміщенням керує активний електромагніт. Це дозволяє виключити будь-які дії, що передаються на кузов від дороги. Таке завдання нездійсненне для підвісок з будь-якими типами пружних елементів, включаючи електромагнітні підвіски без застосування активних електродвигунів. Для запобігання аварії при раптовому відключенні бортового живлення активна підвіска фірми Bose має додаткові механічні пристрої направляючого апарату і пружні елементи, що практично не впливають на характер вібронавантаженості підресорених частин при справній системі підресорювання. Перша діюча підвіска Bose вже встановлена на експериментальному автомобілі Lexus LS 400 (рис. 2.101).



Рисунок 2.99 – Передня підвіска McPherson з електромагнітними стійками Bose (підвіска Lexus LS 400) [8]

В основі принципово нової підвіски – лінійний електродвигун. Потужний лінійний електромотор (ЕМ) ставиться на місце телескопічного амортизатора і замінює собою і його, і пружину, і поперечний стабілізатор. Крім того, ЕМ обмежує бічний крен автомобіля, а також усуває поздовжні «клювки» при розгоні і гальмуванні, тому зникає необхідність в поперечних стабілізаторах.

На відміну від АВС підвіска Bose по-своєму вирішує питання про енергоефективність. Система АВС працює під тиском близько 150 бар, яке підтримується гідронасосом, який відбирає від двигуна значну потужність. ЕМ вимагають приблизно стільки ж електричної енергії, проте підвіска Bose здатна рекуперувати частину витраченої енергії. Однак, ЕМ витрачають енергію навіть і тоді, коли машина нерухома, так як потрібно тримати її вагу.

2.5.5 Система Chassis Control

Фірма Continental вищим пріоритетом оголосила створення «глобально-керованого» шасі – Global Chassis Control (GCC). Гальма, пружні елементи підвіски, амортизатори, стабілізатори, рульове керування і шини повинні зв'язуватись в єдину систему керування через центральний GCC-процесор. Передбачається, що таким чином можна реалізувати максимально комфортні умови руху і одночасно високу активну безпеку.

Діючі на автомобіль з боку дороги сили визначаються по деформації гуми торсійним сенсором, вбудованим в боковину покривки.

Електромеханічне рульове керування останнього покоління повертає передні колеса на кут, який визначається не тільки бажанням водія, але і в результаті аналізу зазначених сил і моментів. Відповідно, на рульове колесо передається момент опору повороту, що забезпечує належну інформативність.

Гальма в GCC мають електричний привід, що забезпечує регулювання гальмівного моменту в залежності не тільки від керуючого впливу водія, але і від стану покриття під колесом, траєкторії руху, швидкості руху і інших чинників.

Пружними елементами підвіски в GCC є пневматичні елементи, що

дозволяють не тільки змінювати (або стабілізувати) в залежності від швидкості і навантаження дорожній просвіт, а й успішно протистояти крену в поворотах, відриву коліс від опорної поверхні. Передбачається, що споживана електрична потужність системи керування не перевищить 500 Вт, що набагато менше потужності, що споживає активна підвіска АВС.

2.5.6 Електронне керування амортизаторами

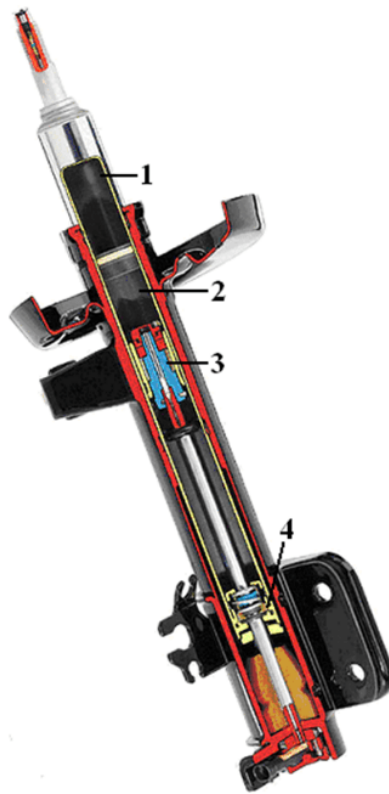
В даний час значну увагу приділяють електронному керуванню амортизаторів. Конструкцію амортизаторів із змінною характеристикою Porsche Active Suspension System (PASM) з дистанційного керуваннями пропускними клапанами наведено на рис. 2.102. При закритому клапані підвіска працює в «жорсткому», спортивному режимі.



Рисунок 2.100 – Porsche Active Suspension System (PASM) [8]

Децю інший підхід застосувала фірма Delphi. У амортизаторах цієї фірми використана технологія MRC (Magnetic Ride Control – магнітний контроль переміщення) (рис. 2.103). В ній відсутні раніше описані способи регулювання характеристик. В основі цієї технології застосовано магнітореологічну рідину, яка працює як звичайне масло, але в ній містяться магнітні частинки зі спеціальним покриттям, яке перешкоджає їх злипанню.

Розмір часток – всього кілька мікронів, а їх кількість в рідині близько 30% від загального об'єму. Зміни зазнав і сам амортизатор. Тепер в його поршень вбудовано електромагніт, струм в якому змінює окремий контролер, а дрти до поршня йдуть всередині штока. Контролер посилає струм на котушку, яка створює магнітне поле, під дією його магнітні частинки шикуються «в лінію», тим самим збільшуючи в'язкість масла в області отворів. Тому такий амортизатор працює тихіше, структура масла більше «одноманітна», а не «скуйовджена», як в звичайних амортизаторах (рис. 2.104).



1 – газова порожнина; 2 – порожнина з магнітореологічною рідиною; 3 – електромагнітна котушка; 4 – поршень амортизатора

Рисунок 2.101 – Стійка амортизатора автомобіля Ferrari F55 з магнітореологічною рідиною

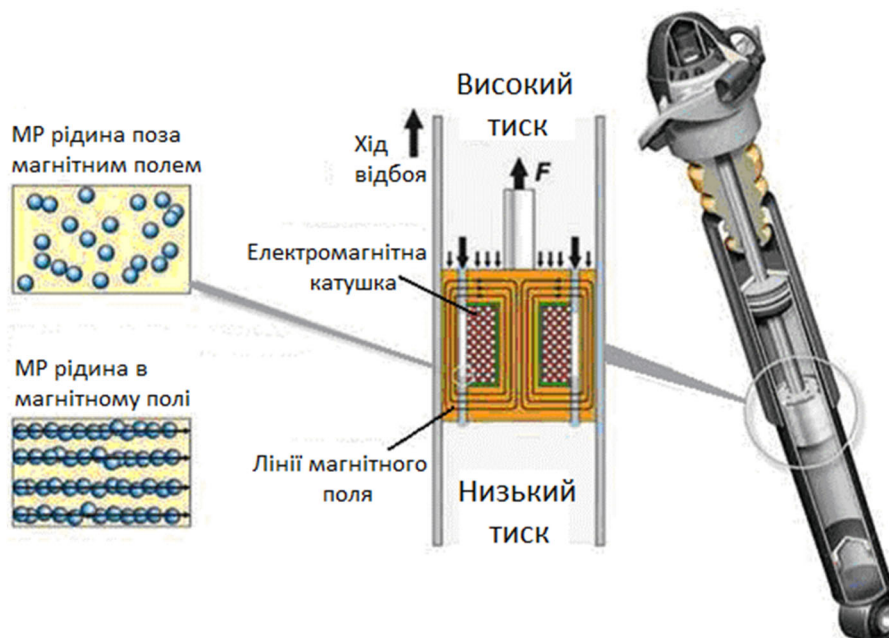
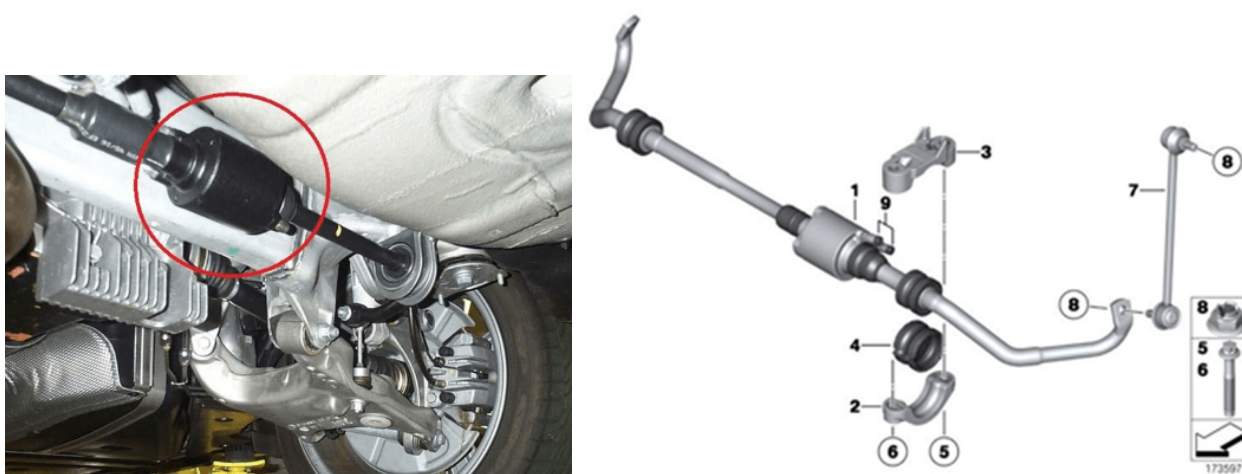


Рисунок 2.102 – Схема роботи магнітореологічного амортизатора

Час реакції менше, ніж в описаних вище електронних системах, приблизно в 10 разів. Характеристики змінюються не східчасто, як у випадку з FSD, а постійно в залежності від ходу підвісок, швидкості обертання коліс, положення рульового колеса та температури мастила.

2.5.7 Комплексне керування підвіскою

Фірма BMW впровадила систему Dynamic Drive [9] з активними стабілізаторами поперечної стійкості (рис. 2.105). Суть пристрою: стабілізатор розрізається навпіл, а між двома половинками вбудовується гідромотор. Одне плече стабілізатора жорстко пов'язано з корпусом, а інше з ротором. Керуючий блок, отримуючи інформацію від датчика поперечних прискорень, відкриває потрібний (залежить від того, в який бік нахиляється кузов) контур, по якому масло подається до гідромоторів і повертає половинки стабілізатора один відносно одного. Тиск в системі до 18 МПа нагнітає механічний насос, чим він вищий, тим на більший кут закручуються плечі стабілізатора і тим сильніше він чинить опір крену.



1 – активний стабілізатор; 2 – верхня частина тримача стабілізатора; 3 – нижня частина тримача стабілізатора; 4 – резино-металевий шарнір стабілізатора; 5, 6 – гвинт Torx; 7 – стійка кріплення штанги стабілізатора; 8 – гайка шестигранна з фланцем; 9 – клапан зниження тиску

Рисунок 2.103 – Dynamic Drive (BMW) [8]

До складу системи керування підвіскою Adaptive Drive входять підсистема стабілізації поперечної стійкості, активна підвіска Dynamic Drive і система електронного регулювання жорсткості амортизаторів Electronic Damper Control (EDC).

У поєднанні зі специфічними для серії «М» налаштуваннями – зниженою на 10 мм підвіскою і більш жорсткими пружинами – система Adaptive Drive дозволяє вивести динамічність, зручність і безпеку автомобілів цієї серії на неперевершений рівень. Конструкторам вдалося ще більше знизити крени кузова BMW X6 M, оптимізувати роботу рульового керування і нівелювати негативний вплив перерозподілу навантаження.

На будь-якому повороті, будь-якому покритті система керування підвіскою Adaptive Drive протидіє силам, що викликають крен кузова. BMW отримує виняткову спортивну маневреність, при цьому водій і пасажери відчують себе дуже комфортно. Крен кузова практично усуваються, тому автомобіль рухається по дорогах стійко та безпечно.

Інноваційна система керування підвіскою від BMW Dynamic Drive і

система регулювання жорсткості амортизаторів (EDC), ефективність яких доведена на практиці, доповнюють один одного, забезпечуючи високу плавність ходу та маневреність.

Датчики BMW постійно стежать за швидкістю автомобіля, положенням рульового колеса і силами, що викликають поздовжню качку та рискання. Використовуючи отримані дані, система швидко коригує роботу стабілізаторів і амортизаторів, змінюючи їх параметри відповідно до ситуації. Скоординована робота амортизаторів і стабілізаторів протидіє силам, що викликають крен або розгойдування кузова. BMW чудово тримає дорогу, має нейтральну поворотність, прекрасну маневреність та короткий гальмівний шлях.

Крім того, система керування підвіскою Adaptive Drive змінює її параметри відповідно до особливостей дорожнього покриття. Для кожної осі передбачено власний незалежний електродвигун, який регулює жорсткість амортизаторів кожного колеса. Якщо під колесами бортів якість дорожнього полотна відрізняється, наприклад, на дорогах з ґрунтовим узбіччям, система Adaptive Drive миттєво змінює параметри підвіски, щоб компенсувати нерівність дороги. Крім того, можна вибрати режим комфортної або більш спортивної їзди. Для всіх цих високошвидкісних розрахунків потрібна передова електроніка. В системі керування підвіскою Adaptive Drive використовується система високошвидкісної передачі даних FlexRay, яка об'єднує датчики, блоки керування та стабілізатори.

У цьому типі підвіски використовуються активні стабілізатори поперечної стійкості як на передньому, так і на задньому мостах, що допомагає краще протидіяти крену кузова на поворотах. Використовуючи сигнали датчиків прискорення і положення, система керування разом з іншими компонентами забезпечують високу маневреність на будь-якій швидкості, збалансовану реакцію підвіски на зміну навантаження і точність рульового керування.

Жорсткість стабілізаторів змінюється в залежності від режиму руху та його траєкторії. Наприклад, при русі по прямій активна підвіска Dynamic Drive знижує тиск в гідромоторах розрізних незалежних стабілізаторів, забезпечуючи високу плавність ходу, що особливо помітно на задніх сидіннях. На повороті або при різкій зміні напрямку руху в спортивному стилі жорсткість стабілізаторів збільшиться пропорційно поперечним силам, запобігаючи крену кузова. Активний розподіл поперечного навантаження між осями також допомагає в екстремальних ситуаціях.

Обладнані активною підвіскою Dynamic Drive автомобілі BMW в буквальному сенсі «тримають» дорогу, при цьому знижується недостатня або надлишкова поворотність, підвищується безпека, комфорт та динамічність автомобіля.

Система Dynamic Drive (DD) – це система контролю активної підвіски, що дає виняткову бічну динамічну стабільність автомобіля. Ефект досягається за рахунок активних захисних дуг, встановлених на передньому і задньому мостах. Кожна оснащена гідравлічними елементами, які виконують роль перемикачів з двома електронними клапанами регулювання тиску. Така конструкція створює незалежні стабілізуючі контрсили на передньому і задньому мостах, мінімізуючи

крен кузова в повороті. Активна підвіска DD гарантує бездоганну керованість на будь-якій швидкості, зручне керування та хороший баланс при завантаженості автомобіля. Ці переваги особливо важливі для пасажирів на задніх сидіннях: оскільки крен практично не помітний, читати і працювати стає набагато зручніше. Водії неодмінно оцінять новий стандарт точності керування при швидкому маневруванні, який досягається завдяки активній підвісці DD.

Електронне регулювання жорсткості амортизаторів (EDC) знижує коливання навантаження на колесо, забезпечує чудове зчеплення шини з дорогою і протидіє вібрацій кузова незалежно від завантаженості вашого автомобіля і стану дорожнього покриття. Електронне регулювання жорсткості амортизаторів навіть скорочує гальмівний шлях.

Чутливі датчики постійно стежать за всіма факторами, що впливають на поведінку автомобіля і комфорт пасажирів, в тому числі за станом дороги, зміною навантаження і швидкістю. Всього за частку секунди блок керування електронного регулювання жорсткості амортизаторів аналізує отримані сигнали та подає команди на виконавчі механізми, що встановлені на стійках амортизаторів, які за допомогою магнітних клапанів забезпечують оптимальну роботу підвіски.

Завдяки електронному регулюванню жорсткості амортизаторів практично усувається «нирок» передньої частини автомобіля при гальмуванні. До мінімуму знижується вплив вибоїн та нерівності дорожнього покриття. Система електронного регулювання жорсткості амортизаторів забезпечить максимальний комфорт в дорозі.

Швидкісне водіння та їзда з комфортом більше не є взаємовиключними поняттями. Система керування підвіскою Adaptive Drive включає дві системи: активну підвіску Dynamic Drive і систему динамічного регулювання жорсткості амортизаторів.

Параметри регулювання жорсткості підвіски налаштовуються індивідуально. Активні стабілізатори підвіски Dynamic Drive на передній та задніх осях забезпечують плавність ходу і високу маневреність.

І найбільш складними є системи керування кінематикою підвіски. Наразі це спортивні автомобілі такі як Mercedes-Benz F400 Carving у якого кут розвалу коліс змінюється на ходу в межах 20°, дозволяючи проходити повороти на високій швидкості. У кожній ступиці F400 встановлено по гідравлічному циліндру, що дозволяє змінювати нахил коліс по відношенню до дороги.

2.5.8 Електронні системи пасивної безпеки

Принципова схема забезпечення активної і пасивної безпеки ТЗ за рахунок застосування інтелектуальних систем наведена на рис. 2.106.

Очевидно, що всілякі дорожні ситуації можна умовно поділити на:

- безпечні (повний контроль над ТЗ, відсутність перешкод і перешкод на шляху руху ТЗ, хороші дорожні і погодні умови, сприятливий стан водія та пасажирів);
- предаварійні (існує небезпека втрати контролю над ТЗ, погані дорожні або погодні умови, наявність перешкод у вигляді інших ТЗ, або пішоходів чи

інших видів перешкод, стомлене стан водія та ін.);

- аварійні (різні види ДТП);
- післяаварійні (дорожньо-транспортна обстановка після ДТП).

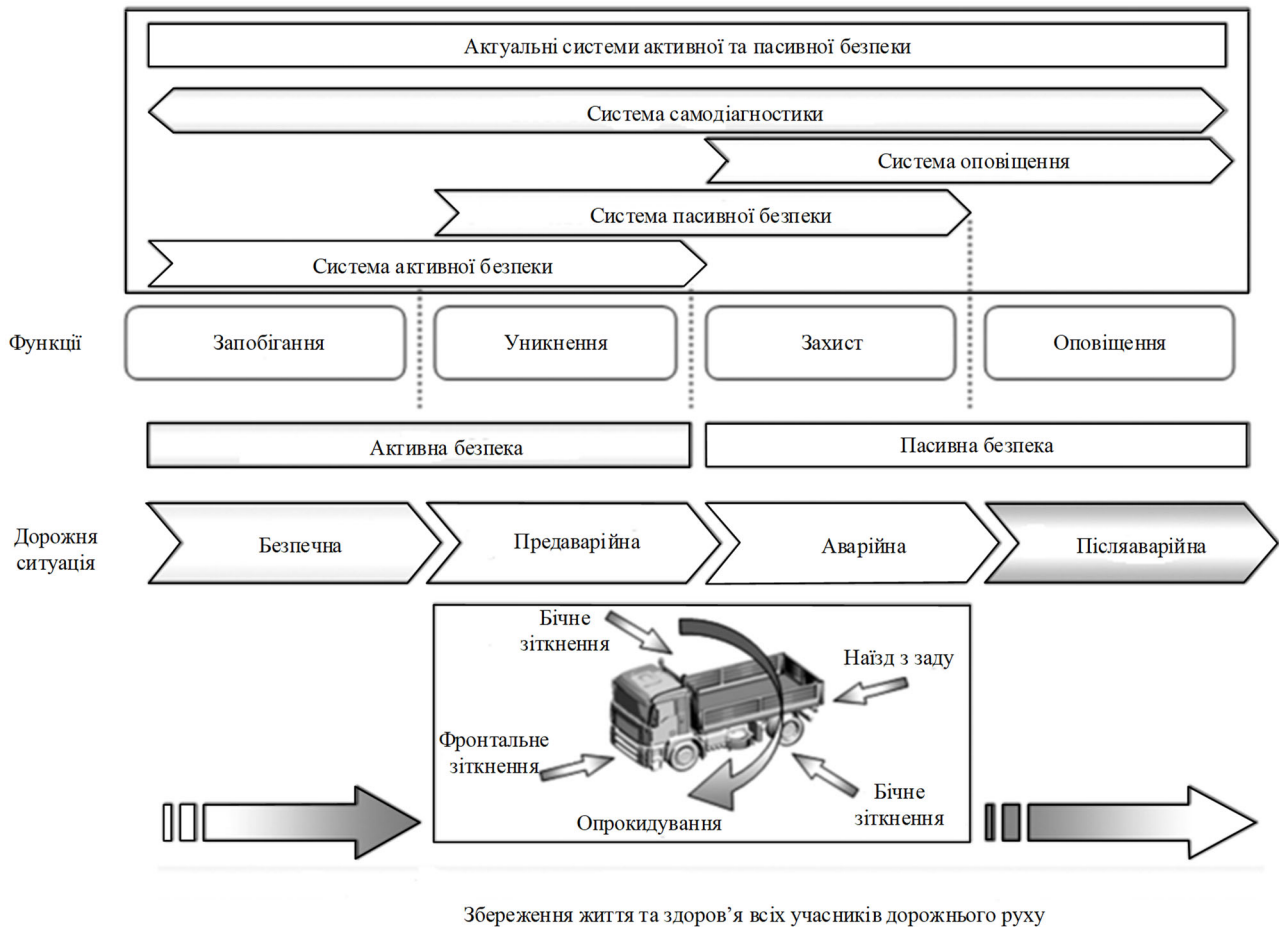


Рисунок 2.104 – Принципова схема забезпечення активної і пасивної безпеки ТЗ

На кожній із зазначених стадій водій і пасажир ТЗ повинні перебувати в цілковитій безпеці. У зв'язку з цим традиційно виділяють дві властивості автомобіля: активну і пасивну безпеку. Активна безпека – властивість автомобіля, що дозволяє запобігати можливим аварійним ситуаціям. Пасивна безпека – властивість автомобіля, що дозволяє зберігати здоров'я і життя учасників дорожнього руху в тому випадку, якщо не вдалося уникнути аварійної ситуації.

Відповідно, «безпечний автомобіль» повинен мати як мінімум чотири підсистеми:

- активної безпеки;
- пасивної безпеки;
- оповіщення;
- самодіагностики.

Головною метою інтелектуальної системи активної безпеки є запобігання та уникнення аварійних ситуацій. При цьому найбільш важливою є функція «заподігання», оскільки на цій стадії забезпечення безпечного руху є найбільш можливим. Для цього необхідно максимально повно відстежувати зміни, що відбуваються за межами ТЗ (на дорозі) і всередині ТЗ (контроль стану водія).

Система повинна мати можливість не тільки контролювати ТЗ, на якому вона встановлена, але і аналізувати ситуацію, яка відбувається далеко за межами ТЗ (можливо, за межами видимості водія). Дана умова може бути забезпечена за допомогою єдиного інтелектуального простору.

Єдиний інтелектуальний простір забезпечує зв'язок декількох ТЗ, що рухаються в безпосередній близькості один від одного, між собою. Паралельно з цим повинна забезпечуватися можливість оповіщення водія ТЗ про наближення ділянок підвищеної уваги: перехрестя, пішохідні переходи, залізничні переїзди тощо.

У тому випадку, якщо ситуація на дорозі стрімко змінилася (раптове виникнення перешкоди, різкий маневр попереду рушійного ТЗ, зміна погодних умов та ін.), інтелектуальна система активної безпеки повинна вжити всі необхідні заходи (контроль тягових і гальмівних зусиль, контроль швидкості руху, коригуючий вплив на рульовому керуванні тощо) з метою уникнення можливих аварійних ситуацій:

- фронтальне зіткнення;
- бокове зіткнення;
- наїзд ззаду;
- перекидання.

При цьому незалежно від того, виникає аварійна ситуація чи ні, в роботу вступають інтелектуальні системи пасивної безпеки. Тобто на стадії уникнення ДТП системи пасивної безпеки (активні сидіння і підголовники, ремені безпеки, подушки безпеки та ін.) «готуються» до того, щоб в умовах потенційно можливої аварії максимально ефективно виконати свою функцію – зберегти життя і звести до мінімуму тягар наслідків в результаті ДТП.

Під час аварії (в умовах ДТП) спрацьовують не тільки системи пасивної безпеки, а й інтелектуальні системи оповіщення, головна мета яких полягає в оповіщенні інших учасників ТЗ, а також дорожньо-патрульних і медичних служб про аварію, що трапилася. Тільки в цьому випадку можна гарантувати максимально швидко допомогу з боку рятувальних служб, а найголовніше – оповістити про ДТП інших учасників руху, що знаходяться в безпосередній близькості до місця аварії.

Найбільш важливим при цьому є наявність систем самодіагностики, які ведуть постійний моніторинг (контролюють) працездатності всіх інших інтелектуальних систем. У тому випадку, якщо одна з систем виходить з ладу або не може в повній мірі виконувати свої функції, система самодіагностики інформує про це водія ТЗ, а також інших учасників дорожнього руху, для яких несправне ТЗ стає потенційною «перешкодою» або «небезпечним» об'єктом.

2.6 Системи пасивної безпеки

Пасивна безпека автомобіля повинна забезпечувати виживання і зведення до мінімуму кількості травм у пасажирів автомобіля, що потрапив у дорожньо-транспортну пригоду [11].

В останні роки пасивна безпека автомобілів перетворилася в один з найважливіших елементів з точки зору виробників. В дослідження даної теми та її розвиток інвестуються величезні кошти, й не тільки через те, що фірми піклуються про здоров'я клієнтів, а й тому, що безпека є важелем продажу.

Під пасивною безпекою розуміються всі конструктивні заходи, що вживаються для захисту пасажирів всередині салону від отримання травм при аварії або для зниження небезпеки травмування. Термін «пасивна безпека» відноситься до поведінки автомобіля під час зіткнення і враховує захист не тільки даного автомобіля, але й інших учасників дорожнього руху. Найважливіші компоненти системи пасивної безпеки сучасних автомобілів можна розділити на декілька груп [11]:

а) утримуючі системи – компоненти автомобіля, що зрівнюють прискорення людей в салоні і прискорення каркаса безпеки кузова:

- ремені безпеки;
- натягувачі (переднатягувачі) ременів безпеки;
- обмежувачі зусилля на ременях безпеки;
- система подушок безпеки (передні, бічні, головні тощо);
- системи утримання голови;
- система безпеки дітей;

б) конструкції кузова, що не допускають зміни внутрішнього об'єму салону, виникнення або проникнення в нього небезпечних об'єктів:

- стійкий до деформацій каркас безпеки кузова;
- безпечні органи керування;
- ударостійке скління салону;
- система захисту при перекиданні на кабриолеті;

в) конструкції кузова, що захищають пасажирів шляхом цілеспрямованого поглинання енергії зіткнення:

- зона деформації в передній частині автомобіля;
- зона деформації в задній частині автомобіля;
- зона деформації в бічній частині автомобіля;

г) аварійний вимикач акумуляторної батареї;

д) системи забезпечення безпеки пішоходів.

Сучасні керовані електронікою засоби безпеки пасажирів в автомобілі призначені для зменшення або запобігання травматизму під час аварії (рис. 2.107, 2.108). Якщо при аварії пасажирський салон деформовано незначно, ці пристрої зменшують величину прискорення і перевантаження, до розумних меж.

