

А.Т. Лебедєв, В.Д. Мигаль,  
І.О. Шевченко, М.Л. Шуляк

# АВТОМОБІЛЬ ВАНТАЖНИЙ

Сучасні  
конструкції



Харків  
2021

---

Міністерство освіти і науки України  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені ПЕТРА ВАСИЛЕНКА  
Навчально-науковий інститут мехатроніки і систем менеджменту  
Кафедра тракторів і автомобілів

# **АВТОМОБІЛЬ ВАНТАЖНИЙ. СУЧАСНІ КОНСТРУКЦІЇ**

Підручник

для здобувачів ступеня вищої освіти  
закладів вищої освіти

За редакцією  
доктора технічних наук,  
професора А. Т. Лебедева

Харків  
2021

---

---

---

УДК 629.35.02(075.8)

А 22

Затверджено

Вченою радою Харківського національного технічного університету  
сільського господарства імені Петра Василенка  
Протокол № 9 від 22.03.2021 р.

А в т о р с ь к и й к о л е к т и в :

А. Т. Лебедєв, професор  
В. Д. Мигаль, професор  
І. О. Шевченко, доцент  
М. Л. Шуляк, доцент

**Рецензенти:**

**Клименко В. І.**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри Автомобілів  
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету;

**Самородов В. Б.**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрою Автомобіле- і  
тракторобудування Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»;

**Шаша І. К.**, д-р техн. наук, проф., Національна академія Національної  
гвардії України, професор кафедри Експлуатації та ремонту автомобілів  
та бойових машин

А 22

Автомобіль вантажний. сучасні конструкції : підручник для  
здобувачів ступеня вищої освіти ЗВО / А. Т. Лебедєв, В. Д. Мигаль, І. О.  
Шевченко, М. Л. Шуляк; за ред. проф. А. Т. Лебедєва; ХНТУСГ. –  
Харків: ТОВ «Планета-Прінт», 2021. – 369 с.

ISBN 978-617-7897-55-1

В підручнику розглянуто будову та принцип роботи механізмів, агрегатів і  
систем сучасних, переважно закордонних вантажних автомобілів. Особливу увагу  
приділено тенденціям розвитку конструкцій вантажних автомобілів.

Видання призначене здобувачам вищої освіти закладів вищої освіти зі  
спеціальності 274 Автомобільний транспорт.

УДК 629.35.02(075.8)

© А. Т. Лебедєв, В. Д. Мигаль, І. О. Шевченко, М. Л. Шуляк, 2021  
© ХНТУСГ, 2021

ISBN 978-617-7897-55-1

---

---

**АВТОМОБІЛЬ ВАНТАЖНИЙ****Сучасні конструкції****ЗМІСТ**

<b>Вступ</b> .....	10
<b>Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВАНТАЖНИЙ АВТОМОБІЛЬ</b> .....	11
§ 1. Історія розвитку вантажного автомобіля .....	11
§ 2. Вимоги до конструкції вантажних автомобілів.....	15
§ 3. Загальна будова вантажного автомобіля.....	20
Основні елементи.....	20
Компонувальні схеми .....	22
§ 4. Класифікація, індексація і маркування автомобілів .....	24
§ 5. Провідні світові виробники вантажних автомобілів.....	26
§ 6. Ринок вантажних автомобілів в Україні.....	30
Еволюція вантажного автомобіля .....	33
Контрольні запитання .....	33
<b>Розділ 2. ДИЗЕЛЬ</b> .....	34
§ 7. Еволюція автомобільного двигуна.....	34
§ 8. Класифікація дизелів, загальна будова, основні поняття та визначення .....	36
Основні механізми, системи та їх призначення .....	36
§ 9. Сучасні задачі двигунобудування .....	41
§ 10. Принцип дії дизеля .....	43
§ 11. Характеристики двигуна.....	44
§ 12. Рухомі елементи дизеля .....	47
Компонувальні схеми .....	47
Поршень.....	49
Шатун.....	53
Колінчатий вал .....	54
Механізм газорозподілу .....	58
Балансування двигунів .....	61
§ 13. Нерухомі елементи дизеля.....	64
Блок циліндрів і його головка .....	65
Гільзи циліндрів .....	67
§ 14. Система мащення.....	69
Загальні відомості про систему мащення.....	69
Будова і робочий процес системи мащення.....	70
Агрегати системи мащення.....	73
Моторні масла .....	75

§ 15. Система охолодження .....	76
Загальні відомості про систему охолодження .....	76
Будова і робочий процес системи охолодження .....	77
Агрегати системи охолодження .....	81
Охолоджуюча рідини .....	84
§ 16. Турбонаддув дизеля.....	85
Принцип роботи турбонаддуву .....	86
Особливості конструкції елементів системи турбонаддуву.....	87
§ 17. Система живлення дизеля .....	92
Загальні відомості про систему живлення .....	92
Будова та робочий процес системи живлення .....	94
Система впорскування палива насос-форсунками.....	97
Акумуляторні паливні системи Common Rail .....	106
Режими роботи системи живлення дизеля .....	119
Дизельне паливо.....	121
§ 18. Системи живлення газових двигунів та газодизелів.....	122
Газовий двигун.....	122
Газодизельний двигун .....	129
Газові палива .....	133
Двигун на біодизелі .....	133
§ 19. Зниження токсичності відпрацьованих газів двигунів .....	137
Екологічні проблеми автомобілізації .....	137
Класифікація складу відпрацьованих газів дизеля.....	138
Нетоксичні речовини.....	139
Шкідливі речовини, які є продуктами неповного згорання палива .....	139
Скорочення шкідливих викидів .....	142
Системи очищення відпрацьованих газів .....	143
§ 20. Електрообладнання.....	148
Джерела та споживачі електроенергії.....	148
Акумуляторна батарея.....	149
Генератор .....	152
Система пуску двигуна.....	153
§ 21. Перспективні ідеї живлення дизелів .....	155
Контрольні запитання .....	156
<b>Розділ 3. ТРАНСМІСІЯ.....</b>	<b>157</b>
Призначення .....	157
§ 22. Зчеплення.....	158
Призначення, вимоги.....	158
Принцип роботи .....	158
Особливості конструкції зчеплення.....	160
Зчеплення з автоматичним саморегулюванням.....	162
Привод зчеплення .....	163
Тенденції вдосконалення конструкцій зчеплень.....	164

---

§ 23. Коробка передач.....	166
Призначення, вимоги.....	166
Принцип роботи.....	167
Модульні коробки передач.....	168
Автоматизована коробки передач.....	172
Гідромеханічні коробки передач (ГМП).....	174
Тенденції вдосконалення конструкцій коробок передач.....	178
§ 24. Мости.....	178
Призначення, вимоги.....	178
Типові схеми мостів.....	179
Головна передача.....	179
Диференціал.....	181
Кінцева передача.....	183
Сучасні конструкції ведучих мостів.....	184
Тенденції вдосконалення конструкцій ведучих мостів.....	185
§ 25. Карданні передачі.....	187
Призначення, вимоги.....	187
Принцип роботи.....	187
Карданна передача.....	189
Карданні шарніри.....	190
Проміжна опора.....	193
Тенденції вдосконалення конструкції карданних передач.....	193
Контрольні запитання.....	195
<b>Розділ 4. СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ.....</b>	<b>196</b>
§ 26. Рульове керування.....	196
Призначення, вимоги, класифікація.....	196
Способи повороту.....	197
Аналіз і оцінка конструкції.....	198
Рульове керування з додатково керованою віссю автомобіля.....	200
Рульове керування з електрогідравлічним підсилювачем руля.....	201
Рульове керування підвищеної безпеки.....	203
Тенденції вдосконалення конструкції рульових керувань.....	204
§ 27. Гальмове керування.....	205
Призначення, вимоги, способи гальмування.....	205
Гальмівні механізми.....	207
Гальмівний привод.....	209
Гальмівні системи з електронним управлінням EBS.....	212
Функції електронного управління гальмами.....	214
Основні компоненти гальмівної системи EBS.....	216
Електронна система управління стійкістю ESC.....	219
Антиблокувальні системи.....	221
Система екстреного гальмування.....	225

---

---

Активна система гальмування.....	225
Перспективні напрямки розвитку гальмівних систем .....	226
§ 28. Незвичайні гальма: моторне гальмо, гальмо-сповільнювач, ретардер.....	227
Контрольні запитання .....	232
<b>Розділ 5. НЕСУЧА СИСТЕМА, ПІДВІСКА, КОЛЕСА .....</b>	<b>234</b>
§ 29. Несучі системи .....	234
Призначення, вимоги.....	234
Рама .....	235
Кабіна і вантажний кузов.....	236
Тенденції вдосконалення несучих систем.....	238
§ 30. Підвіска .....	239
Призначення, вимоги, класифікація .....	239
Принцип роботи, кінематичні схеми .....	240
Пружна характеристика підвісок .....	241
Конструкційні особливості листових підвісок .....	243
Пневматичні підвіски .....	247
Амортизатори .....	251
Тенденції вдосконалення амортизаторів.....	253
§ 31. Автомобільні колеса.....	253
Взаємодія колеса з опорною поверхнею .....	254
Будова автомобільного колеса .....	255
Пневматичні шини.....	257
Маркування вантажних шин.....	261
Індикатори зносу шини .....	263
Тенденції вдосконалення шин автомобіля.....	265
Перспективні колеса автомобіля.....	267
Контрольні запитання .....	268
<b>Розділ 6. КОМФОРТНІСТЬ КАБІНИ ТА БЕЗПЕКА РУХУ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ.....</b>	<b>269</b>
§ 32. Комфортність кабіни .....	269
Комфорт для роботи та відпочинку водія .....	269
Опалення, кондиціонування кабіни .....	273
Обігрівання, вентиляція повітря у кабіні .....	274
Кондиціонери та кліматичні установки.....	275
§ 33. Безпека руху .....	277
Контрольно-вимірювальні прилади.....	277
Допоміжні системи .....	278
Оглядовість із кабіни.....	278
Система підтримання безпечної відстані .....	281
Безпека руху автопоїздів.....	282
Перспективні напрямки підвищення безпеки автомобілів.....	283
Контрольні запитання .....	284

---

---

<b>Розділ 7. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ</b> .....	285
§ 34. Основні структурні компоненти інтелектуальних систем .....	285
Мехатронні системи .....	285
Склад телематичних бортових систем автомобіля та їх зв'язок із зовнішніми пристроями .....	289
Основні підсистеми інтелектуальних автомобілів .....	291
Функціональне призначення бортових систем .....	296
§ 35. Бортові контролери зв'язку блоків керування автомобіля .....	297
Система передачі інформації .....	297
Компоненти шини CAN .....	300
§ 36. Інтелектуальні системи забезпечення керованості, технічної та екологічної безпеки автомобіля .....	303
Системи, параметри та способи забезпечення керованості та транспортної безпеки автомобіля .....	303
Інтелектуальні системи круїз-контролю .....	307
Системи керування рухом, контролю перетинання розмітки, бокової та мертвої зони .....	311
Системи активної безпеки руху автомобіля .....	314
Системи контролю стійкості автомобіля .....	318
Система попередження зіткнення автомобілів .....	322
§ 37. Інтелектуальні комплекси взаємодії внутрішніх телематичних систем автомобіля із зовнішнім телекомунікаційним середовищем .....	324
Інформаційне забезпечення керування автомобілем та транспортними потоками .....	324
Структура телематичних комплексів інтелектуальних транспортних систем .....	326
Система моніторингу стану водія .....	328
Системи відслідковування стану водія та нічного бачення .....	330
Системи керування фарами та освітленням дороги .....	332
Системи нічного бачення, контролю дороги та виявлення пішоходів .....	334
Система автоматичного гальмування на перехрестях .....	336
§ 38. Системи інформаційного забезпечення працездатності та діагностики автомобіля .....	337
Функціональне призначення самодіагностики .....	337
Обладнання моніторингових систем і дистанційного діагностування автомобілів .....	342
Системи дистанційної діагностики автомобілів .....	345
Пріоритетні напрямки підвищення інтелектуальних властивостей автомобілів .....	347
Контрольні запитання .....	349

---



<b>Розділ 8. ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ</b> .....	351
§ 39. Перспективні напрямки розвитку конструкції вантажних автомобілів.....	351
§ 40. Новітні двигуни сучасних автомобілів.....	352
Паливні елементи.....	352
Застосування альтернативних видів палива.....	354
§ 41. Накопичувачі енергії вантажних автомобілів.....	355
Гідрогазовий накопичувач енергії .....	355
Маховичний накопичувач енергії .....	357
§ 42. Гібридні автомобілі .....	358
§ 43. Яким же буде вантажний автомобіль у майбутньому?.....	363
Контрольні запитання .....	367
<b>Література</b> .....	368

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

*АТ* – автомобільний транспорт

*АВ* – автомобіль вантажний

*АТЗ* – автотранспортний засіб

*АВС* – антиблокувальна система

*АВА* – активна система гальмування

*АРС* – блок управління підсилювачем керма

*АФС* – активна система рульового керування

*АРВ* – противідкатна система

*АСР* – система протибуксування ведучих коліс

*АРТ* – система адаптивного круїз-контролю

*АСС* – система стабілізації поперечного положення кузова

*АVL* – система автоматизованого визначення місцезнаходження автомобіля

*АКБ* – акумуляторна батарея

*АРМ* – автоматизоване робоче місце

*АСКДР* – автоматизована система керування дорожнім рухом

*АРР* – система попередження перекидання автомобіля

*БД* – база даних

*БС* – базова станція

*БСК* – бортова система контролю

*ВА* – власна система гальмування

*ВГ* – відпрацьовані гази

*ГНСС* – глобальна навігаційна супутникова система

*ГМП* – гідромеханічна коробка передач

*ГРМ* – механізм газорозподілу

*ГУ* – гальмове управління

*ДВЗ* – двигун внутрішнього згорання

*ДЛН* – дистанційна локалізація несправностей

*ДТП* – дорожньо-транспортна пригода

*DSC* – система контролю пробуксування коліс

*ESP* – система динамічної стабілізації

*EBS* – гальмівна система з електронним керуванням

*EDS* – електронне управління дизелів

*КЗ* – камера згорання

*КШМ* – кривошипно-шатунний механізм

*КВВП* – кут випередження впорскування палива

*ККД* – коефіцієнт корисної дії

*ККП* – коробка перемикання передач

*НР* – нетоксичні речовини

*МС* – мобільна станція

*ПК* – персональний комп'ютер

*ПММ* – паливно-мастильні матеріали

*ППА* – паливоподаюча апаратура

*РК* – рульове керування

*RPS* – блок управління керма задньої осі

*СД* – самодіагностика

*САУ* – система автоматичного управління

*ТКР* – турбокомпресор

*ЦПТ* – циклова подача палива

*FIS* – інформаційна система водія

*ЧР* – Часткова рециркуляція відпрацьованих газів

*ЕБУ* – електронний блок управління дизелів

## **ВСТУП**

---

На сучасному ринку вантажних автомобілів в Україні, особливо в аграрному секторі, присутні десятки марок автомобілів, які відрізняються призначенням, технічними характеристиками, вартістю і т.д. Жорстка конкуренція між фірмами-виробниками вантажних автомобілів призвела до необхідності розробки нових моделей автомобілів, які максимально задовольняють споживача по економічності, екологічності, комфортності, безпеці руху і т.д. Це досягається в основному впровадженням в конструкцію автомобіля нових технічних рішень, з якими недостатньо ознайомлений споживач. Назріла необхідність підготовки кваліфікованих кадрів у вищих навчальних закладах з вивчення конструкції сучасного вантажного автомобіля. Вантажні автомобілі є основними транспортними засобами в сільському господарстві, будівництві, перевезенні багатьох видів матеріалів і товарів народного господарства.

Автори запропонованого підручника викладачі кафедри «Трактори і автомобілі» Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка спробували провести аналіз конструкцій сучасних автомобілів, в основному зарубіжного виробництва, звернувши при цьому основну увагу особливості елементів. Навчальний посібник призначений для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» технічних навчальних закладів при вивченні курсу «Конструкція автомобіля».

Виклад матеріалу цього підручника підпорядкований загальному принципу: аналіз та оцінка конструкцій типових схем агрегатів та систем автомобілів, детальне вивчення будови сучасних вантажних автомобілів, тенденції раціонального вдосконалення їх конструкцій.

Структура та послідовність викладення матеріалу підручника дозволило скласти базу знань, які можуть бути корисним всім, хто цікавиться конструкціями сучасних вантажних автомобілів.

## РОЗДІЛ

# 1

Переміщення вантажів властиво життєвої діяльності людини і будь-який технічний засіб, що дозволяє прискорити цей процес, завжди буде користуватися попитом. Вантажний автомобіль найкращим способом задовольняє потребу переміщення вантажів на різні відстані.

# ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВАНТАЖНИЙ АВТОМОБІЛЬ

## § 1

### ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

---

Автомобіль (від грец. *αὐτός* – сам і лат. *mobilis* – той, що рухається) – самохідний безрейковий транспортний засіб, призначений для переміщення по суші.

Появі автомобіля сприяв винахід людиною колеса. Найдавніше з відомих зображень візків з двома парами коліс належить шумерам і відноситься приблизно до 3500 р. до н.е. Поховання з візками (2700-2500 рр. до н.е.) виявлені при розкопках найдавніших шумерських міст. Прогрес колісного транспорту визначався удосконаленням конструкції коліс, поліпшенням якості доріг і переходом на більш потужну тягу – від тяги людини, тварини чи коня до тяги парової машини і двигуна внутрішнього згоряння. Даний прогрес визначив історію автомобілебудування (рис. 1.1).

Історики вважають, що прообразом автомобіля був триколісний саморушійний візок Леонардо да Вінчі (1478 р.), який пересувався завдяки заводному пружинному механізму. Позаду нього за допомогою складної системи шестерень незалежно одне від одного оберталися два колеса. Біля переднього колеса, на дерев'яному важелі, містилося додаткове маленьке обертове колесо, за допомогою якого змінювався напрямок руху візка.

Визначну роль у розвитку колісного транспорту древніх зіграло використання коней, які, за наявними даними, вперше були приручені людиною в степах України у V-IV тисячолітті до н.е. Використання коней в бойових колісницях з лучниками (XXIV-XXI століттях до н.е.), важкої кавалерії в Середні століття, яка складалася з закутих у залізо лицарів, що сиділи на потужних конях і атакували в зімкнутому строю, стало вирішальним родом військ у всіх арміях.

*Перші автомобілі*



1478 р. – перші креслення пружинних автомобілів **Леонардо да Вінчі**



1769 р. – француз **Ніколя Кюньо** виготовив перший паровий автомобіль



1885 р. – німецький винахідник **Г. Даймлер** виготовив перший автомобіль з бензиновим двигуном



1900 р. – **Фердинанд Порше** виготовив перший електромобіль, поєднавши електропривод з бензиновим двигуном

*Перші серійні автомобілі*



1913 р. – завод Піккет, завдяки Генрі Форду випускає модель **Ford T**. Виготовлено: більш 15 млн.



1924 р. – вантажний автомобіль з дизельним двигуном **MAN 3Zc**. Виготовлено: 10268



1924 р. – **АМО-Ф-15** перший радянський автомобіль серійного виробництва заводу ЗІЛ. Виготовлено: 6383



1959 р. – Кременчуцьким автомобільним заводом був випущений десятитонний самоскид **КрАЗ-222**. Виготовлено: 11630

*Сучасні вантажні автомобілі*



зерновоз **Volvo FH 4x2**



автомобіль-самоскид **КрАЗ-7511C4**



автоцистерна **Mercedes-Benz Actros 2544**



автозчіпка **MAN TGS 28.440 6X2-2 BLS-WW**

Рис. 1.1. Історія автомобілебудування

Найбільші труднощі з перевезенням вантажів виникали у військовій справі в зв'язку з безперервно зростаючою, починаючи з XIV століття, роллю артилерії. Було потрібне швидке переміщення важких гармат на великі відстані, з чим не справлялася навіть велика кількість коней.

Спроби створення безкінних «самобіглих» екіпажів робилися починаючи з XVII ст. Те, що пара може виконувати роботу, було відомо ще із сивої давнини. Однак, перша трьохколісна коляска з паровим двигуном була створена у Франції Ніколя Кюньо в 1769 р. Можна вважати, що дана коляска є першим вантажним автомобілем.

Парова машина, що розвивала потужність близько 2 к.с., розташовувалася на передньому колесі й поверталася разом з ним. Візок міг перевозити до 3 т вантажу зі швидкістю 2-4 км/год. При русі були потрібні часті зупинки для

підтримки вогню в топці, щоб постійно забезпечувати необхідний тиск пару. У ті роки екіпажі з паровим двигуном не могли конкурувати з гужовими візками і тому не отримали широкого застосування.

Ситуація принципово змінилася після створення двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). У 1859-1860 рр. французький механік Етьєн Ленуар побудував поршневий двигун, який працював за рахунок спалювання в циліндрі світильного газу. Правда, конструкція такого двигуна була ближче до парової машини, ніж до відомого нам двигуна внутрішнього згоряння. Більш вдалу конструкцію двигуна створив в 1876 р. в Німеччині Ніколаус-Август Отто. Поршневий газовий двигун Отто працював по чотиритактному циклу (один робочий хід поршня і три підготовчих), суміш газу з повітрям стискалася в циліндрі перед запалюванням запальною свічкою.

Реально застосувати двигун внутрішнього згоряння на колісному екіпажі вдалося лише після переведення його з газового палива на рідке нафтове (бензин). Заслуга в створенні такого двигуна належить Готлибу Даймлеру. В 1885-1886 рр. німецькі інженери Г. Даймлер і К. Бенц незалежно один від одного запатентували коляски з двигуном внутрішнього згоряння, які і прийнято вважати першими в світі автомобілями. Двигун Даймлера мав частоту обертання в 4-5 разів вище, ніж у газових двигунів того часу, що при рівній потужності дозволило істотно знизити габарити і масу двигуна.

Першим електромобілем прийнято вважати автомобіль, виготовлений Фердинандом Порше (1900 р.), який об'єднує бензиновий двигун внутрішнього згоряння і електромотори, вбудовані в передні колеса. Наявність двигуна внутрішнього згоряння, електрогенератора і електромоторів визначило схему майбутніх автомобілів з електричною трансмісією.

Справедливості заради треба відзначити, що в кінці XIX – на початку XX ст. з бензиновими автомобілями успішно конкурували автомобілі з електричним та паровим приводом: було створено і випускалася досить велика їх кількість. Але переваги ДВЗ привели до того, що поступово (після 1910 р.) випуск електро- і паромобіля скоротився до мінімуму.

Парові легкові автомобілі фірми Стенлі, Уайт і Добл в США виготовлялися до середини 30-х років. В Англії парові вантажівки Фоден і Сентинел випускалися і в 50-ті роки.

В цілому причиною припинення їх виробництва стала навіть не стільки низька економічність, скільки експлуатаційні незручності: довгий розігрів котла, складність контролю за силовою установкою, замерзання води взимку.

Кінець XIX – початок XX ст. характеризуються початком промислового виробництва автомобілів у багатьох країнах світу.

Початком масового випуску автомобілів можна вважати створення американським підприємцем Генрі Фордом вдалої конструкції автомобіля «Ford-T» і застосування для його складання з 1913 р. спеціалізованого конвеєра, що дозволило різко збільшити обсяги випуску і, як наслідок, знизити собівартість автомобіля. За 19 років було випущено понад 15 млн. цих автомобілів. Автомобіль став доступний громадянам із середнім достатком. Можна сказати, що саме тоді автомобіль з екзотичної іграшки перетворився в

масовий транспортний засіб.

Важливою віхою в історії автомобілебудування є початок застосування на автомобілях двигуна внутрішнього згоряння із запалюванням від стиснення. Даний тип двигуна був запатентований німецьким інженером Рудольфом Дизелем в 1892 р., але на автомобілях (в першу чергу вантажних) дизель почав серійно встановлюватися в 20-ті роки ХХ ст.

Період з кінця 20-х років минулого століття характеризувався удосконаленням окремих систем автомобіля, збільшенням потужності двигунів і швидкостей руху. Фірми-виробники експериментують з місцем розташування двигуна, з пристроєм підвіски та трансмісії. На замовлення армії створюються багатовісні автомобілі, в тому числі підвищеної прохідності. Конструкції автомобілів різного призначення починають істотно відрізнятися одне від одного.

У 50–60-ті рр. минулого століття відбулося різке збільшення обсягів випуску автомобілів, яке призвело і до негативних наслідків: підвищилося число загиблих і поранених на дорогах, відбулося забруднення довкілля, стала відчуватися нестача вуглеводневого палива.

Для зменшення тяжкості наслідків масової автомобілізації, фірми-виробники під тиском суспільства і держави стали вносити в конструкцію істотні зміни. Можна простежити три етапи вдосконалення конструкції автомобілів.

1. Підвищення конструктивної безпеки (з початку 60-х років).

У цей період на автомобілі стали застосовуватися ремені та подушки безпеки, безпечні стекла, двоконтурні гальмівні системи, ударопоглинаючі бампери і т.д.

2. Зменшення витрат палива (після нафтових криз 70-х років).

У цей час почалася боротьба за зниження власної маси автомобіля, надання йому аеродинамічних форм. Удосконалюється конструкція двигунів, шин, досліджується питання застосування альтернативних (не нафтового походження) видів автомобільного палива.

3. Зменшення негативного впливу на навколишнє середовище (з середини 80-х років).

Удосконалюється робочий процес двигуна, застосовуються різні фільтри і нейтралізатори відпрацьованих газів, які зменшують обсяг шкідливих викидів автомобіля. За рахунок різних конструктивних рішень автомобіль стає менш шумним. Виникає питання щодо пристосованості конструкції автомобіля до переробки (утилізації) після припинення експлуатації. Досліджуються екологічно чисті типи силових агрегатів.

Організація масового виробництва вантажних автомобілів в Україні пов'язана із будівництвом Кременчуцького автомобільного заводу (1945 р.). На даний час Приватне акціонерне товариство (ПрАТ) «АвтоКрАЗ» – один з найбільших в Європі виробників великовантажних автомобілів.

Програма холдингу складається з двох і тривісних самоскидів, бортових автомобілів, сідельних тягачів, лісовозів, шасі під установку спеціального устаткування, а також декількох моделей причіпної техніки. Автомобілі КрАЗ

успішно експлуатуються в 57 країнах світу.

За весь час існування торгової марки КраЗ (з 1959 року) з конвеєра автозаводу зійшло понад 800 тис. одиниць автомобільної продукції.

---

## § 2

### **ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ**

---

Вантажні автомобілі призначені для перевезення вантажів різного призначення і можуть бути поділені на автомобілі загального призначення, спеціалізовані та спеціальні.

Вантажний автомобіль загального призначення може бути обладнаний бортовою або безбортовою, відкритою або закритою платформою, кузовом, пристосованим для міжнародних перевезень, кузовом-фургоном без внутрішнього обладнання. До спеціалізованих відносяться вантажні автомобілі, призначені для перевезення конкретних видів однотипних (однорідних) вантажів, до яких, з урахуванням їх фізико-механічних, хімічних, вагових, геометричних та інших властивостей і параметрів, пристосовані їх платформи, надбудови або кузова. Ці автомобілі можуть бути забезпечені засобами самонавантаження або розвантаження. До спеціальних належать вантажні автомобілі для розміщення, транспортування і експлуатації різного, в тому числі технологічного обладнання. До кожної із зазначених груп можуть відноситись вантажні автомобілі, призначені для одиночного використання, і автомобілі-тягачі, в зчепленні з якими причепа і напівпричепа утворюють автопоїзд.

Від першого вантажного автомобіля, що випускався серійно, до сучасних вантажних автомобілів різного призначення (рис. 1.2) в основному збережено взаємне розташування основних елементів.

Автомобільний транспорт для сільського господарства повинен задовольнити специфічні вимоги по вантажопідйомності, вантажомісткості, прохідності, рівню мінімальної стійкості, швидкості руху при спільній роботі зі збиральними машинами, конструкції кузова. Для сільського господарства кращі автомобілі і автопоїзди-самоскидні підвищеної прохідності із змінним обсягом дозування і конструкцією кузова для різної продукції.

В умовах жорсткої конкуренції на світовому ринку автомобілів дуже важливо підвищення їх якості, яка визначається сукупністю властивостей, що задовольняють покупця у найвищому ступені. Всі властивості автомобіля можна розбити на три групи: функціональні, споживчі, безпеки.

*Функціональні властивості* визначають здатність автомобіля ефективно виконувати свою основну функцію – перевезення людей, вантажів, устаткування, тобто характеризують автомобіль як транспортний засіб. До цієї групи властивостей, зокрема, відносяться:

– тягово-швидкісні властивості – здатність рухатися з високою середньою швидкістю, інтенсивно розганятися, долати підйоми;





**Самоскиди** – машини, призначені для перевезення сипучих матеріалів і вантажів, наприклад, зерна, піску, гравію. Їх вантажопідйомність не перевищує 22 т.



**Зерновоз** – застосовується для доставки зернових культур. Автомобілі здатні перевозити до 22 т.



**Автоцистерни** – такі види вантажних автомобілів призначені для транспортування різних рідин. Залежно від моделі машини здатні перевозити від 12 до 22 т. Виділяють хімічні та харчові цистерни. Їх об'єм – від 8-9 до 40 м<sup>3</sup>.



**Тент (напівпричіп)** – активно використовується для транспортування різноманітних вантажів. Автомобілі входять в парк багатьох логістичних компаній. Вантажопідйомність напівпричепів варіюється від 20 до 25 т, а місткість – від 22 до 33 європалет. Корисний об'єм не перевищує 96 м<sup>3</sup>.



**Автозчіпка** – складається з транспортного засобу та причепа. Машини відрізняються хорошим корисним об'ємом (у деяких моделях досягає 120 м<sup>3</sup>), дозволяють проводити швидке розвантаження і завантаження продукції. Не підходять для транспортування довгомірних виробів. Вантажопідйомність варіюється від 16 до 25 т.



**Рефрижератор (напівпричіп)** – машина, яка обладнується холодною установкою. Такі авто використовуються для доставки різної продукції, що швидко псується, наприклад, м'яса, риби, лікарських препаратів. При перевезенні у відсіку, де розташований вантаж, підтримується постійна температура: від – 25-24 °С до + 23-25 °С. Місткість – 32 європалети, а вантажопідйомність варіюється від 16 до 25 т.



**Автовози** – транспортні засоби, що використовуються для транспортування легкових машин. Вантажопідйомність автовозів зазвичай не перевищує 25 т. На їх місткість впливає довжина причепа, як правило перевозять до 10 авто.



**«Jumbo»** – напівпричіп, який характеризується підвищеною місткістю (до 33 європалети, корисний об'єм – до 110 м<sup>3</sup>).

Рис. 1.2. Основні види вантажних автомобілів

– керованість і стійкість – здатність автомобіля змінювати (керованість) або підтримувати постійними (стійкість) параметри руху (швидкість,

прискорення, уповільнення, напрямку руху) відповідно до дій водія;

– паливна економічність – шляхова витрата палива в заданих умовах експлуатації;

– маневреність – здатність руху на обмежених площах (наприклад, на вузьких вулицях, у дворах, паркінгах);

– прохідність – можливість руху у важких дорожніх умовах (сніг, бездоріжжя, подолання водних перешкод і т.і.) та по бездоріжжю;

– плавність ходу – здатність руху по нерівних дорогах при допустимому рівні дії вібрації на водія, пасажирів та на сам автомобіль;

– надійність – безвідмовна експлуатація, тривалий термін служби, пристосованість до проведення технічного обслуговування і ремонту автомобіля.

*Комплекс споживчих властивостей* характеризується здатністю задовольняти вимоги, не пов'язані безпосередньо з ефективністю виконання транспортного процесу. До споживчих властивостей можна віднести:

– наявність систем забезпечення найліпших тягово-швидкісних і паливно-економічних властивостей автомобіля, які впливають на легкість його керування;

– рівень комфорту при використанні – складна властивість, яка визначається зручністю посадки, входу-виходу, наявністю систем регулювання температури (обігрівач, кондиціонер, клімат-контроль), якістю аудіосистеми;

– наявність пристроїв зв'язку із зовнішнім світом (вбудований телефон, телевізор, навігаційна система);

– привабливість зовнішнього вигляду автомобіля.

*Властивості безпеки*, як правило, жорстко регламентуються державою в законодавчому порядку (законодавчі обмеження) і контролюються перед початком випуску моделі й протягом терміну служби при періодичних перевірках технічного стану автомобіля в процес експлуатації.

Властивості безпеки поділяються на три підгрупи: *безпека активна, пасивна і екологічна*.

*Властивості активної безпеки* характеризують здатність знижувати ймовірність участі автомобіля в дорожньо-транспортних пригодах та включають в себе:

– гальмівні властивості – здатність автомобіля швидко знижувати швидкість і надійно утримуватися на місці;

– керованість і стійкість в аварійних режимах – здатність автомобіля до скоєння різких маневрів у критичних ситуаціях (об'їзд перешкоди, крутий поворот);

– оглядовість з місця водія – можливість водія отримати візуальну інформацію про навколишнє оточення, пов'язана з конструкцією стекол, дзеркал заднього виду й т.і. ;

– зовнішню інформативність автомобіля – кількість, колір, місце розташування зовнішніх світлових приладів (фар, покажчиків повороту, сигналів гальмування й т.і.);

– рівень шуму на робочому місці водія – ступінь зниження працездатності

водія при тривалому впливі шуму.

*Властивості пасивної безпеки* визначають здатність знижувати тяжкість наслідків дорожньо-транспортних пригод та включають в себе:

– властивості, що знижують рівень травматизму водія і пасажирів при аварії, пов'язані з енергопоглинаючими властивостями кузова, наявністю захисних пристроїв (ременів, надувних подушок безпеки, демпфуючих елементів всередині кузова, підголівників), конструкцією стекол, рульової колонки, внутрішнього оздоблення салону;

– властивості, що знижують рівень травматизму пішоходів, визначаються, наприклад, відсутністю травмонебезпечних зовнішніх виступів автомобіля;

– пожежна безпека визначається конструкцією паливної системи, місцем розташування паливного бака, наявністю засобів пожежогасіння й т.і.

*Властивості екологічної безпеки* характеризують ступінь впливу автомобіля на навколишнє середовище і включають в себе:

– рівень шкідливих елементів у відпрацьованих газах автомобільних двигунів – ступінь забруднення повітряного середовища токсичними речовинами, в першу чергу оксидом вуглецю, оксидами азоту, вуглеводнем, сажею;

– рівень зовнішнього шуму – рівень шкідливого впливу на людей, що знаходяться поблизу жвавих автомагістралей;

– ступінь використання екологічно нешкідливих матеріалів в конструкції автомобіля, наприклад безазбестових гальмівних колодок;

– пристосованість до утилізації – пристосованість автомобіля, його вузлів і агрегатів до повторної переробки після виходу з ладу.

В даний час нові автомобілі перевіряються на відповідність європейським нормам безпеки, викладеним у численних Правилах Європейської економічної комісії ООН (Правилах ЄЕК ООН). Процедура підтвердження відповідності вимогам Правил називається сертифікацією автомобіля, і при позитивних її результатах конкретна модель або все сімейство автомобілів отримують документ-схвалення типу транспортного засобу.

В експлуатації вимоги безпеки автомобіля контролюються при періодичних технічних оглядах.

Існує ще один вид законодавчих обмежень, спрямований на запобігання надмірного зносу автомобільних доріг і пов'язаний з контролем за автомобілями, розміри яких не відповідають геометричним розмірам елементів автомобільних доріг. Це граничні значення габаритних, вагових параметрів важких вантажних автомобілів, автопоїздів, автобусів і максимально допустимі вертикальні навантаження від окремих осей на дорожнє покриття (осьові навантаження). Зазначені граничні значення встановлюються державою в залежності від конструкції автомобіля і дорожніх умов. При їх перевищенні рух по дорогах допускається з дотриманням спеціальних вимог і кожне таке перевезення обкладається додатковим дорожнім податком для компенсації підвищеного зносу дорожнього покриття.

Приклад вагових і габаритних обмежень для п'ятивісного сидельного автопоїзда (двовісний тягач і тривісний напівпричіп) при русі по магістральним

дорогам наведено на рис. 1.3.



**Рис. 1.3. Вагові та габаритні обмеження для п'ятивісного сидельного автопоїзда:**  
габаритна ширина до 2,55 м (рефрижератори до 2,60 м); повна маса до 40 т; висота до 4 м;  
довжина до 16,5 м

Всі перераховані вище властивості можна оцінювати, якщо визначені умови експлуатації.

*Умови експлуатації* автомобіля поділяються на:

- дорожні умови експлуатації, що визначаються характеристиками автомобільної дороги (підйоми, спуски, повороти, тип дорожнього покриття, ширина проїзної частини й т.і.), інтенсивністю руху транспортного потоку, значенням законодавчого обмеження швидкості;
- природно-кліматичні властивості експлуатації визначаються температурою, вологістю, тиском навколишнього повітря, інтенсивністю опадів, сезонною зміною стану дорожнього покриття;
- транспортні умови експлуатації визначаються дальністю перевезень та відстанями між пунктами зупинок, видом і характеристиками вантажу, кількістю пасажирів й т.д. .;
- економічні умови експлуатації визначаються рівнем цін, тарифів, податків у тій чи іншій державі;
- соціальні умови експлуатації визначаються уявленнями споживачів автомобіля про моду, престижність і т.д.