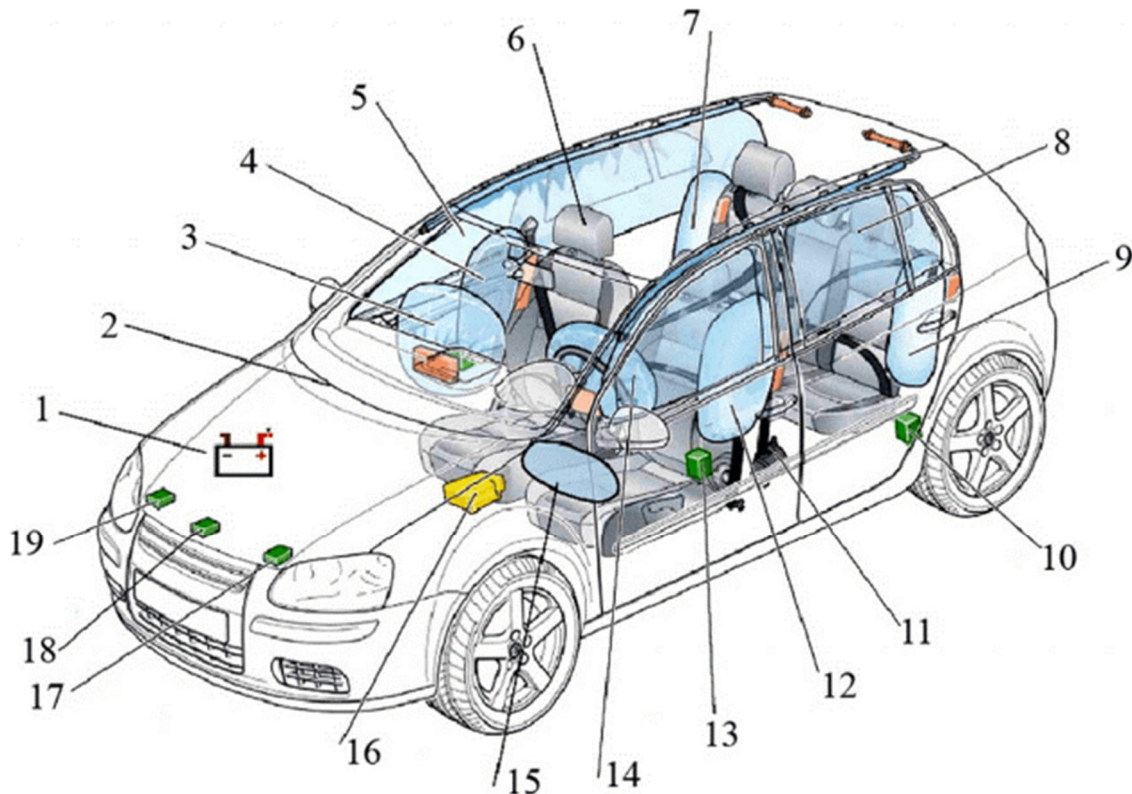
У загальному випадку система безпеки включає [9]:

• датчики, за сигналами яких встановлюється факт наїзду на перешкоду (удару) або перекидання. Зазвичай це акселерометри;

• електронний блок керування засобами безпеки. Це, по суті, комп'ютер, що стежить за сигналами датчиків і включає при аварії необхідні виконавчі механізми;

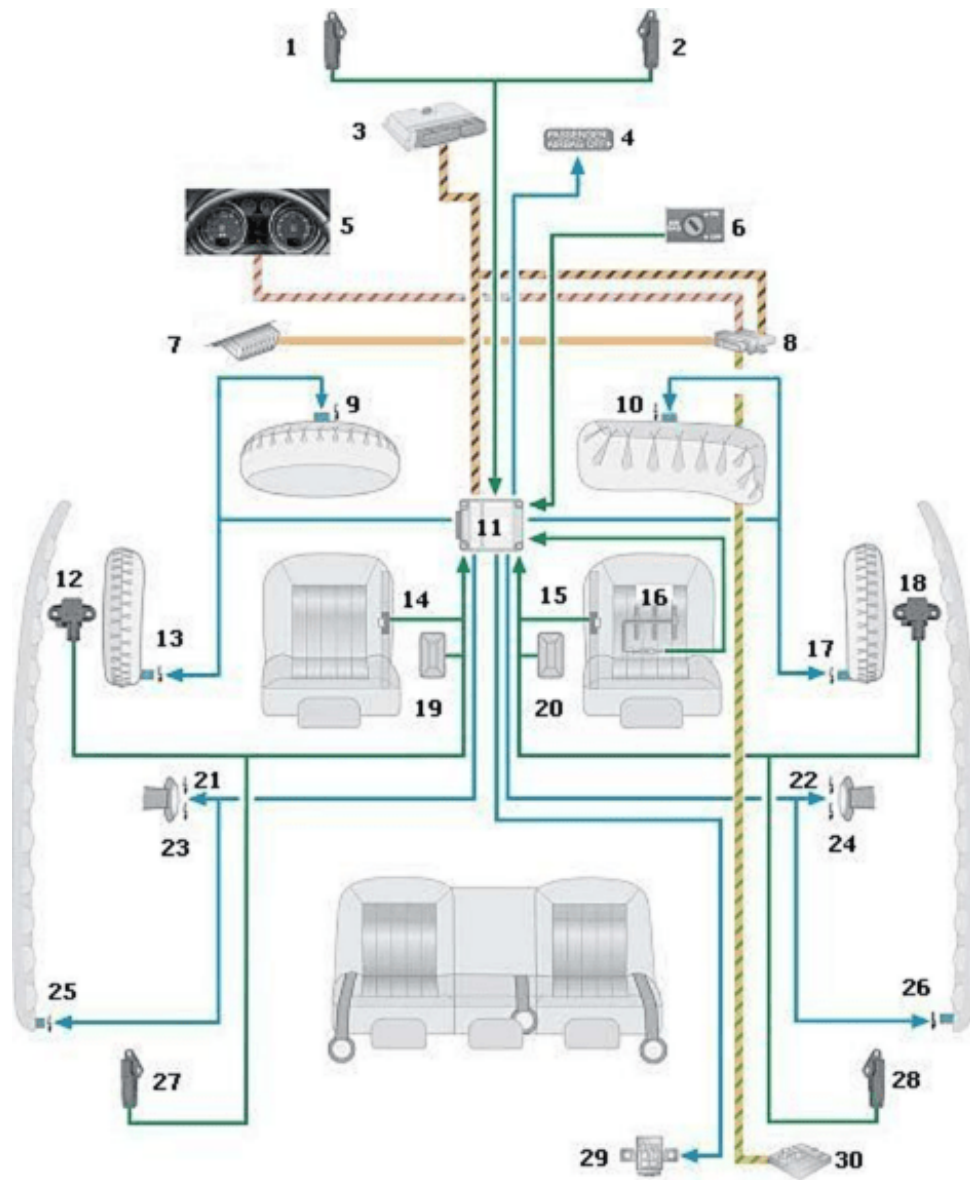
• виконавчі механізми – піротехнічні надувні пластикові мішки (повітряні мішки), що розміщуються між частинами тіла людини і конструкціями салону

для пом'якшення удару; піротехнічні натягувачі ремені безпеки; піднімаючі штанги на відкритих автомобілях для забезпечення безпечного простору пасажирів при перекиданні.



1 – вимикач замку ременя безпеки водія; 2 – вимикач замку ременя безпеки переднього пасажира; 3 – вимикач з ключем для відключення подушки безпеки переднього пасажира; 4 – датчик зайнятості сидіння переднього пасажира; 5 – датчик удару бічної подушки безпеки водія; 6 – датчик удару бічної подушки безпеки переднього пасажира; 7 – датчик удару задньої бічної подушки безпеки з боку водія; 8 – датчик удару задньої бічної подушки безпеки з боку переднього пасажира; 9 – датчик удару фронтальної подушки безпеки водія; 10 – датчик удару фронтальної подушки безпеки переднього пасажира; 11 – блок керування подушок безпеки; 12 – блок керування комбінації приладів; 13 – центральний блок керування систем комфорту; 14 – діагностичний інтерфейс шин даних (міжмережевий інтерфейс); 15 – блок керування двигуна; 16 – контрольна лампа попередження про непристібнуті ремені безпеки; 17 – контрольна лампа подушок безпеки; 18 – контрольна лампа виключеною подушки безпеки переднього пасажира (Passenger Airbag Off); 19 – піропатрон подушки безпеки водія; 20 – піропатрон 1-ї подушки безпеки переднього пасажира; 21 – піропатрон 2-ї подушки безпеки переднього пасажира; 22 – піропатрон натягувача ременя водія; 23 – піропатрон 1-го натягувача ременя переднього пасажира; 24 – піропатрон натягувача ременя заднього сидіння з боку водія; 25 – піропатрон натягувача ременя заднього сидіння з боку переднього пасажира; 26 – піропатрон бічної подушки безпеки водія; 27 – піропатрон бічної подушки безпеки переднього пасажира; 28 – піропатрон задньої бічної подушки безпеки з боку водія; 29 – піропатрон задньої бічної подушки безпеки з боку переднього пасажира; 30 – піропатрон 2-ї подушки безпеки водія; 31 – піропатрон головної подушки безпеки водія; 32 – піропатрон головної подушки безпеки переднього пасажира; 33 – піропатрон аварійного відключення АКБ; 34 – магніт системи захисту при перекиданні з боку водія (тільки для кабріолета); 35 – магніт системи захисту при перекиданні з боку переднього пасажира (тільки для кабріолета); 36 – штекер 16-контактний (діагностичний роз'єм)

Рисунок 2.105 – Схема електронної системи пасивної безпеки [11]



1 – датчик удару фронтальної подушки безпеки водія; 2 – датчик удару фронтальної подушки безпеки переднього пасажира; 3 – блок керування двигуном; 4 – контрольна лампа подушки безпеки переднього пасажира; 5 – контрольна лампа попередження про непристебнуті паски безпеки; 6 – вимикач подушки безпеки переднього пасажира; 7 – діагностичний роз'єм; 8 – міжмережевий інтерфейс; 9 – піропатрон подушки безпеки водія; 10 – піропатрон подушки безпеки переднього пасажира; 11 – блок керування системою пасивної безпеки; 12 – датчик удару бічної подушки безпеки водія; 13 – піропатрон бічної подушки безпеки водія; 14 – датчик положення сидіння водія; 15 – датчик положення сидіння переднього пасажира; 16 – датчик зайнятості сидіння переднього пасажира; 17 – піропатрон бічної подушки безпеки переднього пасажира; 18 – датчик удару бічної подушки безпеки переднього пасажира; 19 – вимикач замку ременя безпеки водія; 20 – вимикач замку ременя безпеки переднього пасажира; 21 – піропатрон натягувача ременя безпеки водія; 22 – піропатрон натягувача ременя безпеки переднього пасажира; 23 – обмежувач зусилля натяжителя ременя безпеки водія; 24 – обмежувач зусилля натягувача ременя безпеки переднього пасажира; 25 – піропатрон головної лівої подушки безпеки; 26 – піропатрон головної правої подушки безпеки; 27 – датчик удару задній бічної подушки безпеки водія; 28 – датчик удару задній бічної подушки безпеки переднього пасажира; 29 – піропатрон аварійного розмикача акумуляторної батареї; 30 – центральний блок керування системою комфорту

Рисунок 2.106 – Система пасивної безпеки автомобілів Volkswagen [8]

2.6.1 Система натягу пасків безпеки

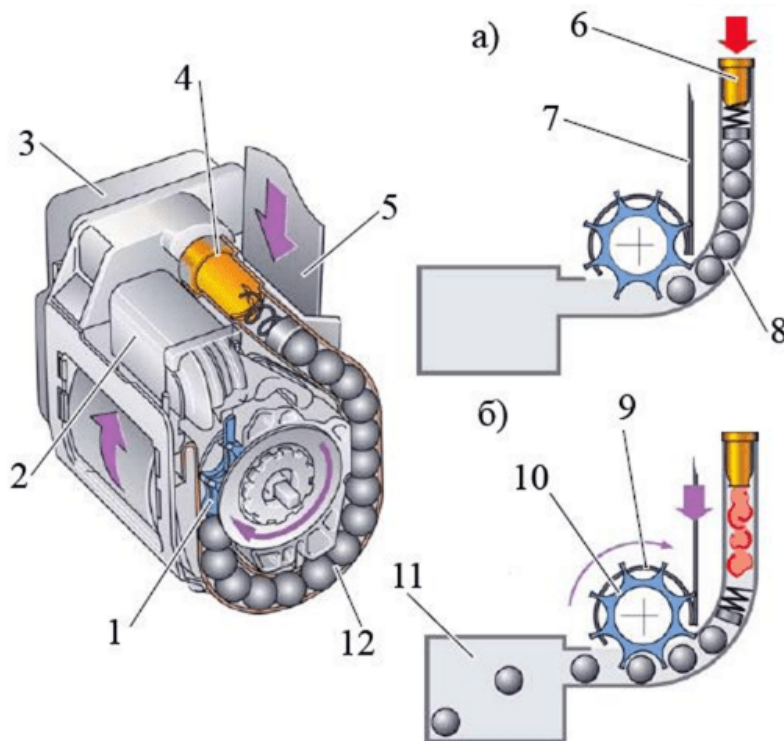
Паски безпеки є основним засобом забезпечення пасивної безпеки, всі інші компоненти (в тому числі подушки безпеки) лише доповнюють їх.

Преднатягувачі пасків безпеки бувають двох типів – механічні та піротехнічні.

У механічних аварійних натягувачів використовується звичайна пружина. Піротехнічна система натягу ременів безпеки призначена для натягу пасків безпеки у водія і пасажирів на передньому сидінні в перші мілісекунди після зіткнення, щоб міцно і безпечно притиснути їх до спинок сидінь.

Система попереднього натягу пасків забезпечує своєчасне реагування на аварійне уповільнення автомобіля, заздалегідь притягаючи водія і пасажирів до спинок сидінь. Це рятує від інерційного просування тіла вперед і, відповідно, від травм від удару об рульову колонку, передню панель та інші частини салону. Додатковим елементом ременів безпеки з преднатягувачем є система обмеження максимального навантаження на тіло. При його спрацьовуванні пас злегка ослабне, тим самим зменшивши навантаження на тіло.

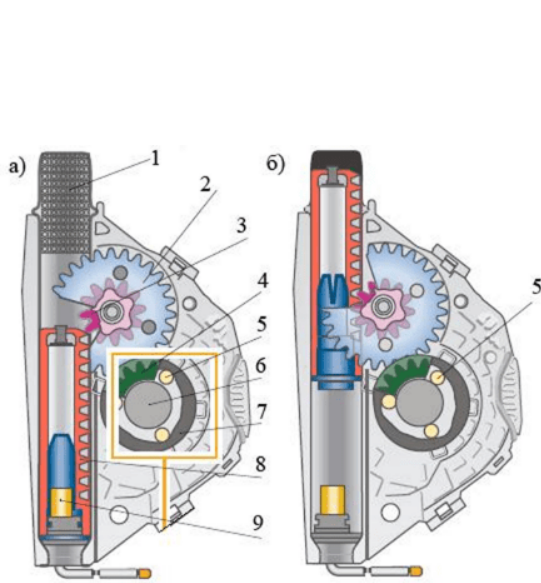
Для роботи механізму преднатягувача на підставі інформації, отриманої від датчиків уповільнення, з блоку керування повітряними подушками і пасками безпеки надходить електричний сигнал. Даний сигнал задіє систему запалювання піротехнічного елемента преднатягувача. На рис. 2.109 представлено приклад функціонування кулькового натягувача паска безпеки [11].



1, 10 – зубчасте колесо; 2, 11 – балон для кульок; 3 – приводний механізм (механічний або електричний); 4, 6 – піротехнічний заряд; 5, 7 – пас безпеки; 8, 12 – трубка з кульками; 9 – механізм змотування

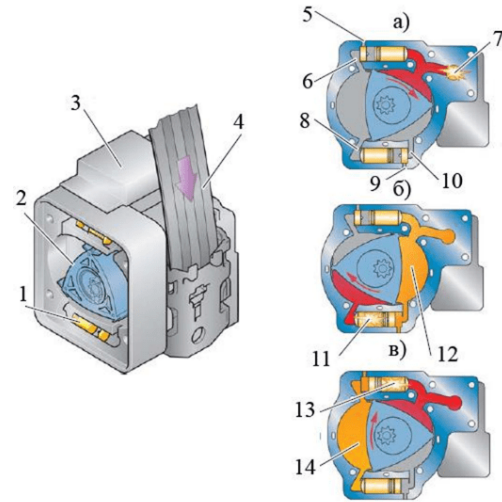
Рисунок 2.107 – Кульковий натягувач

Механізм преднатягувача завжди спрацьовує раніше, ніж повітряні подушки безпеки. Цілком можливо, що система керування «вирішить» задіяти тільки преднатягувачі без задіяння повітряних подушок (рис. 2.110, 2.111).



1 – демпфер; 2, 3, 4 – шестерні; 5 – ролик; 6 – торсіонний вал; 7 – зовнішнє кільце обгінної муфти; 8 – поршень з зубчастої рейкою; 9 – піропатрон; а – вихідне положення; б – завершення натягу ремня

Рисунок 2.108 – Рейковий натягувач



1 – піропатрон; 2 – ротор; 3 – приводний механізм; 4 – пас безпеки; 5, 9 – випускний канал; 6, 8, 10 – перепускний клапан; 7 – спрацьовування першого піропатрона; 11 – спрацьовування другого піропатрона; 12 – камера 1; 13 – спрацьовування третього піропатрона; 14 – камера

Рисунок 2.109 – Роторний натягувач



Рисунок 2.110 – Паски безпеки з вбудованими надувними елементами [11]

Останнім часом активно ведуться розробки по створенню пасків безпеки з вбудованими в грудну стрічку надувним елементом (рис. 2.112). Такі ремені працюють за тим же принципом, що і подушки безпеки, розподіляючи силу удару по ширшій поверхні, ніж традиційні ремені, і знижуючи ймовірність травм грудної клітини. Закріплений на ремені мішок трубочастої форми наповнюється

газом після спрацьовування датчиків удару одночасно з подушками безпеки. Вперше ця технологія була запропонована Ford на моделі Explorer.

2.6.2 Робота системи подушок безпеки

Повітряні мішки (від англійського airbags) – це додаткові засоби безпеки (Supplementary Restraint System – SRS), які використовуються спільно зі звичайними пасками безпеки для запобігання травмуванню обличчя та грудної клітини водія при фронтальному зіткненні. Вони можуть встановлюватися і з боку пасажира для запобігання удару об передню панель і збоку для захисту верхньої частини тіла і голови при бічних ударах (рис. 2.113).

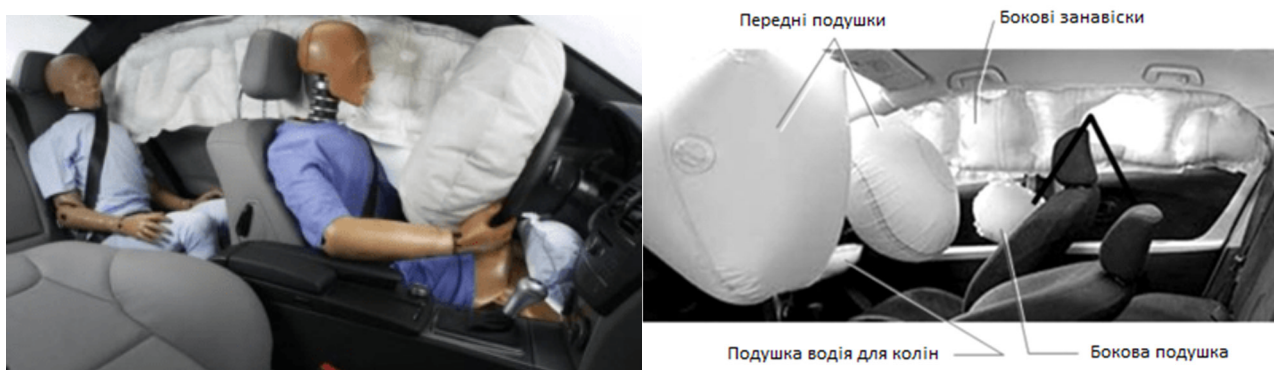


Рисунок 2.111 – Supplementary Restraint System [8]

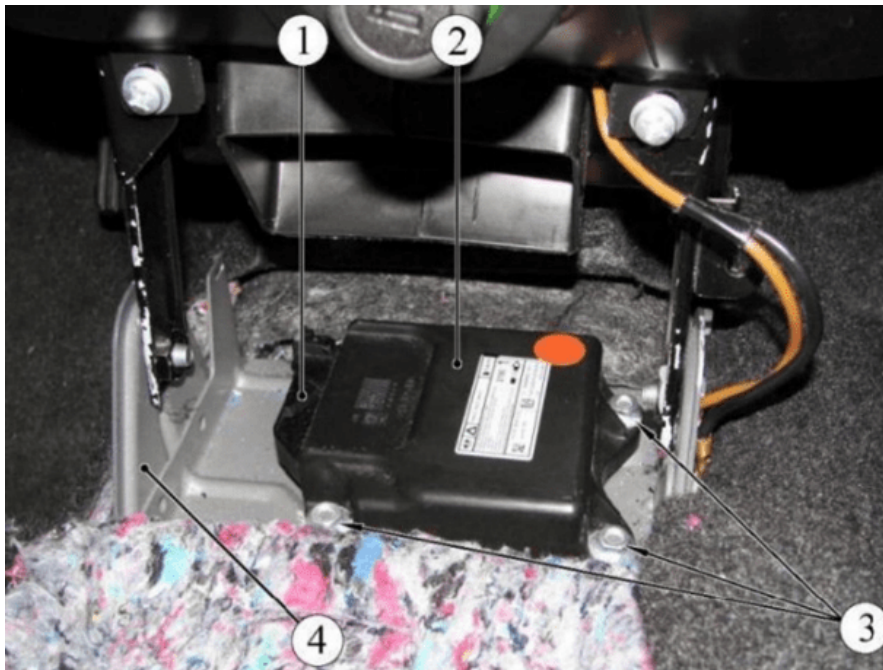
Подушка безпеки являє собою мішок з нейлонової тканини з гумовою підкладкою, складений під поліуретановою кришкою. Коли мішок надувається, кришка ламається уздовж спеціально зробленої канавки і розкривається назовні, пропускаючи мішок вперед. Залежно від моделі автомобіля повітряний мішок має ємність 30-70 л.

Передні подушки безпеки спрацьовують при отриманні аварійного сигналу від блоку керування. Залежно від конструкції ступінь наповнення подушки газом може варіюватися. Призначення передніх подушок – захист водія і пасажира від травмування твердими предметами (кузов двигуна та ін.) і осколками скла при фронтальних зіткненнях. Бічні подушки призначені для зменшення пошкодження людей, що знаходяться в автомобілі, при бічному ударі. Вони встановлюються на дверях або в спинках сидінь. При бічному зіткненні зовнішні датчики посилають сигнали в центральний блок керування подушками безпеки. Це робить можливим спрацьовування як деяких, так і всіх бічних подушок.

Дослідження впливу надувних подушок безпеки на ймовірність загибелі водія при лобових зіткненнях показали, що така зменшується на 20-25%.

Принцип роботи системи подушок безпеки полягає в наступному. Акселерометри (інерційні датчики), розташовані як попереду, так і по сторонам автомобіля, розраховані на спрацьовування при швидкості зіткнення близько 50 км/год. Датчики спрацьовують при перевищенні деякого граничного

допустимого значення інтенсивності перевантажень при зіткненні і забезпечують замикання відповідного електричного ланцюга. Модуль керування SRS (рис. 2.114), отримавши сигнал від датчика, миттєво подає електричний імпульс на піропатрон (Igniter Gas Generator) подушки безпеки (Airbag).



1 – роз’єм; 2 – блок керування; 3 – гайки кріплення БУСНПБ; 4 – нижній кронштейн кріплення панелі приладів

Рисунок 2.112 – Блок керування системою подушок безпеки автомобіля [8]

На початку еволюції подушок безпеки для наповнення подушок встановлювалися тільки газогенератори, які працювали за принципом спалювання твердого палива. Пізніше поряд з твердопаливними генераторами стали використовуватися гібридні генератори, що утворюють нейтральний, а головне, негорючий газ (температура порохових газів небезпечно висока і може привести до опіків).

Сучасні подушки безпеки різні за об’ємом і за часом утримання високого тиску. Фронтальні подушки практично повністю втрачають внутрішній тиск вже до 150 мс. Але бічні подушки і шторки тримають тиск значно довше – принаймні, протягом кількох секунд.

Це пов’язано з тим, що фронтальні подушки закривають огляд спереду, а водій і пасажир повинні мати можливість контролювати (якщо зможуть) ситуацію перед автомобілем. Бічні подушки повинні тримати не тільки перший, але і наступні удари, наприклад, при переворотках.

Газогенератори подушок безпеки можуть бути одно- (рис. 2.115) або двоступінчастими (рис. 2.116). Більш складні двоступеневі газогенератори дозволяють забезпечити більш високий рівень безпеки при більш важких аваріях. У подібних газогенераторах обидва запала активуються послідовно. Але при більш важких аваріях інтервал між підривом запалів менший, в результаті чого тиск в подушці виявляється більше.

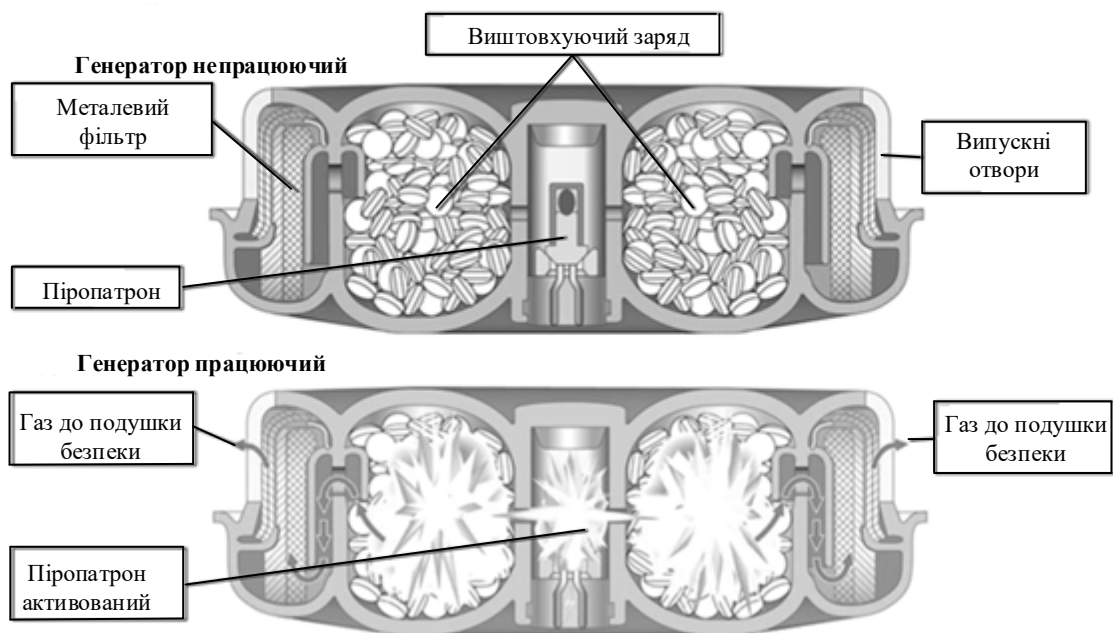


Рисунок 2.113 – Конструкція та робота одноступінчастого газогенератора

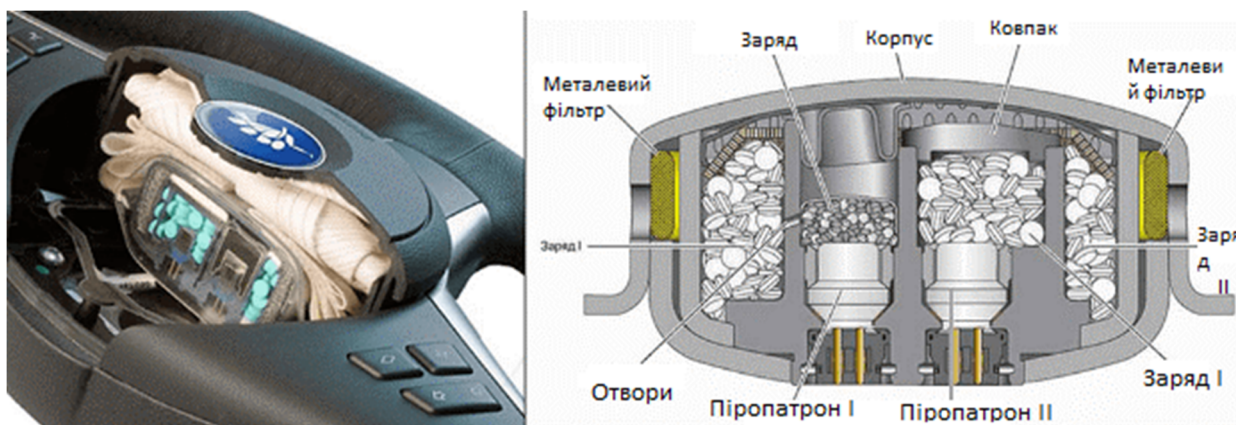


Рисунок 2.114 – Двоступеневий генератор з твердим паливом

Сам факт необхідності спрацьовування тієї чи іншої подушки безпеки визначається декількома умовами [11]:

1. Швидкість автомобіля (або відповідне уповільнення) не повинно бути менше 15-25 км/год. При меншій швидкості подушки не потрібні – достатньо пасків безпеки.