Набір властивостей, що визначають якість автомобіля, їх вагомість по відношенню один до одного, будуть залежати від уявлень кожної конкретної людини, від політики держави в даний період, умов передбачуваної експлуатації. Враховуючи, що поєднання цих факторів дає величезну кількість варіантів, стає зрозумілим те різноманіття конструкцій вантажних автомобілів, представлених на ринку, кожна з яких забезпечує найкращі властивості для конкретних споживачів і умов експлуатації.

---

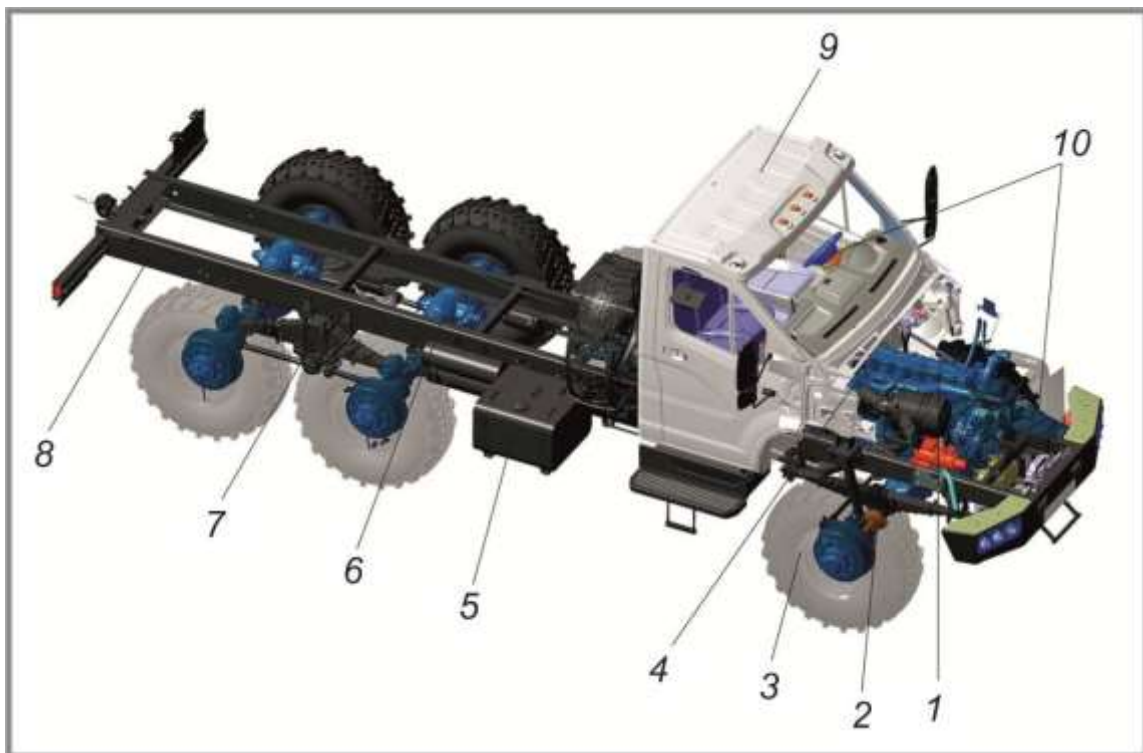
## § 3

### ЗАГАЛЬНА БУДОВА ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

---

#### *Основні елементи*

Незважаючи на величезне різноманіття типів і моделей сучасних вантажних автомобілів, конструкція кожного з них складається з набору агрегатів, вузлів і механізмів, наявність яких дозволяє називати транспортний засіб «автомобілем» (рис. 1.4).



**Рис. 1.4. Розташування основних елементів тривісного вантажного автомобіля:**  
1 – двигун; 2 – пневматична гальмівна система; 3 – колісний рушій; 4 – трансмісія;  
5 – паливний бак; 6 – ведучий міст; 7 – підвіска несучої системи; 8 – несуча система;  
9 – кабіна; 10 – рульове керування

До основних елементів відносяться:

- двигун;
- рушій;
- трансмісія;

- системи керування автомобілем;
- несуча система;
- підвіска несучої системи;
- кузов (кабіна).

*Двигун* є джерелом механічної енергії, необхідної для руху автомобіля.

Залежно від виду використаної енергії і процесу її перетворення в механічну, на автомобілі можуть застосовуватися двигуни, що використовують енергію:

- палива, що згорає (поршневий двигун внутрішнього згорання, газова турбіна, паровий двигун, роторно-поршневий двигун Ванкеля, двигун зовнішнього згорання Стірлінга й т.і.);

- електричну енергію – електродвигуни;
- попередньо стисненого повітря;
- попередньо розкрученого маховика – маховикові двигуни.

Найбільшого поширення на сучасних автомобілях набули поршневі двигуни внутрішнього згорання, що використовують рідке паливо нафтового походження (бензин, дизельне паливо) або горючий газ, як джерело енергії.

До системи «двигун» відносять також підсистеми зберігання, подачі палива і видалення продуктів згорання (системи випуску).

*Рушій* автомобіля забезпечує зв'язок автомобіля з зовнішнім середовищем, дозволяє йому «відштовхуватися» від опорної поверхні (дороги) і перетворює енергію двигуна в енергію поступального руху автомобіля. Основний тип рушія автомобіля – колесо.

*Трансмісія* (силова передача) автомобіля передає енергію від двигуна до рушія і перетворює її в зручну для використання в рушії форму. Трансмісії можуть бути:

- механічні (передається механічна енергія);
- електричні (механічна енергія двигуна перетворюється в електричну, передається до рушія по дротах і там знову перетворюється в механічну);
- гідрооб'ємні (обертання колінчастого вала двигуна перетворюється гідронасосом в енергію потоку рідини, що передається по трубопроводах до колеса, і там, за допомогою гідромотора, знову перетворюється в обертання);
- комбіновані (електромеханічні, гідромеханічні).

Найбільшого поширення на сучасних автомобілях отримали механічна і гідромеханічна трансмісії. Механічна трансмісія складається з фрикційної муфти (зчеплення), коробки зміни передач, головної передачі, диференціала, карданних передач, півосей.

*Зчеплення* – муфта, що дає можливість короткочасно роз'єднати і плавно з'єднати двигун і пов'язані з ним механізми трансмісії.

*Коробка зміни передач* – механізм, що дозволяє поступово або безступінчасто змінювати крутний момент двигуна та напрямок обертання валів трансмісії (для руху заднім ходом).

*Ведучі мости* призначені для передачі крутного моменту від вторинного валу коробки передач до рушія автомобіля, а також для збільшення передаточного числа трансмісії.

---

*Системи управління автомобілем* включають в себе:

- рульове управління, яке служить для зміни напрямку руху автомобіля, як правило, за рахунок повороту керованих коліс;
- гальмівну систему, яка служить для зменшення швидкості руху автомобіля аж до повної зупинки і надійного утримання його на місці;
- управління іншими системами автомобіля (двигуном, трансмісією, температурою в кабіні й т.д.).

*Несуча система автомобіля* служить для кріплення на ній всіх інших вузлів, агрегатів і систем автомобіля. Вона може виконуватися у вигляді плоскої рами або об'ємного несучого кузова.

*Підвіска несучої системи* забезпечує пружний зв'язок коліс з несучою системою і забезпечує плавність ходу автомобіля при русі по нерівній дорозі, зменшує вертикальні динамічні навантаження, що передаються на автомобіль від дороги.

*Кузов (кабіна)* служить для розміщення водія, пасажирів, вантажу або спеціального обладнання, що транспортується автомобілем. В ряді випадків, переважно легкові автомобілі, кузов поєднує функції несучої системи (несучий кузов). До системи автомобіля «кузов» прийнято відносити також багато вузлів, агрегатів, підсистем, що не потрапили в інші системи автомобіля (зовнішні світлові прилади, кліматичні установки в салоні, ряд пристроїв безпеки для водія і пасажирів й т.д.).

### *Компонувальні схеми*

---

Найбільш поширені чотири варіанти компонувальних схем вантажних автомобілів, що різняться між собою розміщенням двигуна і кабіни (рис. 1.5):

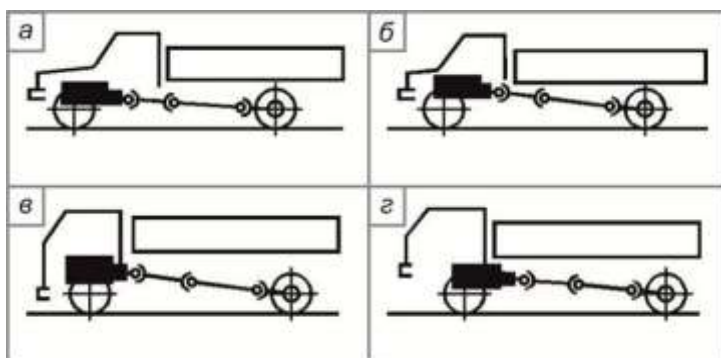


Рис. 1.5. Основні компонувальні схеми вантажних автомобілів: *а* – капотна; *б* – короткокапотна; *в* – кабіна над двигуном; *г* – передня кабіна

– капотна (рис. 1.5, *а*; автомобілі типу КрАЗ-С18.1) – двигун знаходиться над переднім мостом, кабіна – за двигуном; перевагами такого розміщення є зручна доступність до двигуна, зручність входу і виходу з кабіни, найменше можливе навантаження на передній міст; недоліком – обмежений передній огляд;

– короткокапотна (рис. 1.5, *б*; автомобілі типу КрАЗ-65055) – двигун знаходиться над переднім мостом, кабіна частково «насунута» на двигун; переваги – можливість зменшення колісної бази і довжини автомобіля, оптимальне навантаження на передній міст; недоліки – збільшена висота розміщення підлоги кабіни, утруднений доступ до задньої частини двигуна, менша ширина дверей, підвищений рівень шуму у кабіні;

– кабіна розміщена над двигуном, двигун – над переднім мостом, (рис. 1.5, в; автомобілі типу КрАЗ-С20.Р); переваги – можливість отримання мінімальної колісної бази і довжини автомобіля, збільшення навантаження на передні колеса для повнопривідних автомобілів, досягнення зручного огляду з кабіни; недоліки — велика висота підлоги кабіни, ускладнений вхід і вихід із неї, неможливість розміщення в кабіні більше ніж двох людей, для доступу до двигуна необхідне відкидання кабіни на шарнірах передньої опори;

– кабіна максимально зміщена вперед, двигун знаходиться позаду переднього моста (рис. 1.5, г; автомобілі типу КрАЗ-С.20.2); переваги – добрий огляд із кабіни, зручність входу і виходу з неї, помірної висоти і рівної поверхні підлоги; недоліки – для доступу до двигуна необхідність підймання кабіни або капота, з'єднаного з крилами; вплив на водія великих вертикальних навантажень; навантаження на дорогу від переднього моста у таких автомобілях становлять 33 – 35 % його повної маси, що для неповнопривідних автомобілів погіршує їх прохідність.

Автомобілі сільськогосподарського призначення мають в основному короткокапотну і з переднім розміщенням кабіни схеми компоновки, які забезпечують зручний рух на дорогах будь-якої категорії.

Основою компоновальних схем вантажних автомобілів є двигун та трансмісія, яка забезпечує кінематичний зв'язок коробки передач через карданну передачу з ведучим мостом (рис. 1.6).

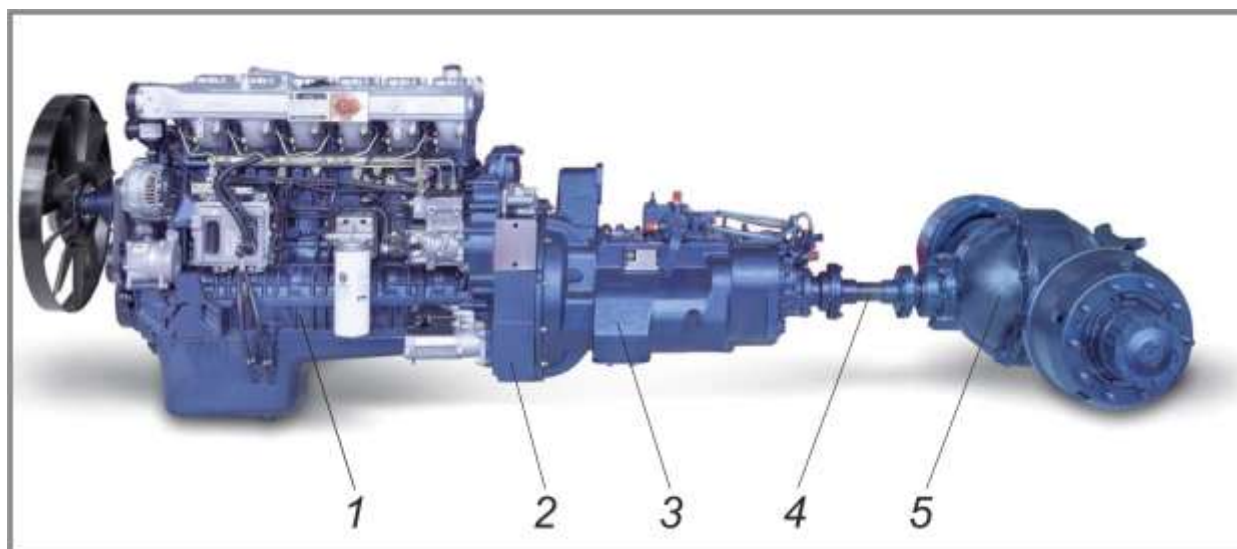


Рис. 1.6. Силова система вантажних автомобілів: 1 – двигун з трансмісією; 2 – зчеплення; 3 – коробка передач; 4 – карданна передача; 5 – ведучий міст

Компоновання вантажних автомобілів, причепів, напівпричепів пов'язане в основному з кількістю осей, що залежить від повної маси автомобіля і дозволеного навантаження від окремої осі на дорогу. Чим більшу масу вантажу (або спеціального обладнання) необхідно перевозити, тим більше число осей повинен мати вантажний автомобіль (рис. 1.7).

Компоновальні схеми вантажних автомобілів відображаються в їх індексації та маркуванні.





Рис. 1.7. Вантажні автомобілі з різними кузовами: а – самоскид; б – фургон; в – в складі сідельного тягача і автоцистерни-напівпричепа

---

## § 4

### КЛАСИФІКАЦІЯ, ІНДЕКСАЦІЯ І МАРКУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

---

*Класифікація* – це розподіл автомобілів на групи, класи або категорії в залежності від конструкції, призначення або технічних особливостей.

Вантажні автомобілі можуть бути загального призначення або спеціалізованими. Вантажні автомобілі загального призначення мають бортовий кузов, що не перекидається, який може бути обладнаний дугами і тентом. Спеціалізовані вантажні автомобілі призначені для перевезення певного виду вантажу. Наприклад, панелевоз призначений для перевезення плит і панелей, самоскид – для перевезення сипучих вантажів, бензовоз – для перевезення світлих нафтопродуктів і т.п. Спеціалізовані вантажні автомобілі обладнуються спеціальними кузовами і обладнанням для перевезення того виду вантажу, для якого вони призначені.

Кожна нова модель автомобіля *індексується* буквами, що позначають завод-виготовлювач, наприклад КраЗ – Кременчуцький автомобільний завод (м. Кременчук, Україна), МАЗ – Мінський автомобільний завод (м. Мінськ, Республіка Білорусь) і т.д. Відповідно до нормативної документації кожен новий автомобіль крім вказівки заводу-виготовлювача має цифровий індекс, що складається з чотирьох, п'яти або шести цифр, за якими через дефіс можуть використовуватися ще дві цифри. Першою цифрою індексується клас автомобіля, друга цифра вказує на тип (вид) автомобіля. Вантажні автомобілі

(загального призначення) індексуються цифрою 3.

Вантажні автомобілі поділяють на сім класів, залежно від їхньої повної маси (в тоннах): до 1,2; 1,3 – 2; 2,1 – 8; 9 – 14; 15 – 20; 21 – 40; понад 40. У характеристиці вантажних автомобілів зазначають їхню вантажопідйомність, тобто масу вантажу, яку він може перевозити в кузові по дорогах із твердим покриттям. Під час роботи на ґрунтових дорогах зазначена вантажопідйомність знижується приблизно на 25 %.

В Україні введена індексація вантажних автомобілів за їх масою (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. **Індексація вантажних автомобілів**

Повна маса, т	До 1,2	1,3–2,0	2,1–8	9–14	15–20	21–40	Понад 40
Індекс							
• автомобіля с бортовою платформою	13	23	33	43	53	63	73
• сідельного тягача	14	24	34	44	54	64	74
• самоскида	15	25	35	45	55	65	75
• цистерни	16	26	36	45	56	66	76
• фургона	17	27	37	45	57	67	77
• спеціального	19	29	39	49	59	69	79

Автомобілі поділяють за пристосованістю до дорожніх умов на автомобілі звичайної та підвищеної прохідності. Їх характеризує колісна формула:  $4 \times 2$ ,  $4 \times 4$ ,  $6 \times 4$ ,  $6 \times 6$  і т.д. (перша цифра означає загальне число коліс, друга – число ведучих коліс).

Іноземні виробники автомобілів формують свій індекс за внутрішніми правилами або обмежуються торговою назвою, наприклад Mercedes-Benz Actros, MAN TGS 28.440 6x4 BBL-WW і т.д.

*Маркування* – це товарні знаки, символи, написи і зображення, що наносяться на автомобіль і дають інформацію про автомобіль, а також дані, необхідні для його експлуатації.

В даний час багато країн мають власну автомобільну промисловість. Сумарний річний випуск автомобілів обчислюється десятками мільйонів. При цьому виробництво і продаж автомобілів носить міждержавний характер.

Для посилення контролю за величезним парком автомобілів світове співтовариство прийняло рішення про введення єдиної загальносвітової системи маркування автомобілів за допомогою ідентифікаційного номера автомобіля або VIN (Vehicle Identification Number).

Номер VIN складається з 17 знаків (рис. 1.8) і має три складові частини:

перші три позиції – міжнародний код виробника (WMI) – поєднання з трьох букв або букв і цифр, індивідуальне для кожного виробника автомобілів;

наступні шість позицій є описовою частиною номера (VDS), і в них закодовано позначення тієї чи іншої моделі (модифікації) автомобіля;

позиції від 10 до 17 називаються вказівною частиною номера (VIS) і містять, як правило, код року випуску (на 10-й позиції) і порядковий номер конкретного автомобіля.



Рис. 1.8. Приклад розшифровки ідентифікаційного номера \*Y7A\*650320\*90812382\* (вантажний автомобіль КрАЗ-65032): Y7A – за міжнародними стандартами позначається код підприємства-виготовлювача; 65032 – модель транспортного засобу; 9 – позначення модельного року (9 – 2009 р.); 812382 – порядковий виробничий номер транспортного засобу

- для холодного клімату – 1;
- експортне виконання для помірнього клімату – 6;
- експортне виконання для тропічного клімату – 7.

Номер VIN в обов'язковому порядку наносять на кожен автомобіль при його виробництві й вказують в реєстраційних документах. Вантажні автомобілі вітчизняного виробництва мають цифровий індекс (модель транспортного засобу), який позначається набором з чотирьох-шести цифр, які пов'язані з конструкцією автомобіля, наприклад самоскид КрАЗ-65032. Перша цифра показує клас автомобіля по повній масі, друга цифра є індексом його призначення або типу кузова 5 – самоскид. Третя і четверта цифри позначають модель автомобіля і присвоюються заводом-виробником. Наявність п'ятої (або п'ятої та шостої) цифри показує, що мова йде про модифікації базової моделі. Шоста цифра показує варіант виконання, наприклад:

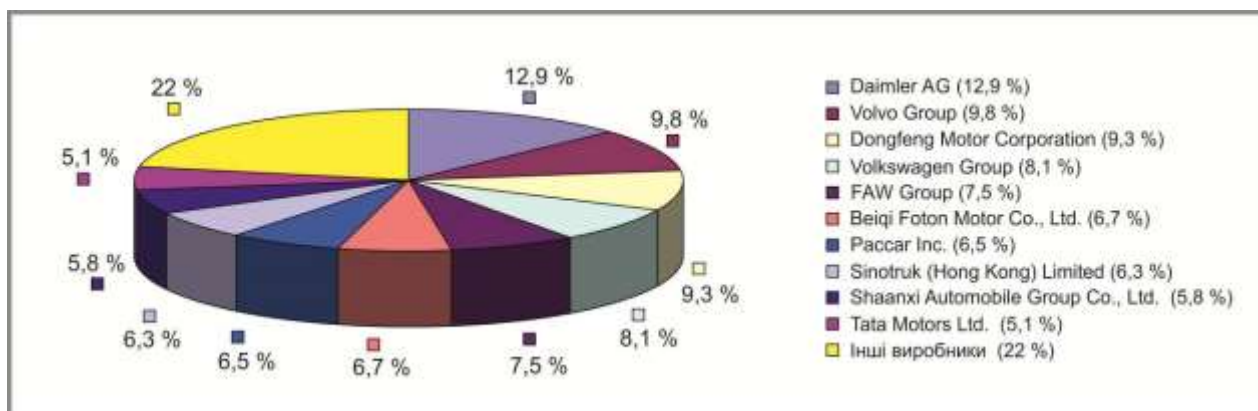
## § 5

### ПРОВІДНІ СВІТОВІ ВИРОБНИКИ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

У міру розвитку світової економіки постійно зростає попит на перевезення вантажів великотоннажними автомобілями. Це є потужним стимулом для розвитку галузі виробництва вантажних автомобілів. Під впливом жорсткої конкуренції найбільші компанії-виробники вантажівок безперервно впроваджують новітні розробки у виробництво, роблячи автомобілі більш безпечними, економічними, екологічними і доступними. В результаті ринок виробництва вантажівок стає дуже конкурентним: боротьба за сфери впливу йде як між старожилами галузі, так і між новачками. В представленому далі рейтингу показані найбільші в світі компанії, які виробляють важкі вантажівки, загальна маса яких перевищує 16 тонн. Основним критерієм відбору при побудові рейтингу є кількість випущених автомобілів за рік (за даним 2018 року).

*1 місце.* Daimler AG, Німеччина, понад 220 тис. одиниць. Безсумнівним лідером галузі великотоннажних вантажівок є німецький концерн Daimler AG, точніше його підрозділ Daimler Trucks Group, до складу якого входить

Mercedes-Benz і Mitsubishi Fuso Truck and Bus Corporation. З 2008 року Daimler володіє 10% акцій російського виробника вантажівок ВАТ «КамАЗ». Найбільш популярною серією вважаються важкі вантажівки підвищеної прохідності Mercedes-Benz Actros. Також відмінним попитом користуються автомобілі класу Mercedes-Benz Ахор та Mercedes-Benz Atego. Вантажні автомобілі концерну Daimler відрізняються надійністю, комфортом, економічністю і прекрасною керованістю. Технічні характеристики автомобілів відповідають жорстким європейським нормам рівня викидів шкідливих вихлопних газів в атмосферу.



**Рис. 1.9. Обсяги виробництва вантажних автомобілів найбільшими світовими виробниками у 2018 році**

*2 місце.* Volvo Group, Швеція, близько 170 тис. одиниць. Volvo Trucks Corporation належить другому за величиною виробнику важких вантажівок – Volvo Group. Тягачі цієї марки позиціонуються як надійні та комфортні. З 2002 року до складу вантажного підрозділу Volvo увійшла Renault Trucks. Також компанія є власником марки вантажних автомобілів Mack Truck. Близько половини обсягу продажів корпорації припадає на Західну Європу, третина – на США. Одними з останніх важких автомобілів Volvo, які отримали найбільше поширення, стали вантажівки серії FH16.

*3 місце.* Dongfeng Motor Corporation, Китай, більше 160 тис. одиниць. Компанія Dongfeng – це один з провідних автовиробників в Китаї. У 2013 році відбулося злиття Dongfeng зі шведською компанією Volvo Group. Згідно з оцінками експертів, Volvo-Dongfeng стане найбільшим в світі виробником вантажівок. Важкі вантажівки Dongfeng досить економічні, відповідають екологічним стандартам, володіють хорошими експлуатаційними якостями і мають низьку ціну.

*4 місце.* Volkswagen Group, Німеччина, близько 140 тис. одиниць. Корпорація Volkswagen AG входить в трійку найбільших виробників автомобілів в світі. Підрозділу Volkswagen з виробництва вантажних машин належить 20% акцій німецької компанії MAN AG і велика частина акцій шведської компанії Scania AB. Компанія Volkswagen Nutzfahrzeuge, що спеціалізується на виробництві комерційного транспорту, знаходиться у власності Volkswagen Group на 100%. Варто відзначити, що вантажівки MAN відрізняються хорошою прохідністю, продуманим дизайном і невисокою

ціною. Тягачі Scania позиціонуються як надійні, економічні та легкі в управлінні.

*5 місце.* FAW Group, Китай, більше 130 тис. одиниць. FAW Group є найстарішою в Китаї автомобілебудівної компанією. Вона була заснована в 1953 році. Виробництво вантажних машин було модернізовано лише в 2005 році. Сучасне обладнання дозволяє збирати одночасно 26 великотоннажних вантажівок. Повний цикл збірки тягача на основному конвеєрі займає близько двох годин.

Вантажні автомобілі FAW характеризуються відмінним поєднанням ціни і якості. Компанія постійно працює над вдосконаленням дизайну та збільшенням надійності транспорту. Важкі вантажівки FAW відповідають високим екологічним стандартам Euro-4.

*6 місце.* Beiqi Foton Motor Co., Ltd., Китай, близько до 117 тис. одиниць. Китайська компанія Foton спеціалізується на створенні важких вантажівок та іншої комерційної техніки. Вона була заснована як дочірня компанія Beijing Automotive Industry Holding Co., Ltd. в 1996 році. У 2009 році холдинг оголосив про створення спільного підприємства з Daimler AG для виробництва середніх й важких вантажних машин зі стартовими інвестиціями понад 6 мільярдів юанів. Не дивлячись на порівняно молодий вік, компанія вже встигла заслужити гарну репутацію на ринку. Стратегічне завдання компанії – підвищення якості автомобілів поряд зі зниженням цін.

*7 місце.* Paccar Inc., США, орієнтовно 112 тис. одиниць. Paccar Inc. – один з провідних американських виробників середніх і важких вантажівок. Paccar має безліч дочірніх компаній, в тому числі Kenworth, Peterbilt, DAF Trucks, Leyland Trucks й ін. За розробки в області підвищення ефективності роботи двигуна і зниження витрати палива Paccar Inc. була удостоєна Національної медалі в області технологій в Білому домі у 2004 році. Компанія впевнено тримає свою частку ринку великотоннажних вантажівок за рахунок того, що фокусується на якості, новітніх технологіях і продуктивності.

*8 місце.* Sinotruk (Hong Kong) Limited, Китай, приблизно 110 тис. одиниць. Sinotruk, дочірня компанія автомобілебудівної компанії China National Heavy Duty Truck Group Limited, є третім за величиною концерном в Китаї, який виробляє важкі вантажні машини. У 2009 році MAN викупив у Sinotruk 25% + 1 акцію. Найбільш відомі вантажні автомобілі компанії Sinotruk під торговими марками Howo і Hania. Тягачі даної компанії наділені прекрасними технічними характеристиками, високими показниками безпеки, прекрасним дизайном, економічністю в плані витрати палива і обслуговування автомобіля.

*9 місце.* Shaanxi Automobile Group Co., Ltd. (Shacman), Китай, перевищує показники в 100 тис. одиниць. Одним з головних переваг компанії Shaanxi можна назвати тривалі партнерські відносини з німецьким концерном MAN. Європейський досвід в області важкого автомобільного машинобудування дозволив китайському виробникові міцно закріпитися в даній галузі. На думку фахівців, компанія має величезний інженерно-технічний потенціал. Тягачі Shacman вдало поєднують в собі німецький дизайн з китайською ціною.

*10 місце.* Tata Motors Ltd., Індія, близько до 90 тис. одиниць. За випуск

важких вантажівок у корпорації Tata Group відповідає підрозділ під назвою Tata Motors Ltd. У 2004 році для випуску тягачів компанія викупила завод Daewoo в Південній Кореї. Тягачі індійського автоконцерну Tata відрізняються прийнятною ціною, комфортом, економічністю і високою прохідністю по бездоріжжю.

Споживачеві вантажівок цікаво знати, який з них найкрасивіший, найпотужніший, найелегантніший, найневибагливіший в експлуатації.

*International Lonestar (США) –  
найкрасивіший*



Виблискує на трасі своєю зовнішністю (потужність двигуна 608 к.с., загальна маса, включаючи завантажений напівпричіп, до 63 тонн)

*Volvo FH16 (Швеція) – найпотужніший*



Мрія далекобійників (потужність двигуна 750 к.с., перевезення вантажів до 70 тонн)

*Mercedes-Benz Actros SLT (Німеччина) –  
найелегантніший*



Зверніть увагу на його елегантність. Такий автомобіль навіть шкода направляти на роботу (потужність двигуна – 625 к.с., маса вантажу, що перевозиться – до 250 тонн)

*КрАЗ-6446-011-03 (Україна) –  
найневибагливіший в експлуатації*



Ця вантажівка – король бездоріжжя (потужність двигуна – 400 к.с., маса вантажу, що перевозиться – до 65 тонн)

**Рис. 1.10. Потужні вантажні автомобілі світових виробників, що мають визначення «НАЙ»**

У кожного є своє уявлення про найкрасивіші, найпотужніші,

найелегантніші і найневибагливіші вантажні автомобілі.

Для багатьох уособленням потужності є американські тягачі, такі як Freightliner, Peterbilt або Kenworth. Вони не тільки виглядають ефектно, але і мають двигуни потужністю понад 600 к.с. Ви напевно думаєте, що американські автопоїзди найпотужніші на Землі? Виявляється, що це не так. Вантажівки з Європи їх перевершили за потужністю, елегантністю. Наприклад, Volvo FH16 має потужність дизеля 750 к.с. Одна з найпотужніших вантажівок фірми Scania серії R має потужність двигуна 730 к.с. І взагалі, двигун V8, скандинавської вантажівки, носить культовий статус серед тисяч далекобійників по всьому світу.

Якщо взяти наших східних сусідів, то не можна буде не відзначити вантажівки фірми Toyota, вірніше сказати її підрозділи Hino. Mitsubishi Fuso зі свого боку також пропонує практично невідомі в нашій країні топ-моделі вантажівок «Super Great». У цей список безумовно потрапили і наші вітчизняні вантажні автомобілі, як одні з найбільш потужних і невибагливих в умовах їх експлуатації.

---

## § 6

### **РИНОК ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ В УКРАЇНІ**

---

На сучасному ринку вантажних автомобілів в Україні присутні десяток марок автомобілів. Це розмаїття лише зовнішня сторона медалі, що дає можливість потенційному споживачеві вибрати потрібний для себе автомобіль. Жорстка конкуренція в автомобільному секторі світової економіки і необхідність, в першу чергу, зниження витрат на проектування й виробництво автомобілів привели останнім часом до укрупнення автомобільних фірм (за рахунок покупки дрібних конкурентів) або утворення альянсів автомобільних фірм. В Україні в останні роки найбільш затребувані для аграрного сектора вантажні автомобілі КрАЗ-6511С4 в складі автопоїзда-зерновоза.

Очолюють ринок продажу вантажівок в Україні за підсумками 2018 року автомобілі Мінського автозаводу (МАЗ) з часткою реалізації 18 % (продано 884 одиниць), що на 16% більше ніж у 2017 році. Друге місце впевнено займає Mercedes-Benz з часткою реалізації 14,18% (продано 664 одиниць), що майже вдвічі перевищує обсяг продажів різних моделей даних вантажівок в порівнянні з 2017 роком. Вантажівки MAN зайняли третю позицію з часткою реалізації 9,48%, продано 444 одиниць вантажівок.

При проектуванні автомобіля завод-виготовлювач складає перелік числових характеристик основних його технічних параметрів для кожної моделі. Такий перелік називається технічною характеристикою, наводиться в довідковій літературі, інструкції по експлуатації і дозволяє споживачу отримати уявлення про призначення і можливості конкретної моделі. У технічній характеристиці вантажного автомобіля (табл. 1.2) вказують: масу і вантажопідйомність, характеристику двигуна, коробки передач і шин, витрату

палива на 100 км, максимальну швидкість руху і т.д.

**Таблиця 1.2. Технічні характеристики вантажних автомобілів найбільш затребуваних на ринку України**

*Автомобіль КрАЗ-6511С4*

*Автомобіль МАЗ-555026-4585-000*



Автомобіль КрАЗ-6511С4 призначений для перевезення і механізованого розвантаження сипучих і навалочних дрібнофракційних вантажів, в тому числі зерна в складі автопоїзда-зерновоза, по дорогам з твердим покриттям, в тому числі з кругляка і щебеню, а також по ґрунтових дорогах.

Особливістю конструкції автомобіля КрАЗ-6511С4 в складі автопоїзда-зерновоза є розвантаження перекиданням автомобіля на праву сторону, причепа – назад і бічне – на праву сторону.

Автомобіль МАЗ-555026-4585-000 призначений для перевезення різних сипучих вантажів і може працювати як самостійно, так і в складі самоскидного автопоїзда разом з 2-осним причепом МАЗ-857100.

Особливістю конструкції МАЗ-555026-4585-000 є установка дизельного двигуна Weichai WP7.300E51 (Євро 5) потужністю 300 к.с., який працює з механічною 9-ступінчатою коробкою передач Fast Gear.

<i>Технічна характеристика</i>		<i>Технічна характеристика</i>	
1	2	3	4
Колісна формула	6×4	Колісна формула	4×2
Двигун дизельний, рядний, з турбонаддувом	Weichai WP12.400E40 (Euro-4)	Двигун дизельний, рядний, з турбонаддувом	Weichai WP7.300E51 (Euro-5)
Потужність, кВт (к.с.) при 1900 хв <sup>-1</sup>	294 (400)	Потужність, кВт (к.с.) при 2100 хв <sup>-1</sup>	220 (300)
Коробка передач: механічна, дводіапазонна, 12-ступенева	12JS180TA	Максимальний крутний момент, Нм	1250
Шини: – автомобіля – причепа	315/80R22,5 385/65R22,5	Коробка передач: механічна, дводіапазонна, 9-ступенева	9JS135TA
Паливний бак, л	2 x 250	Шини: – автомобіля	315/80R22,5
Конструктивно допустима повна маса, кг: - автопоїзда - автомобіля - причепа	66000 33000 33000	Паливний бак, л	300
Вантажопідйомність, кг: - автопоїзда - автомобіля - причепа	46400 20000 26400	Технічно допустима загальна маса автомобіля, кг: - автопоїзда - автомобіля	19000 37000
Контрольна витрата палива, л/100 км	55 (із повним навантаженням); 30 (порожнім)	Технічно допустима вантажопідйомність, кг	9900
Радіус повороту габаритний, м	11,5	Об'єм кузова автомобіля, м <sup>3</sup>	12,5
Габаритні розміри, мм: - автомобіля - причепа	9850/2500/3150 10560/2510/3150	Габаритні розміри, мм: - автомобіля	6450/2550/3150



Продовження таблиці 1.2

*Автоцистерна Mercedes-Benz Actros 2544*



*Автомобіль MAN TGS 21.440 4X2 BLS-WW*



Автоцистерна Mercedes-Benz Actros 2544 входить до сімейства важких вантажівок і сідельних тягачів повною масою від 18 до 25 тонн. На даний момент випускається декілька модифікацій сідельних тягачів з різними колісними формулами (4 × 2, 4 × 4, 6 × 2, 6 × 4) і 2 варіанти шасі вантажівок (4 × 2, 6 × 2).

Відмінною рисою вантажних автомобілів Mercedes-Benz Actros є наявність електронної системи технічного контролю «Telligent», яка в режимі реального часу обробляє інформацію від безлічі датчиків, встановлених на різних агрегатах автомобіля, стежить за реальними навантаженнями і зносом двигуна, роботою трансмісії і гальмівної системи.

Автомобіль MAN TGS 21.440 4x2 BLS-WW завдяки своїй універсальності може працювати як з напівпричепами-зерновозами, так і ходити в рейси з традиційними напівпричепами.

Особливістю конструкції автомобіля MAN TGS 21.440 4x2 BLS-WW є встановлена посилена підвіска переднього моста, в передній частині сталевий бампер, що важливо при роботі в полі; також збільшене навантаження на сидло для сідельного тягача, що сприяє більшій вантажопідйомності та пристосованості агрегату до роботи у важких польових умовах.