2. Вектор напрямку удару не повинен відрізнятися від напрямку поздовжньої осі автомобіля більш ніж на $\pm 15^\circ$. При більшому куті удару фронтальні подушки даремні або навіть небезпечні.

3. Фронтальні подушки активуються через 15 мс від початку удару, зареєстрованого одним або двома датчиками, встановленими на першій поперечині або на початку відповідних лонжеронів. Натягувачі пасків безпеки активуються через 10 мс.

4. При куті удару більше 15° до поздовжньої осі, зокрема, при бічному ударі повинні активуватися бічні і головні подушки з боку удару (часто активують і з іншого боку) та натягувачі пасків всіх пасажирів.

5. При бічному ударі, що розпізнається відповідним датчиком в основі середньої стійки з кожної сторони, бічні і головні подушки активуються негайно, адже вони повинні мати максимальний тиск через 15 мс.

6. При ударі ззаду активуються лише натягувачі пасків безпеки.

7. При загрозі перевероту автомобіля, зареєстрованого датчиком в блоці керування системою безпеки, активуються всі бічні і головні подушки та натягувачі пасків безпеки.

8. Фронтальна подушка переднього пасажира на деяких автомобілях не активується:

- якщо немає пасажира;

- якщо вона дезактивована ключем, що необхідно робити в разі встановлення на переднє сидіння дитячого крісла (дитина до передньої панелі головою не дотягнеться, а подушка до нього «дотягнеться» і вдарить в голову, а не в груди).

Датчики на лонжеронах для поліпшення точності розпізнавання удару іноді дублюються датчиками, встановленими в безпосередній близькості від відповідної подушки. Датчик бокового удару (датчик прискорення) в середній стійці дублюється датчиком тиску повітря у внутрішній порожнині дверей і датчиком прискорення в задній стойці (для бічної подушки пасажира на задньому сидінні). Наявність пасажира перевіряється датчиком ваги в подушці сидіння, зазвичай спрацьовує при масі більше 5 кг.

У більш сучасних автомобілях для виключення пропуску паска безпеки за сидінням перевіряється зусилля в замку ременя безпеки: вектор сили повинен бути спрямований вперед і вгору (а не назад).

В іншому випадку подушки і натягувачі в разі ДТП не будуть активовані.

Слід зауважити, що блок керування системою безпеки, що знаходиться в центрі мас автомобіля, крім датчиків удару по осях координат і датчиків обертання навколо осей (головним чином поздовжньої), має вбудоване джерело живлення, здатне забезпечувати енергією і сам блок, і подушки безпеки протягом декількох секунд або навіть хвилин після повного знеструмлення автомобіля, яке цей же блок в разі потреби і активує вимикач плюсової клеми акумулятора (рис. 2.117) або окремий пристрій в моторному відсіку, або в салоні.

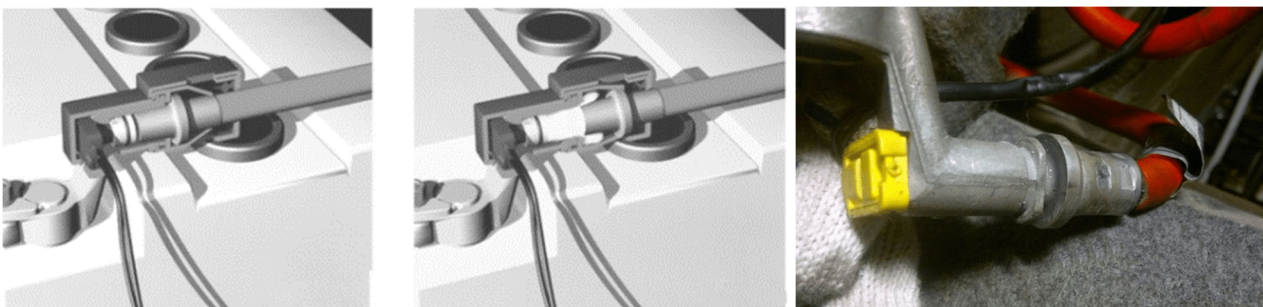


Рисунок 2.115 – Вимикач акумуляторної батареї (BMW)

Необхідність у вбудованому джерелі живлення і не спрацювання фронтальних подушок при нелобовому ударі пояснюється наступним. Можливі випадки, коли відбулося дотичне (бічне) зіткнення автомобіля з перешкодою (наприклад, в заметі): активовані бічні подушки та щоб уникнути пожежі відключається акумулятор. Але автомобіль швидкість не загасив і продовжує рухатися (як правило, вже некерований). Відбувається лобове зіткнення: за рахунок енергії вбудованого джерела живлення розпізнається лобове зіткнення і активуються фронтальні подушки. Таким чином, ймовірність серйозних травм знижується.

2.6.3 Захист від удару ззаду

Удар в задню частину автомобіля, як правило, не має таких важких наслідків, як інші види зіткнень. Свого часу існували проекти безпечних автомобілів, в яких водій та пасажир сиділи спиною до напрямку руху, а контроль за дорогою здійснювався за допомогою камер та моніторів [7]. При ударі в задню частину автомобіля пасажир і водій звичайного автомобіля за рахунок інерційних навантажень «утискують» в сидіння. Єдиною небезпекою є відхилення голови назад з можливістю ушкодження шийних хребців. Для зниження тяжкості наслідків таких аварій було створено підголівники, що встановлюються на спинці сидіння.

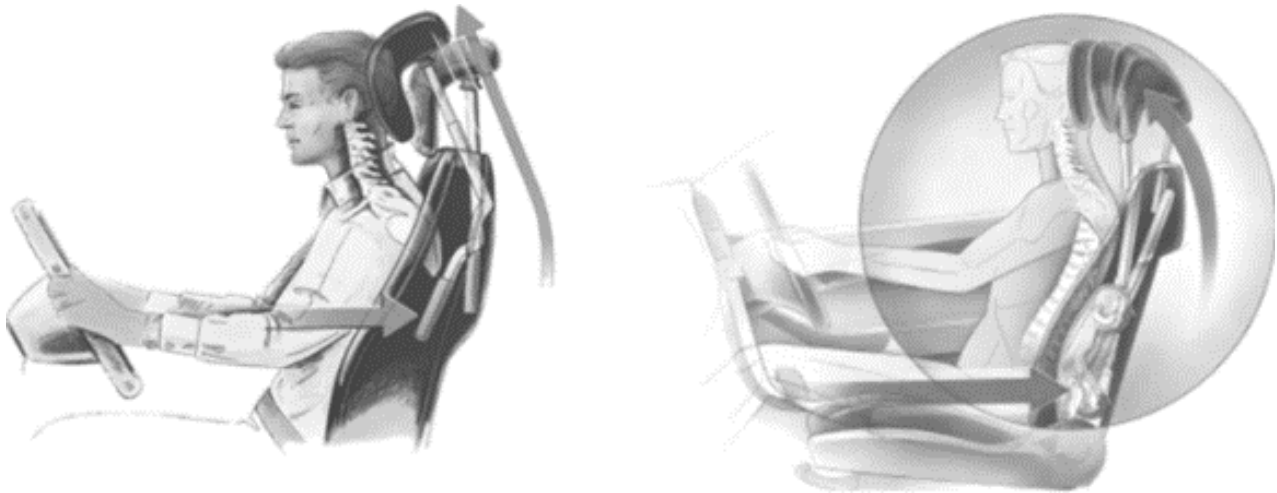


Рисунок 2.116 – Активні підголівники SAHR (Saab Active Head Restraints) [8]

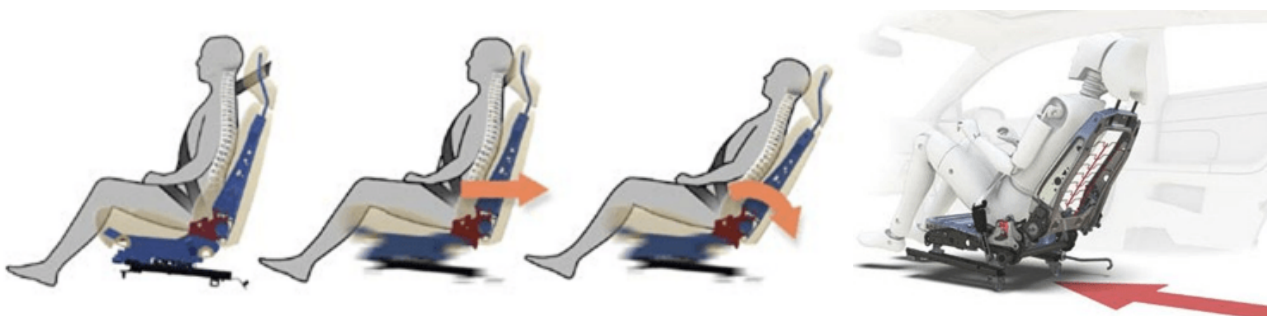


Рисунок 2.117 – Система WHIPS [8]

Звичайні підголівники не можуть гарантувати повної безпеки. На сучасних автомобілях з'являються сидіння з активними підголівниками, які після спрацювання датчика зіткнення переміщуються в бік голови людини і зменшують навантаження на шийні хребці (рис. 2.118).

Компанія Volvo застосовує на своїх автомобілях систему Whiplash Protection System (WHIPS), яка значно знижує наслідки удару ззаду за рахунок спеціальної конструкції передніх сидінь (рис. 2.119). Система призначена для зниження навантажень на хребет та зменшення ймовірності отримання травм хребта при ударі ззаду на низьких швидкостях (попутному зіткненні). При такій аварії система забезпечує пересування спинки сидіння назад (для зниження навантаження), після чого спинка відкидається на кут 15° для запобігання «ефекту катапультивання». Як показали тести в лабораторних випробуваннях, це зменшує сили, що впливають на шию, до 50%.

2.7 Контрольні питання та завдання

1. Призначення і аналіз систем керування енергетичною установкою автомобілів і тракторів?
2. Поясніть принцип дії системи зміни фаз газорозподілу?
3. Проаналізуйте системи керування силовою передачею?
4. Від яких технічних характеристик та конструктивних параметрів залежать системи керування напрямом руху?
5. Від яких технічних характеристик та конструктивних параметрів залежать системи керування автомобілем на режимах гальмування і розгону?
6. Поясніть принцип дії системи автоматичного регулювання гальмівних моментів?
7. Проаналізуйте способи контролю гальмівних моментів коліс?
8. Виконайте аналіз електронних систем керування підвіскою автомобіля?
9. Поясніть принцип дії системи електронного контролю стійкості для великовантажних автомобілів?
10. Від яких технічних характеристик та конструктивних параметрів залежить робота системи пасивної безпеки автомобіля?
11. Проаналізуйте найважливіші компоненти систем пасивної безпеки сучасних автомобілів?

3 МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ ТРАКТОРІВ ТА МАШИН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

3.1 Застосування електроніки в машинно-тракторних агрегатах

При роботі машинно-тракторних агрегатів (МТА) електроніка повинна виконувати такі завдання [12]:

– забезпечення максимальної продуктивності, що зменшує терміни підготовки ґрунту, посіву, збирання та ін.;

– мінімальну витрату палива на гектар, на тону продукції.

Ці два напрями зазвичай дещо не збігаються з режимами роботи машини.

Для агрегату годинну норму виробітку $W_{год}$ в гектарах за годину розраховують за формулою:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_p V_p \tau,$$

де B_p – робоча ширина захвату, м;

V_p – робоча швидкість агрегату, км/год;

τ – загальний коефіцієнт втрат, що визначається:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \dots + \tau_i,$$

де τ_1 – неповноту ширини захвату машини;

τ_2 – невикористання швидкості руху;

τ_3 – час на розвороти, повороти;

τ_4 – на розбивку загінок та ін., що включають час на природні потреби, обід, очікування машин обслуговування тощо.

Відомо, що ширина захвату пропорційна тяговому опору машини $B = kP_z$, а тяговий опір дорівнює зусиллю на гаку P_z . Множення $P_z \cdot V$ – це потужність на гаку N_z трактора, якщо виразити потужність на гаку через потужність двигуна $N_d = K_3 N_n \eta_m$, тоді:

$$W_{год} = kN_z \tau = kK_3 N_n \eta_m \tau,$$

де P_z – тяговий опір;

η_m – тяговий ККД трактора;

k – коефіцієнт.

Урахування ширини захвату особливо важливо при роботі широкозахватних агрегатів. Наприклад, при скошуванні зернових з 8-метровою жаткою комбайнер погано бачить, як йде її правий край. Тому він змушений витримувати запас в 40...50 см, що становить від 8 м $\tau_1 = (8 - 0,5) / 8 = 0,9375$,

тобто на кожному заході втрачається майже 6% продуктивності. Це відноситься і до оранки, дискування та інших видів робіт. Тому, бажано використовувати ширину захвату повністю.

Максимально можлива швидкість руху (передача) в першу чергу залежить від агротехнічних вимог. Наприклад, при міжрядній обробці швидкість обмежується збереженням захисної зони, а це залежить від точності керування агрегатом. На розсадових видах робіт швидкість мінімальна, інакше порушується процес садіння та ін. Відповідно, необхідно забезпечити максимальну точність водіння агрегату.

Максимальна швидкість залежить від характеру коливань навантаження робочих органів. Наприклад, при оранці нерівномірність навантаження на гаку при роботі з 4-корпусним плугом досягає 30...40%, тобто $\pm 20\%$ від середнього значення. Через це тракторист змушений тримати запас потужності двигуна на рівні 30...40%. При цьому коефіцієнт завантаження двигуна становить $K_z = M_i / M_n = 0,6...0,7$.

Якщо врахувати, що в тракторних коробках передач під час переходу з однієї передачі на іншу змінюється швидкість і навантаження на 12...15%, то ми змушені працювати на 1-2 передачу нижче оптимальної продуктивності. Отже, бажано зменшити коливання навантаження опору робочих органів сільськогосподарської машини.

Робоча швидкість руху багато в чому залежить від процесу розгону. Чим вона більше в кінці розгону, тим більше повинно бути попереднє резервування потужності двигуна на процес розгону і тим менше її залишається на основний процес роботи. Тому, необхідно автоматизувати процес розгону.

Максимальна швидкість багато в чому залежить від самопочуття тракториста. Наприклад, поле після культур, що вирощуються на грядках, рекомендується дискувати поперек борозн. Виконання цієї операції на максимальній швидкості утворює значні вібрації МТА, що з психофізіологічних причин негативно впливає на самопочуття тракториста. Відповідно, необхідно зменшити коливання МТА.

Мінімальна витрата палива на одиницю роботи (площі, тонну продукції) дорівнює:

$$Q_{nl} = G_T / W = G_T / kN_z \tau = g_z / k\tau,$$

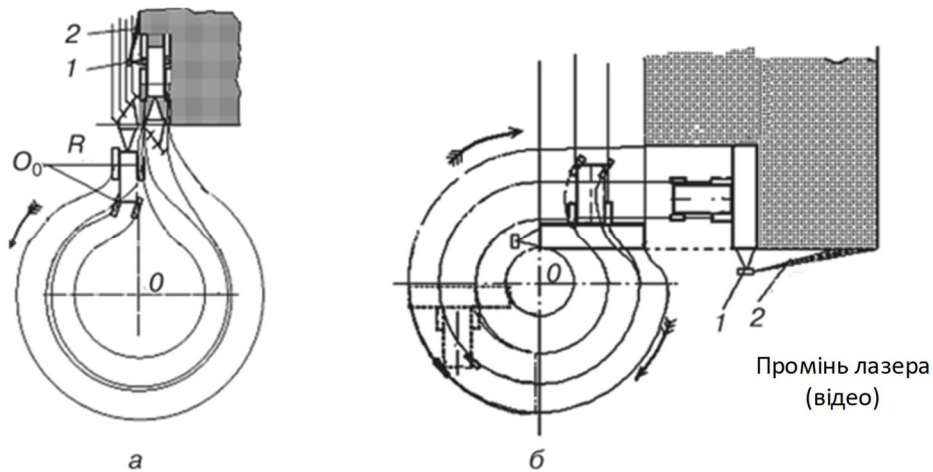
де $g_z = G / N_z$ – питома кривокової витрати палива:

$$g_z = \frac{g_e}{\eta_T} = \frac{g_e}{\eta_{TP} \cdot \eta_f \cdot \eta_\delta}.$$

Тобто витрата палива залежить не тільки від режиму економічної роботи двигуна g_e , але і від втрат в трансмісії η_{TP} , витрат енергії на опір коченню η_f і на буксування η_δ . А отже, необхідно забезпечити одночасно роботу двигуна на економічному режимі і з мінімальними втратами енергії в тракторі, в основному

на буксування.

Один із найбільш напружених режимів керування сільськогосподарською машиною – розворот агрегату на кінцях загінки (на розворотній смузі) (рис. 3.1).



а – трактор на розворотній смузі; б – комбайн; 1 – датчик кромки; 2 – промені лазера

Рисунок 3.1 – Розворот МТА

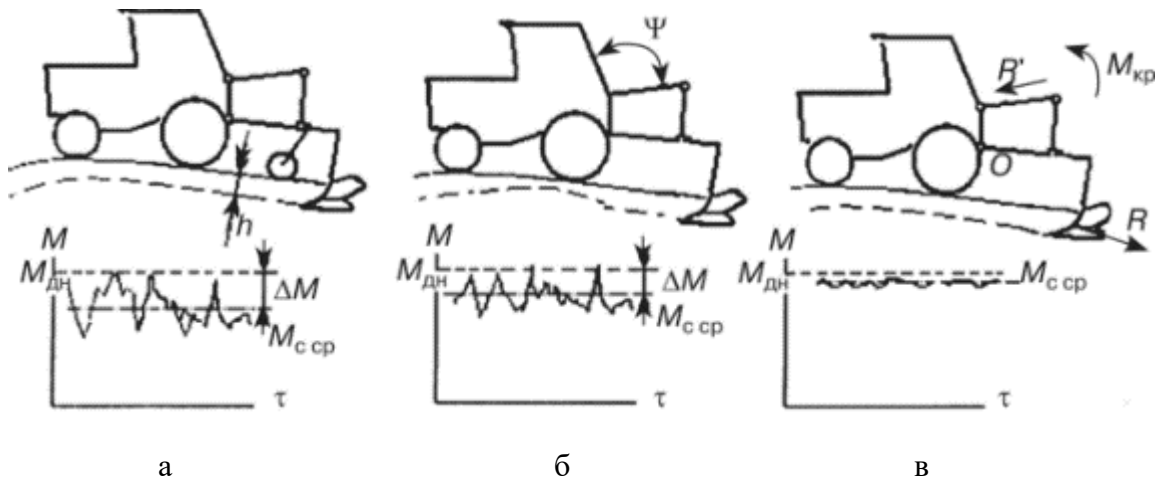
На нього витрачається приблизно 10% загального часу зміни. При виїзді на розворотну смугу водій повинен вибрати необхідну передачу, провести агрегат точно по заданій траєкторії, витримавши мінімальний радіус розвороту, точно потрапити на край попереднього проходу або край незрізаної маси рослин та вивести агрегат точно на пряму лінію. Все це вимагає не просто вміння, а майстерності. Таке завдання повинна вирішувати електроніка [12].

3.1.1 Способи регулювання глибини обробки ґрунту

Основною особливістю тракторного агрегату (орного, просапного та ін.) є спосіб керування глибиною обробки ґрунту. Довгі роки на тракторах застосовувався висотний спосіб регулювання (рис. 3.2, а). При цьому спосіб глибина обробки підтримується за рахунок положення (висоти) опорного колеса сільськогосподарської машини (знаряддя). Машина агрегується на навіски трактора, а гідросистема встановлена в «плаваюче положення», тому добре копіює нерівності ґрунту. Знаряддя спирається на опорне колесо, вага знаряддя не використовується в створенні сили тяги трактора. Регулювання опорного колеса по висоті (звідси і назва способу – висотний) проводиться вручну [12].

Другий спосіб – позиційний (рис. 3.2, б) – заснований на жорсткому кріпленні знаряддя до трактора (кут $\psi = const$). Гідромеханічний регулятор контролює і підтримує цей кут під час роботи, тому на нерівному полі він буде міняти глибину обробки. У той же час сільськогосподарське знаряддя спирається на подушку масла в порожнині підйому гідроциліндра, тобто цілком «висить» на тракторі. В результаті вага знаряддя повністю передається на ведучі колеса трактора, збільшуючи його зчіпну вагу. Зчеплення коліс з ґрунтом зростає, тому зростає сила тяги колеса. Значить, можна включити вищу передачу, отримати

більш повне завантаження двигуна, а значить, збільшити швидкість і силу тяги трактора. Момент на колесі збільшується на величину ΔM_c . Недоліком цього способу можна вважати значні коливання висоти (глибини) обробітку при роботі агрегату на нерівному полі (рис. 3.2, б).



а, б, в – висотний, позиційний, силовий способи; $M_{дн}$, $M_{с ср}$ – номінальний момент двигуна і середній момент опору; h – необхідна глибина обробітку; R – сила опору знаряддя; $M_{кр}$ – крутний момент щодо точки 0; R' – реакція у верхній тяги

Рисунок 3.2 – Способи регулювання глибини обробітку ґрунту

Третій спосіб – силовий (рис. 3.2, в). Глибину обробітку підтримують за рахунок регулювання заданої величини сили опору робочих органів знаряддя. Спеціальний автомат стежить за силою опору: якщо вона збільшилася, значить, знаряддя йде глибше, ніж задано, його треба підняти. Ця дія гідросистеми носить назву корекція на підйом. І навпаки, якщо сила зменшилася, потрібно включити корекцію на опускання. Все це повинно відбуватися у допуску ± 1 см на оранці.

Силовий спосіб має дві основні переваги:

1) знаряддя повністю «висить» на гідравліці трактора і його вага повністю передається на ведучі колеса, що дозволяє колесам передавати максимальну силу тяги з нижчим буксуванням;

2) оскільки автомат досить чутливо реагує на зміну сили тяги (наприклад, для оранки відхилення глибини має бути всього ± 1 см), то різко зменшується розмах коливань навантаження. Це означає, що можна менше резервувати запас потужності і працювати на 1-2 передачі вище, тобто швидкість руху буде на 10...20% більше.

Тому при застосуванні силового способу МТА має продуктивність на 30...40% більше, ніж при висотному способі. Застосування його доцільно на староорних та однорідних ґрунтах. Тому в Європі сільськогосподарські знаряддя не мають опорних коліс, тобто висотний спосіб не застосовується. Спосіб застосовувався в тракторах ще в 1930-і рр. в моноблочних гідросистемах. Це завдання покладалося на позиційно-силовий регулятор (ПСР) гідромеханічного типу. Тоді цей механізм був дуже складним.

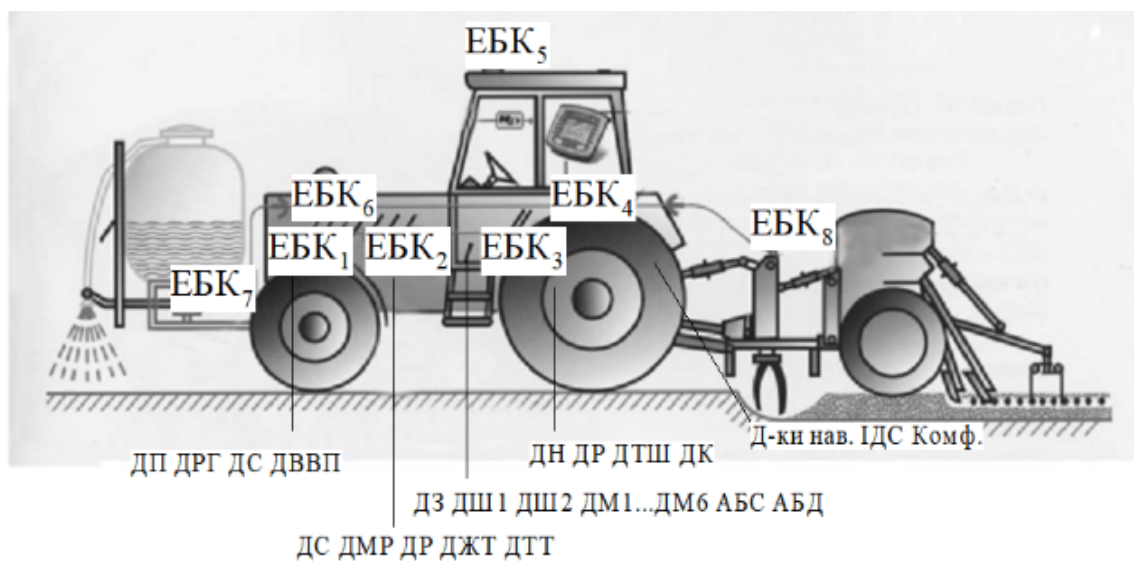
Автоматизація підтримування глибини обробітку потребує створення

системи автоматичного регулювання глибини (САРГ). Для кожного способу регулювання глибини (рис. 3.2) є свій датчик – висотного, позиційного силового регулювання.

Четвертий спосіб – комбінований. Це комбінація з висотно-позиційного, висотно-силового або позиційно-висотного способів.

3.1.2 Загальна компоновка основних САК трактора

Схему розташування систем керування різними агрегатами трактора з основними наборами датчиків показано на рис. 3.3. Трактор «начинений» електронікою не менш, а може і більше, ніж автомобіль. Багато систем керування мають те ж призначення і конструкцію, що і у автомобілів.