<i>Технічна характеристика</i>		<i>Технічна характеристика</i>	
Колісна формула	6×2	Колісна формула	4×2
Двигун дизельний, V-подібний з наддувом турбокомпресором, що працює від ВГ, і охолодженням наддувочного повітря	Daimler Chrysler OM501LA (Euro-5)	Двигун дизельний, рядний, з турбонадувом	Man D2066LF44 (Euro-5)
Потужність, кВт (к.с.) при 1800 хв <sup>-1</sup>	328 (441)	Потужність, кВт (к.с.) при 1900 хв <sup>-1</sup>	324 (440)
Коробка передач: 12-ступенева з автоматичною системою управління перемиканням передач	Mercedes PowerShift	Коробка передач: механічна, 16-ступенева	ZF 16 S 222 DD
Шини: – автомобіля	315/80 R22,5	Шини: – автомобіля	315/80 R 22,5
Паливний бак, л	450+40 (AdBlue)	Паливний бак, л	660
Максимально допустима маса автомобіля, кг	26000	Конструктивно допустима повна маса, кг:	
Максимально допустима маса причепа, кг	22000	- автопоїзда	44000
Вантажопідйомність, кг:		- автомобіля	21000
- автомобіля	16050	Вантажопідйомність, кг:	
Ємність цистерни, кг:		- автомобіля	14265
- автомобіля	16050	Діаметр повороту по середині зовнішнього колеса керованої осі, м	13
- причепа	17640	Габаритні розміри, мм:	
Габаритні розміри, мм:		- автомобіля	5875/2500/3110
- автомобіля	7700/2480/3050		

На ринку України також затребувані наступні моделі вантажних автомобілів: Volvo серії FH, Volkswagen Crafter, Renault Premium, Mitsubishi Canter, Nissan Cabstar, Peugeot Boxer, DAF серії CF, Fiat Ducato, Ford Transit, Iveco Daily, Iveco EuroCargo, Iveco Stralis, Scania серії R та серії P, Howo серії A, Isuzu серії NPR та інші.

*Еволюція вантажного автомобіля*

---

Більше 500 років минуло з часу створення Леонардо да Вінчі саморушного візка (див. рис.1.1), в якому були застосовані двигун (пружинний механізм), трансмісія (дерев'яні шестерні), механізм повороту (кероване переднє колесо), що дозволяє історикам вважати даний візок прообразом автомобіля.

Людина з часу створення даного візка удосконалювала його основні механізми, реалізовані в сучасних автомобілях. Ознайомлення читачів з конструкцією даних механізмів наведено в наступних розділах даного навчального посібника.

*Контрольні запитання*

---

1. Коли і ким був створений саморушний візок, який історики вважають прообразом автомобіля?
2. Коли і ким був створений перший автомобіль з бензиновим двигуном?
3. Який завод в Україні випустив перший вантажний автомобіль?
4. Наведіть основні вимоги до конструкції автомобіля.
5. Наведіть основні елементи конструкції вантажного автомобіля.
6. Які компоновальні схеми найбільш поширені на вантажних автомобілях?
7. Які властивості вантажного автомобіля є основою класифікації?
8. Який параметр вантажних автомобілів покладений в Україні в основу їх індексації?
9. Охарактеризуйте провідні світові фірми-виробники вантажних автомобілів.
10. Який вантажний автомобіль, що виготовляється в Україні найневибагливіший в експлуатації у порівнянні з закордонними?
11. Наведіть вантажні автомобілі, найбільш затребувані на ринку України.

## РОЗДІЛ

# 2

## ДИЗЕЛЬ

Дизель – це двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) із запалюванням від стиснення. Чи міг припустити Рудольф Дизель, творець даного двигуна, що ДВЗ, названі по його імені дизелями, визначать технічний прогрес багатьох країн світу.

На вантажних автомобілях застосовуються в основному дизеля, альтернативи яким в найближчій перспективі не передбачається.

### § 7

#### ЕВОЛЮЦІЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА

За більш ніж столітню історію свого існування ДВЗ пройшли значну еволюцію, вони стали більш потужними, економічними, легкими і екологічно чистими, ніж їх попередники. І хоча за цей час пропонувалося багато альтернативних варіантів автомобільних двигунів, на сьогоднішній день реальної економічно доцільної заміни існуючих двигунів немає. Це, головним чином, обумовлено тим, що паливо, яке використовують ці двигуни, можна зберігати в компактному вигляді і його запасу вистачає на досить великий пробіг автомобіля.

Перші автомобілі приводилися в рух паровими двигунами, які з'явилися в XVIII столітті й були двигунами зовнішнього згоряння. У цих двигунах паливо спалювалося поза циліндром двигуна і використовувалося для отримання водяної пари, яка надходила під тиском в циліндр двигуна і приводила в рух поршень. Винахідником першого працездатного парового двигуна є англієць Джеймс Уатт, який отримав патент на свій винахід у 1784 р. Парові двигуни того часу були важкими і громіздкими, а головне – вони мали дуже низький коефіцієнт корисної дії (ККД).

Спроби створення більш ефективного двигуна (внутрішнього згоряння), в якому паливо спалюється всередині циліндра, а газу, що розширюється, надають руху поршню, увінчалися успіхом тільки в 1860 р, коли французький механік Жан-Етьєн Лєнуар створив і запатентував перший працездатний ДВЗ. У цьому двигуні рухомий поршень засмоктує всередину циліндра суміш горючого газу з повітрям, і в середині ходу поршня суміш запалювалася електричною іскрою. Двигун Лєнуара був двотактним, у ньому ще не застосовувалося попереднє стискування заряду, тому коефіцієнт корисної дії не

перевищував п'яти процентів.

Можливість практичного використання ДВЗ виникла тільки після того, як було використано стиснення газу в циліндрі. У 1866 р. німецький винахідник Ніколаус Август Отто отримав патент на чотиритактний двигун внутрішнього згоряння, в якому використовувався принцип стиснення горючої суміші перед запалюванням. Робочий процес, що відбувається в таких двигунах, отримав назву «цикл Отто». ДВЗ, що працюють на цьому принципі, мали значно більш високий ККД ніж парові двигуни і витіснивши останні, залишаються найпоширенішими до сьогоднішнього дня.

Пізніше, англієць Дуглас Кларк винайшов двигун, що працює по двотактному циклу, але такі двигуни не знайшли широкого застосування на автомобілях.

У 1892 р. Рудольф Дизель отримав патент на двигун, в якому використовувався чотиритактний цикл Отто. Відмінність полягала в тому, що в циліндр подавати не суміш палива з повітрям, а чисте повітря, яке сильно стискалося, нагріваючись при цьому до високої температури, достатньої для запалення палива, що подається потім в циліндр, без необхідності застосування для цього електричної іскри. Сьогодні такі двигуни, названі по імені творця дизелями, широко застосовуються в якості силових агрегатів автомобілів.

За останні десять – двадцять років відбувся прискорений розвиток дизельних двигунів як для легкових, так і для вантажних автомобілів. Значно збільшилися потужності, різко знизилася токсичність відпрацьованих газів. Було досягнуто значне зниження шуму, витрати палива, покращилася надійність, збільшилися інтервали технічного обслуговування, особливо для двигунів вантажівок. В результаті всього цього дизелі стали незамінними для всіх типів транспортних засобів і зайняли значну частку ринку силових агрегатів (в Європі більше 50%).

На сьогоднішній день дизель володіє найбільшою областю застосування і найбільшим спектром потужностей серед усіх існуючих двигунів (рис. 2.1). Слід зауважити, що ККД дизельних двигунів, як видно на рисунку, досягає більше 40% для малих агрегатів і більше 50% у найбільших суднових і стаціонарних двигунів, що не може бути досягнуто жодним іншим типом ДВЗ.

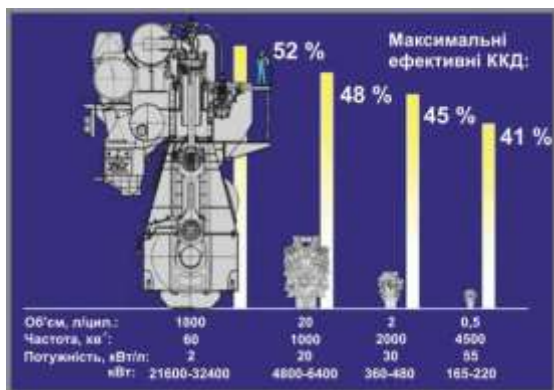


Рис. 2.1. Область застосування і ККД дизельних двигунів

Коли говорять, «розвинена держава», то зазвичай мають на увазі, що ця країна має могутню промисловість і не здогадуються про те, що разом з економічною міццю є чималий комплекс екологічних проблем. Однією з таких проблем є необхідність зниження токсичності відпрацьованих газів ДВЗ і в основному дизелів. Сучасний етап розвитку дизелів спрямований на зниження їх маси, поліпшення питомих потужних показників, підвищення

паливної економічності при забезпеченні можливості роботи на альтернативних видах палива, зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Автовиробники в даний час активно підтримують науково-технічні розробки за рішенням проблем двигунобудування. Не випадково патентне відомство США за п'ять років (2010-2015 рр.) видало на 25 % більше патентів, пов'язаних з удосконаленням ДВЗ, ніж за попередні 20 років. Можна стверджувати, що автомобіль з ДВЗ в найближче десятиліття буде основним. Автомобілі будуть оснащуватися тільки ДВЗ або гібридами, створеними на їх основі.

---

## § 8

### **КЛАСИФІКАЦІЯ ДИЗЕЛІВ, ЗАГАЛЬНА БУДОВА, ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ**

---

Дизель автомобіля є поршнеvim двигуном внутрішнього згорання, який класифікується за наступними основними ознаками:

*за способом займання горючої суміші* (суміш палива з повітрям в певних співвідношеннях) займання від стиснення;

*за способом сумішоутворення* – внутрішнє сумішоутворення;

*за способом здійснення робочого циклу* – чотиритактні;

*по виду застосовуваного палива* – працюють на дизельному паливі, суміші рідкого палива і газу, багатопаливних;

*по числу циліндрів* – багатоциліндрові (двох-, трьох-, чотирьох-, шестициліндрові і т.д.);

*по розташуванню циліндрів* – однорядні (циліндри розташовані в один ряд), дворядні або V-подібні (один ряд циліндрів розміщений під кутом до іншого).

#### ***Основні механізми і системи та їх призначення***

---

Дизель (рис. 2.2) складається з корпусних деталей, кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів, систем живлення, охолодження, мащення і пуску.

*Кривошипно-шатунний механізм* перетворює прямолінійний зворотно-поступальний рух поршня в обертальний рух колінчастого вала і навпаки.

*Механізм газорозподілу* призначений для своєчасного з'єднання надпоршневого об'єму з системою впуску повітря і випуску з циліндра відпрацьованих газів в певні проміжки часу.

*Система живлення* служить для наповнення циліндра повітрям і подачі в нього палива під високим тиском.

*Система охолодження* необхідна для підтримки оптимального теплового режиму двигуна. Речовина, що відводить від деталей двигуна надлишок теплоти, теплоносій, може бути рідиною або повітрям.

*Система мащення* призначена для підведення мастильного матеріалу

(моторного масла) до поверхонь тертя з метою їх поділу, охолодження, захисту від корозії і вимивання продуктів зношування.



Рис.2.2. Сучасний дизель Volvo Penta потужністю 235 кВт, на якому проглядаються його основні механізми

*Система пуску* – це комплекс взаємодіючих механізмів і систем, які забезпечують сталий початок перебігу робочого циклу в циліндрах двигуна.

**Основні поняття і визначення.** Щоб описати основні визначення, прийняті для двигунів, розглянемо схему одноциліндрового поршневого двигуна внутрішнього згоряння (рис. 2.3) з центральним кривошипно-шатунним механізмом, в якому вісь циліндра перетинає осі поршневого пальця і колінчастого вала.

*Верхня мертва точка (ВМТ)* – положення поршня в циліндрі, при якому відстань від нього до осі колінчастого вала двигуна найбільша.

*Нижня мертва точка (НМТ)* – положення поршня в циліндрі, при якому відстань від нього до осі колінчастого вала двигуна найменша.

*Хід поршня  $S$*  – відстань по осі циліндра між мертвими точками. При кожному ході поршня колінчастий вал повертається на півоберта, тобто на  $180^\circ$ . Хід поршня дорівнює двом радіусів  $R$  кривошипа колінчастого вала, тобто  $S = 2R$ .

*Робочий об'єм циліндра  $V_h$  (м<sup>3</sup>)* – об'єм циліндра, що звільняється поршнем при переміщенні від ВМТ до НМТ:

$$V_h = \frac{\pi d^2}{4} S,$$

де  $d$  – діаметр циліндра, м;  $S$  – хід поршня, м.

*Об'єм камери стиснення  $V_c$  (м<sup>3</sup>)* – об'єм простору над поршнем, що знаходиться в ВМТ.

*Повний об'єм циліндра  $V_a$  (м<sup>3</sup>)* – сума об'ємів камери стиснення і робочого об'єму циліндра, тобто простір над поршнем, коли він знаходиться в НМТ:

$$V_a = V_h + V_c.$$

*Літраж двигуна  $V_n$*  – це сума робочих об'ємів всіх його циліндрів, виражена в літрах:

$$V_n = 10^3 V_h i,$$

де  $V_h$  – робочий об'єм одного циліндра, м<sup>3</sup>;  $i$  – кількість циліндрів двигуна.

*Ступінь стиснення* – відношення повного об'єму циліндра до об'єму

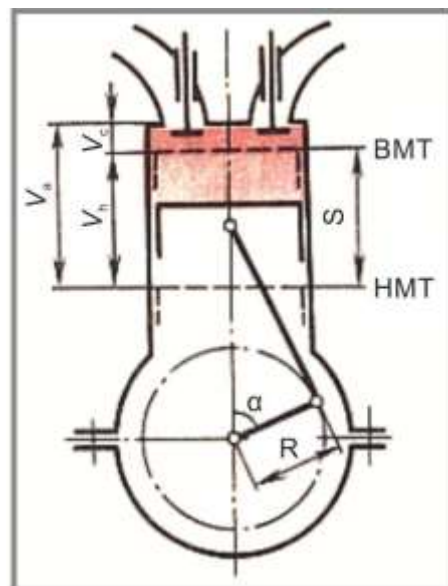


Рис. 2.3. Схема одноциліндрового чотиритактного двигуна

камери стиснення:

$$\varepsilon = V_a / V_c.$$

Таким чином, ступінь стиснення – це абстрактне число, що показує, у скільки разів повний об'єм циліндра більше об'єму камери стиснення.

Під час роботи двигуна внутрішнього згоряння в його циліндрі відбувається періодичне повторення ряду змін стану робочого тіла (газу).

*Робочий цикл двигуна* – комплекс послідовних процесів (впуск, стиснення, розширення, робочий хід, випуск), в результаті яких енергія палива перетворюється в механічну енергію кривошипно-шатунного механізму.

Частина робочого циклу, яка відбувається за один хід поршня, називається тактом.

**Індикаторні показники робочого циклу двигуна.** Дійсні цикли двигунів зображують за допомогою індикаторних діаграм у координатах  $P-V$  або  $P-\varphi$ , де  $P$  – тиск газу у надпоршневому просторі,  $\varphi$  – кут повороту колінчастого валу. Індикаторні діаграми одержують експериментально, записуючи зміни тиску в циліндрі ДВЗ за допомогою спеціальних самописних приладів або розрахунком.

Індикаторні показники характеризують ефективність робочого циклу. До індикаторних показників відносяться: середній індикаторний тиск  $P_i$ , індикаторна потужність  $N_i$ , індикаторний ККД  $\eta_i$  та індикаторна питома витрата палива  $g_i$ .

Середнім індикаторним тиском називають такий умовний, однаковий за величиною тиск  $P_i$ , який, діючи на поршень, виконує роботу за один його хід від ВМТ до НМТ, рівний корисній праці газів за робочий цикл.

Показником, що характеризує економічність дійсного циклу, є питома індикаторна витрата палива, що дорівнює відношенню витрат палива за годину  $G_{II}$  до індикаторної потужності  $N_i$ :

$$g_i = G_{II} / N_i.$$

**Ефективні показники двигунів.** Частина індикаторної потужності двигуна витрачається на подолання тертя в сполучених вузлах двигуна і на привод допоміжних механізмів. Тому потужність, яка розвивається на валу двигуна і віддається силовій передачі автомобіля, завжди менша індикаторної. Ця потужність називається ефективною потужністю двигуна і виражається формулою

$$N_e = N_i - N_M,$$

де  $N_e$  – ефективна потужність в кВт;  $N_M$  – потужність механічних втрат, що витрачається на подолання тертя в сполучених вузлах двигуна, на привод допоміжних механізмів і газообмін.

Середнім ефективним тиском  $P_e$  називають умовно постійний тиск, при якому робота газів, виконана в циліндрах двигуна за один хід поршня, дорівнює ефективній роботі за цикл.

Якщо складові втрат виразити через середній тиск тертя, що дорівнює роботі тертя, віднесеної до робочого об'єму циліндра, то

$$P_e = P_i - P_M,$$

де  $P_e$  – середній ефективний тиск, МПа;  $P_M$  – середній тиск механічних втрат, МПа.

Середній тиск механічних втрат  $P_M$  практично лінійно залежить від середньої швидкості  $V_{II}$  поршня і може бути визначений з залежності

$$P_M = a + b \cdot V_h,$$

де  $a$  і  $b$  – постійні коефіцієнти, значення яких залежать від виду камери згоряння.

Ефективна потужність  $N_e$  і середній ефективний тиск  $P_e$  пов'язані між собою наступною залежністю:

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30 \cdot \tau},$$

де  $i$  – число циліндрів двигуна;  $n$  – частота обертання двигуна;  $\tau$  – показник тактності.

Відношення ефективної потужності до індикаторної потужності називається механічним ККД двигуна

$$\eta_M = \frac{N_e}{N_i} = \frac{P_e}{P_i}.$$

Замінивши  $N_e$  і  $P_e$ , отримаємо

$$\eta_M = \frac{N_i - N_M}{N_i} = 1 - \frac{N_M}{N_i}; \quad \eta_M = \frac{P_i - P_M}{P_i} = 1 - \frac{P_M}{P_i}.$$

Механічний ККД оцінює втрати на подолання тертя в сполучених вузлах двигуна, на привод допоміжних механізмів і газообмін. До цих втрат відносяться втрати на тертя: поршня об стінки циліндра, в підшипниках колінчастого і кулачкового валів, деталей розподілу, а також втрати на привод вентилятора, масляного і водяного насосів, генератора.

Механічний ККД залежить від конструктивних параметрів двигуна, матеріалу і якості обробки деталей, якості масла і системи змащення, температурного режиму, кількості обертів і навантаження двигуна, числа і конструкції допоміжних механізмів і ряду інших чинників.

Механічний ККД тим вищий, чим менший тиск, що передається через пов'язані вузли, більш досконала система змащення і вища якість масла, кращі матеріали та якість обробки деталей, менше втрати на привод допоміжних механізмів.