ЕБК (1...6) – електронні блоки керування (МПСК): двигуна, трансмісії, ходової частини, ГСКН, ІДС, супутниковий зв'язок; ЕБК (7...8) – власні МПСК сільськогосподарських знарядь і машин. Датчики: ДВС (основні): ДС – датчик синхронізації; ДМР – масової витрати повітря; ДР – датчик режиму; ДТЖ і ДТТ – датчик температури рідини і палива. Трансмісія: ДЗ – датчик зчеплення; ДШ1 і ДШ2 – датчики швидкості первинного і вторинного валів КП; ДМ – датчик муфти (1...6) передачі; АБС і АБД – датчики АБС і блокування диференціала. Ходова частина: ДН – датчик навантаження; ДР – радіуса колеса; ДТШ – тиску в шині; ДК – датчик колії. Нав., ІДС, Комф. – датчики систем: навігації, інформаційно-діагностичної системи, комфорту. Датчики ГСКН (гідросистеми керування навіскою): ДП – датчик положення сільськогосподарського знаряддя; ДРГ – датчик регулятора глибини; ДС – датчик стеження; ДВВП – датчики валу відбору потужності

Рисунок 3.3 – Компоновання основних САК трактора та відповідних датчиків

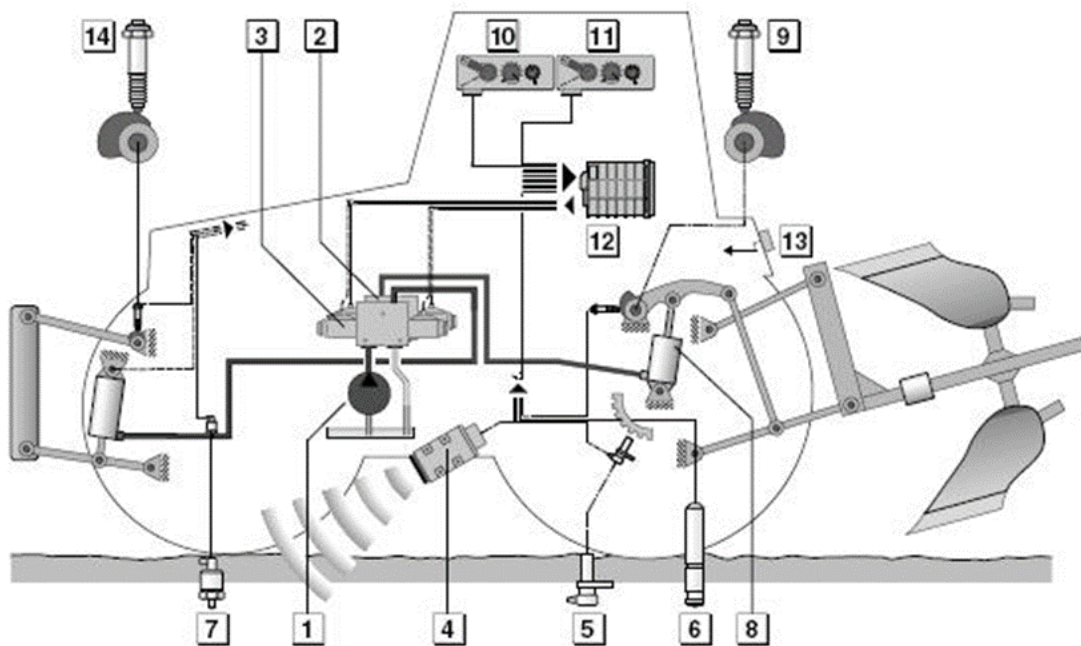
По-перше, це система керування роботою двигуна. По-друге, це система керування трансмісією. По-третє, це САК рульового і гальмівного керування. Решта систем притаманні тільки тракторам. Розглянемо датчики і виконавчі механізми, принципово призначені для керування трактором. По-перше, це система керування глибиною обробки ґрунту ґрунтообробними машинами і знаряддями (далі просто знаряддями). Вона забезпечує максимальну продуктивність МТА за рахунок підвищення сили тяги і швидкості руху, що

підвищує завантаження двигуна. Вона має своє джерело енергії (гідронасос), орган керування (регулятор), датчики позиційного і силового регулювання і виконавчий орган силовий гідроциліндр. По-друге, це система обмеження буксування ведучих коліс. По-третє, це система автоматичного блокування диференціала. По-четверте, система супутникової навігації та землеробства.

Решта систем притаманні всім машинам (автомобілям, тракторам, комбайнам і іншим мобільним машинам, включаючи САК комфорту, які не показано на схемі).

3.1.3 Пристрій САРГ сільськогосподарських тракторів

САРГ – система автоматичного регулювання глибини обробки ґрунту. Система призначена для зниження коливань опору робочих органів. Це дозволяє перейти на одну-дві передачі вище, тобто підвищити швидкість руху, довантаження ведучих коліс, а з ними і продуктивність на 20...30% у порівнянні з висотним і позиційним способами. Система застосовується при роботі агрегату, в основному на староорних землях при роботі трактора з плугами, дисковими боронами та іншими знаряддями і машинами, що створюють велике тягове зусилля (рис. 3.4).



1 – масляний насос; 2, 3 – насос аксіально-плунжерний для керування переднім та заднім начіпними пристроями; 4 – радар; 5 – датчик контролю швидкості руху трактора; 6 – датчик контролю положення начіпного знаряддя (силовий); 7 – датчик контролю тиску масла в гідро лінії; 8 – циліндр гідравлічний; 9 – датчик контролю положення заднього начіпного знаряддя (позиційний); 10 – панель керування заднім начіпним пристроєм; 11 – панель керування переднім начіпним пристроєм; 12 – електронний блок контролю положення робочих органів; 13 – органи керування заднім начіпним пристроєм при навішуванні начіпної машини; 14 – датчик контролю положення переднього начіпного знаряддя (позиційний)

Рисунок 3.4 – Схема електрогідравлічної системи трактора з переднім та заднім начіпним пристроєм

Джерелом енергії є гідронасос, найчастіше невеликої продуктивності, що працює паралельно з основним насосом гідросистеми керування механізмом навіски.

Орган керування – золотниковий розподільник з електромагнітними котушками (соленоїдами) і електронним керуванням.

Датчики силового регулювання 6 – це пальці в нижніх тягах навіски; поворотний вал механізму навішування 9, що визначає кут положення важелів навіски.

3.1.4 *Налаштування агрегату на роботу з максимальною продуктивністю або економічністю*

Вважається, що автомобіль в основному рухається по дорогах з твердим покриттям, тому буксування є нештатною ситуацією. Буксування трактора істотно впливає на показники його роботи. Колеса трактора буксують завжди, якщо є навантаження.

Буксування – це втрата швидкості руху машини (МТА) через піддатливість ґрунту при впливі на неї зусилля ведучих коліс, яке визначається залежністю:

$$\delta = \frac{v_m - v}{v_m} \cdot 100\%.$$

Величина буксування характеризується відношенням втраченої швидкості поступального руху до можливого теоретичного значення й виражається у відсотках.

Буксування може сильно впливати на швидкість агрегату, а також на продуктивність МТА. При 100% буксуванні ($\delta = 1$) машина (агрегат) стоїть на місці, хоча колеса обертаються. Ведучі колеса трактора та інших машин в полі завжди буксують, тому вводять поняття «допустиме буксування». Воно для різних шин, тракторів і комбайнів, для різних ґрунтів має своє значення. На стерні допускається буксування для тракторів 4К2 – $\delta = 18\%$; 4К4 – $\delta = 16\%$, а для гусеничних – $\delta = 5\%$.

Перш ніж керувати буксуванням, його необхідно визначити. Для цього ЕБК повинен мати два сигнали – про швидкість колеса та швидкість машини.

Лінійну швидкість колеса можна визначити, знаючи частоту його обертання:

$$V_k = \omega_k r_k = r_k (30\pi \cdot n_k),$$

а для цього необхідний датчик кута повороту колеса, в якості якого використовують звичайний датчик – зубчастий диск з магнітоіндукційним датчиком.

Сигнал про швидкість машини отримує від датчика, що працює на ефекті Доплера. Датчик працює від ультразвуку середньої полоси частот, яка добре відбивається від ґрунту, менш залежить від вологості повітря (туман та ін.). Датчик посилає під певним кутом до ґрунту імпульси ультразвуку, ловить їх відбиття від ґрунту, порівнює частоти посланих і відображених імпульсів та різницю частот (зміщення частот – «доплерівську» частоту) посилає в МП. З цього зміщення частот МП визначає дійсну швидкість руху машини.

Отримавши ці два сигнали, МП обчислює буксування, після чого дає команду в ЕБК двигуна зменшити крутний момент (зменшити подачу), або в ЕБК гідросистеми механізму навішування – зменшити глибину ходу робочих органів, або в ЕБК трансмісії – зменшити швидкість руху, так як від неї залежить опір зчаряддя.

Після обчислення реальної швидкості руху машини, що можливо тільки після встановлення величини буксування, ЕБК може визначити максимальну продуктивність, яка визначається:

$$W_{za/zod} = kN_z = kP_z v \rightarrow \max,$$

та мінімум витрати палива на одиницю продукції:

$$Q_{za} = G_T / W_{za/zod} \rightarrow \min.$$

Більш того, в ЕБК є програми, що дозволяють МТА працювати або з максимальною продуктивністю, або на режимі, що відповідає мінімуму витрат палива на гектар, тонну збирання продукції.

Якщо ЕБК отримує сигнал про ширину захвату машини (зчаряддя), врожайності, подачі маси в приймальну камеру комбайна, то оператор може за бажанням вивести на дисплей дані про миттєву продуктивність, миттєву витрату палива, витрату палива за зміну, витрату палива на гектар. Комп'ютер може накопичувати ці дані за тиждень, місяць тощо.

3.1.5 Особливості електронних САК комбайнів

Схему зернозбирального комбайна з розташуванням датчиків і САК наведено на рис. 3.5. Однак все, що буде сказано далі, також можна віднести до кукурудоззбиральних, кормозбиральних та інших комбайнів [13].

В основному проблеми для комбайнів ті ж самі, що і для тракторів, але є певна специфіка:

- максимальна продуктивність, яка виражається максимальною пропускною здатністю ріжучого апарату жнивarki, молотильно-сепаруючих пристроїв (МСП);

- точне ведення комбайна з мінімальним запасом ширини захвату;

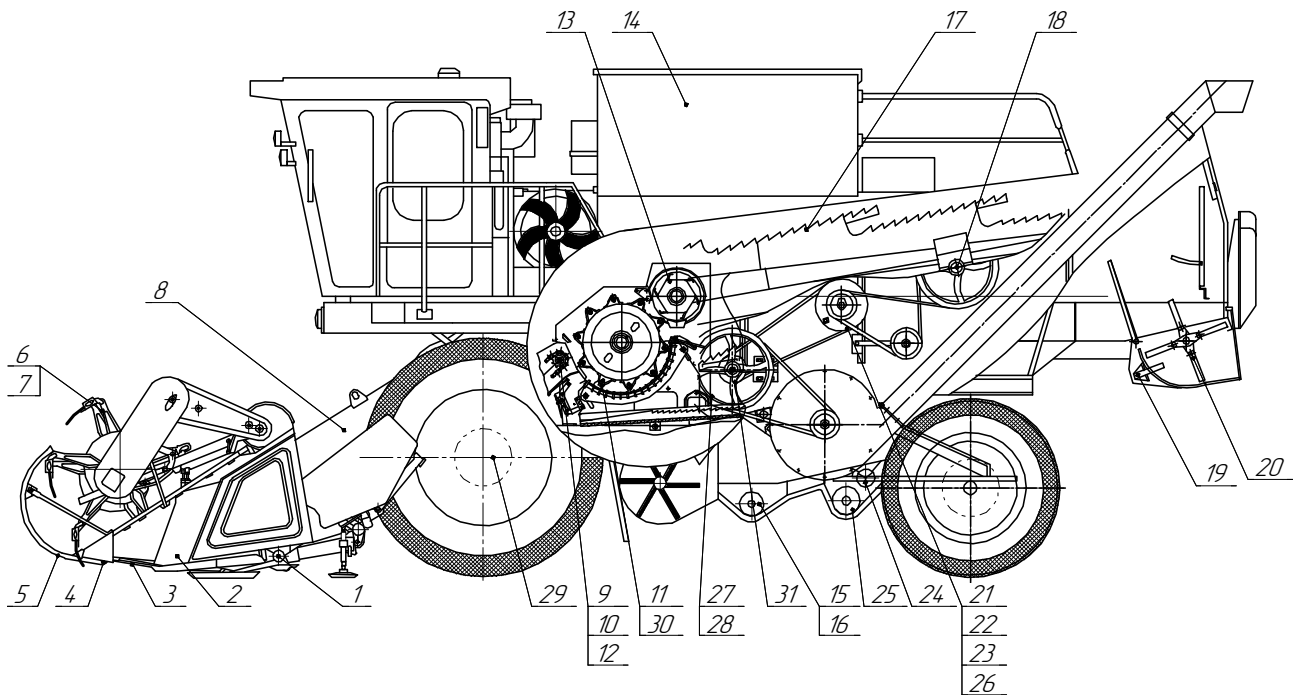
- мінімізація втрат зерна (зеленої маси) в процесі обмолоту (різання зеленої маси) і очищення зернової маси;

- мінімальна витрата палива на одиницю продукції (обмолоченого зерна або зібраної площі);

- полегшення праці комбайнера (оператора).

Крім того, для комбайна має значення своєчасність розвантаження, тобто підвищення часу чистої роботи, точність виконання розворотів, автоматизація допоміжних операцій: розвантаження накопичувача, підтримання висоти ходу жатки, контроль наповнення бункера, тощо.

Розглянемо вищенаведені фактори з точки зору застосування електроніки.



1 – датчик регулювання шнека; 2 – датчик положення жатки; 3 – датчик ходу ножа; 4 – датчик висоти зрізу; 5 – стеблепідйомники; 6,7 – датчик частоти обертання і положення граблін мотовила; 8 – датчик ваги; 9, 10, 12 – датчики частоти обертання приймального бітера, барабана і відбійного бітера; 11, 30 – регулювання зазору; 13 – датчик стану колосового шнека; 14 – датчик наповнення бункера; 15 – датчик стану зернового елеватора; 16 – датчик зернового шнека; 17 – датчик соломотрясу; 18 – датчик коливання соломотрясу; 19 – датчик різання соломи; 20 – датчик барабана різання соломи; 21, 22, 23, 26 – датчик режимів роботи решіт; 24 – датчик роботи колосового шнека; 25 – датчик стану зернового елеватора; 27, 28 – датчик режимів роботи; 29 – датчик частоти обертання ведучих коліс; 31 – датчик приводу решіт

Рисунок 3.5 – Схема розташування датчиків на комбайні

Максимальне завантаження двигуна комбайна в першу чергу залежить від величини подачі робочої маси (зрізана пшениця, зелена маса тощо) в МСП або ріжучий апарат. Керування завантаженням двигуна полягає в контролі величини маси, що надходить в приймальну камеру, до молотильного (ріжучого) апарату. Датчики контролю маси при надходженні маси більшої за допустиму величину МП дає команду зменшити швидкість руху машини варіатором трансмісії.

Точне ведення машини по заїнках – забезпечення використання повної ширини захвату, для чого застосовуються датчики, що працюють на дотик (щупи), лазерні або радарні промені, а також відео датчики. МП стежить за точністю ведення машини, впливаючи на рульове керування.

Регулювання мінімізації втрат зерна – одна з основних проблем, поставлених перед конструкторами і експлуатаційниками. Це мінімум втрат зерна (зеленої маси) за комбайном. Втрати не повинні перевищувати 0,5...5%.

Перш за все втрати залежать від термінів збирання: при стадії неповної зрілості зернових буде недовимолот; при перезрілій масі – дроблення зерна, видування осколків, втрати з половою тощо.

Для досягнення мінімізації втрат необхідно контролювати роботу різних органів і робочих процесів, для чого використовуються численні датчики (рис. 3.5):

- найбільш низький зріз (положення жатки) – датчик 2;
- швидкість ріжучого апарату – датчик 1;
- частота обертання барабана МСП (допуск по частоті обертання $\pm 5\%$),
- виліт мотовила і нахил його лопатей – датчики 5...7;
- втрати на недомолот: частота обертання барабана МСП – датчик 10, зазор між барабаном і підбарабанням – 17;
- контроль роботи органів сепарації: решіт (частота коливань і їх амплітуда), натиск і напрямок дуття повітря на решета, частота і ступінь відкриття вентилятора – датчики 21...28;
- своєчасне спорожнення бункера – датчик 14;
- оперативний зв'язок з транспортом обслуговування та інші.

3.2 Автоматичне водіння МТА в полі

Автоматика в сільськогосподарських машинах застосовувалася давно (перші дослідження були ще в 1940-і рр. при створенні гідросистем тракторів). У той час застосовували механічні автомати. У 1950-ті рр. широко пропагували винайдений трактористом Логіновим «Спосіб автоматичного водіння двох орних агрегатів одним трактористом», таким чином, що два трактори були пов'язані механічними тягами. На багатьох машинно випробувальних станціях (МВС) застосовувався спосіб випробувань при русі агрегату навколо центрального стовпа. Трактор працював цілодобово. Він був з'єднаний зі стовпом тросом довжиною 20...50 м, а також багатожильним кабелем, по якому передавалися сигнали керування. Перелік подібних автоматів можна продовжити, але це ще не електроніка [12, 14].

У 1970-х рр. з'явилася індивідуальна система (датчик – електроніка – гідросистема).

Найчастіше застосовується спосіб *керування по радіо*. На опорній станції, наприклад в центральному корпусі МВС, знаходиться радіо центр, а на агрегаті встановлена радіостанція з направленою антеною і приймачем. Сигнали з приймача надходять в ЕБК, який обчислює координати МТА на місцевості. Основна ЕОМ знаходиться в центрі. Або в ЕОМ центру, або в ЕОМ агрегату проводиться постійний миттєвий розрахунок координат і прив'язка до координат поля, координатами попередньої борозни (обрізи незжатої маси, сліду маркера та н.) або її координат, що залишилися в пам'яті ЕБК від попереднього проходу. Після цього ЕБК дає керуючий сигнал електрогідророзподільникам рульового керування, САК двигуна і трансмісії. Така система дозволяє вести агрегат автоматично з похибкою водіння до декількох сантиметрів.

Супутникове водіння здійснюється приблизно так само, тільки центром є супутник. Він може бути і передавальною ланкою в ланцюзі пеленгації в системі керування «МТА – супутник – ЦУП». Така система дешевше і точніше.

Супутникове землеробство активно розвивається останнім часом. Вчені можуть досить точно визначити урожай на ділянці, склад і поєднання добрив,

ступінь зрілості рослин за даними з супутника з точністю до десятків квадратних метрів. Тому, наприклад, в USA набагато раніше визначають, якою буде валовий збір зерна.

Ось ці наукові досягнення зараз активно починають використовуватися в системі землеробства. Наприклад, при внесенні добрив на супутниковій карті конкретного поля. Відзначені зони різної насиченості ґрунту добривами. Відповідно до цих зон, коли МТА підходить до зони бідної добривами, супутник дає команди трактору з туковою сівалкою (розкидачів добрив) або знизити швидкість, або збільшити норму висіву добрив. Аналогічно, якщо зернозбиральний комбайн підходить до зони з бідною врожайністю, з супутника йде сигнал на МТА, ЕБК або збільшує швидкість руху, або знижує зріз.

На горбистій місцевості рекомендується орати впоперек схилу. Тракторист в кабіні на рівні землі не завжди може визначити, оре він поперек або уздовж схилу. Супутник може дати йому рекомендацію, показати на дисплеї карту поля і в потрібному напрямку руху. Ця система поки розвивається, але в недалекому майбутньому вона стане звичайною реальністю.

В останні роки в землеробстві спостерігається технічна революція, що знайшла своє втілення у технологіях прецизійного землеробства. Ці технології забезпечують більш точне водіння агрегату в полі і об'єктивну оцінку проведення робіт. В результаті підвищується врожайність, поліпшується якість продукції і скорочуються витрати на засоби виробництва. Однак впровадження таких технологій пов'язане з досить високими початковими інвестиціями. Економічні розрахунки показують, що незважаючи на високу вартість впровадження технологій прецизійного землеробства окупаються. Висока ефективність розглянутих систем може бути також забезпечена при значних обсягах внесення мінеральних добрив відцентровими розсіювачами, коли немає інших можливостей забезпечення заданої точності розподілу добрив по полю. З урахуванням всього комплексу соціально-економічних чинників і пріоритетів сучасного сільського господарства необхідний зважений підхід до питання більш широкого застосування систем точного водіння мобільних агрегатів з використанням супутникової навігації типу GPS.

Для визначення координат мобільної сільськогосподарської техніки на полі в якості засобу навігації використовується GPS. В даний момент функціонують дві системи глобального позиціонування: NAVSTAR та ГЛОНАСС. Вони дозволяють необмеженому числу будь-яких об'єктів, що мають приймальну апаратуру, в режимі реального часу і з високою точністю визначати своє місце розташування, швидкість руху та ряд інших параметрів в будь-якій точці планети. Найбільшого поширення у системі точного землеробства отримала приймальна апаратура системи NAVSTAR у зв'язку з її добре налагодженим виробництвом та повністю розгорнутим угрупованням космічних апаратів.

3.2.1 Обладнання систем глобального позиціонування. Системи точного водіння сільськогосподарської техніки

Одним з приладів супутникової навігації, що застосовуються в точному

землеробстві, є GPS – прилад для паралельного водіння сільськогосподарських машин при посіві і в процесі догляду за рослинами.

Прилади GPS – один з елементів технології точного землеробства – забезпечують двозмінну роботу техніки незалежно від умов видимості, дозволяють витримувати оптимальні строки сівби, економити витрати та паливо-мастильні матеріали. Експерти прогнозують зростання попиту аграріїв на системи супутникової навігації.

На сьогоднішній момент всі світові лідери з виробництва сільськогосподарських машин (CLAAS, John Deere, Case тощо), комплектують свою техніку системою GPS.

Навігаційна система, яка встановлюється на сільськогосподарській техніці для точного землеробства, включає в себе приймач та бортовий комп'ютер з програмним забезпеченням. Цей комплекс дозволяє для цієї техніки вести запис поточних координат, висоти й інших параметрів з будь-яким заданим інтервалом часу. Запис навігаційних даних і параметрів проводиться в широко відомих форматах ESRI® Shapefile або MapInfo®, що дозволяє їх легко імпортувати в будь-яку геоінформаційну систему (ГІС) для подальшої обробки та проведення необхідних агротехнічних розрахунків.

При використанні технології точного землеробства застосовуються кілька видів GPS приймачів різного рівня точності визначення місця розташування і, відповідно, цінової категорії.

Для виконання ряду операцій (за технологією точного землеробства) точності 2-3 м недостатньо. У цьому випадку використовують додатково прийняту диференціальну поправку (DGPS). Споживач може отримувати диференціальну поправку різними способами: глобальна супутникова платна, європейська супутникова безкоштовна, від морських радіомаяків і від локальних базових станцій. Платна річна підписка (Omnistar, Rakal) при точності визначення місцеположення менше 0,5 м коштує близько 1000\$. Послуги Європейської системи EGNOS – безкоштовно, при точності 0,5-1 м (вартість GPS приймача з підтримкою EGNOS обійдеться споживачеві ~ 500\$). Вартість локальної базової станції приблизно 4000\$, при цьому точність досягає декількох сантиметрів. У зоні дії морських радіомаяків досягається точність менше одного метра. Системи автоматичного керування напрямом руху GPS RTK, що складаються з приймача GPS та базової станції дозволяють визначати в динаміці місцезоташування МТА з точністю 2-5 см. Вартість таких систем складає до 20000\$.

Таким чином, споживач може з усього спектра вибрати те обладнання, яке дозволить йому найбільш ефективно використовувати агротехнології точного землеробства.

При вирішенні завдань, пов'язаних з впровадженням комп'ютерних технологій в сільське господарство, великих витрат завжди вимагав збір даних. Однак за два останніх десятиліття вартість збору даних з точністю, яка вимагається для ведення точного землеробства, помітно знизилася.

Приймачі GPS тепер уже під'єднані до бортових комп'ютерів, які збирають інформацію про надходження врожаю в бункер комбайна. Програмне забезпечення, встановлене на бортовому комп'ютері, дозволяє просторово

«прив'язувати» ці дані, що дозволяє отримувати базу даних ГІС по врожайності поля. Вимірювання параметрів ґрунту, які впливають на ріст та розвиток рослини, є невід'ємною складовою точного землеробства. Ефективність точного землеробства буде багато в чому залежати від того, як швидко і точно будуть виміряні ці показники. Частота вимірів (просторова й тимчасова) буде залежати від того, яка мінливість вимірюваного показника (мінливість цього параметра по полю і в часі).

3.2.2 Системи паралельного водіння

Система паралельного водіння передбачає участь механізатора в керуванні машиною за схемою: «вимір поточних координат сільгоспмашини – відображення відхилів від заданого маршруту на табло в кабіні – обертання механізатором рульового колеса для утримання агрегату на заданому маршруті» (рис. 3.6) [14].



Рисунок 3.6 – Робота системи паралельного водіння

У загальному випадку система паралельного водіння складається з GPS приймача із зовнішньою антеною, контролера та курсопоказчика. Системи легко і швидко встановлюються на будь-який МТА. Потрібно лише підключення до електроживлення та встановити зовнішній блок (приймач GPS) що входять до комплект на магнітній або повітряній присосках. Навчання механізаторів використання цього типу обладнання займає, в залежності від бажаної «глибини» вивчення від декількох хвилин до доби.

Класична форма курсопоказчика, одного з компонентів системи, – горизонтальний ряд світлодіодних індикаторів в пластиковому корпусі. Курсопоказчик розташовується в середині кабіни, в полі периферійного зору водія, зазвичай над кермом або перед важелями керування. Водієві не потрібно переключати увагу на відстеження зовнішніх орієнтирів, тому він менше відволікається від безпосередньо водіння і контролю за приладами. Більш того, рано вранці при низькому сонці або ввечері в сутінках буває важко розглянути пінні маркери або інші орієнтири, а курсопоказчик – завжди перед очима.

Перед початком роботи водій вибирає необхідний маршрут руху, встановлює відстань між рядами і чутливість курсопоказчика. Поточне положення машини в кожен момент часу визначається за допомогою GPS

приймача, а запам'ятовування маршруту, обчислення відхилення від нього і керування індикацією здійснює спеціалізований процесор. Алгоритм керування транспортним засобом за допомогою курсопоказчика дуже простий: якщо індикатори світяться по центру – машина йде правильно, якщо світло почало переміщатися, наприклад, вправо, значить, машина йде вправо – водій повинен компенсувати відхилення від ряду. Якщо водій поїхав з поля для дозакорки або був змушений припинити роботу через негоду, то згодом він може повернутися в точку, де була зупинена робота, і продовжити водіння за обраною раніше траєкторією. Крім варіанту з «світлодіодними індикаторами в пластиковому корпусі» існують системи паралельного водіння з графічним дисплеєм, що формує двовимірне умовне зображення машини, оброблюваного ряду і ліній сітки для візуалізації руху.

Система водіння, об'єднана з агрегатами точного дозування та спеціальним програмним забезпеченням, дозволяє створювати і згодом використовувати карти обробки полів із запам'ятовуванням траєкторії водіння машини. У варіанті звичним став термін «система паралельного водіння», хоча сучасні системи з GPS навігацією дозволяють прокладати і відстежувати як прямолінійні так і криволінійні траєкторії, а також їх поєднання. Системи паралельного водіння підрозділяються на курсопоказчики, системи підкермовування та автопілоти.

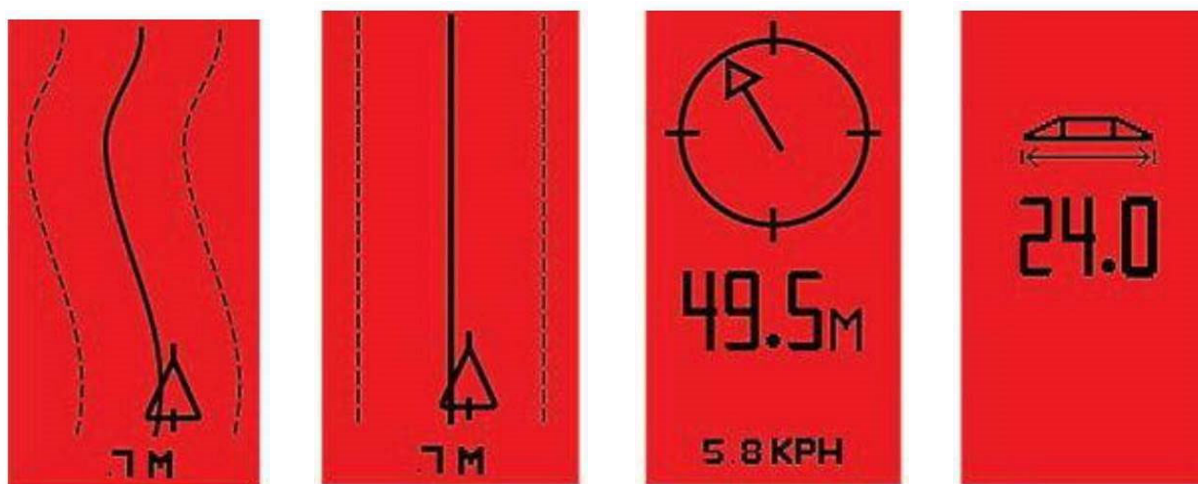
Курсопоказчики є найбільш простими пристроями які показують на світлодіодній панелі або графічному екрані відхилення агрегату від необхідної траєкторії. Вартість таких пристроїв становить 2500-4500 євро (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – GPS- курсовказивник CenterLine 220/230BP

Наприклад, у GPS курсопоказчика CenterLine 220/230BP з лінійкою світлодіодів використовує високоякісний приймач WAAS/EGNOS (рис. 3.7) й

додатково включає: універсальний GPS курсопоказчик у вигляді компактного переносного блоку; навігаційний курсопоказчик з лінійкою світлодіодів і графічний дисплей для видачі повної інформації про дотримання напрямку руху, високоякісну вбудовану GPS з зовнішньою антеною, зносостійку клавіатуру з підсвіткою, легко помітну навіть при недостатньому освітленні. Простота настройки цього GPS курсопоказчика дозволяє без труднощів почати користування системою, за допомогою якої можна встановлювати режими руху по прямій (паралельним курсом) або по криволінійній траєкторії (рис. 3.8). Вбудована функція прогнозування дозволяє передбачити майбутнє положення транспортного засобу, функція повернення до заданої точки, забезпечення подачі на вихід сигналу швидкості, отриманого від радарного датчика для використання з іншими системами, які потребують сигналу швидкості руху відносно поверхні ґрунту.



Вигляд сторінки руху по кривій АВ

Вигляд сторінки руху по прямій

Вигляд сторінки повернення до точки

Екран встановлення робочої ширини захвату

Рисунок 3.8 – Режими роботи GPS курсопоказчика CenterLine 220/230BP

Курсовказівник Track Guide фірми Muller Elektronik має кольоровий дисплей, інформація з якого легко зчитується при будь-яких умовах. Внизу дисплея графічно відображається машина з відповідним курсом. При бажанні зображення можна збільшити. Загальний вигляд зверху можна побачити, натиснувши на кнопку «вид з висоти пташиного польоту» (bird's eye view). Крім цього, існує можливість отримання двомірного і тривимірного зображення. У верхній частині дисплея світлова панель відображає наступні дані: нижня лінія показує поточну відстань до розрахункової смуги, а верхня лінія дає попередній перегляд. Після проїзду навколо поля розраховується площа поверхні і визначаються його межі. Система також дозволяє позначати перешкоди. При наближенні до перешкоди з'являється звуковий сигнал і візуальне попередження.

Прилад оснащений вбудованою пам'яттю, яка здатна зберігати як інформацію про межі поля, так і про місцезнаходження перешкод, і лінії

проходження кожного поля. Крім цього, є функція, що дозволяє привласнювати та реєструвати назви полів. Перерваний робочий процес може бути збережений та відновлено у будь-який час.

Переваги курсопоказчика Track Guide:

– менша кількість перекриття, економія палива та підвищена продуктивність МТА;

– скорочення огривів, що знижує втрати врожаю;

– попередження про перешкоди, що запобігає витратам на ремонт.

Також є інші технологічні можливості пристрою:

– внутрішня пам'ять для робочих файлів об'ємом 1 Гб;

– паралельний і контурний режими; попередження про перешкоди;

– розрахунок площі поверхні, дистанції, швидкості;

– високоякісний 12-канальний DGPS ресивер з вбудованою антеною та магнітною плитою для простої установки і використання сервісу EGNOS DGPS;

– калібрування коригуючого сигналу EGNOS шляхом установки орієнтира (базової станції);

– робота при поганій видимості та робота на грядках;

– становище, зареєстроване в поле, може бути відновлено в будь-який час.

Європейський ринок пропонує і інші системи курсопоказчиків з використанням GPS, додаткова інформація по яким приведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Системи курсопоказчиків

Виробник	Модель	Антенa	Сайт для додаткової інформації
Farm Works	Guide Mate	Raven Phoenix 200	www.farmworks.co.uk
TeeJet	CenterLine 220	Wi-SysWS3910	www.teejet.co.uk
Patchwork	BB Guide	Raven Invista 115	www.patchwork.co.uk
Raven	Envisio Plus	Raven Phoenix 200	www.applicationcontrol.co.uk
Arag	Sirio Light Bar	NovaTel Smart	www.dgps4u.com
Trimble	EZ-Guide Plus 500	Trimble Hurricare	www.ascommunications.co.uk

На даному етапі розвитку сільськогосподарської техніки і відповідних технологій найбільш перспективне використання системи глобального позиціонування GPS для забезпечення паралельного водіння самохідних агрегатів для внесення засобів захисту рослин та добрив із заданим зміщенням відносного попереднього проходу. При їх використанні технологічні операції виконуються з мінімальним перекриттями, економиться робочий час, добрива та засоби захисту рослин. Це дозволяє відмовитися від використання технологічної колії або пінних маркерів. Використання систем паралельного водіння полегшує роботу оператора, дозволяє працювати в темний час доби та в умовах поганої видимості.

3.2.3 Результати використання систем керування з GPS

Оцінка впливу курсопоказчиків різних фірм (табл. 3.1) на точність роботи

з використанням системи навігації DGPS EGNOS та їх ефективності оцінювалася при обробці полів за кількістю помилок, огріхів та допустимого перекриття (рис. 3.9). Площа поля в проведеному порівнянні становила 10 га. Досліджувалася робота обприскувачів з шириною захвату 24 м при швидкості руху 10 км/год за 5 проходів по паралельних лініях. Крок вимірів точності уздовж лінії руху становив 1 м [14].

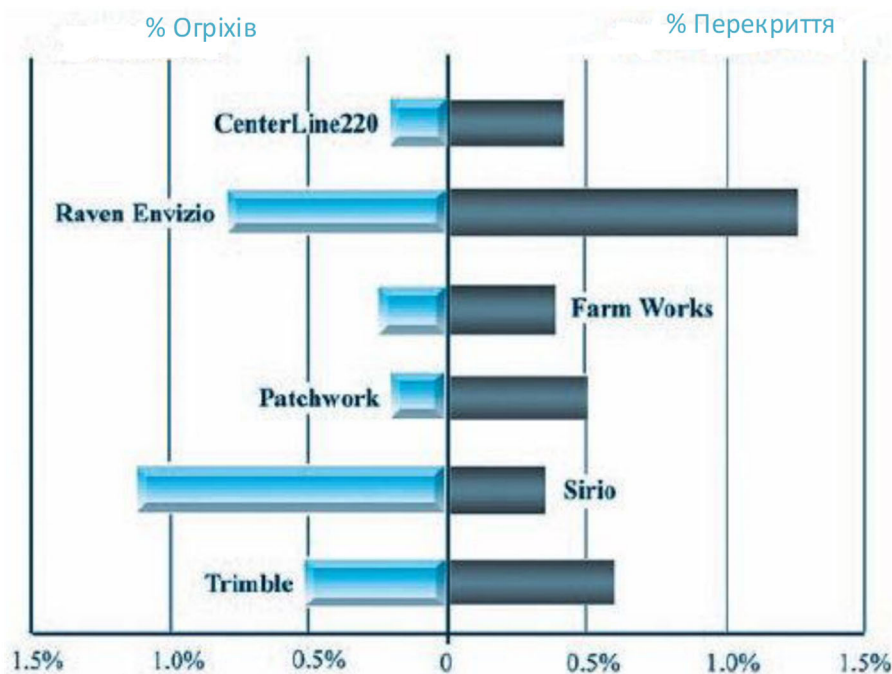


Рисунок 3.9 – Результати порівняння курсовказників

Результати замірів показали, що велику суму балів (80 зі 100 можливих) мають системи CenterLine 220 та Trimble. Нижчі показники по точності забезпечували пристрої Raven Envizio (76 балів) і Sirio (58 балів). У більшості випадків кількість огріхів та перекриття знаходились у межах 0,5%, що характеризує досить високу точність роботи порівнюваних навігаційних пристроїв.

В даний час багато систем паралельного водіння інтегровані в комп'ютерні блоки керування нормою внесення робочої рідини при роботі обприскувачів. Наприклад, компанія TeeJet пропонує систему CenterLine 230 Boom Pilot, що дозволяє автоматично керувати штангою обприскувача (рис. 3.10) за допомогою відключення секцій, що виконують перекриття (повторну обробку посівів).

Вартість подібних інтегрованих систем практично не відрізняється від вартості вихідних компонентів, проте виробничі переваги при їх використанні очевидні:

- виключення помилок в водінні агрегату (точне стикування загонів, недопущення необроблених смуг);
- велика продуктивність (точне стикування, більш висока швидкість руху);
- економія робочого часу;
- зниження напруги і стомлюваності водія агрегату і, як наслідок, більш висока якість його роботи;
- раціональне витрачання паливно-мастильних матеріалів, мінеральних добрив, насіння, засобів захисту рослин.

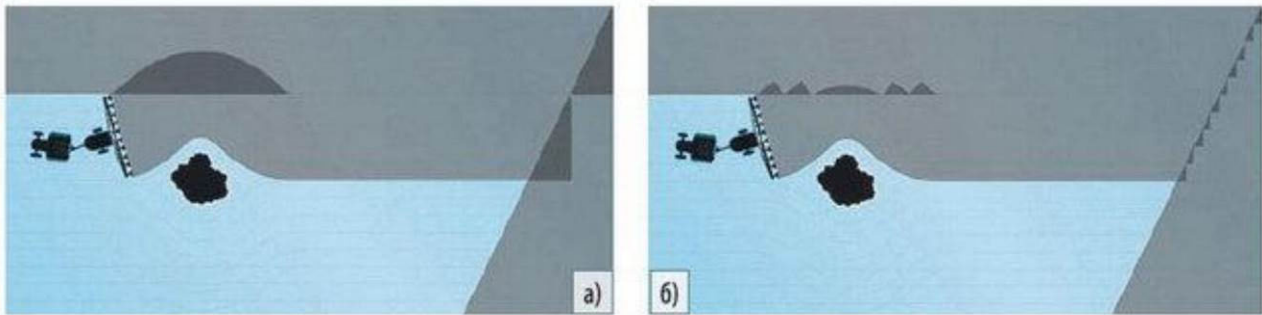


Рисунок 3.10 – Використання GPS навігації на обприскувачах без керування штангою (а) і з системою CenterLine 230 Boom Pilot (б)

На рекомендованому першому етапі впровадження обладнання для точного водіння МТА головною перевагою називається зменшення перекриття між окремими проходами при обробці посівних площ.

Розрахунки проводилися з урахуванням наступних параметрів: 10% перекриття, крім посіву та роботи з технологічної колією (5%); технологія виробництва пшениці озимої без оранки; розмір ділянки 5 га.

Для описаної вище технології економія складе: 0,31 люд. год/га робочого часу; 6,12 €/га змінних витрат, з них 3 л/га дизельного палива за ціною 0,85 €/л. До цього додається зниження втрат насіння, добрив і засобів захисту рослин: 3,2 €/га вартість насіння; 5,0 €/га азотних добрив; 11,6 €/га інших добрив; 5,4 €/га засобів захисту рослин. У сумі виходить економія 26,3 €/га.

При вартості обладнання 20000 € і терміні амортизації 10 р., а також з урахуванням річної вартості експлуатації 3000 € беззбитковість використання даної системи забезпечується при використанні на площі 180-300 га.

Реальною цифрою для подальших розрахунків може бути інформація про наявність 3,4-10,0% перекриття при роботі за традиційними технологіями. Перевірка в умовах господарств показала наявність на посівах з технологічною колією перекриття в межах 3,8-5,2% площі. У чисельному вираженні типова величина перекриття при ширині технологічної колії 12 м становить 45,2-62,3 см.

Системи керування фірми John Deere за інформацією виробника скорочують перекриття на 10%. Реальна точність водіння систем CenterLine (США) і TRACK Guide (Німеччина) становить 30 см.

Таким чином, можливе перекриття площі може бути зменшено до 2,7-3,0%. Різниця між ефектом роботи з технологічною колією та застосуванням системи GPS становить 1,1-2,2%. В умовах реальної експлуатації сільськогосподарської техніки дана величина може бути не суттєва для отримання економічного ефекту і окупності системи водіння з GPS.

Ефективність застосування систем паралельного водіння підтверджено результатами випробувань пристрою Outback S фірми Agrosom, проведених університетом Хохенхайм (Німеччина) в ряді німецьких агропідприємств (табл. 3.2, 3.3).

Наведені дані свідчать про певну ефективність застосування систем паралельного водіння. При середній вартості одного комплекту близько 7 тис. дол. США неважко підрахувати, що система, яка використовується,

наприклад, при обприскуванні полів загальною площею 1000 га, окупується фактично за один сезон. Економічна ефективність застосування пристроїв в технологіях вирощування основних сільськогосподарських культур досить висока (табл. 3.3).

Таблиця 3.2 – Економічна ефективність застосування системи паралельного водіння Outback S в умовах Німеччини

Назва операції	Прибуток, €/га
Внесення добрив, F	2,36-9,50
Обприскування (захист рослин), S	5,43-8,23
Культивація ґрунту (без оранки), T	0,56-1,47
Вапнування (розприскувачем), L	близько 11,50
Внесення рідкого добрива, M	2,49-3,25
Збирання зелених кормів, H	1,40-7,63

Таблиця 3.3 – Розрахунковий прибуток при використанні пристрою Outback S в умовах Німеччини

Назва культури	Робочі операції*	Прибуток, €/га
Озима пшениця	F, S, T	17,69-18,01
Озима пшениця	F, S, T, M	19,34
Озимий ячмінь	F, S, T	16,43-16,75
Яра пшениця	F, S, T	11,89-13,39
Яра пшениця	F, S, T, L	24,60
Озимий ріпак	F, A, T	16,43-16,75
Зелений корм	F, M, H	18,79-20,25
Цукровий буряк	F, Сівба	6,96-7,12

Примітка: * індекси операцій позначено в табл. 3.2.

Зарубіжний досвід налічує набагато більше подібних приладів: це відома компанія John Deere з приладом Green Star Parallel Tracking System, і менш відомі: Mid-Tech Center-Line, Raven RGL 500, Cultiva ATC, Outback S тощо. Однак, незаперечним лідером в даному напрямі на сьогоднішній день є компанія Trimble з сімейством навігаційних приладів серії AgGPS, які широко застосовуються в точному землеробстві Європи, США та Канади.

Фірма Agrosom, дочірнє підприємство фірми Class пропонує ручну систему паралельного водіння Outback S та систему автопілоту – e-Drive (рис. 3.11).

Американська фірма Autofarm пропонує автоматичні системи водіння у всіх класах точності (10-30 см, 5-10 см і 2 см).

Фірма John Deere пропонує як ручні так і автоматичні системи водіння з точністю водіння 10-30 см і 5-10 см (рис. 3.12).

Фірма LH Agro пропонує курсопоказчик CenterLine, а також автопілот Field Pilot.

Фірма WTK Elektronik пропонує модуль паралельного водіння для свого терміналу. З цього терміналу можна управляти всіма навісними знаряддями.

Outback S

- вбудований GPS приймач, що працює з поправками eDif, EGNOS (OmniStar);
- дві групи світлодіодних індикаторів, що вказують напрям обертання рульового колеса та поточний стан відносно траєкторії;
- водіння як по прямій, так і по криволінійній траєкторіях.



Рисунок 3.11 – Навігаційна система фірми Agrosom

GreenStar™ Parallel Tracking



- GPS приймач StarFire, переміщений з антеною, працює споправками SF1, SF2, EGNOS;
- Зручна для восприяття, великий ЖК дисплей, універсальний для всіх систем John Deere
- Всі дані, які отримували під час роботи, зберігаються на карті пам'яті для наступної обробки на комп'ютері.

Працює з використанням диференціальних поправок SF1 і SF2, що діють у всіх регіонах земної кулі!

Рисунок 3.12 – Навігаційна система фірми John Deere

Американська фірма Trimble пропонує дооснащення практично для всіх типів тракторів і комбайнів у вигляді ручних системи керування, а також системи часткового автопілоту з точністю 10-30 см і 5-10 см та систему повного автопілоту з точністю 2 см.

Система EZ-Guide Plus об'єднує в одному корпусі яскраві світлодіодні індикатори відхилення від заданої траєкторії, рідкокристалічний дисплей, що добре читається навіть при сильному сонячному світлі та вбудований приймач сигналів GPS (рис. 3.13). Ці особливості конструкції забезпечують максимальні зручності при водінні – яскраві світлодіодні індикатори вказівки маршруту забезпечують просте і точне водіння в будь-який час дня чи ночі, рідкокристалічний дисплей в графічному вигляді показує поточний стан транспортного засобу і забезпечує водія додатковою інформацією при розворотах або водінні по криволінійній траєкторії [15].

AgGPS EZ-Guide® Plus

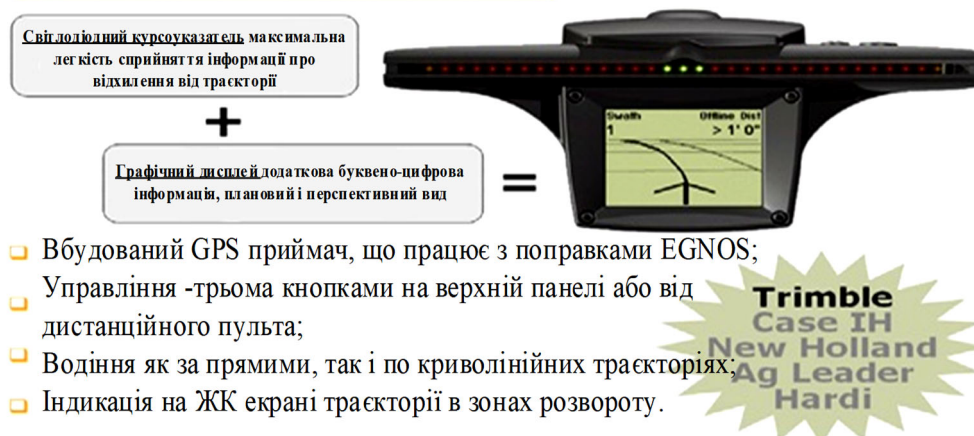


Рисунок 3.13 – Навігаційна система фірми Trimble

Перевагами приладу є:

- доступна вартість і простота у використанні;
- збільшення продуктивності, ефективності та прибутковості польових робіт;
- забезпечує точність 30 см паралельного водіння;
- підтримує прямі, криволінійні та кругові шаблони руху;
- рідкокристалічний дисплей спрощує водіння по кривій і розвороти;
- можливість розширення функцій до автоматичного водіння та створення карт полів;
- інвестиції в прилад окупаються за один сезон.

Встановлення та налагоджування системи EZ – Guide Plus займає всього декілька хвилин, також швидко відбувається освоєння приладу водієм. Повне керування системою здійснюється за допомогою всього лише 3-х кнопок, а для додаткової зручності керування системою може використовуватися 6-ти кнопковий виносний пульт.

При використанні для водіння системи EZ-Guide Plus роботи виконуються швидше, ніж при звичайному способі водіння. В результаті знижується вартість обробки площі і звільняються ресурси, які можна використовувати на інших роботах. Система дозволяє більш продуктивно використовувати час, що особливо важливо в розпал польових робіт, так як можна працювати не тільки вдень, але і вночі або в умовах поганої видимості.

Система паралельного водіння EZ-Guide Plus, також знижує втомлюваність водія і збільшує безпеку при проведенні сільськогосподарських робіт. Використання системи дозволить відразу ж відчути матеріальну вигоду від застосування, оскільки при водінні виключаються пропуски і перекриття між рядами, що в свою чергу економить насіння і добрива, знижує витрати на паливо. Таким чином, знижується загальна собівартість продукції (рис. 3.14).

Система EZ-Guide Plus легко справляється з пропусками при посіві або внесенні добрив, зумовленими під'їзними дорогами або іншими природними перешкодами, завдяки прогресивній функції на основі шаблону «А+».

Вбудований приймач сигналів GPS дозволяє виводити інформацію про

поточне місцезнаходження по протоколу NMEA для зовнішніх пристроїв. Це дозволяє використовувати прилад при виконанні широкого спектру сільськогосподарських робіт: при посіві, картографуванні полів, для відображення поточної області обробітку та при моніторингу врожайності.

Система EZ-Guide Plus це ударостійкий високопродуктивний прилад, який відповідає зростаючим потребам. Виходячи із завдань, система EZ-Guide Plus може бути розширена шляхом додавання нових функціональних можливостей. Для додавання функцій автоматичного водіння на основі найбільш передових та точних технологій просторового позиціонування – DGPS й RTK можливо придбати систему AgGPS Autopilot (рис. 3.14).

EZ- Guide Plus з зовнішніми GPS приймачами

Використання спільно з AgGPS E Z-Guide Plus зовнішнього GPS приймача, обісчівующего прийом платних диференціальних поправок дозволяє увелічить динамічну точність водіння.



AgGPS 132

"Класика" навігаційних

GPS приймачів

- ☐ EGNOS
- ☐ OmniSTAR VBS

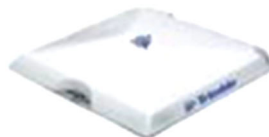


AgGPS 252

Компактний,

поєднаний з антеною

- ☐ EGNOS
- ☐ OmniSTAR VBS
- ☐ OmniSTAR HP/XP



AgGPS 332

Універсальний,

нового покоління

- ☐ EGNOS
- ☐ OmniSTAR VBS
- ☐ OmniSTAR HP/XP



Рисунок 3.14 – Навігаційні системи фірми Trimble

Для отримання 10-ти сантиметрової точності паралельного водіння (від ряду до ряду) використовується спільно з системою EZ-Guide Plus приймач AgGPS 332 або AgGPS 252 (рис. 3.15). Такий комплект ідеально підходить для точного водіння при обробці ґрунту. Компанія Trimble пропонує перевірені реальною роботою додаткові опції, що дозволяють отримати більшу віддачу від інвестицій без витрат на заміну обладнання.



Рисунок 3.15 – Високоточний GPS приймач AgGPS 252

Прилад, сконструйований за принципом «все в одному» містить

GPS/DGPS/RTK приймач та антену з можливістю підключення радіо модема для RTK режиму.

Переваги приладу:

- двох частотний GPS приймач з антеною;
- вибір точності залежить від потреб. Це DGPS Beacon, WAAS, EGNOS, OmniSTAR VBS або більш висока точність OmniSTAR HP або RTK (з базовою станцією);
- легко модернізується до більш високих рівнів точності;
- дає повторюваність з року в рік для використання «старої» траєкторії руху.

Високоточний приймач AgGPS 332, може застосовуватися на будь-яких сільськогосподарських роботах. Залежно від комплектації і налаштування може забезпечити точність від 30 до 3 см (рис. 3.16).



Рисунок 3.16 – Високоточний GPS приймач AgGPS 332

GPS приймач виконано в окремому корпусі і забезпечено рідкокристалічним екраном з панеллю керування, що дозволяє просто і швидко виконати налаштування. Модульна конструкція дозволяє вибрати оптимальну конфігурацію обладнання.

3.2.4 Підрулюючий пристрій AgGPS EZ-Steer

Системи підрулювання підключаються до рульового керування машини і самостійно ведуть агрегат по заданій траєкторії. Такі системи мають наступні переваги [14]:

- рентабельність, простота встановлення та використання;
- встановлення антени займає всього лише кілька хвилин. Система підключається до керма – підключення до гідравліки не потрібно;
- знижує напругу та втомлюваність водія, що виключає помилки в керуванні;
- застосовується при обробці ґрунту, внесення добрив, обприскуванні отрутохімікатами, посіві та збиранні врожаю.
- система AgGPS EZ-Guide – проста та ефективна.

До системи точного водіння AgGPS EZ-Guide Plus можливо додати

систему автоматичного керування AgGPS EZ-Steer (рис. 3.17). Система автоматичного керування AgGPS EZ-Steer використовує дані, що надходять від системи точного водіння AgGPS EZ-Guide Plus для керування спеціальним електричним мотором, підключеним до керма транспортного засобу. Таким чином, система EZ-Steer здійснює керування машиною та знижує втомлюваність водія. Оскільки система EZ-Steer бере на себе завдання утримання машини на заданому маршруті, ви можете зосередитися на більш важливих справах, таких як контроль роботи навісного обладнання або обприскувача, що дозволить підвищити якість польових робіт.



Рисунок 3.17 – Система автоматичного керування Trimble AgGPS EZ-Steer

Система EZ-Steer застосовується при обробці ґрунту, внесенні добрив, обприскуванні і збиранні врожаю. При посіві бажано використовувати систему EZ-Steer спільно з приймачами AgGPS 252 і AgGPS 332 та диференціальним сервісом Omnistar HP/XP.

Система EZ-Steer максимально проста в установці, налаштуванні та використанні. Встановлення системи займає, як правило, менше 30 хвилин з використанням одного гайкового ключа. Налаштування проводиться в меню системи EZ-Guide. Необхідно лише ввести розміри транспортного засобу і система готова до роботи. Для передачі керування системі EZ-Steer потрібно всього лише вивести трактор на пряму або криволінійну траєкторію та натиснути кнопку «Підключити», і система приступить до автоматичного керування й маневрування. Якщо необхідно взяти керування на себе, достатньо всього лише злегка повернути рульове колесо і система EZ-Steer автоматично відключиться.

Вже після декількох хвилин використання системи EZ-Steer можна переконатися в тому, що система акуратно керує трактором і точно веде його по заданому маршруту. Таким чином, виключаються помилки водія, що викликані втомою або неуважністю.

Підкермовуючий пристрій для Trimble EZ-Steer забезпечує автоматичне керування з точністю до 12 см та дозволяє виключити помилки механізатора й не потребує втручання у гідравліку.

Підкермовуючий пристрій для Raven Cruiser Smart Steer забезпечує

автоматичне керування з точністю до 8 см, допомагаючи виключити помилки механізатора (рис. 3.18). Пристрій також не потребує втручання у гідравліку.



Рисунок 3.18 – Підкермовуючий пристрій Raven Cruiser Smart Steer



Рисунок 3.19 – Підкермовуючий пристрій AutoFarm OnTrack

Підкермовуючий пристрій AutoFarm OnTrack забезпечує автоматичне керування з точністю до 8 см, допомагаючи виключити помилки механізатора (рис. 3.19). Встановлюється на рульове керування і не вимагає втручання у гідравліку.

3.2.5 Системи автопілотування

Система Trimble AgGPS Autopilot здійснює автоматичне водіння трактора з точністю 2,5 см на всіх операціях від посіву до збирання врожаю використовуючи будь-які шаблони руху. Вона збільшує робочий час, таким чином, що можливо працювати тоді, коли необхідно. При цьому скорочуються агротехнічні терміни, економиться паливо та матеріали [15].

Система Autopilot інтегрується в рульову систему трактора, тому можна з кабіни вибрати траєкторію руху і спостерігати за роботою системи. Після того як машина опинилася на початку ряду, система почне автоматичне керування, одночасно відображаючи на екрані курс (рис. 3.20).



1 – дисплей курсопоказчика AgGPS; 2 – антена приймача GPS GLONASS; 3 – контролер; 4 – датчик повороту; 5 – гідроклапан; 6 – RTK базова станція

Рисунок 3.20 – Система Trimble AgGPS Autopilot

Технологія компенсації нерівності поля гарантує роботу системи на схилах. Внутрішній датчик положення виправляє помилки викликані нахилом або поворотом машини, гарантуючи точне визначення положення трактора.

Автопілот e-Drive виключає «людський фактор» при роботі з системами паралельного водіння. Автопілотування відрізняється від паралельного водіння тим, що:

- відхилення від заданої траєкторії, що розраховується GPS приймачем, через спеціальні пристрої вводяться безпосередньо в систему керування ходовою частиною, забезпечуючи рух по маршруту без втручання механізатора;
- досягається точне автоматичне водіння протягом усього вегетаційного періоду;
- виконується автоматичне водіння без маркерів в період сівби за показаннями GPS;
- підвищується якість роботи, скорочується трудомісткість.

Клапан керування – керуючий клапан, вбудований безпосередньо в гідросистему. Виконавчим органом системи «Автопілот» є трактор. Отримуючи команди від контролера, клапан автоматично керує поворотним механізмом трактора. Для зворотного зв'язку використовується датчик положення коліс. Інформація про поворот коліс використовується для уточнення керуючих команд.

Контролер AgGPS NavController II використовує дані від GPS приймача та внутрішніх датчиків та передає команди до системи керування.