Зі збільшенням числа оборотів і зниженням навантаження механічний ККД зменшується.

Ефективний ККД є показником, який характеризує економічність двигуна. Ефективним ККД називається відношення ефективної роботи  $L_e$ , вираженої в одиницях теплоти, до розрахункової теплоти згоряння палива  $H_u$ , витраченого палива  $G_T$  на отримання цієї роботи:

$$\eta_e = \frac{L_e}{G_T \cdot H_u}.$$



Якщо врахувати, що

$$L_e = P_e \cdot V_h = P_i \cdot \eta_M \cdot V_h,$$

отримаємо

$$\eta_e = \eta_M \cdot \left( \frac{P_i \cdot V_h}{G_T \cdot H_u} \right)$$

або

$$\eta_e = \eta_M \cdot \eta_i.$$

Якщо індикаторний ККД враховує тільки теплові втрати, то ефективний ККД враховує і теплові, і механічні втрати. Для підвищення ефективного ККД необхідно підвищувати як індикаторний, так і механічний ККД. Підвищення індикаторного ККД може бути досягнуто удосконаленням робочого циклу двигуна, а поліпшення механічного ККД – зниженням механічних втрат.

Ефективний ККД для одного і того ж двигуна не залишається постійною величиною. Він змінюється в залежності від режиму роботи, складу суміші, технічного стану двигуна й інших чинників.

Ефективний ККД дизеля при повному навантаженні знаходиться в межах 0,33...0,42.

**Одиниці виміру потужності ДВЗ «кінська сила» і ват.** До даних термінів причетний винахідник парової машини з Шотландії, Джеймс Ватт, який в 1782 році запропонував оцінювати ефективність парового двигуна в порівнянні з роботою коня масою 500 кг.

При цьому оцінювалася робота коня при рівномірному вертикальному підйомі вантажу масою 75 кг зі швидкістю 1 метр в секунду при стандартному прискоренні вільного падіння (9,81 м/с<sup>2</sup>) (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Оцінка потужності (одна кінська сила)

На Другому Конгресі Британської Наукової асоціації в 1882 році приймається вже нова одиниця вимірювання потужності – ват (позначення: Вт, W), названа на честь Джеймса Уатта (Ватта), творця універсальної парової машини. До цього ж при більшості розрахунків використовувалися введені Джеймсом Уаттом кінські сили.

Ват – одиниця виміру потужності в Міжнародній системі одиниць (СІ).

Один ват визначається як потужність, при якій за 1 секунду часу відбувається робота в 1 джоуль. Таким

чином, ват є похідною одиницею виміру і пов'язаний з іншими одиницями СІ наступними співвідношеннями: Вт = Дж / с = кг·м<sup>2</sup>/с<sup>3</sup>; Вт = Н·м/с. Або, якщо через кінську силу, то підняття вантажу 1000 Ньютонів (98,1 кг) на висоту 1 метр за 1 секунду. Одиниця виміру кВт (кіловат).

## § 9

СУЧАСНІ ЗАДАЧІ  
ДВИГУНОБУДУВАННЯ

У сучасних умовах до показників роботи дизелів пред'являється цілий комплекс досить жорстких вимог. Серед цих показників пріоритетними вважаються паливна економічність і токсичність відпрацьованих газів (ВГ). Необхідність економного витрачання палива обумовлена тривалим виснаженням світових запасів нафти, підвищенням цін на нафтопродукти і зростанням викидів в атмосферу CO<sub>2</sub>. Тому при вдосконаленні дизелів особлива увага звертається на зниження витрати палива.

Загальноприйнятим показником паливної економічності дизелів є питома ефективна витрата палива. При цьому в кращих високооборотних зарубіжних дизелях досягнутий мінімум витрати палива складає  $g_e = 190...192$  г/кВт·год.

Оскільки оцінка паливної економічності дизеля за питомою ефективною витратою палива на режимах номінальної потужності та максимального крутного моменту не є вичерпною, то таку оцінку доцільно проводити за умовною середньою витратою палива, яка може бути визначена з використанням наступного виразу:

$$g_{\text{серед}} = \frac{\sum_{i=1}^m (G_{Ti} \cdot K_i)}{\sum_{i=1}^m (N_{ei} \cdot K_i)},$$

де  $G_{Ti}$  – годинна витрата палива на  $i$ -му режимі;  $N_{ei}$  – потужність двигуна на цьому режимі;  $K_i$  – коефіцієнт, що відображає частку часу кожного режиму;  $m$  – число режимів.

Таким чином, при виборі засобів поліпшення паливної економічності кращими є ті з них, які забезпечують зниження витрати палива не тільки на номінальному режимі, але і на інших експлуатаційних режимах транспортних дизелів.

Інший найважливіший показник роботи двигунів – токсичність їх відпрацьованих газів (ВГ). В даний час зниженню токсичності ВГ дизелів надається велике значення в зв'язку з розширенням сфери їх застосування та збільшенням загальної кількості автомобілів, автобусів та інших машин з дизельними силовими установками. Двигуни внутрішнього згоряння відіграють значну роль в забрудненні атмосфери. У великих містах вони є одним з головних джерел токсичних речовин, що викидаються в навколишнє середовище. Частка автомобільного транспорту в викиді шкідливих речовин становить в США 60,6%, в Англії – 33,5%, у Франції – 32%, в Росії – 43%. Тому, поряд з поліпшенням економічних показників дизелів, зниження токсичності ВГ стає серйозною проблемою.

Важливою вимогою, що пред'являється до дизелів транспортного призначення, є забезпечення необхідних динамічних якостей двигуна і транспортного засобу в цілому. Це обумовлено тим, що в умовах інтенсивного руху транспортні дизелі працюють при різко змінних умовах експлуатації.

Хороші динамічні якості дизеля дозволяють в цих умовах скоротити час перехідних процесів (розгону і гальмування, набору і скидання навантаження та ін.) і підвищити тим самим маневреність транспортного засобу.

Одним з основних завдань двигунобудування є адаптація дизелів до роботи на різних видах палива, тобто забезпечення багатопаливності. Дизелі транспортного призначення можуть експлуатуватися не тільки на стандартних дизельних паливах, але і на пальному інших видів.

Характерною особливістю сучасного етапу розвитку паливно-енергетичного комплексу є збереження загального обсягу переробки нафти і збільшення споживання моторних палив, що призводить до їх дефіциту. Гостро стоїть і проблема дефіциту дизельного палива, що збільшується з триваючою дизелізацією автомобільного транспорту. Це призводить до необхідності використання в дизелях полегшених палив і палив, що містять важкі нафтові фракції, які зазвичай не використовуються при виробництві дизельних палив.

Використання альтернативних палив дозволяє не тільки вирішити проблему заміни нафтових моторних палив, але в деяких випадках і поліпшити економічні та екологічні показники дизелів. Разом з тим, при використанні в дизелі нетрадиційних палив, виникають проблеми, пов'язані з погіршенням процесів подачі палива, сумішоутворення, запалення і згоряння. Зокрема, при роботі на полегшених паливах спостерігається зменшення масової годинної витрати палива і відповідне зниження потужності дизеля, що досягає 25...35% у порівнянні з його потужністю при роботі на дизельному паливі. Головна причина такого зменшення потужності дизеля – зниження маси циклової подачі палива (ЦПП), що обумовлено меншими щільністю і в'язкістю полегшених палив, в порівнянні з дизельними, а також їх більшого стискання. При використанні палив на основі рослинних масел, навпаки, виникає проблема їх підвищених щільності та в'язкості.

Іншою проблемою використання багатопаливних дизелів є збільшення періоду затримки запалення полегшених палив, що приводить до їх більш жорсткого згоряння і зростання максимального тиску згоряння. Більш того, в зв'язку з поганою займистістю ряду альтернативних палив потрібна організація їх примусового займання від стороннього джерела енергії або подача в камеру згоряння (КЗ) запальної дози дизельного палива.

Зазначені вище фактори зниження потужності дизеля і збільшення жорсткості згоряння полегшених палив можуть перевищувати їх гранично допустимі значення. Для забезпечення необхідних потужних показників і прийнятної динаміки процесу згоряння необхідно забезпечити коригування процесу подачі палива за величиною подачі палива і кута випередження впорскування в залежності від фізико-хімічних властивостей застосовуваного палива. У деяких випадках для займання нетрадиційних палив потрібна подача в КЗ дизеля невеликої запальної дози дизельного палива. Причому її величину доцільно змінювати відповідно до швидкісних і навантажувальних режимів роботи дизеля.

Наведені дані свідчать про те, що для поліпшення економічних і екологічних показників дизелів, забезпечення можливості роботи на

нетрадиційних паливах необхідне подальше вдосконалення робочих процесів двигуна.

## § 10

### ПРИНЦИП ДІЇ ДИЗЕЛЯ

Дизельний двигун може бути одно- або багатоциліндровим. При згорянні паливо-повітряної суміші в камері згорання підвищується тиск, під дією якого поршень 3 (рис. 2.5) починає зворотно-поступальний рух в циліндрі 5. Цей принцип дії дав мотору найменування «поршневий двигун».

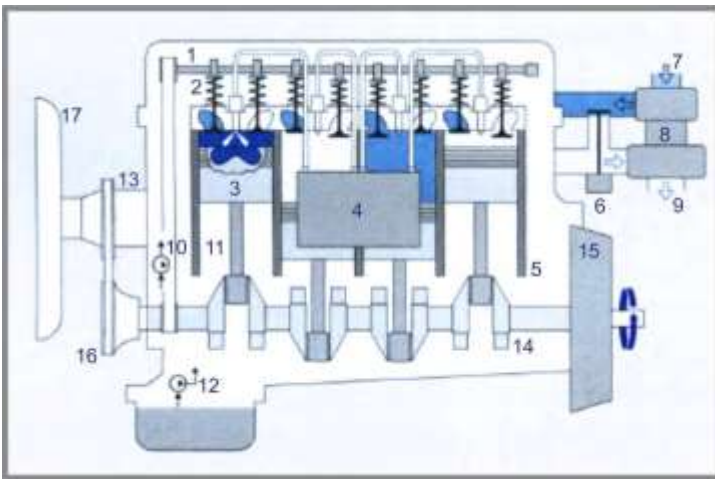


Рис. 2.5. Схема чотиритактного дизельного двигуна: 1 – розподільний вал; 2 – клапан; 3 – поршень; 4 – система впорскування; 5 – циліндр; 6 – система рециркуляції ВГ; 7 – впускний трубопровід; 8 – нагнітач повітря (турбонагнітач); 9 – випускний колектор; 10 – система охолодження; 11 – шатун; 12 – система мащення; 13 – блок циліндрів; 14 – колінчастий вал; 15 – маховик; 16 – привод (ремінь, ланцюг); 17 – вентилятор

Шатун 11 перетворює зворотно-поступальний рух поршнів в обертальний рух колінчастого вала 14. Маховик 15 на колінчастому валу полегшує перехід поршнів через мертві точки і згладжує нерівномірність обертання, що виникає через послідовне згорання паливоповітряної суміші в окремих циліндрах.

**Чотиритактний процес.** У чотиритактному дизелі (рис. 2.6) клапани механізму газорозподілу керують впусканням повітря і випуском ВГ. Вони відкривають або закривають впускні і випускні канали головки циліндрів. Кожен впускний і випускний

канал може мати один, два або три клапана.

*Перший такт – впуск (а).* Поршень 6, що знаходиться у верхній мертвій точці (ВМТ), рухається вниз і збільшує об'єм циліндра. Дросельна заслінка відсутня і повітря через відкритий впускний клапан 3 надходить безпосередньо в циліндр. У нижній мертвій точці (НМТ) поршня об'єм циліндра досягає свого максимального значення ( $V_h + V_c$ ).

*Другий такт – стиск (б).* Клапани механізму газорозподілу закриті. Рухомий поршень стискає вміщене в циліндрі повітря, яке, відповідно до ступеня стиснення (від 6 у великих двигунів до 24 у двигунів легкових автомобілів), нагрівається до високої температури, максимально доходить до 900 °С. В кінці процесу стиснення форсунка впорскує паливо в розігріте повітря під високим тиском (в даний час приблизно до 200 МПа).

У ВМТ поршня об'єм циліндра досягає мінімального значення (об'єм

камери згоряння  $V_c$ ).

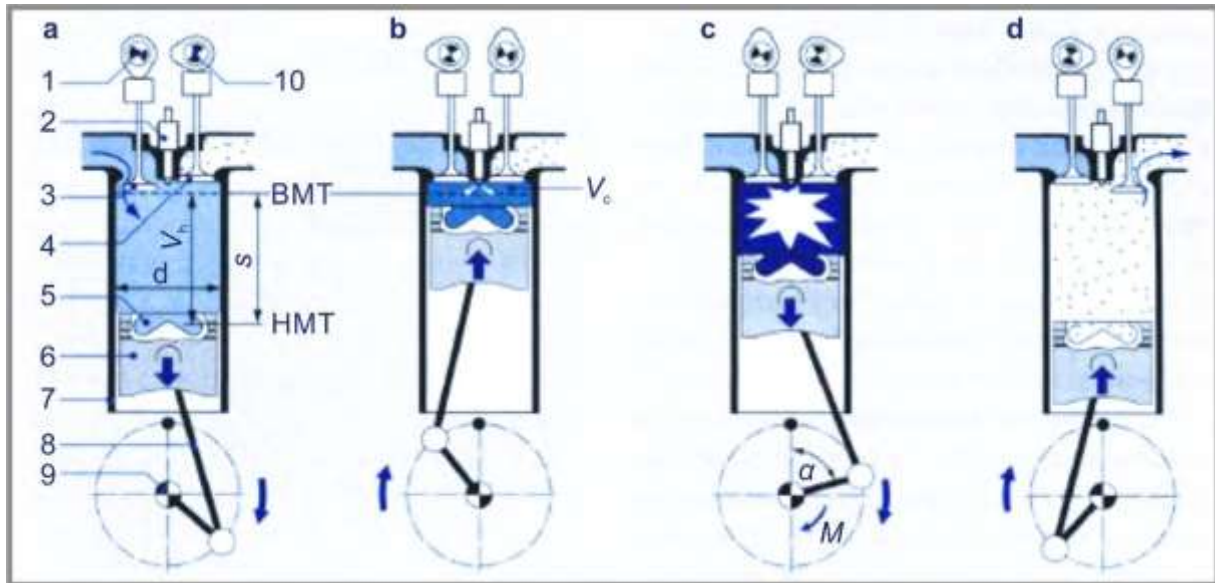


Рис. 2.6. Робочий цикл чотиритактного дизеля: *a* – впуск; *b* – стиснення; *c* – робочий хід; *d* – випуск; 1 – впускний розподільний вал; 2 – форсунка; 3 – впускний клапан; 4 – випускний клапан; 5 – виїмка в днищі поршня; 6 – поршень; 7 – стінка циліндра; 8 – шатун; 9 – колінчастий вал; 10 – випускний розподільний вал;  $\alpha$  - кут повороту колінчастого вала;  $d$  – діаметр циліндра;  $M$  – крутний момент;  $s$  – хід поршня;  $V_c$  – об’єм камери згоряння;  $V_h$  – робочий об’єм

*Третій такт – робочий хід (c).* Після затримки запалення (кілька градусів кута повороту колінчастого вала) починається робочий хід. Тонко розпорошене дизельне паливо запалюється в сильно стислому гарячому повітрі в камері згоряння і згоряє. Внаслідок цього заряд паливо-повітряної суміші в циліндрі продовжує розігріватися далі й тиск в циліндрі піднімається ще вище. Звільнена при згорянні енергія визначається кількістю впорснутого палива (якісне регулювання). Під дією тиску поршень рухається вниз, при цьому теплова енергія перетворюється в кінетичну. Кривошипно-шатунний механізм перетворює кінетичну енергію поршня в енергію обертання колінчастого вала.

*Четвертий такт – випуск (d).* Вже незадовго до НМТ поршня відкривається випускний клапан 4. Гарячі гази, що знаходяться під тиском, починають виходити з циліндра. Рухомий вгору поршень витісняє інші ВГ. Після двох оборотів колінчастого вала новий робочий цикл починається з такту впуску.

## § 11

### ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНА

У двигуні внутрішнього згоряння виділяються гази, що при згоранні палива тиснуть на поршень і через перетворюючий механізм виконують механічну роботу по обертанню колінчастого вала двигуна. Потім ця робота використовується для обертання ведучих коліс автомобіля. Будь-який двигун

має певну потужність і крутний момент. Більшість людей при оцінці автомобіля в першу чергу звертають увагу на потужність його двигуна і не дуже цікавляться крутним моментом, хоча його значення суттєво впливає на поведінку автомобіля на дорозі. Крутний момент  $M_e$  на валу двигуна являє собою добуток робочого об'єму  $V_h$  і середнього ефективного тиску  $P_e$  на поршень, а потужність  $N_e$  – добуток моменту  $M_e$  на частоту  $n$  обертання колінчастого вала:

$$M_e = \frac{P_e \cdot V_h}{4\pi}; N_e = 2\pi n \cdot M_e.$$

де  $\pi = 3,14159$ .

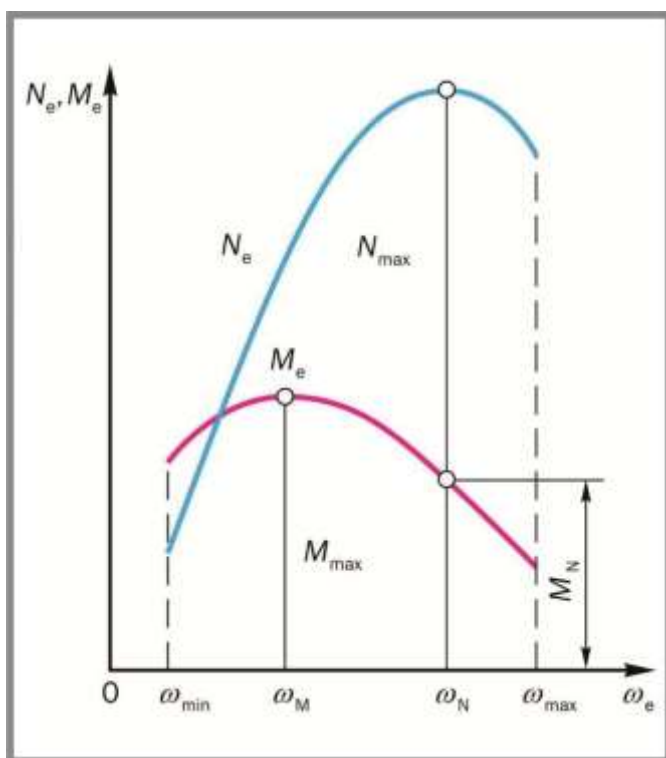


Рис. 2.7. Швидкісна характеристика ДВЗ:  
 $N_e$  – ефективна потужність;  $M_e$  – ефективний крутний момент;  $M_{max}$  – максимальний крутний момент;  $N_{max}$  – максимальна потужність;  
 $M_N$  – крутний момент, відповідний максимальній потужності;  $\omega$  – кутова швидкість вала двигуна

Сучасною одиницею виміру крутного моменту є ньютонметр (Н·м). Крутний момент, створюваний двигуном, залежить від робочого тиску всередині циліндра двигуна, площі поршня, радіусу кривошипа колінчастого вала і ряду інших параметрів. Оскільки час впливу тиску газів на поршень змінюється при зміні частоти обертання колінчастого вала двигуна, крутний момент також змінюється. Якщо помножити величину крутного моменту, відповідну певній частоті обертання вала двигуна, на його кутову швидкість, отримаємо значення потужності двигуна, що розвивається при цій швидкості. Починаючи з XVIII ст., одиницею вимірювання потужності була кінська сила.