Датчик рульового керування AgGPS AutoSense отримує інформацію про напрям руху, не використовуючи рухомі частини або тяги, і безперервно надсилає інформацію на контролер AgGPS NavController II.

3.2.6 Мобільні опорні станції RTK

Для досягнення за допомогою двохчастотного приймача GPS

максимальної точності 2,5 см, потрібна опорна (базова) станція. Абсолютна точність 2,5 см зберігається протягом декількох років. Таким чином, один раз виміряну точку або колію можна знову знайти через рік з точністю 2,5 см.

Опорна станція складається з приймача GPS RTK з блоком електропостачання та радіомодема. Час ініціалізації знаходиться в діапазоні менше однієї хвилини.

За допомогою даного модему параметри корекції можуть передаватися на відстань приблизно 3-10 км. Коригувальний сигнал не затінюється деревами або будівлями.

Опорну станцію можна привезти в багажнику і встановити на краю поля (на це знадобиться приблизно 3 хв.). Якщо в одному господарстві використовується декілька приймачів GPS RTK (на транспортних засобах), то достатньо буде лише однієї опорної станції. Вбудований акумулятор забезпечує хорошу працездатність системи в мобільному режимі.

Крім того, параметри місцезнаходження можна вносити в пам'ять, так що навіть в мобільному режимі можна здійснювати роботи, що вимагають повторюваної максимальної точності.

Особливості системи автоматичного водіння на прикладі використання Autopilot:

- система AgGps Autopilot здатна здійснювати автоматичне водіння сільськогосподарської техніки з точністю до 2,5 см на всіх операціях від посіву до збирання використовуючи будь-які шаблони руху;
- забезпечується робота на будь-яких операціях, в тому числі при низьких швидкостях руху, ефективність роботи в нічний час не знижується;
- система Autopilot інтегрується в гідравліку рульового керування;
- механізатор може з кабіни вибрати траєкторію руху і спостерігати за роботою системи, знижується втомлюваність, підвищується продуктивність праці;
- технологія компенсації рельєфу ТЗ гарантує роботу системи на нерівних полях;
- економія паливо-мастильних матеріалів до 20%, а також насіння, мінеральних добрив та засобів захисту рослин.

Система «Autopilot» складається з наступних компонентів:

- система паралельного водіння AgGPS EZ-Guide 500 RTK;
 - комплект обладнання для гідросистеми рульового керування трактора та датчики;
- базова станція RTK.

Керування транспортним засобом здійснюється через гідравлічну систему. Команди керування на виконавчі органи формуються в контролері системи Autopilot NavController II. Контролер оснащено датчиками повороту і прискорень по трьох осях. Обробляючи дані від GPS приймача і вбудованих датчиків, контролер керує поворотним механізмом машини.

Виконавчим органом системи «Autopilot» є керуючий електрогідравлічний клапан, який вбудовано безпосередньо у гідросистему трактора. Отримуючи команди від контролера, клапан автоматично керує поворотним механізмом трактора. З'єднання масляних магістралей проводиться додатковими шлангами та фітінгами.

Для зворотного зв'язку використовується гіроскопічний або потенціометричний датчик положення коліс. Інформація про кут повороту коліс використовується для уточнення керуючих команд.

3.3 GPS моніторинг автотракторної техніки

GPS моніторинг автотракторної техніки призначено для спостереження і контролю стану будь-яких рухомих об'єктів – легкових і вантажних машин, автобусів, сільськогосподарської та дорожньої-будівельної техніки, річкових і морських судів.

Така система моніторингу дає повний контроль над транспортним парком, зможе виявити і усунути всі зловживання, такі як «ліві» рейси, накрутки спідометра, зливи палива, покупка «липових» чеків на АЗС та ін. Система GPS моніторингу допоможе спростити і навіть повністю автоматизувати облік.

За допомогою системи GPS моніторингу ви побачите місце розташування своїх машин, їх швидкість та напрям руху, пробіг і зупинки, перетин заданих вами контрольних зон, відхилення від маршрутів і графіків, витрата палива за вибраний період, витрата на 100 км, на 1 га, а також місце, час і обсяг всіх заправок та зливів палива.

Будь-яка система GPS моніторингу складається з двох складових: бортового обладнання (GPS трекери і датчики рівня палива) і програмного забезпечення з картами та звітами (рис. 3.21).



Рисунок 3.21 – GPS моніторинг автотракторної техніки

Бортове обладнання встановлюється на рухомих об'єктах. Для простих завдань (легкові машини, невеликі вантажівки) встановлюються компактні і недорогі GPS трекери, які передають дані про місцезнаходження машин, їх швидкості та напрями руху, перетині контрольних зон, дотриманні графіків і маршрутів. Для дизельних вантажівок, будівельної та сільськогосподарської техніки встановлюються більш складні багатофункціональні GPS трекери з

можливістю підключення різноманітних аналогових і цифрових датчиків – палива, температури, мотогодин, обертів, ідентифікації водіїв та ін.

Бортові GPS-трекери системи моніторингу мають датчики курсових і бічних прискорень (акселерометри) для точного підрахунку пробігу, вбудовані акумулятори для безперебійної роботи (4...24 години в залежності від моделі) і внутрішню пам'ять (3000...64000 точок в залежності від моделі).

3.3.1 GPS трекери для моніторингу транспорту

Коло завдань, що вирішуються за допомогою системи GPS моніторингу транспорту, дуже широкий. Навіть в одній цільовій групі клієнтів завдання розрізняються. Одного керівника турбують зловживання з паливом, а у іншого машини давно переведені на газ, але він хоче виключити «ліві» рейси та накрути спідометра. Третій впровадив сучасну систему логістики, яка допомагає оптимально розрахувати маршрути, пробіг і витрати на паливо, але от лихо – в реальності все виходить зовсім не так: пробіг виходить більше, палива також витрачається більше, час у дорозі не збігається з розрахунковим, загалом, план постійно розходиться з фактом.

GPS трекери/маячки розрізняються за ціною, розмірами і технічними можливостями. Найпростіші з них призначені головним чином для контролю параметрів руху: розташування, швидкості, напрямку руху, пробігу, перетину контрольних зон. До складніших і дорожчих можуть підключатися різні датчики, наприклад паливні, температурні, відкриття/закриття дверей, обертів двигуна, мотогодин тощо. Перевагою системи GPS моніторингу є можливість роботи в ній різних типів бортових GPS трекерів/маячків. Завдяки цьому, витративши мінімальні кошти, в гранично короткий термін отримаєте економічний ефект від впровадження системи GPS моніторингу. На рис. 3.22 наведено GPS трекер/маячок Teltonika FMB920.



Рисунок 3.22 – GPS трекер/маячок Teltonika FMB920

Мініатюрний корпус, вбудовані GPS/GSM антени, резервний акумулятор на 1-2 год, підключення запалювання, дистанційне блокування двигуна. Нормативний контроль палива. Віддалене програмування. Робота в ПО і WEB-

сервісі, є мобільний додаток. Можливість платного і безкоштовного GPS моніторингу.

GPS маяк – ще один рубіж у захисті вашого автомобіля. Скритне розташування не визначається сканером. Працює в гаражі і в підземному паркінгу. Визначає місце розташування по GPS та базових станцій стільникового зв'язку. Не вимагає зовнішнього живлення – до 4 років на одній батареї. Контроль з телефону та комп'ютера.

3.3.2 Програмне забезпечення системи GPS моніторингу транспорту

Друга складова будь-якої системи GPS-моніторингу – програмне забезпечення (ПЗ) з вбудованими мапами та звітами. Крім цього програмне забезпечення працює з WEB-мапами і супутниковими знімками.

Можливі два варіанти організації робочого місця диспетчера системи моніторингу: клієнтське ПЗ та WEB-сервіс (WEB-інтерфейс).

WEB-сервіс використовується, якщо ви контролюєте невелику кількість машин і вас цікавить головним чином оперативний GPS моніторинг місця розташування. WEB-сервіс доступний з будь-якого комп'ютера, але працює тільки через Інтернет. Це скоріше віртуальний, ніж реальний GPS моніторинг. WEB-сервіс дійсно дуже простий і зручний, але в більшості випадків він абсолютно не підходить.

Одна з багатьох причин – неможливість по справжньому якісно обробляти інформацію про витрату палива в такій системі моніторингу. Справа в тому, що не існує повністю автоматичного контролю палива. Завжди можливі ситуації, коли програма скаже, що злив був, а водій скаже, що зливу не було. Розібрати цю ситуацію і відповісти на питання однозначно можна тільки, якщо всі дані GPS моніторингу знаходяться в Вашому комп'ютері і обробляються там же (з можливістю зміни алгоритмів кривої витрати палива).

Наступна причина – дані в WEB-сервісі не зберігаються довго. Як правило, не більше місяця. Звіт в такій системі моніторингу можна сформуванати тільки за обмежений період – не більше місяця. Трек руху машин можна побачити не більше ніж за три дні одночасно. Швидкість формування треку і звітів набагато повільніша, ніж у варіанті з клієнтським програмним забезпеченням, адже ні даних про рух, ні самої програми у вас немає. У WEB-сервісі неможлива індивідуальна настройка програми – адже реально у вас її немає, і ви бачите загальну для всіх програму в Інтернеті. Тобто WEB-сервіс як би підганяє ваші індивідуальні потреби під свої можливості.

Безумовно перевагою системи моніторингу з WEB-сервісом є можливість бачити місце розташування своїх машин з будь-якого місця і з будь-якого комп'ютера, планшета, смартфона.

Диспетчерське програмне забезпечення системи моніторингу застосовується, якщо крім даних про рух, ви контролюєте витрату палива, ідентифікацію водіїв та причіпного обладнання та ін. В цьому випадку всі дані, що надійшли від ваших машин, зберігаються безпосередньо в вашому комп'ютері, обробляються там же і доступні в будь-який час, причому Інтернет

для цього не потрібен. Можливе створення векторних мап необхідних ділянок місцевості. Рух техніки відображається на WEB-мапах та супутникових знімках (рис. 3.23), а також за бажанням на 30 вбудованих векторних мапах, які працюють взагалі без Інтернету.

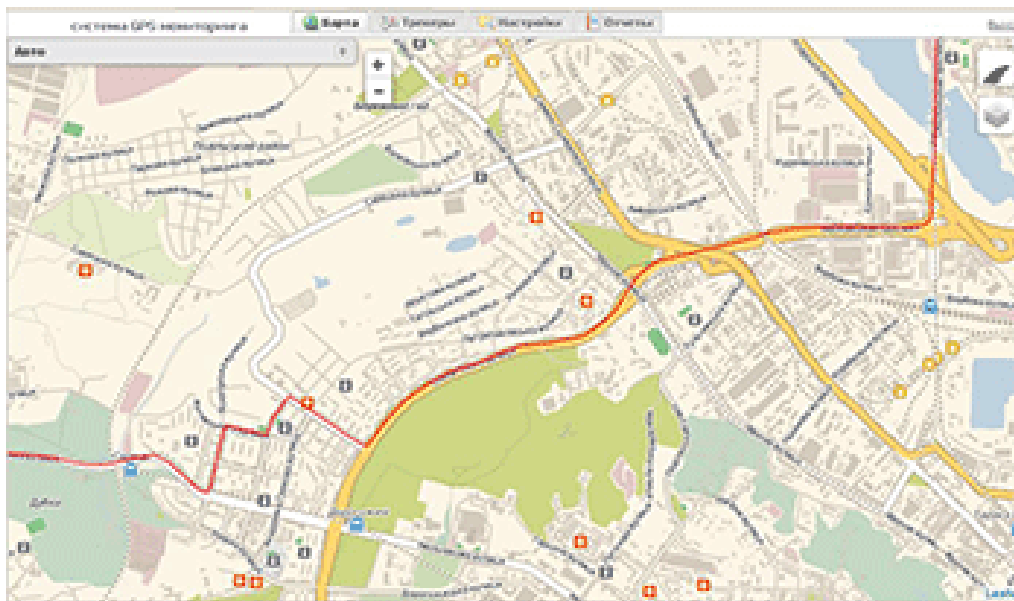


Рисунок 3.23 – Рух техніки відображається на WEB-мапі

Диспетчерське ПЗ не має обмежень по терміну зберігання даних. Відповідно, можна формувати треки руху, графіки витрати палива, звіти за будь-який великий період часу і відбувається це дуже швидко, адже ці дані вже знаходяться у вашому комп'ютері. Таким чином диспетчерське програмне забезпечення GPS моніторингу підходить не тільки для онлайн стеження, а й для аналізу і статистики.

Налаштування програми системи моніторингу можна зробити індивідуальними – ви самі підганяєте її під ваші потреби, а не вона підганяє ваші потреби під свої можливості, як у випадку з WEB-сервісом. Якщо вам потрібно бачити дані про рух і стан своїх машин на кількох комп'ютерах, то програму GPS моніторингу можна встановити на них.

3.3.3 *GPS моніторинг сільськогосподарської техніки*

Система GPS моніторингу сільськогосподарської техніки дозволить виключити нецільове використання техніки і та палива, надає можливість контролювати роботу сільгосптехніки в режимі реальному часі та дозволяє зводити до мінімуму простої, ефективно розподіляючи ресурси (рис. 3.24). Весь цикл робіт буде під контролем. Оператор буде знати реальне число відпрацьованих годин для кожної одиниці техніки, її місцезнаходження в даний час, історію переміщень на місцевості за будь-який період часу, реальну витрату палива, точну площу оброблених полів та інші важливі показники.



Рисунок 3.24 – GPS-моніторинг в сільському господарстві

В даний час, споживачами – сільськогосподарськими підприємствами віддається перевага комплексного обслуговування, де надається крім контролю за пересуванням сільськогосподарської техніки, також повний контроль за витратою палива, роботою причіпних механізмів, формування баз даних оброблених полів (які роботи виконані, в який час, що посіяно та ін.) для системи точного землеробства (рис. 3.25).

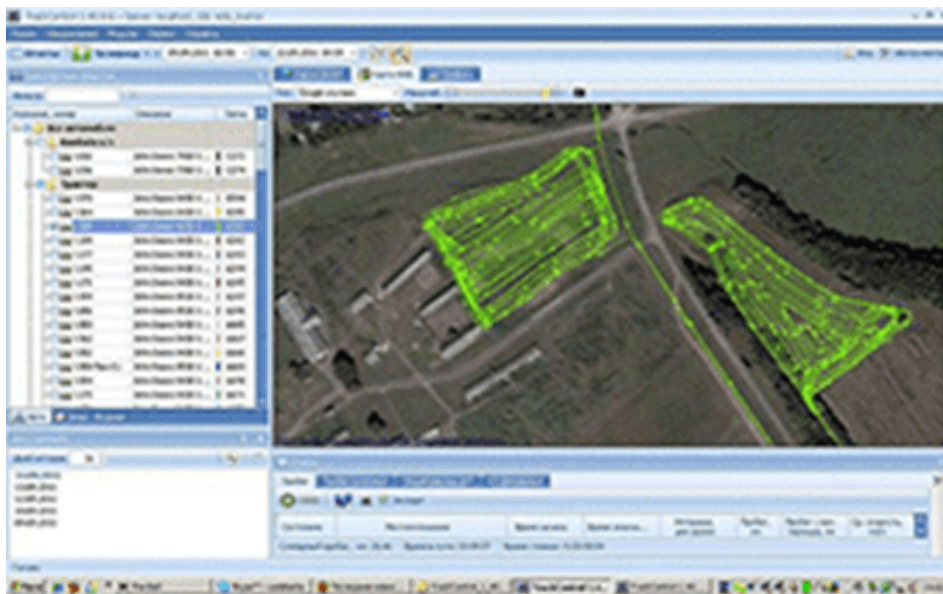


Рисунок 3.25 – GPS-моніторинг контролю оброблення полів

GPS-моніторинг сільськогосподарської техніки дозволяє контролювати всі технологічні процеси від отримання бензовозом палива, до кінцевого списання палива на конкретній одиниці техніки та одиницю виконаної роботи.

Максимальний результат від застосування систем точного землеробства можливий при створенні власних електронних мап полів вашого господарства. Дані зібрані з нанесенням на електронні мапи полів дозволять вам використовувати всю доступну інформацію в зручному для вас вигляді,

класифікуючи її та використовуючи інформацію із сівозмін, врожайності, типам ґрунтів, хвороб, внесенням добрив та засобів захисту рослин.

Функціональність електронної мапи полів дає можливість вести точне урахування та контроль всіх сільськогосподарських операцій, оскільки спирається на точні знання: площ полів, довжину доріг, інформації про поля та ін.; допомагає провести більш повний аналіз умов, що впливають на розвиток рослин на даному конкретному полі (або навіть на ділянках 100x100 м або 10x10 м); слугує оптимізації виробництва з метою отримання максимального прибутку, а також раціонального використання всіх учасників виробничого процесу.

Системи паралельного водіння на базі GPS навігації точна та економічно вигідна технологія для сільськогосподарського землеробства. Її можна використовувати спільно з контролем роботи широкозахватних агрегатів. За допомогою систем паралельного водіння можна керувати технікою прямолінійно або криволінійно, зменшувати до мінімуму перекриття і не перетинати сусідні заїмки.

Ефект впровадження системи GPS-моніторингу в вашому господарстві: підвищення ефективності використання техніки; спрощення та автоматизація технологічних процесів; контроль за нецільовим використанням техніки; недопущення випадків зловживання з паливом; зниження витрат на паливо та обслуговування техніки; підвищення контролю за роботою техніки; скорочення простоїв; підвищення дисципліни водіїв; підбір оптимального розміру парку техніки; уточнення площі ваших полів; постійний доступ до великої аналітичної інформації та звітів; збільшення терміну експлуатації автотракторної техніки; підвищення ймовірності знаходження і повернення викраденої техніки; забезпечення безпеки техніки та працівників.

3.3.4 GPS моніторинг і контроль роботи трактора і комбайна

Типове оснащення системою GPS моніторингу і контроль роботи трактора і комбайна наведено на рис. 3.26, 3.27.

Контроль роботи трактора.

Контроль місця розташування дозволяє визначати положення трактора на мапі у режимі реального часу або в будь-який заданий час.

Контроль зупинок дозволяє бачити всі зупинки трактора на мапі та точний час, проведений на них.

Контроль маршруту дозволяє переглядати маршрут трактора за будь-який обраний час, інтервал та фіксувати всі відхилення від нього.

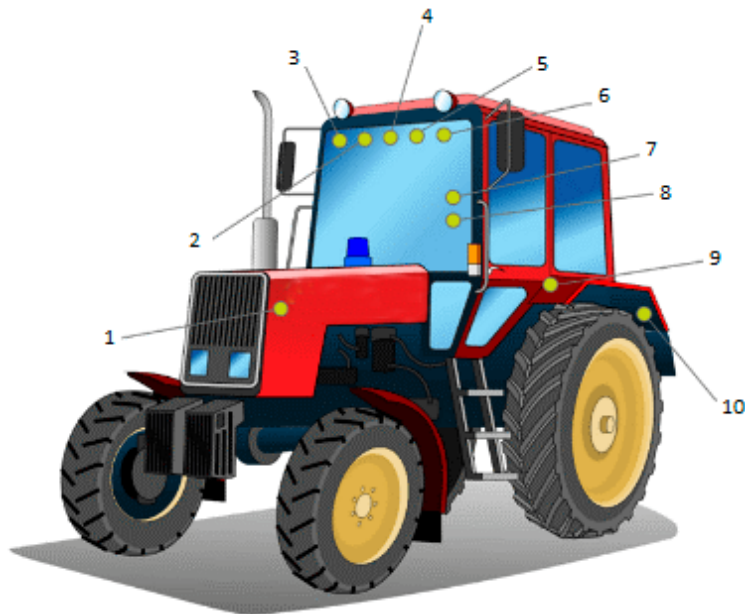
Контроль пробігу дозволяє контролювати пробіг трактора за будь-який обраний період часу.

Контроль роботи двигуна.

Контроль мотогодин дозволяє реєструвати і контролювати реальний час роботи двигуна трактора.

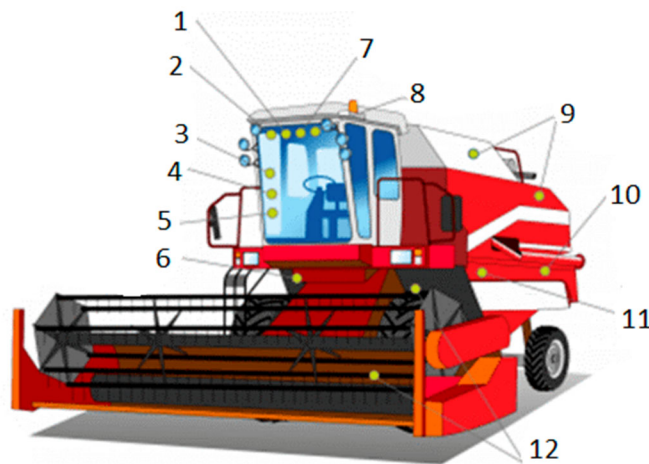
Контроль обертів дозволяє визначати поточні обороти двигуна, неприпустимі перевищення і небезпечно низькі обороти двигуна, що дозволяє продовжити ресурси силового агрегату, коробки передач, мостів і підвіски.

Контроль температури дозволяє контролювати поточну температуру і встановлювати факти роботи трактора з непрогрітим або перегрітим двигуном. З'являється можливість побачити несправності системи охолодження двигуна і запобігти виходу двигуна з ладу.



1 – датчик витрати палива; 2 – датчик режимів роботи; 3 – ідентифікатор водія; 4 – система голосового зв'язку з водієм; 5 – відеокамера; 6 – ГЛОНАСС/GPS трекер; 7 – ГЛОНАСС/GPS передавач; 8 – GSM передавач; 9 – датчик рівня палива в баку; 10 – датчик роботи навісного обладнання

Рисунок 3.26 – Система моніторингу трактора



1 – датчик режимів роботи; 2 – ідентифікатор водія; 3 – ГЛОНАСС/GPS трекер; 4 – ГЛОНАСС/GPS передавач; 5 – GSM передавач; 6 – датчик витрати палива; 7 – система голосового зв'язку з водієм; 8 – відеокамера; 9 – датчик об'єму (моніторинг завантаження); 10 – датчик рівня палива в баку; 11 – датчик технічного стану; 12 – датчик роботи додаткового обладнання (жатка, молотильний апарат)

Рисунок 3.27 – Система моніторингу комбайна

Контроль тиску масла дозволяє виявляти випадки низького тиску масла двигуна для своєчасного прийняття рішень про їх усунення.

Контроль витрати палива.

Контроль рівня палива в баку дозволяє відстежувати всі заправки та зливи палива, а також кількість палива в баку в будь-який момент часу.

Контроль витрати палива дозволяє контролювати миттєву витрату палива, витрата палива за вибраний період часу, витрата палива на 100 км пробігу або на 1 год роботи трактора і виявляти несправності в роботі двигуна, які призводять до підвищеної витрати палива.

Контроль роботи виконавчих механізмів.

Контроль роботи виконавчих механізмів дозволяє контролювати роботу будь-яких виконавчих механізмів, встановлених на тракторі, із зазначенням точного часу, місця і тривалості їх включення, що в свою чергу дозволяє проводити точне списання палива на їх роботу.

Контроль роботи підвіски.

Контроль їзди по ямах та нерівних дорогах дозволяє спостерігати, з якою акуратністю водій рухається по нерівній дорозі, що при правильній роботі з водієм заощадить чимало коштів на ремонт ходової частини трактора.

Контроль плавності ходу дозволяє відстежувати різкі розгони та гальмування трактора, а також ривки при переході з передачі на передачу. Аналіз якості водіння, і своєчасна робота з водієм помітно скорочують витрати на ремонт трактора.

GPS контроль трактора дуже актуальний не тільки в сільській місцевості. Він повсюдно застосовується і в місті, так як даний вид транспорту набув значного поширення серед міських комунальних служб. Контроль за роботою даного виду ТЗ в багатьох сучасних і розвинених країнах є більш ніж актуальним завданням.

3.3.5 GPS моніторинг легкових автомобілів

Типове оснащення системи GPS моніторингу для легкового транспорту наведено на рис. 3.28.



1 – антена ГЛОНАСС/GPS; 2 – антена GPS; 3 – ГЛОНАСС/GPS термінал; 4 – датчик кількості палива в баку; 5 – незалежна система електроживлення (опція); 6 – гучний зв'язок з водієм (опція); 7 – фільтр електроживлення (опція); 8 – ідентифікація водія; 9 – дистанційне блокування двигуна (опція)

Рисунок 3.28 – Система моніторингу легкових автомобілів

Контроль місця розташування дозволяє визначати пересування транспорту на мапі в тому числі, аналізувати історію такого пересування.

Контроль зупинок дозволяє бачити все зупинки автотранспорту на мапі і точний час коли техніка стояла.

Контроль маршруту дозволяє переглядати маршрут техніки за будь-який обраний інтервал часу і фіксувати всі відхилення від нього.

Контроль пробігу дозволяє контролювати точну відстань пробігу за будь-який обраний період часу.

Контроль роботи двигуна.

Контроль мотогодин дозволяє визначати реальний час роботи двигуна.

Контроль обертів дозволяє аналізувати поточні оберти двигуна, тобто визначати і повідомляти про неприпустимі перевищення та небезпечно низькі обороти двигуна. Також це дає можливість визначити стиль їзди водія і, тим самим продовжити ресурс ТЗ, двигуна, коробки передач, мостів і підвіски.

Контроль температури дозволяє контролювати температуру двигуна і не допускати роботу з перегрівом.

Контроль тиску масла дозволяє визначати факт низького тиску масла двигуна і сигналізувати про необхідність виправлення ситуації.

Контроль витрат палива.

Контроль рівня палива в баку дозволяє контролювати всі заправки та зливи палива, а також бачити історію даних подій, а також визначати кількість палива в баку в будь-який момент часу.

Контроль витрати палива дозволяє контролювати витрату палива, витрату палива за вибраний період часу, витрату палива на 100 км пробігу або на 1 год роботи техніки, визначати випадки підвищеної витрати палива.

Контроль пасажирських місць в салоні.

Контроль наявності пасажирів в салоні дозволяє контролювати кількість пасажирів, які знаходяться в салоні автомобіля, і переглядати статистику по кількості пасажирів за будь-який обраний інтервал часу.

Контроль роботи техніки по геозонам.

Контроль відвідування або роботи в певній зоні дозволяє бачити і контролювати час в'їзду або виїзду в ці контрольні зони, а також пробіг всередині цих зон або між зонами як правило створюються такі зони як офіс (диспетчерський пункт, склад, район міста та ін.).

Контроль роботи підвіски.

Контроль їзди по ямах і нерівних дорогах дозволяє спостерігати, з якою акуратністю водій рухається по нерівній дорозі, що при правильній роботі з водієм заощадить чимало коштів на ремонт ходової частини автотранспорту.

Контроль плавності ходу автотранспорту дозволяє відстежувати різкі розгони і гальмування, а також ривки при переході з передачі на передачу. Аналіз якості водіння і своєчасна робота з водієм помітно скорочують витрати на ремонт автотранспорту.

Контроль інформації з CAN шини транспортного засобу за наявності протоколу CAN-інтерфейсу (J1939, FMS, J1979, OBD II) дозволяє використовувати дані штатних датчиків встановлених виробником

транспортного засобу які передаються в бортовий комп'ютер.

Голосовий двосторонній GSM зв'язок.

Двосторонній GSM зв'язок дає додаткову можливість моніторингу автотранспорту через спілкування з водієм.

3.3.6 GPS моніторинг пасажирського транспорту

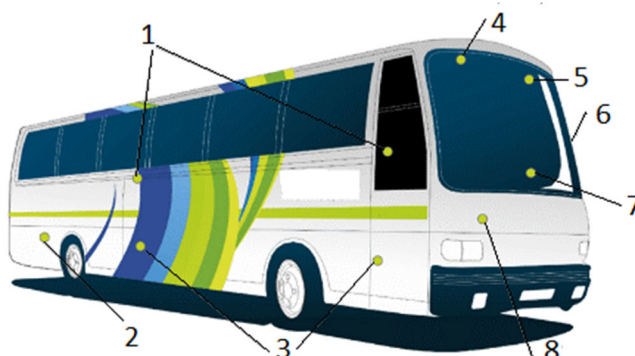
Використання системи «Розумне місто» неможливо без отримання оперативної інформації про роботу громадського транспорту за допомогою GPS моніторингу пасажирського транспорту. Моніторинг пасажирських перевезень (трамвай, тролейбус, автобус, маршрутне таксі) переживає справжній бум в Україні, створюються диспетчерські пункти для контролю виконання розкладу руху. Типове оснащення GPS моніторингу аналогічне як для автомобіля, однак присутній додатковий функціонал для пасажирів (рис. 3.29).

Функціонал для пасажирів.

Повідомлення про зупинки – додаткова систем, що сама озвучує назву зупинки для пасажирів.

Інформаційні системи для пасажирів за допомогою виведення рядка інформації, що біжить на монітори встановленому в громадському транспорті.

Оптимальне рішення контролю пасажиропотоку досягається через систему відеоспостереження та систему обліку пасажирів «Автокондуктор» (рис. 3.30).



1 – датчик відкриття дверей; 2 – моніторинг витрати палива; 3 – датчик обліку пасажиропотоку; 4 – автоінформатор зупинок; 5 – GSM передавач; 6 – Wi-Fi модуль; 7 – ГЛОНАСС/GPS термінал; 8 – інформаційна система технічного стану

Рисунок 3.29 – GPS моніторинг маршрутного таксі

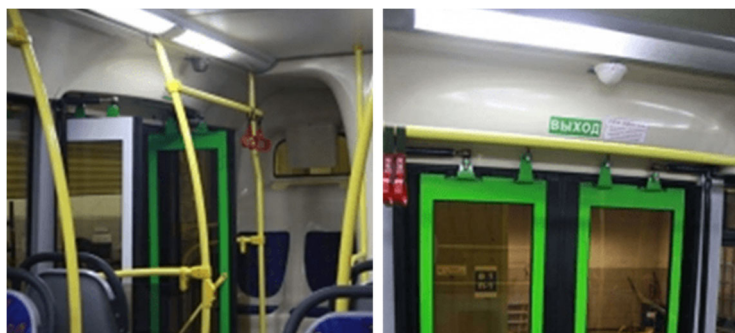
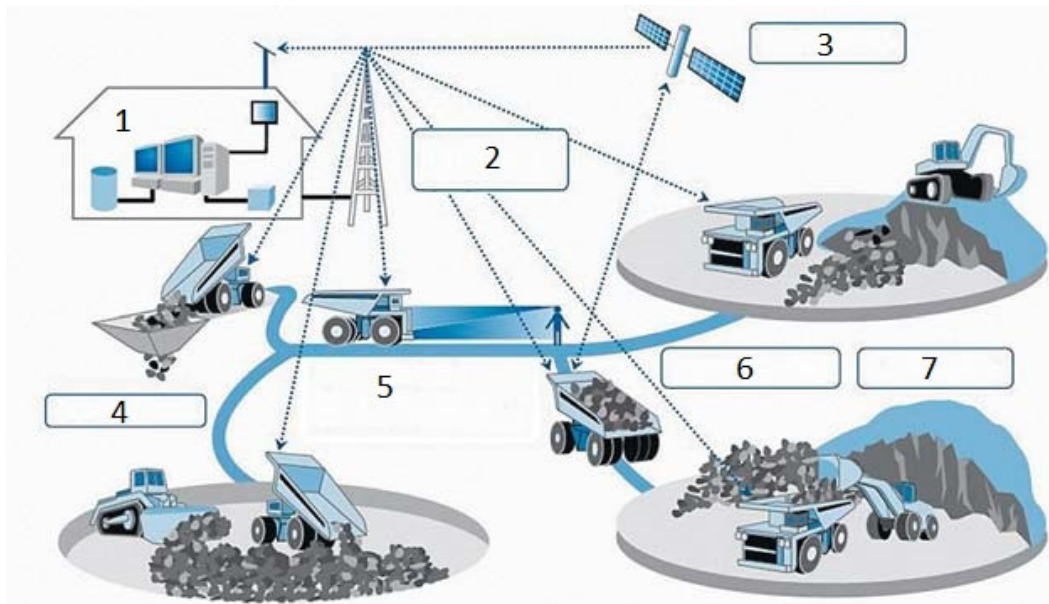


Рисунок 3.30 – Система обліку пасажирів «Автокондуктор»

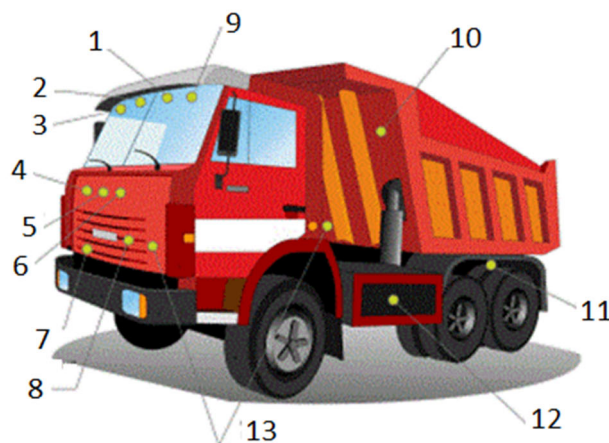
3.3.7 GPS моніторинг спецтехніки

Переваги системи GPS моніторингу спецтехніки полягає в тому, що її експлуатація повністю безкоштовна та відсутня абонплата, а також немає необхідності оплачувати рахунки стільниковому оператору. Система супутникового контролю за роботою кар'єрної техніки контролює місцезнаходження та витрату палива (рис. 3.31, 3.32), а також в разі необхідності встановлюються додаткові датчики контролю будь-яких робочих органів кар'єрного обладнання.



1 – офіс замовника; 2 – Wi-Fi роутер; 3 – GPS супутники; 4 – вивантаження; 5 – автоматизований контроль вивантаження; 6 – контроль маршруту; 7 – відеомоніторинг

Рисунок 3.31 – Система GPS моніторингу кар'єрної техніки



1 – датчик запалювання; 2 – система голосового зв'язку з водієм; 3 – відеокамера; 4 – ГЛОНАСС/GPS трекер; 5 – ГЛОНАСС/GPS передач; 6 – GSM передач; 7 – датчик витрати палива; 8 – моніторинг стилю водіння (акселерометр); 9 – ідентифікатор водія; 10 – датчик положення кузова; 11 – датчик навантаження; 12 – датчик палива в баку; 13 – інформаційна система технічного стану

Рисунок 3.32 – Система GPS моніторинг самоскида



1 – датчик стану (на виклику/вільний); 2 – датчик роботи додаткового обладнання (насоси); 3 – датчик об'єму води; 4 – датчик рівня палива в баку; 5 – ідентифікатор водія; 6 – датчик запалювання; 7 – система голосового зв'язку з водієм; 8 – відеокамера; 9 – ГЛОНАСС/GPS трекер; 10 – додатковий датчик стану (на виклику/вільний); 11 – ГЛОНАСС GPS передавач; 12 – GSM передавач; 13 – датчик витрати палива

Рисунок 3.33 – Система GPS моніторингу пожежної машини

Можливості оснащення GPS моніторингу автотранспорту, спецтехніки, сільськогосподарських мобільних енергетичних засобів дуже великі, і тут вказано лише типові найбільш часто зустрічаються рішення (рис. 3.32, 3.33).

3.4 Сільськогосподарські роботи

Подальше зростання чисельності населення, підвищення попиту на продукти харчування, зниження доступності робочої сили в сільському господарстві, зростання витрат на сільське господарство – все це стимулює масову автоматизацію промисловості в області сільського господарства.

Передові країни працюють над переходом до автоматизованого сільського господарства (без участі людини) на основі широкого застосування мобільних і стаціонарних роботів. Як очікується, це дозволить досягти зростання продуктивності на тлі підвищення рентабельності, що забезпечує зниження собівартості продукції. Роботи здатні виконувати різні операції: обробіток ґрунту, внесення добрив, посів, посадка, доїння худоби, стрижка вовни, годування, оброблення м'яса та риби та ін [14].

Роботів для використання у сільському господарстві як правило відносять до категорії «польових роботів», тобто ця категорія в свою чергу входить в категорію сервісних роботів. У свою чергу можна виділити такі категорії роботів: безпілотники; роботи для використання у точному землеробстві, наприклад, агроботи; роботи для використання в тваринництві, наприклад, доїльні роботи тощо. Іноді роботів для доїння виділяють в окрему категорію, що входить в категорію польові роботи, поряд з сільськогосподарськими роботами.

Доїльні роботи істотно випереджають за кількістю роботів, що знаходяться в експлуатації на відміну від всіх інших категорій. Ця ситуація збережеться в найближчі роки, але вже очікується істотне зростання числа і різновиду інших сільськогосподарських роботів. Європа є лідером ринку польової робототехніки, частки Північної Америки і Азіатсько-тихоокеанського регіонів сумарно не перевищують 10%.

Інші категорії роботів для сільського господарства: роботи роздавальники кормів, роботи для прибирання гною, роботи для приготування кормів, роботизовані трактора, комбайни, автомобілі. В якості окремих класів об'єктів можна виділити роботизовані теплиці, вертикальні ферми, ферми з розведення харчових комах (наприклад, цвіркунів).

Використання програмно-апаратних комплексів безпілотного керування для заміни водіїв сільськогосподарських мобільних енергетичних засобів дозволяє скоротити перевитрату матеріалів, а також збільшує врожайність за рахунок більш точного обробітку ґрунту.

Можна виділити наступні завдання роботизації в сільському господарстві:

- моніторинг і прогнозування;
- зниження собівартості сільгоспвиробництва;
- поліпшення якісних показників;
- зниження екологічного навантаження сільгоспвиробництва;
- підвищення конкурентоспроможності середніх і дрібних сільськогосподарських виробників;
- підвищення безпеки сільськогосподарського виробництва.

3.4.1 Роботизовані трактори

Різноманітність роботизованих тракторів зручно ділити на категорії в залежності від їх функціональності. Зокрема, виділяється категорія автономних безкабінних тракторів – їх відрізняє порівняно невисока вартість (за рахунок економії, пов'язаної з відсутністю кабіни для водія). Керування такими тракторами при їх переміщенні на поле і з поля може здійснюватися в дистанційному режимі, наприклад, з планшета або зі стаціонарного комп'ютера.

Є автономні трактора, які відрізняються від традиційних тільки наявністю автопілота, підключеного до рульового керування. Такі трактора можуть називати гібридними роботизованими тракторами. Вони дозволяють водію доставити, наприклад, трактор на поле традиційним методом (ручне керування), а надалі трактор перемикається в автономний режим роботи.

Як варіант можуть бути трактора (або режими керування трактором), коли за важелями керування залишається людина, а автопілот допомагає йому, виконуючи повторювані операції і підрулюючи трактором, наприклад, з метою оптимізації витрат палива і усунення повторної обробки ґрунту на краях оброблюваної смуги.

Існуючий автопілот (або режими роботи) не передбачає повної автономності, але розрахований на роботу в тандемі – людина-робот. Наприклад, такий автопілот може бути встановлений на другому (відомому) тракторі, який

рухається паралельним курсом з трактором, керованим водієм, і повторює дії, виконувани першим (ведучим) трактором (follow me або master-slave).

Нарешті, можна говорити про комплекти для автономізації тракторів. Такі комплекти можуть бути встановлені практично на будь-який наявний в господарстві трактор, перетворюючи його в автономний.

У 2016 р. з'явилися розробки на основі рішень open source, які також дозволяють переробляти наявні в господарстві трактора в автономні.

Модульний роботизований трактор без кабіни керування AT400 Spirit, Autonomous Tractor Corporation, США наведено на рис. 3.34. Крім даної моделі трактора, компанія також пропонує на ринку систему автономізації для установки на довільний трактор для конвертації його в безпілотний, а також бензиновий-електричний привід (на основі комбінації ДВС і електродвигунів) для установки на старі трактори [14, 15].



Рисунок 3.34 – AT400 Spirit, Autonomous Tractor Corporation, США



Рисунок 3.35 – Case IH Magnum, CNH Industrial NV, Нідерланди

Прототип колісного роботрактора (концепт – Autonomous Concept Vehicle) для автономної роботи на полі від фірми Case наведено на рис. 3.35. Він представлений влітку 2016 р. Має потужність 419 к.с. та максимальну швидкість руху до 50 км/год. Трактор немає кабіни але є камери, радар і GPS. Рішення про серійне виробництво наразі не прийнято. Може працювати в умовах туману, автоматично припиняє роботу, якщо пішов дощ. Розробником системи «автопілота» виступають CNH Industrial і Autonomous Solutions, Inc (ASI). Вартість даного трактора не відомо.

У 2015 р. фірма Kubota Corp. розробила перший прототип автономного трактора, який можна використовувати на рисових полях. Така машина здатна підтримуватися різну глибину оранки в різних місцях поля та «знає», де необхідно вносити добрива (рис. 3.36).



Рисунок 3.36 – FarmPilot, Kubota Corp., Японія



Рисунок 3.37 – New Holland t8, CNH Industrial, Нідерланди

Автономний трактор з підтримкою режиму ручного керування з кабіни New Holland t8 наведено на рис. 3.37. Людина може, наприклад, перегнати такий трактор по дорозі, довести його до заданої стартової позиції та забрати після роботи. Працювати при цьому трактор може самостійно. Машина була представлена в серпні 2016 р. на виставці в США у якості прототипу. На той момент компанія ще не прийняла рішення, щодо серійного випуску машин.

Безпілотна роботизована платформа (рис. 3.38), розроблена для сільськогосподарського застосування та призначена для виконання різних повторюваних робіт. Може використовуватися в садівничих господарствах. Платформа оснащена підйомником з вантажопідйомністю спереду до 750 кг, ззаду – до 1500 кг. Може поставлятися з шириною платформи 1,3 м або 1,8 м. Кліренс – 35 см, але може бути збільшений за рахунок використання шин великого діаметру. Оснащена платформа двигуном Perkins/FPT. Має всі поворотні колеса.



Рисунок 3.38 – Greenbot, Precision Makers, Нідерланди

Безпілотна роботизована платформа легко програмується за рахунок використання системи Teach & Playback. Для вирішення ряду завдань платформа забезпечена готовими програмами. При зустрічі з перешкодою, яку вона не може розпізнати, робот негайно зупиняється та інформує оператора.

3.4.2 Роботизовані трактори. Прогнози

Ринок безпілотних тракторів у 2024 р. виросте до \$ 30,7 млрд, це приблизно половина від очікуваного розміру ринку тракторів, що оцінюється на рівні в \$ 73,9 млрд.

Аналітики IDTechEx обіцяють зростання роботизації тракторів та зростання попиту на них. Технології дистанційного керування трактором стають мейнстримом, завдяки технічним поліпшенням і скороченням цін на технологію RTK GPS.

Кількість проданих у 2026 р. телекерованих тракторів складе вже понад 660 тис. шт. Безпілотні роботизовані трактора демонструються вже зараз,

оскільки можуть випускатися на базі готових технологій, але їх виход на масовий ринок поки що стримується регулятивними проблемами, високою вартістю датчиків та відсутністю довіри до цих продуктів з боку фермерів. Як очікується, до 2022 р. ситуація зміниться, у міру зростання продажів безпілотних тракторів та тракторів, здатних працювати в режимі «повторюй за мною» (master-slave або follow me) (рис. 3.39) [16].

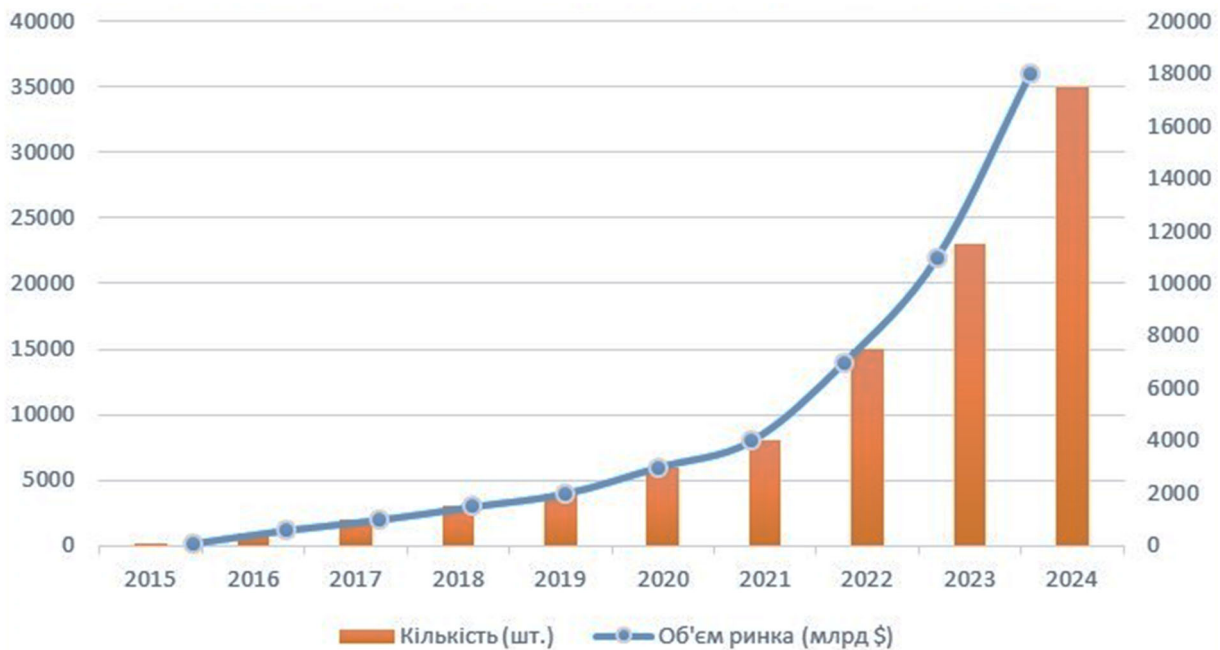


Рисунок 3.39 – Прогноз зростання ринку автономних тракторів

Загальний тренд – зростання ступеня автономності тракторів. Вартість технологій (наприклад, набір датчиків для ухилення від зіткнень) швидко знижується, тоді як заробітна плата трактористів, навпаки, як правило зростає практично на всіх основних сільськогосподарських ринках.

Консерватизм фермерів, звичка до того, що у трактора повинна бути кабіна, уповільнюють зміни, перетворюючи роботизацію тракторів в еволюційний процес. Як очікується, мейнстрімом будуть поступові зміни – перехід на схему «один водій – два трактори», а вже потім на телекерування та автономні трактора, що працюють за заданою програмою. Проте, процес автоматизації в цьому сегменті практично не зупинити.

Прогнозується відмова від потужного, важкого, швидкого, дорогого і керованого людиною обладнання до безлічі невеликих, легких, небистрих, недорогих та автономних роботів. Відносно тимчасових горизонтів такого розвитку можна сперечатися.

Усунення водія з ланцюжка витрат може привести до зміни позиції «чим більше, тим краще».

Розроблено чимало невеликих автономних сільськогосподарських роботів, але багато хто з них – це лише прототипи або знаходяться на ранній стадії комерціалізації.

Ціни на рішення можуть бути невисокими, щоб компенсувати падіння в

продуктивності.

Збір даних та аналіз даних для якого вже розроблені додатки, хоча ціна даних, здобутих таким чином все ще є великою.

Інші додатки, такі як додатки для ведення точного землеробства поки що знаходяться в розробці.

Розробки знаходяться на ранній стадії, а тому, що не вистачає даних польових досліджень, які б обґрунтовували привабливість кейсів.

3.5 *Інтелектуальна сільгосптехніка*

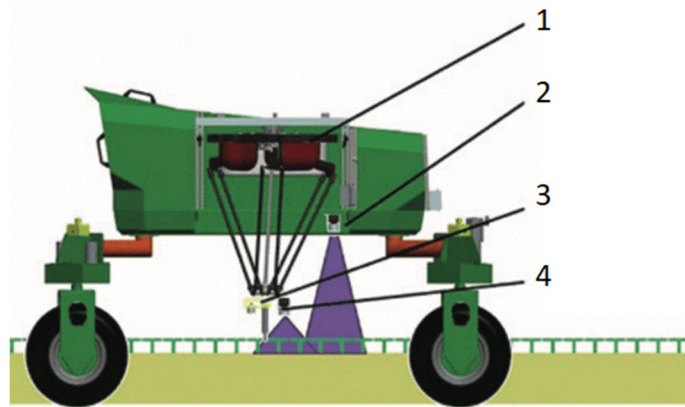
Сільськогосподарська галузь є перспективним ринком для впровадження розробок в області робототехніки, оскільки використання таких машин дозволяє створювати високоінтелектуальне виробництво. У зв'язку з цим в останні роки в агросекторі активізувалася робота по створенню робото-технічних пристроїв.

В основному така техніка призначена для виконання повторюваних операцій при обробленні різних сільськогосподарських рослин. При цьому головна мета її застосування в аграрній галузі полягає в заміні людської праці, мінімізації шкідливого впливу хімічних засобів на людей і навколишнє середовище, а також у підвищенні продуктивності підприємств та врожайності вирощуваних культур [16].

3.5.1 *Машини для знищення бур'янів*

Сьогодні основним методом боротьби з бур'янами та паразитами є обробка полів спеціальними хімічними речовинами. Однак вони впливають не тільки на шкідливі елементи, але і на звичайні культури, потрапляють в ґрунт, а разом з сільгосппродукцією – в їжу людини. Тому природним і екологічно чистим способом їх знищення є традиційна прополка, що передбачає виривання бур'янів із землі з корінням. При цьому існує можливість видалити їх іншим методом – попередньо порізавши і забивши в ґрунт. Для полегшення цього процесу компанії Amazone і Bosch спільно з двома університетами розробили автономну платформу-робот BoniRob. Така платформа оснащується модулем для механічного знищення бур'янів (рис. 3.40). Основною метою машини при функціонуванні є молоді пагони бур'янів, які вона за допомогою камери з високою роздільною здатністю визначає за формою листа. Однак робот може впоратися і з дорослими екземплярами. В автоматичному режимі вона виявляє бур'яни і за допомогою ударного інструменту діаметром один сантиметр заганяє їх в землю на глибину в три сантиметри, витрачаючи на одну рослину близько десятої частки секунди. Крім того, апарат призначений для вимірювання стану ґрунту і обприскування рослин. Залежно від виду робіт на платформі може бути розміщений один з модулів. Пристрій має власну систему навігації, здатну визначати GPS-координати сільськогосподарських видів, створювати карти проведених робіт і готувати необхідну документацію. Робот BoniRob вже був

випробуваний на полі з морквою, де відстань між коренеплодами досягала двох сантиметрів, а щільність бур'янів – близько 20 росл./м². У таких складних умовах машина не відчувала жодних труднощів. Максимальна швидкість роботи складала 1,75 росл./с при русі зі швидкістю 3,7 см/с.



1 – маніпулятор; 2 – камера для визначення бур'янів; 3 – механізм зрізання; 4 – камера для точного налаштування

Рисунок 3.40 – Платформа-робот VoniRob

Крім цього, універсальна платформа здатна переміщати корисний вантаж до 150 кг, а її генератор – забезпечувати енергією безперервну роботу протягом 24 год при одній заправці паливом. Основна ідея створення такого пристрою полягає в тому, що фермер може купити тільки одну платформу і декілька необхідних йому модулів, а інші доповнення він зможе брати в оренду. Сьогодні фірмою-виробником проводяться випробування робота в реальних умовах, а також здійснюється розробка варіанту універсальної платформи меншого розміру та набору змінних модулів до неї. Такі маленькі апарати можуть діяти в складі груп, майже не поступаючись в продуктивності більш великим екземплярам.

Фірма Dutch Power Company створила робота Greenbot, що призначений для виконання повторюваних операцій на полі, в садах або муніципальному секторі (рис. 3.41). Він являє собою чотириколісну самохідну машину, що має передню і задню навіски для знарядь. Зміна напрямку руху здійснюється поворотом передніх, задніх або всіх чотирьох коліс, а також способом «краб». На початку роботи оператор за допомогою пульта записує в пам'ять машини алгоритм переміщення та виконання всього циклу операцій. Після цього робот по команді самостійно виконує програму, реагуючи при цьому на виникаючі бар'єри та інші перешкоди за сигналами, що надходять від системи датчиків. При виявленні невідомої перешкоди пристрій зупиняється і посилає текстове повідомлення користувачу. Зараз пропонуються дві моделі подібної техніки, що відрізняються одна від одної габаритною шириною та масою.

Обидва варіанти оснащуються чотирициліндровими двигунами, що відповідають за токсичністю вихлопних газів вимогам норм Tier 4/Stage 3B. Моделі оснащені гідравлічною трансмісією з блокуванням диференціалів, при цьому передній вал відбору потужності є гідравлічним, а задній – механічним. Для корекції руху в реальному часі використовується сигнал GPS.



Рисунок 3.41 – Робот Greenbot

Таблиця 3.4 – Основні технічні дані робота Greenbot

Характеристики	CR 12 (CR18)
Потужність двигуна, кВт	74,5
Об'єм паливного баку, л	85
Діапазон швидкості руху, км/год	0-25
Продуктивність гідронасосу, л/хв	120
Вантажопідйомність навісного обладнання, кг:	
- переднього	750
- заднього	1500
Частота обертів ВВП, хв ⁻¹	
- переднього	1000
- заднього	540
Колісна база, мм	2250 (2550)
Дорожній просвіт, мм	300 (400)
Радіус повороту, м	6,5
Габаритні розміри, мм	3200×1300 (1800) ×1580
Маса, кг	2750 (3150)

Незабаром фірма Kubota також планує почати продажі в Японії автономного трактора AgriRobo, що виконує звичайні процеси без оператора і з використанням GPS. Для його керування у співпраці з фірмою Topcon і Канзаським державним університетом було розроблено програмне забезпечення, за допомогою якого перед початком операцій створюється робочий план. Поєднання сонару та сканера забезпечує безпечне виявлення нерухомих і мобільних перешкод. Системи контролю і безпеки гарантують, що машина не буде виконувати небезпечні маневри. Фірмою ведуться також роботи зі створення зернозбиральних комбайнів та автономних апаратів для вирощування рису.

3.5.2 *Принцип екологічності*

Компанія Fendt поступово розвиває проект створення автономних аграрних пристроїв під назвою MARS, тобто Mobile Agricultural Robot Swarms – система мобільних сільськогосподарських роботів. Програма була профінансована Європейським союзом за сприяння університету м. Ульмі, який займався розробкою апаратів на супутниковій навігаційній системі для посадки кукурудзи. Основна ідея даного проекту полягає у виробництві малогабаритного багатофункціонального робота, який буде працювати автономно на електроприводі та керуватись дистанційно за рахунок хмарних технологій. Основоположними в програмі є екологічні фактори – зниження пошкодження ґрунту, зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу та максимально безшумна робота. Згідно з планами компанії, роботи будуть переправлятися на поле за допомогою спеціального транспортного модуля, що використовується в якості зарядного пристрою та насінневого бункера. Кожен пристрій застосовує спеціальне програмне забезпечення, інтерфейс якого дозволяє задавати параметри поля, норму висіву насінневого матеріалу, місце розташування культур та кількість працюючих машин. Параметри і дані зберігаються в хмарному сервісі. Як заявляють представники фірми Fendt, подібне рішення дає можливість виконувати подальший обробіток ґрунту більш точним та з меншими фінансовими вкладеннями.

3.5.3 *Принцип автономності*

Уже досить відомим в широких колах став концепт автономного трактора, розробленого компаніями Case IH і CNH Industrial's Innovation Group. Вони продовжують удосконалювати дану технологію і поглиблювати розробку автоматизації та автономності в галузі сільського господарства. Так, був ініційований двосторонній діалог з аграріями по всьому світу, щоб з'ясувати, яким чином практичне впровадження цієї інновації могло б допомогти в підвищенні ефективності та прибутковості їхнього бізнесу. Крім цього, для вивчення потенціалу концепту і випробування в реальних умовах компанія почала реалізацію програми автономності та автоматизації. В рамках поглибленого дослідження «Розробка продуктів за участю клієнтів» представниками Case IH було виявлено, що поточні і майбутні потреби в технологіях можна розділити на п'ять категорій за ступенем автоматизації при виконанні сільськогосподарських польових операцій. В ці п'ять видів діяльності входять водіння, координація та оптимізація, автоматизація за участю оператора, контрольована та повна автономність.