Сучасною міжнародною одиницею вимірювання потужності є кіловат (кВт). При цьому кінську

силу (к.с.) досить часто продовжують вказувати в технічних характеристиках автомобільних двигунів. Для того щоб перевести потужність, зазначену в кіловатах, в метричні кінські сили, потрібно помножити її значення на 1,36, навпаки на 0,73

Прискорення, що розвивається автомобілем, яким так цікавиться більшість водіїв, якраз в основному і залежить від величини крутного моменту. Потужність двигуна визначає, головним чином, максимальну швидкість автомобіля. Професійні автомобілісти для оцінки роботи двигуна

використовують швидкісні характеристики, які представляють собою залежність крутного моменту двигуна і його потужності від кутової швидкості або частоти обертання його колінчатого вала (рис. 2.7).

Швидкісні характеристики реальних двигунів отримують при їх випробуваннях на спеціальних стендах. Очевидно, що значення показників двигуна будуть залежати від кількості палива, що надходить у двигун, тобто від положення педалі «газу». Залежність швидкості автомобіля, отримана при максимальній подачі палива в циліндри двигуна, називається зовнішньою швидкісною характеристикою.

На графіку швидкісної характеристики відзначаються мінімальні та максимальні оберти колінчастого вала двигуна. Крутний момент досягає свого максимального значення при середніх оборотах вала, а потім при подальшому збільшенні частоти обертання знижується. Добре це чи погано? Давайте уявимо собі автомобіль, який рухається по рівній горизонтальній дорозі з максимальною швидкістю, а його двигун має таку криву зміни крутного моменту. Максимальна швидкість настає при оборотах двигуна, близьких до найбільших, коли сила, прикладена до ведучих коліс автомобіля і відповідна крутному моменту двигуна при цих оборотах, збільшеному за допомогою трансмісії, зрівняється з силами опору руху, що діють на автомобіль. Якщо на дорозі перед цим автомобілем виникне навіть невеликий підйом, сила опору збільшиться, а обороти двигуна зменшаться. Що ж станеться при цьому з крутним моментом двигуна?

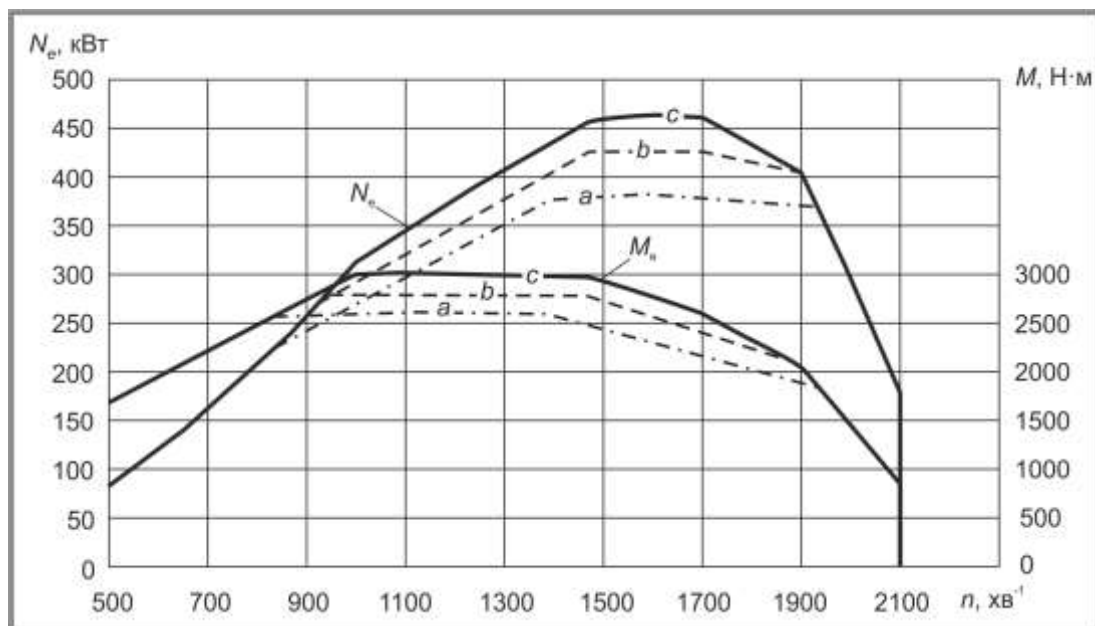


Рис. 2.8. Швидкісна характеристика дизеля OM 473 вантажного автомобіля Mercedes-Benz Actros (Model 964) при різній потужності:  $M$  – момент;  $P$  – потужність;  $n$  – обороти;  $a$  – 380 кВт/2600 Н·м;  $b$  – 425 кВт/2800 Н·м;  $c$  – 460 кВт/3000 Н·м

З швидкісної характеристики можна помітити, що зменшення обертів двигуна призведе до невеликого збільшення крутного моменту. Якщо підйом на дорозі не дуже великий, то цього збільшення крутного моменту, що підводиться до ведучих коліс, може вистачити для його подолання без переходу

на нижчу передачу в трансмісії автомобіля. Іншими словами, двигун з падаючої характеристикою крутного моменту добре пристосовується до збільшення опору руху автомобіля. Причому, чим крутіше опускається крива моменту на швидкісній характеристиці при збільшенні кутової швидкості обертання вала двигуна, тим кращою пристосованістю він володіє.

Дана відповідність оцінюється за коефіцієнтом запасу крутного моменту (рис. 2.8), що визначається відношенням максимального крутного моменту ( $M_{max}$ ) і моменту при максимальній потужності двигуна ( $M_N$ ), тобто  $K_M = M_{max}/M_N$ .

Сучасні вантажні автомобілі мають  $K_M = const$  при знижених оборотах колінчастого вала двигуна.

---

## § 12

### РУХОМІ ЕЛЕМЕНТИ ДИЗЕЛЯ

---



Рис. 2.9. Загальний вигляд та розміщення деталей кривошипно-шатунного механізму на дизелі FPT

До рухомих елементів двигуна відносяться його деталі – механізми, що перетворюють тиск газів, що виникають при згорянні палива в циліндрах, у механічну роботу по обертанню колінчастого вала (рис. 2.9). До даних елементів двигуна відносяться деталі кривошипно-шатунного механізму (КШМ): поршень 1, поршневі кільця 2, поршневий палець 3, шатун 4, колінчастий вал 5.

#### *Компонувальні схеми*

---

Конструктивні особливості деталей КШМ визначаються компоувальною схемою двигуна, що характеризується розташуванням його циліндрів (рис. 2.10).

Якщо осі циліндрів розташовані в одній площині, то такі двигуни називають рядними.

Рядні двигуни встановлюються на автомобілі або вертикально, або під кутом до вертикальної площини для зменшення висоти, займаної двигуном, а в деяких випадках горизонтально, наприклад при розміщенні під підлогою автобуса. У V-подібних двигунах осі циліндрів знаходяться в двох площинах, розташованих під кутом один до одного. Кут між осями циліндрів може бути різним. Різновидом такого двигуна можна вважати двигун з так званими



опозитними (протилежними) циліндрами (в деяких країнах таку компоновку називають «boxer», у якого цей кут складає 180 °).

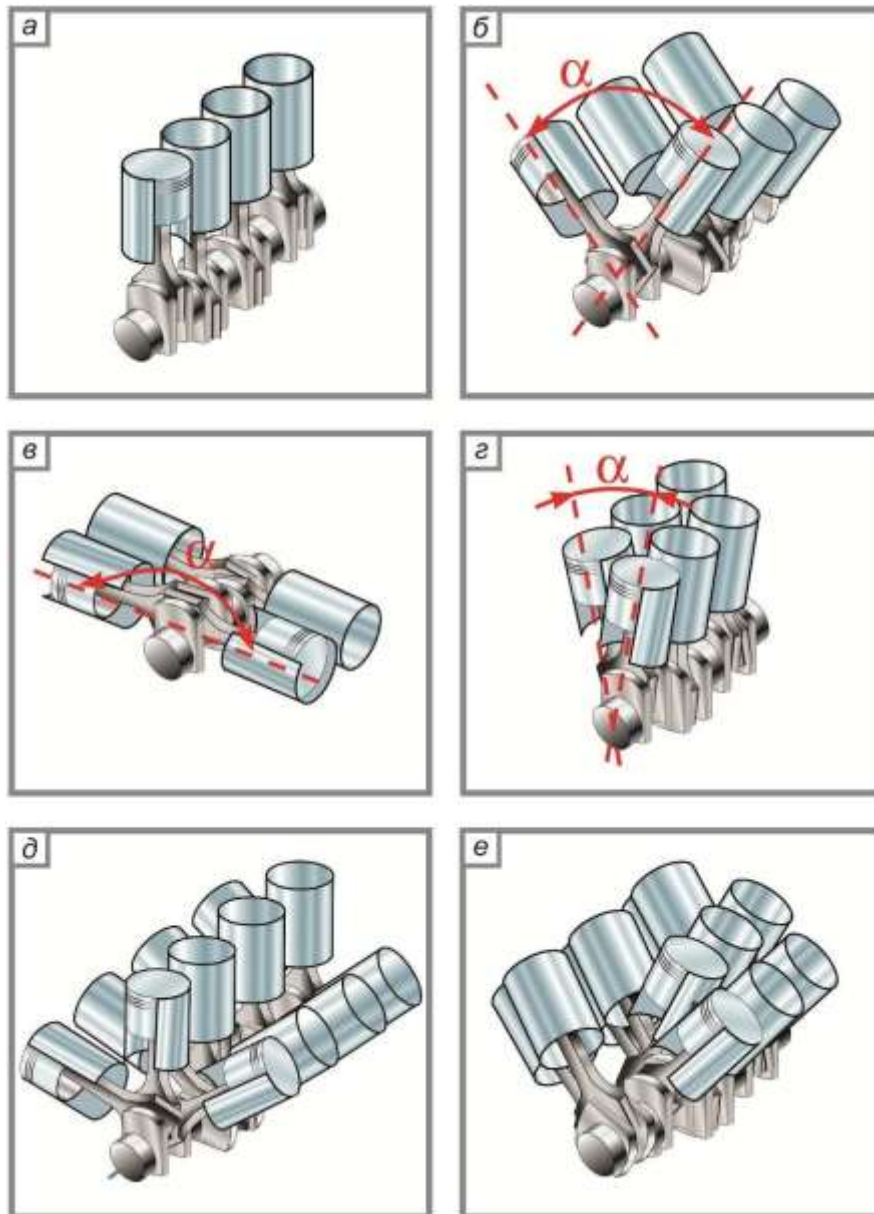


Рис. 2.10. Схеми розташування циліндрів в двигунах різної компоновки: *a* – рядний чотирициліндровий; *б* – V-подібний шестициліндровий; *в* – опозитний чотирициліндровий; *г* – VR-двигун шестициліндровий; *д* і *е* – W-подібні 12-циліндрові двигуни;  $\alpha$  – кут розвалу

Перед тим як перейти до детального розгляду двигунів різних компоновок та особливостей конструкцій деталей КШМ, необхідно визначитися з такими базовими поняттями, як хід поршня і діаметр циліндра, які визначають робочий об’єм двигуна і роблять основний вплив на робочі характеристики будь-якого двигуна. Діаметр циліндра – це діаметр отвору, виконаного в блоці циліндрів. Хід поршня – відстань між ВМТ і НМТ. Діаметр циліндра і хід поршня прийнято вимірювати в міліметрах, а об’єм двигуна – в літрах. Зрозуміло, що два двигуни однакового об’єму можуть мати різне число циліндрів і різну компоновку.

Якщо діаметр циліндра більше ходу поршня, то такий двигун називають

короткохідним. Дані двигуни розвивають вищі максимальні оберти колінчастого вала, в них спрощується розміщення впускних і випускних клапанів, що дає можливість отримання високої потужності. Якщо хід поршня перевищує діаметр циліндра, то двигун вважається довгохідним. Такі двигуни, як правило, більш економічні й характеризуються великими значеннями крутного моменту. Довгохідні двигуни мають велику висоту, але коротші по довжині.

При розробці конструкції двигуна доводиться вирішувати питання про вибір величини об'єму окремого циліндра. Якщо об'єм циліндра зробити дуже маленьким, то він буде погано заповнюватися паливно-повітряною сумішшю і потужність такого двигуна буде низькою. У той же час не можна безмежно збільшувати об'єм циліндра, тому що при цьому фронт поширення полум'я може не встигнути дійти до стінок циліндра за той короткий час, який відводиться на робочий хід, а це призведе до зменшення тиску в циліндрі й позначиться на зменшенні потужних показників двигуна. У сучасних двигунах вантажних автомобілів сума об'ємів циліндрів рідко перевищує 16 л, а в більшості двигунів складає близько 10 л.

Як вже зазначалося раніше, чим більше число циліндрів має двигун, тим рівномірніше він працює. Пульсації, що виникають при роботі ДВЗ, можуть бути зменшені застосуванням масивного маховика, що встановлюється на кінці колінчастого вала. Чим менше циліндрів має двигун, тим більшою масою повинен бути маховик. У той же час масивний маховик через свою інерційність погіршує здатність двигуна швидко набирати оберти. Тому конструкторам двигунів доводиться приймати компромісні рішення.

## Поршень

---

Поршень має досить складну конструкцію, яка визначається формою камери згоряння (рис. 2.11) і необхідністю забезпечення його міцності.

Дизельне паливо не може впорскуватися в циліндр протягом відносно тривалого часу, аналогічно до бензинового двигуна з безпосереднім впорскуванням. Оскільки запалення починається протягом декількох мікросекунд після початку впорскування, все паливо має бути впорснутим за короткий час. Якщо поршень почав рухатися вниз в циліндрі, то в дійсності вже занадто пізно додавати паливо, так як є ризик, що частина палива вийде з циліндра незгорілим у вигляді чорного диму. Єдиний спосіб впорснути досить палива – за можливо короткий час при дуже високому тиску.

Раніше дизельні двигуни автомобілів мали маленьку передкамеру в голівці циліндрів (розділена камера згоряння). Коли в передкамеру впорскується навіть невелика кількість палива, а під час холостого ходу кількість необхідного палива, необхідного на один такт, приблизно дорівнює крупинці цукру, суміш швидко запалюється в передкамері й полум'я поширюється через сполучний канал в основну камеру, де згоряє до кінця. Для того щоб такі двигуни працювали стійко, як правило, тиск впорскування має бути близько 7000 н/см<sup>2</sup>.

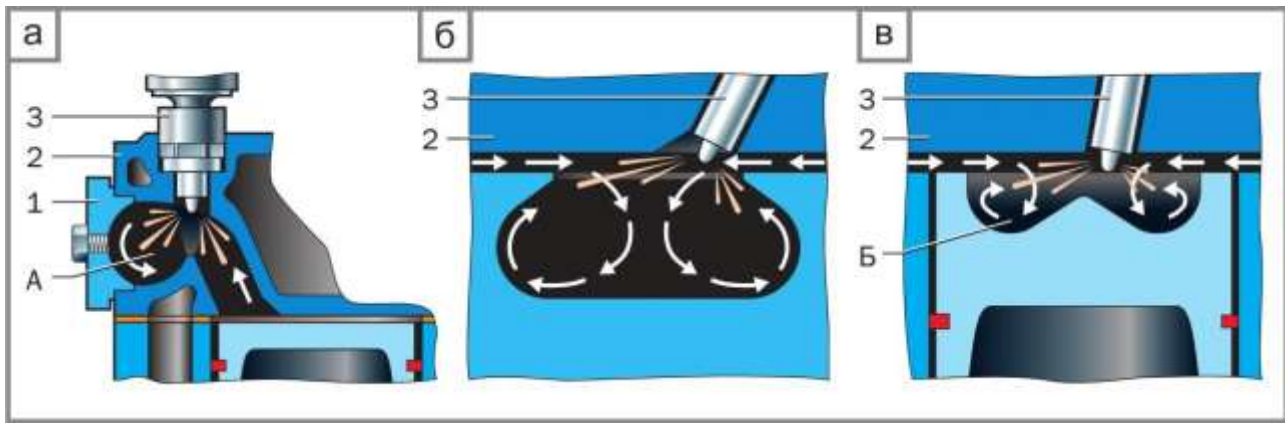


Рис. 2.11. Варіанти впорскування палива в камеру згоряння дизеля. Розділена (а) і нерозділені (б, в) камери згоряння: а – вихрова; б – дельтаподібна; в – тороїдальна; 1 – вставка вихрової камери; 2 – головка циліндрів; 3 – форсунка; А – порожнина вихрової камери; Б – порожнина в поршні

Двигун з передкамерою згодом став цілком задовільним силовим вузлом. Але вузький канал, що з'єднує передкамеру і основну камеру згоряння, був джерелом насосних втрат – повітря долало опір, проходячи у передкамеру, і повинно було потім вирватися назад. Стало зрозуміло, що двигуни з безпосереднім впорскуванням будуть більш ефективними й економічними.

Рішення даної проблеми досягнуте при застосуванні нерозділеної камери згоряння, що має дельтаподібну або тороїдальну форму, виконану в голівці поршня. Коли поршень піднімається, впорснуте паливо концентрується в маленькому обсязі, до тих пір поки не запалиться. В результаті камера згоряння в поршні двигунів з безпосереднім впорскуванням виконує ту ж задачу, що і передкамера.

Дизелі з безпосереднім впорскуванням потребують більш високого тиску впорскування, ніж їх попередники, тому що час, що відводиться на процес згоряння, менший. Передкамерні двигуни справляють «пом'якшувальний» ефект на процес і впорскування може починатися раніше. Дизелі з безпосереднім впорскуванням потужніші, тому необхідно забезпечити впорскування більшої кількості палива.