У 2018 р. компанія почала співпрацю з господарством «Болтхаус» в рамках пілотної програми автономного трактора. Мета спільної діяльності полягає в тому, щоб зрозуміти, яким чином нову систему можна використовувати в реальних умовах. Крім того, необхідно визначити ступінь її відповідності існуючим вимогам фермерських господарств. Пілотний проект буде

зосереджено в основному на первинній обробці та глибокій культивуванні ґрунту – обидві ці операції мають високу ступінь повторюваності. Також в рамках програми буде випробуваний невеликий парк автономних тракторів Steiger Quadtrac, які повинні виконувати тягові маніпуляції з дисковими боронами True-Tandem або глибокорозпушувачами Ecolo-Tiger. Дані заходи допоможуть оцінити ефективність керування автономною технікою на різних видах праці і типах ґрунтів в неоднакових погодних умовах. Одним з ключових завдань є отримання агрономічних даних та відгуків операторів щодо практичного застосування подібної технології на діючих сільгоспідприємствах. Такі заходи дадуть компанії можливість продовжувати дослідження та вдосконалювати системи керування і оптимізувати функціонування техніки.

3.5.4 *Комплексне рішення*

Аналогічні за призначенням трактори New Holland NHDrive були створені фірмами CNH і Autonomous Solutions Inc. на базі серійних машин T7 та T8. Зовні вони не відрізняються від звичайної техніки і можуть використовуватися як в автономному режимі, так і в традиційному – під керуванням оператора. Наразі компанія спільно з фірмою E. & J. Gallo Winery проводить пілотне випробування автономної технології NHDrive, що реалізована в тракторах T4.110F для садівництва. Основна мета такої роботи полягає в отриманні відгуків від агрономів та операторів про потенціал використання інновації в діяльності виноробних господарств. Даний проект став останнім етапом «Програми автономних машин» бренду New Holland, в рамках якого вивчаються найбільш перспективні області застосування комплексних сучасних рішень в сільському господарстві. Нова пілотна програма демонструє, що запропонована розробка може бути реалізована у всій лінійці машин компанії – від великих універсально-просапних тракторів до спеціалізованої техніки малої потужності. Слід зазначити, що в рамках попередньої науково-дослідницької діяльності вже були отримані значимі результати в області інтеграції різних компонентів, зокрема сенсорних елементів та приймачів сигналів. Пілотний проект орієнтовано на повний комплекс завдань по рослинництву і обслуговування виноградників. Результати випробувань будуть використані в подальшому в якості практичної інформації для всього спектра потенційних областей застосування автоматизованих рішень. Дослідження в рамках «Програми автономних машин» також допомагають удосконалювати технології, доступні клієнтам вже зараз у складі систем точного землеробства. Наприклад, повністю автоматизована операція розвороту в кінці рядків, яка запускається при одному натисканні кнопки механізатором, значно підвищує ефективність сільськогосподарських робіт, гарантуючи ще більшу продуктивність [16].

Компанія Agrirobo спільно з Технологічним інститутом та Університетом наук про життя і навколишнє середовище в польському місті Вроцлав підготувала роботизовану систему обробки сільгоспугідь Agribot. Машина являє собою агрегат з двигуном потужністю 55 кВт і чотирма незалежними рушіями. Конструкція забезпечує високу прохідність по ґрунту і малий радіус розвороту, що дозволяє механізму діяти в умовах обмеженого простору. Спереду і ззаду

знаходяться стандартні навіски для навішування різних знарядь. Наприклад, ззаду може кріпитися ємність для засобів захисту рослин, спереду – обладнання, яке виконує розпилення робочої рідини. Керування роботом дистанційне, завдяки чому відсутній ризик шкідливого впливу агрохімічних препаратів на організм оператора. Для визначення координат використовується GPS, а оцінка проводиться з точністю до 2 см. Орієнтуватися на поле дозволяють додаткові датчики, а багато маніпуляцій здійснюються в автономному режимі. Робот здатний реалізовувати більшість основних операцій – внесення засобів захисту і добрив, обрізки дерев, косіння трави та інші.

Автономний трактор AT400 Spirit, розроблено компанією Autonomous Tractor, також може використовуватися з різними причіпними знаряддями (рис. 3.42).



Рисунок 3.42 – Автономний трактор AT400 Spirit

Він оснащений програмою автономізації, що базується на GPS-позиціонування із застосуванням двох додаткових наземних механізмів уточнення місця розташування. Основою AutoDrive є лідарно-радарна навігаційна система, що має бездротове підключення до локальної мережі, бортове керування із штучним інтелектом, що дозволяє «навчати» трактор виконанню повторюваних операцій без необхідності програмування. Дана система виявляє будь-які перешкоди в зоні близько 10 м від трактора, в результаті чого машина негайно зупиняється і посилає SMS-повідомлення. Оператор може ознайомитися з ситуацією за допомогою цифрової відеокамери, що закріплена на корпусі. Інша особливість трактора – привід eDrive. Електроживлення даної комбінації електромоторів забезпечує бортовий генератор на базі двигуна внутрішнього згоряння. Потужність приводу може становити 74, 147 і 294 кВт. Обидві зазначені системи можуть встановлюватися і на інші шасі.

3.5.5 Точність і контроль

Створений інженерами з австралійського університету робот Ladybird, тобто «сонечко», працює на сонячних батареях (рис. 3.43). Назву було продиктовано зовнішньою схожістю цих зарядних пристроїв з крилами літаючої комахи. Механізм оснащено системою лазерного наведення і інтегрованим автоматизованим маніпулятором, за допомогою якого можна збирати урожай. До завдань машини входять контроль над процесом вирощування овочів на всіх стадіях, виявлення шкідників, а також видалення бур'янів при необхідності. Бур'яни робот знищує за допомогою не тільки гербіцидів, а й традиційних ножів, мікрохвильового випромінювання та лазерних променів. Обладнаний датчиками і камерами апарат може з точністю до квадратних сантиметрів робити обприскування хімікатами, перераховувати рослини по одному і добиратися до важкодоступних місць.



Рисунок 3.43 – Робот Ladybird

В агропромисловому центрі технологічних інновацій Advesva компанії Agrobot був розроблений роботизований комбайн для вирощування та збирання врожаю полуниці Agrobot SW6010. Його конструкція включає 14 або 60 маніпуляторів з дрібними металевими кошиками, потужний комп'ютер і датчики, які розпізнають стиглу полуницю серед зеленого листя і ігнорують незрілі ягоди. Агрегат має два робочих модуля для контролю та упаковки, а також чотири керованих колеса для забезпечення маневреності. Розміри та великий кут повороту коліс відмінно підходять для роботи як всередині теплиць, так і зовні. Система збору контролює набір маніпуляторів, здатних знайти полуницю і розподілити її в залежності від розміру і ступеня зрілості. Аналізується кожна ягода, причому процес зрізу здійснюється з необхідними точністю, плавністю і чутливістю.

Спеціальна система відразу упаковує врожай. У приводі робота використовується двоциліндровий дизельний двигун потужністю 21 кВт. Випробування показали, що застосування даного пристрою забезпечує 50% зниження ціни свіжої полуниці і до 90% – промислової для виробництва пюре і йогуртів.

3.5.6 Широкий огляд

Британський виробник сільгосптехніки Garford Farm Machinery створив спеціальний модуль контролю для трактора Robo-pilot, в якому інтегровані дві системи – Roboscor і автоматичне керування за допомогою інформації про локальне місцезнаходження. Призначення першої програми – водіння машини без участі оператора при міжрядній обробці просапних культур (рис. 3.44).



Рисунок 3.44 – Водіння машини без участі оператора при міжрядній обробці просапних культур

Пристрій включає відеокамеру, бортовий комп'ютер, навіску з механізмом гідравлічного бічного зсуву та датчик швидкості. Оброблювана культура перед агрегатом фіксується за допомогою відеокамери. Зображення аналізується комп'ютером з метою виявлення високої концентрації зеленого пігменту, що вказує на наявність об'єкта. За рахунок широкого кута огляду камери і обробки декількох рядів одночасно досягається оптимальна центральна фіксація. Отриманий результат порівнюється з сіткою поділів, відповідної відстані міжряддя. Дана інформація використовується для точного розміщення робочих органів і їх подальшого переміщення за допомогою гідравліки. Оскільки система Roboscor працює з декількома рядами, забезпечується висока ступінь точності навіть при сильному засмічування бур'янами. Більш того, пристрій може самостійно здійснювати керування високошвидкісним культиватором задньої навіски, відповідаючи за рух трактора та устаткування повністю без участі

людини. Швидкість руху зазвичай становить до 12 км/год, але це значення може бути збільшено. Консоль швидкого доступу з'єднана з системою Robo-pilot, має сенсорний дисплей із зрозумілими символами і зручними функціями, що спрощує використання агрегату.

3.6 Контрольні питання та завдання

1. Чим відрізняється набір САК сільськогосподарських машин від автомобільних?
2. Які спеціалізовані проблеми вирішують конструктори при автоматизації робочих процесів тракторів і комбайнів?
3. Які додаткові системи автоматичного керування мають трактори в порівнянні до автомобільних?
4. За рахунок чого САК підтримує високе навантаження двигуна трактора при оранці?
5. Чим відрізняються висотний, позиційний і силовий способи регулювання положення сільськогосподарської машини (знаряддя) під час роботи?
6. З якою метою використовують автоматичне водіння МТА в полі?
7. Проаналізуйте системи точного водіння сільськогосподарської техніки?
8. Як працює система паралельного водіння?
9. Проаналізуйте використання систем керування з GPS?
10. Поясніть як працює система автопілотування?
11. Для чого потрібен GPS моніторинг автотракторної техніки?
12. Проаналізуйте системи моніторингу та контролю роботи трактора і комбайна?
13. Проаналізуйте GPS моніторинг легкових автомобілів?
14. З якою метою використовують роботизовані трактори?
15. Які проблеми вирішує інтелектуальна сільгосптехніка?

СЛОВНИК СКОРОЧЕНЬ ТА АБРЕВІАТУР

Зарубіжні фірми, що виробляють автомобілі позначають системи і механізми довільно, а часом дублюючи подібні системи вводять свої позначення та назви систем або механізмів, хоча функції таких систем однакові.

Багато систем, що виконують однакові функції можуть належати різним фірмам, що проектують системи і встановлюються на автомобілі різних автовиробників. Прикладом може бути система протизанесення (ПЗС). ESP (Electronic Stability Programm) – вона ж ATTS, ASMS (Automatisches Stabilitats Management System), DSTC, DSC (Dynamic Stability Control), FDR (Fahr-dynamik-Regelung), VDC, VSC (Vehicle Stability Control), VSA (Vehicle Stability Assist).

4WD (*4 Wheel Drive*) – автомобіль з чотирма ведучими колесами. Позначаються автомобілі, у яких привід всіх чотирьох коліс вмикається вручну водієм.

4WS (*4 Wheel Steering*) – автомобіль з чотирма керованими колесами.

ABC (*Active Body Control*) – активний контроль кузова. Система активної підвіски кузова автомобіля.

ABS (нім. *Antiblockiersystem*, англ. *Anti-lock braking system*, *ABS*) – антиблокувальна система гальм. Запобігає блокуванню коліс при гальмуванні автомобіля, що зберігає його курсову стійкість і керованість. Наразі застосовується на більшості сучасних авто. Наявність ABS дозволяє нетренованому водієві не допускати блокування коліс.

AIR BAG – Подушка безпеки. Надувна подушка безпеки, яка при аварії заповнюється газом і оберігає водія або пасажера від пошкоджень.

AMT (*Automated Manual Transmission*) – автоматизована механічна трансмісія. Механічна коробка передач з автоматичним перемиканням передач за допомогою гідравлічних або електричних виконавчих механізмів з автоматичним керуванням зчепленням.

ARC – активний контроль крену. Система, яка зменшує крен кузова автомобіля на поворотах. Замінює стабілізатори поперечної стійкості. Змінює жорсткість пневматичних або гідропневматичних пружних елементів. Керування здійснюється від комп'ютера, який отримує сигнали від датчиків повороту керма, бічних прискорень тощо.

AWD (*All Wheel Drive*) – автомобіль з усіма ведучими колесами. Так позначаються повнопривідні автомобілі, які мають або постійний привід на всі колеса, або привід, що підключається автоматично.

BA (*Brake Assist*), **EBA** (*Electronic Brake Assist*) – система допомоги водієві при екстремому гальмуванні. Електронна система, яка реагує на різке натискання педалі гальма водієм і забезпечує більш ефективне гальмування в екстрених ситуаціях.

BBW (*Brake By Wire*) – «гальмування по дротах». Гальмівна система, у якій немає механічного зв'язку між педаллю гальма та виконавчими механізмами. Відповідно, гальмівна педаль обладнана датчиками, а керує процесом гальмування комп'ютер.

Bifuel – автомобіль пристосований для роботи на двох видах палива (звичай газ і бензин).

Biturbo – ДВЗ оснащено турбонаддувом із двома турбонагнітачами.

CAN bus – мультиплексна шина. Високошвидкісна лінія передачі даних.

CBC (*Cornering Brake Control*) – електронна система перерозподілу гальмівних сил по бортах автомобіля.

CCB (*Ceramic Composite Brake*) – керамічне композитне гальмо.

CIDI (*Compression Ignition Direct Injection*) – дизельний двигун з безпосереднім уприскуванням.

Common-Rail – система живлення дизеля з «загальною рейкою». Система живлення дизелів, в якій насос високого тиску подає паливо в загальний акумулятор – рейку, а подача палива в циліндри двигуна здійснюється за допомогою форсунок з електронним керуванням. Система працює при високих тисках, понад 100 МПа, і забезпечує найкращі показники потужності, паливної економічності та меншу гучність роботи дизельного двигуна.

CVT (*Continuously Variable Transmission*) – безступінчаста трансмісія з варіатором. В автоматичних коробках передач застосовуються клинопасові варіатори з розсувними шківками та тороїдні.

DCG (*Direct Shift Gearbox*) – коробка передач безпосереднього перемикавання. Автоматична коробка передач з паралельними веденими валами, в якій перемикавання передач відбувається без розриву потужності. Розроблена Audi і серійно застосовується на автомобілях фірми.

DOHC (*Double Overhead Camshaft*) – ГРМ з двома валами в голівці циліндрів. Привід таких газорозподільних механізмів здійснюється від колінчастого валу двигуна за допомогою ланцюгової або пасової передачі.

DSC (*Dynamic Stability Control*) – система динамічного контролю стійкості. Система з електронним керуванням, що запобігає заносу та перекиданню автомобіля, шляхом зміни тяги на окремих колесах або гальмуванням окремих коліс.

EAS (*Electric Assist Steering*) – електричний підсилювач рульового керування. В електричних підсилювачах рульового керування використовуються безколекторні електродвигуни, які отримують керуючі електричні сигнали від комп'ютера системи рульового керування.

EBD (*Electronic Brake Distribution*), **EBV** (*Elektronische Bremskraftverteilung*) – електронна система розподілу гальмівних сил. Створює оптимальне гальмівне зусилля на осях, змінюючи його залежно від конкретних дорожніх умов (швидкість, характер покриття, завантаження автомобіля тощо).

ECM (*Electronic Control Module*) – електронний модуль контролю, синонім до електронного блоку керування (ECU).

EDC (*Electronic Damping Control*) – електронний контроль демпфірування, що включає амортизатори з електронним регулюванням.

ECS – Електронна система керування жорсткістю амортизаторів.

ECU (*Electronic Control Unit*) – блок електронного керування (двигуном, трансмісією, рульовим керуванням тощо).

EDC (*Electronic Damper Control*) – електронна система регулювання жорсткості амортизаторів.

EDIS (*Electronic Distributorless Ignition System*) – електронна безконтактна система запалювання (без переривника-розподільника).

EDL (*Electronic Differential Lock*), **EDS** (*Elektronische Differentialsperre*) – система електронного блокування диференціала. Являє собою логічне доповнення до функцій антиблокувальної системи, завдяки якому підвищується потенціал безпеки автомобіля, покращуються його тягові характеристики при русі в несприятливих дорожніх умовах, а також полегшуються процеси зрушення з місця, інтенсивного розгону, руху на підйом та експлуатації автомобіля в складних погодних умовах.

EGR – система рециркуляції відпрацьованих газів. Система з електронним керуванням, в якій з метою зниження шкідливих викидів в атмосферу, частина вихлопних газів, на певних режимах роботи двигуна, подається назад до циліндрів ДВЗ.

ЕНВ (*Electro Hydraulic Brake*) – електрогідравлічне гальмо. Гальмівна система, в якій гідравлічна система виконує силові функції, а керування гальмуванням здійснюється за допомогою електричних сигналів.

EPB (*Electronic Parking Brake*) – стоянкове гальмо з електронним керуванням.

ЕОН (*Enhanced Other Network*) – інформаційна система про дорожньо-транспортні пригоди, пробки на дорогах, будівельних роботах, маршрутах об'їзду.

ESP (*Electronic Stability Programm*), **АТТС**, **ASMS** (*Automatisches Stabilitats Management System*), **DSTC**, **DSC** (*Dynamic Stability Control*), **FDR** (*Fahrdynamik Regelung*), **VDC**, **VSC** (*Vehicle Stability Control*), **VSA** (*Vehicle Stability Assist*) – протизаносна система (ПЗС), система електронного контролю стійкості (ЕКС). Найбільш складна система, що працює разом з антиблокувальною, протибуксувальною системою та системами контролю тяги і електронного керування дросельною заслінкою. Система розраховує оптимальну траєкторію руху. У випадку, якщо в поворотах або маневрах реальна траєкторія руху не збігається з розрахунковою, то система коригує траєкторію руху, пригальмовуючи колеса і знижуючи тягу двигуна. У разі виникнення екстремальної ситуації система компенсує неадекватно різку реакцію водія і сприяє збереженню стійкості автомобіля. Робота даної системи полягає в здійсненні тягово-динамічного регулювання роботи систем керування автомобілем. Система запобігає порушенню курсової стійкості автомобіля.

ЕТС (*Electronic Throttle Control*) – електрично керована дросельна заслінка. Дросельна заслінка, яка не має механічного зв'язку з педалью акселератора. Зазвичай керується за допомогою електродвигуна та має датчики положення.

ETS – електронний контроль зчеплення з дорогою (див. ESP).

FCEV (*Fuel Cell Electric Vehicle*) – транспортний засіб на паливних елементах. Перспективні автомобілі, що використовують альтернативні джерела енергії – паливні елементи, в яких паливо, як правило водень, перетворюються в електричний струм, який приводить в дію електричні двигуни та трансмісію.

FWD (*Front Wheel Drive*) – привід на передні колеса (передньопривідний автомобіль).

GDI (*Gasoline Direct Injection*) – безпосереднє впорскування бензину. Система живлення ДВЗ, в якій бензин впорскується за допомогою дворежимних форсунок в циліндри двигуна.

GPS (*Global Positioning System*) – система глобального позиціонування. Система, що визначає координати розташування транспортного засобу в глобальній системі координат.

HDC (*Hill Descent Control*) – система з електронним керуванням, що уповільнює швидкість руху автомобіля на спуску. Застосовується на автомобілях підвищеної прохідності.

HEV (*Hybrid Electric Vehicle*) – гібридний транспортний засіб. Автомобілі, в яких крім ДВЗ, використовуються електродвигуни. Існують паралельні і послідовні «гібриди». У паралельних HEV колеса можуть приводитися в дію, використовуючи одночасно, як крутний момент від двигуна внутрішнього згорання, так і від електродвигуна. У послідовних гібридах, ДВЗ за допомогою генератора, заряджає акумулятор, а привід коліс відбувається від електродвигунів. Сучасні HEV мають приблизно в два рази кращу економічність, ніж традиційні автомобілі.

HID (*High-Intensity Discharge lamp*) – газорозрядна лампа. Сучасні газорозрядні джерела світла високої напруги, "ксенонові фари", що забезпечують краще висвітлення дороги і більшу довговічність.

HPI (*High Pressure Injection*) – впорскування палива під високим тиском.

HPU (*Hybrid Power Unit*) – гібридна силова установка.

HUD (*Head-Up Display*) – дисплей, що відображує інформацію на спеціальне скло, що не заслоняє вид. Дисплей призначено для відображення показань приладів на борту транспортного засобу (літак, автомобіль, тощо), які можна побачити, не знижуючи очі, як правило, через проекцію на лобове скло або козирок.

HVAC (*Heating Ventilation Air – Conditioning*) – опалення, вентиляція і кондиціонування повітря. Кліматична установка, в якій крім обігрівача салону автомобіля, використовується кондиціонер.

IC – engine (*Internal Combustion engine*) – двигун внутрішнього згорання.

LEV (*Low Emission Vehicle*) – транспортний засіб зі зниженими викидами шкідливих речовин в атмосферу.

LPG (*Liquid Petroleum Gas*) – зріджений нафтовий газ. Газ, який представляє собою суміш пропану і бутану в певному співвідношенні. Використовується в якості автомобільного палива.

MPV (*Multi Purpose Vehicle*) – багатоцільовий автомобіль (мінівен, мікроавтобус).

MTBE (*Methyl Tertiary Butyl Ether*) – добавка до бензину, що знижує шкідливі викиди. Кисневмісний склад, знижує температуру горіння та зменшує кількість шкідливих складових у відпрацьованих газах.

OBD (*On-Board Diagnostic*) – бортова діагностична система. Система електронного блоку керування, що дозволяє діагностувати несправності автомобіля. Запам'ятовує і дає можливість бачити коди несправності двигуна, трансмісії та інших систем.

OHV (*Overhead Valve*) – ГРМ з верхнім розташуванням клапанів.

PCM (*Power Control Module*) – силовий контрольний модуль. Електронний блок керування системами двигуна і трансмісії.

PAS (*Parking assist system*), **PDC** – система автоматичного паркування або допомоги при паркуванні. Система використовує ультразвукові датчики, що визначають відстань автомобіля до інших об'єктів.

PEM (*Proton Exchange Membrane*) – протонно-обмінна мембрана. Елемент, який використовується в сучасних паливних елементах, для отримання електрики з водню і кисню повітря.

Run-Flat Tire – шина, працююча при проколі. Сучасні «безпечні» шини, що дають можливість водієві проїхати на шині деяку відстань, з якої вийшло стиснене повітря.

RV (*Recreation Vehicle*) – автомобіль для відпочинку. Автомобілі, як правило, мають привід на всі колеса. Можуть використовуватися як на дорогах з удосконаленим покриттям, так і в умовах обмеженої прохідності.

RWD (*Rear Wheel Drive*) – автомобіль з приводом на задні колеса.

SBW (*Steering By Wire*) – «керування по дротах». Рульове керування, в якому поворот рульового колеса оцінюється за допомогою електричних датчиків, а поворот коліс здійснюється за допомогою комп'ютера.

SI (*Spark Ignition*) – іскрове запалювання.

SUV (*Sport Utility Vehicle*) – автомобіль підвищеної прохідності.

SVS – система зміни ступеня стиску ДВЗ. Розроблена фірмою Saab система дозволяє плавно змінювати ступінь стиснення ДВЗ шляхом зміни кута нахилу блоку циліндрів.

TCM (*Transmission Control Module*) – модуль керування трансмісією. Електронний блок керування трансмісією.

TCS (*Traction Control System*) – система контролю тяги. Система електронного керування розподілом крутного моменту на колесах автомобіля.

Tiptronic – автоматична коробка передач з можливістю секвентального (послідовного) псевдоручного перемикавання передач.

TPMS (*Tire Pressure Monitoring System*) – система дистанційного вимірювання та моніторингу тиску і температури в шинах автомобіля під час руху.

TWI (*Tread Wear Indicator*) – індикатор зносу шини. Виконується у вигляді виступу в канавці шини. Положення індикатора наноситься на боковій поверхні шини у вигляді стрілки і написи TWI.

Valvetronic – бензиновий двигун внутрішнього згоряння без дросельної заслінки. Двигун розроблений BMW. Зміна подачі паливно-повітряної суміші в циліндри досягається зміною ступеня відкриття впускного клапана за допомогою спеціального механізму.

VCS – радарна система контролю автомобіля. Система активної безпеки, в якій для попередження зіткнень використовується радар.

VVT (*Variable Valve Timing*) – система змін фаз газорозподілу ДВЗ. Механізм для зміни часу відкриття і закриття клапанів ДВЗ, що дозволяє поліпшити характеристики на різних режимах роботи.

ГУР (*Гідронідсилювач руля*) – система, що полегшують поворот керма. Особливо допомагає ГУР при повороті коліс на нерухомому автомобілі.

ЕУР (*Електронідсилювач руля*) – те саме, що і ГУР, але замість гідравлічного підсилювача використовується електромотор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жавнер В. Л., Смирнов А. Б. Мехатронные системы: учеб. Пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 131 с.
2. Т. Исии. Мехатроника: [пер. с япон.]. М.: Мир, 1988. 318 с.
3. Подураев Ю. В. Мехатроника: основы, методы, применение: учеб. пособие для студентов вузов. М.: Машиностроение, 2006. 256 с.
4. Жавнер В. Л., Смирнов А. Б. Мехатронные принципы проектирования технологического оборудования. *Конструктор-машиностроитель*. 2008. № 3. С. 12–15.
5. Аршанский М. М., Шалобаев Е. В. Мехатроника: основы глоссария. *Мехатроника*, 2003. № 4. С. 47–48.
6. Смирнов А. Б. Элементная база автоматических машин. Мехатронные модули микроперемещений технологических машин: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. 172 с.
7. Беляков В. В., Зезюлин Д. В. Автоматические системы транспортных средств. М.: Инфра-М, 2018. 352 с.
8. Иванов А. М., Солнцев А. Н., Гаевский В. В. Основы конструкции автомобиля. М.: ООО «Книжное издательство За рулем», 2005. 336 с.
9. Борщенко А. Я., Васильев В. И. Электронные и микропроцессорные системы автомобилей. Учебное пособие. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2007. 207 с.
10. Bosch. Автомобильный справочник Пер. с англ. М.: ЗАО «КЖИ За рулем», 2004. 992 с.
11. А. Ш. Хусаинов, Ю. А. Кузьмин. Пассивная безопасность автомобиля. Учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2011. 92 с.
12. Богатырева А. В. Электронные системы мобильных машин. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2015. 224 с.
13. А. В. Клочков, В. А. Попов, А. В. Адашь. Комбайны зерноуборочные зарубежные. Могилев: Горки, 2000. 184 с.
14. Шило И. Н., Толочко Н. К., Нукешев С. О., Романюк Н. Н., Есхожин К. Д. Умная сельскохозяйственная техника: учебное пособие. Астана: КазАТУ им. С.Сейфуллина, 2018. 174 с.
15. Шило И. Н., Толочко Н. К., Романюк Н. Н., Нукешев С. О. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе. Минск: БГАТУ, 2016. 336 с.
16. Черноиванов В. И., Ежевский А. А., Черноиванов В. И., Федоренко В. Ф. Интеллектуальная сельскохозяйственная техника. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. 124 с.

Навчальне видання

Антощенко Роман Вікторович
Нанка Олександр Володимирович
Лебедев Анатолій Тихонович
Антощенко Віктор Миколайович
Кісь Віктор Миколайович
Галич Іван Васильович

МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

підручник

кафедра мехатроніки та деталей машин
mdm.khntusg@gmail.com

Відповідальний за випуск: Р. В. Антощенко, І. В. Галич

Комп'ютерний набір та верстка: А. А. Сизько, І. А. Мікла

Формат 60x90 1/16. Обл.-вид. арк. 1,9. Наклад 100 прим.
Друк цифровий. Папір офсетний. Замовлення № 15
Видавництво та друк ФОП Шейніна О.В.
61052, Україна, м. Харків, вул. Слов'янська, 3

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК № 2779 від 28.02.2007 р.