Поршень є основним елементом поршневої групи, до якої крім поршня відносяться поршневі кільця, поршковий палець і деталі кріплення поршневого пальця.

Призначення цієї групи:

- брати участь в утворенні й герметизації камери згоряння;
- сприймати зусилля газів у циліндрі й передавати їх;
- сприймати і відводити теплоту від газів, а також ту, що виділяється від тертя поршня;
- у двотактних ДВЗ частково виконувати функції газорозподілення.

При роботі двигуна на поршкові деталі діють сили тиску газів та інерції, що в умовах високих температур змінні за значенням і напрямком за характером близькі до ударних. В результаті нерівномірного нагрівання поршня у ньому виникають додаткові термічні напруження. Крім того, внаслідок тертя,

робочі поверхні деталей поршневої групи в умовах недостатнього змащення зазнають підвищеного зносу.

У відповідності з призначенням та умовами роботи до поршневої групи звичайно ставляться вимоги забезпечення:

- герметичності внутрішнього простору камери згоряння;
- відведення оптимальної кількості теплоти від головки поршня у стінки циліндра при мінімальному температурному градієнті у матеріалі поршня;
- малих витрат масла;
- мінімальної роботи тертя;
- високої стійкості проти спрацювання;
- мінімальної ваги конструкції при достатній міцності та жорсткості.

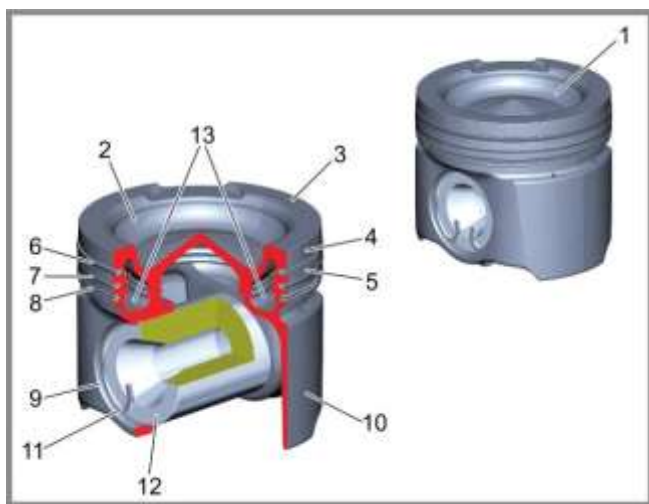


Рис. 2.12. Поршнева група дизеля OM 473 вантажного автомобіля Mercedes-Benz:

- 1 – поршень; 2 – виїмка згоряння;
- 3 – головка поршня; 4 – жаровий пояс;
- 5 – зона поршневого кільця; 6 – 1-е поршневе кільце; 7 – 2-е поршневе кільце; 8 – масляне кільце; 9 – болтове око; 10 – поршнева спідниця; 11 – фіксатор поршневого пальця; 12 – поршневий палець; 13 – охолоджувальний канал

Зовнішня поверхня направляючої частини поршня (рис. 2.12) носить назву спідниці. Під час робочого ходу на поршень впливає високий тиск газів, які розширюються при високій температурі. З іншого боку, при роботі двигуна, особливо на високих оборотах, поршень піддається великим знакозмінним інерційним навантаженням. При знаходженні поршня в ВМТ і НМТ його прискорення дорівнює нулю, а потім поршень різко прискорюється і рухається з великою швидкістю, причому напрямок руху змінюється сотні разів в секунду. Для зменшення інерційних навантажень необхідно максимально зменшувати масу поршня. У той же час він повинен мати високу міцність, щоб

протистояти високому тиску і нагріванню при зіткненні з гарячими газами з подальшим охолодженням при подачі в циліндр холодного свіжого палива. В даний час поршні дизельних автомобільних двигунів виготовляють з алюмінієвих сплавів. При виробництві поршня в виливок в процесі виготовлення часто закладають сталеві вставки, які підвищують його твердість і перешкоджають температурному розширенню. Іноді сталеву вставку розташовують в канавці під верхнє компресійне (найбільш навантажене) поршневе кільце.

При нагріванні поршень розширюється. Для компенсації температурного розширення поршня при нагріванні йому надають спеціальну форму. Спідниця поршня в поперечній площині має форму овалу, а не кола. У поздовжній площині спідниця поршня виглядає як бочка. Частина поршня, нагріті до

високої температури або з великим об'ємом металу, розширюються сильніше (наприклад, частина спідниці, де розташовані бобишки), і при досягненні робочої температури в двигуні поршень приймає форму циліндра.

Найбільш теплонавантажений у поршні його жаровий пояс, який займає відстань від торця головки до канавки під перше компресійне кільце; від температури його, особливо у зоні першого компресійного кільця, залежать граничні енергетичні показники двигуна та надійність його роботи.

Висота жарового поясу залежить від припустимої температури в зоні верхнього поршневого кільця. Як правило, вона не повинна перевищувати 200...230 °С. Підвищення її над наведеним значенням супроводиться неприпустимим нагароутворенням, зависанням поршневих кілець, вигорянням міжкільцевих перемичок тощо. В поршнях сучасних автомобільних двигунів для регулювання температури у зоні поршневих кілець застосовують ряд конструктивних прийомів: віддалення ущільнювального пояса від днища за рахунок збільшення висоти жарового поясу; зменшення зазору між жаровим поясом і гільзою циліндра; збільшення товщини переходу днища до ущільнювального поясу і бобишок з метою більш рівномірного розподілення теплоти по всьому об'єму металу; заливка в головку поршня нірезистивних вставок під перше компресійне кільце (Al-Fi-процес) для збільшення міцності канавки.

Поршні автомобільних дизелів виготовляють з потовщеними стінками і розвитою несучою поверхнею за рахунок збільшення довжини спідниці. Прорізи на юбках поршнів дизелів не виконуються. У більшості випадків поршні мають по три ущільнювальних кільця і одне маслоснімальне.

При експлуатації поршнів спостерігаються задирки, заїдання, зруйнування, прогари, а також зношування та розбивка кільцевих канавок. Задирки спостерігаються як під час приробки поршня, коли площа поверхні прилягання ще мала, так і при поточній експлуатації. Задирки у цьому разі найчастіше пов'язані з забрудненнями масла стружкою, піском та іншим. Недостатня жорсткість поршня, гільзи циліндра та пов'язані з цим збільшені деформації також можуть спричинити як задирки, так і заїдань поршня. Це може призвести до обриву шатуна. Під дією сил тиску газів поршень та палець деформуються.

У чавунних поршнях тріщини частіше з'являються як результат неправильного виконання оребрення або підвищення термічних напружень над розрахунковими. У поршнях для дизелів частіше обгоряють гострі кромки камери згоряння, що виконана в поршні.

Матеріалом для виготовлення поршнів є алюмінієві сплави з додатками міді, кремнію, нікелю, магнію, титану або чавуну. Поршні з алюмінієвих сплавів приблизно у 2,5 рази легші, ніж із чавуну; у 2...4 рази теплопровідніші, за рахунок чого температура таких поршнів нижча. До їх недоліків слід віднести: майже у два рази вищий коефіцієнт лінійного розширення; різке зниження властивостей пов'язане з температурою, наприклад, при 350 °С міцність їх знижується на 65...70 %; більшу вартість.

При виготовленні поршнів застосовуються різні технологічні засоби, які

підвищують якість їх поверхні, такі, як лудіння, хромування, анодування юбки, а також термообробка, наприклад, штучне старіння.

Поршневі кільця виготовляються із спеціально модифікованого чавуну. У двигунах сучасних автомобілів використовують кілька типів кілець. Верхні компресійні кільця служать для того, щоб запобігти прориву газів в картер двигуна, а нижнє маслоснімальне – контролює кількість масла на стінках циліндра (стінки змащуються маслом, що надходять з картера у вигляді масляного туману). Масло необхідно для запобігання зносу стінок циліндра і поршня, але його надлишки небажані. Тому слід подавати його більше, ніж потрібно, а надлишки видаляти за допомогою маслоснімального кільця, що працює як скребок. Один із способів отримання більш компактних і легких поршнів - виконання кілець вужчими і дрібними з компактним розміщенням їх у верхній частині головки поршня. При цьому пред'являються підвищені вимоги до матеріалу, з якого вони виготовлені, та до точності їх виготовлення.

### Шатун

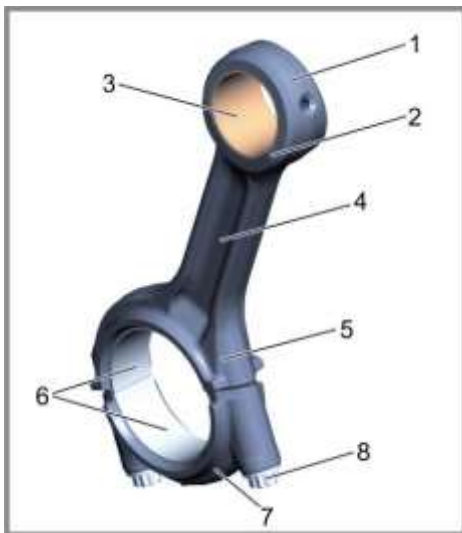


Рис. 2.13. Шатун дизеля OM 473 вантажного автомобіля Mercedes-Benz: 1 – шатун; 2 – верхня головка шатуна; 3 – втулка верхньої головки; 4 – стрижень шатуна; 5 – нижня головка шатуна; 6 – підшипникова опора (вкладиші); 7 – кришка нижньої головки шатуна; 8 – болт

Шатун є необхідною ланкою між поршнем і колінчастим валом, забезпечуючи передачу тиску від згоряння горючої суміші під час робочого ходу, а також переміщення поршня під час інших тактів. Шатун складається із поршневої головки стрижня та кривошипної головки (рис. 2.13). Навантаження на шатун постійно змінюється в значних межах як по величині, так і по напрямку. Шатун повинен бути міцним, щоб витримувати максимальні зусилля розтягування, і в той же час жорстким, щоб не згинатися при стисненні. Жорсткість при цьому повинна поєднуватися з невеликою масою для зменшення інерційних навантажень. Тому стрижні більшості шатунів роблять двотавровими в перерізі. Найбільш поширеними є сталеві шатуни. Вони або штамнуються (для зменшення вартості), або виготовляються куванням (дорожчі, але міцні), але в обох випадках обов'язково піддаються зміцненню, в тому числі і гартуванню. У деяких останніх моделях використовуються шатуни з

алюмінієвих сплавів і проводяться експерименти по застосуванню шатунів з композитних матеріалів, коли алюміній зміцнюється керамічними волокнами.

Верхня головка шатуна – це втулка з циліндричним отвором для з'єднання з поршнем за допомогою поршневого пальця. Поршневий палець – це сталевий порожній циліндр, поверхня якого зміцнюється в процесі виробництва і має

високий клас чистоти механічної обробки для зменшення концентраторів напружень. Поршневий палець може мати можливість провертатися як в головці шатуна, так і в бобишках поршня. У цьому випадку він фіксується від поздовжнього переміщення спеціальними стопорними кільцями, а між пальцем і внутрішньою поверхнею головки шатуна встановлюється втулка з антифрикційного матеріалу. Такий поршневий палець називається «плаваючим». Перевага «плаваючого» пальця – це його рівномірний знос по колу, а також велика надійність роботи (на випадок заклинювання в шатуні або в бобишках). Поршневий палець «неплаваючого» типу запресований у верхню головку шатуна і провертається тільки в бобишках поршня. В цьому випадку стопорні кільця і втулка не потрібні, тому конструкція виходить простішою і легшою. Нижня головка шатуна повинна бути розбірною, щоб мати можливість з'єднання з шийкою колінчастого вала, а дві частини шатуна з'єднуюватимуться болтами.

Зараз багато фірм не розрізають нижню головку шатуна, а піддають загартовані шатуни контрольованому розколюванню нижньої головки. Коли нижня головка збирається, обидві її частини стикуються практично ідеально, забезпечуючи повний збіг розлому в усіх напрямках.

Поршневий палець забезпечує шарнірне з'єднання шатуна з поршнем. Діаметр поршневого пальця значно впливає на розміри бобишок, а відповідно і на масу поршня в цілому. Тому треба встановлювати мінімальні розміри, виходячи з припустимих навантажень і овалізації пальця. Навантаження на поршневий палець носить перемінний характер, близький до ударного. Все це призводить до того, що поршневі пальці, як правило, роблять при великих напруженнях, а руйнування їх мають характер втоми.

Умови роботи диктують такі основні суперечливі вимоги до поршневих пальців автомобільних двигунів: мала маса, мінімальні деформації при роботі, достатній опір ударному навантаженню, висока стійкість проти зносу робочої поверхні.

Для забезпечення міцності та стійкості проти спрацювання поршневих пальців при тяжких умовах їх роботи вони виготовляються переважно із легованих, цементованих або азотованих сталей із наступною термічною обробкою струмом високої частоти. Також застосовуються полірування неробочих поверхонь пальців.

---

### *Колінчастий вал*

---

Колінчастий вал є однією з найбільш відповідальних, напружених, трудомістких у виготовленні та коштовних деталей ДВЗ (рис. 2.14). Він працює в умовах дії на нього знакозмінних сил і моментів, які за характером близькі до ударних. Ці сили і моменти приводять до появи в колінчастому валу пружних коливань. Якщо також взяти до уваги, що не на всіх режимах роботи ДВЗ вдається забезпечити надійне змащення підшипників, умови роботи колінчастого вала варто признати надто напруженими.

Першорядними вимогами до колінчастого вала є надійність роботи в

---

різних умовах експлуатації, жорсткість та міцність; стійкість шийок вала проти спрацьовування; статична та динамічна зрівноваженість; відсутність резонансних крутильних коливань у діапазоні робочих частот обертання вала; мінімальна маса і технологічність конструкції та ряд інших.

Колінчасті вали швидкохідних дизелів виконуються, зазвичай, повноопорними, з опорами після кожного циліндра або відсіку двох циліндрів у V-подібних двигунах. Збільшення кількості опор колінчастого вала внаслідок більшої рівномірності передачі зусиль по довжині двигуна сприяє роботі верхньої половини картера та блока циліндрів. Повноопорні вали мають більшу жорсткість, надійність роботи, але, разом з тим, більші габаритні розміри, вартість виготовлення та масу.

Збільшення жорсткості на вигин неповноопорного вала досягається збільшенням діаметрів шатунних та корінних шийок із одночасним зменшенням їх довжини та збільшенням товщини щок. Це призводить до збільшення частоти власних коливань вала, тому що зростає крутильна жорсткість системи і, як результат, збільшення полярного моменту інерції перерізу вала.

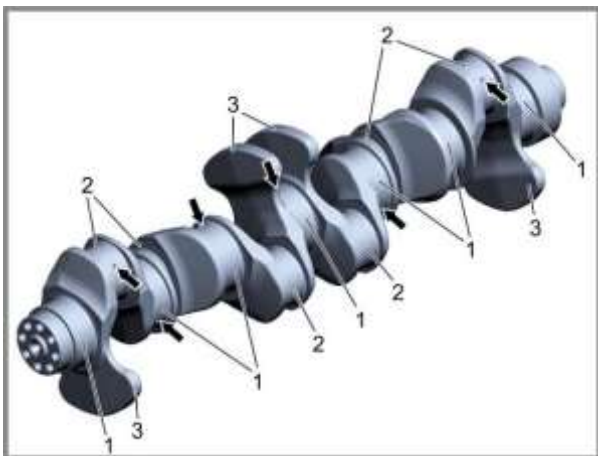


Рис. 2.14. Колінчастий вал дизеля OM 473 вантажного автомобіля Mercedes-Benz:

1 – корінні опори (шийки) колінчастого вала; 2 – шатунні шийки; 3 – противаги; стрілки – масляні отвори

Шатунні шийки звичайно виконують однакової довжини. Довжину першої та останньої корінних шийок збільшують з міркувань підвищення навантажень на них, а їх довжина встановлюється з урахуванням можливості розміщення механізму приводу та маховика.

Щоки колінчастого вала частіше всього виконують еліптичної форми, яка забезпечує високу жорсткість на вигин та кручення при порівняно невеликій масі. Переходи (галтелі) від щок до корінної та шатунної шийок для запобігання виникнення великих концентрацій напруження

виконуються радіусом (0,035...0,05) від діаметра шийки. Для збільшення опорної поверхні шийки, галтелі виконуються по двох-трьох дугах різних радіусів. На продовженні щок виконуються противаги для розвантаження корінних підшипників, особливо середніх, для чотирьох-, шести- та восьмициліндрових двигунів, у яких вони розміщені в одній площині та по одну сторону від осі обертання, і для зрівноваження сил інерції і моментів від них. Противаги виготовляються або разом із щоками, або окремо і закріплюються на них.

У деяких двигунах вантажних автомобілів використовують знімні противаги, які кріпляться до колінчастого валу болтами. Корінні шийки завжди більші в діаметрі, ніж шатунні. Колінчастий вал буде більш жорстким, якщо



корінні та шатунні шийки перекривають одна одну при вигляді з торця вала. Очевидно, що набагато легше домогтися перекриття шийок при короткохідному двигуні. Якщо по обидва боки від шатунної шийки розташовані корінні шийки, то колінчастий вал є повноопорним. В іншому випадку він неповноопорний і тому повинен бути більш жорстким, а отже, більш потужним, щоб сприймати значні згинальні та крутильні зусилля. Тому в сучасних двигунах в основному застосовуються повноопорні вали. В даний час рідко застосовують розбірні колінчасті вали, хоча така конструкція валу дає можливість застосовувати шатуни з нероз'ємною нижньою головкою. Перехід від шийки до щоки є небезпечним з точки зору концентрації напружень і тому його виконують по радіусу. Така конструкція зменшує можливість появи тріщин і подальшого втомного зламу.

В якості корінних і шатунних підшипників ковзання в даний час застосовують роз'ємні тонкостінні вкладиші. Вкладиші виготовляють зі сталеві стрічки з нанесеним на неї шаром антифрикційного сплаву. Для того щоб встановлені вкладиші не проверталися в опорах колінчастого вала і голівках шатунів, вони мають виступ, за допомогою якого фіксуються у відповідних канавках. Для запобігання колінчастого вала від осьових переміщень використовуються упорні підшипники ковзання.

У середині колінчастого вала, в щоках і шійках колінчастого вала просвердлені отвори для проходу масла. Підшипники колінчастого вала піддаються значним навантаженням, і навіть короточасна робота двигуна без масла призводить до його виходу з ладу, тому до шийок колінчастого вала масло подається постійно під тиском.

До заднього кінця колінчастого вала кріпиться маховик. Маховик служить для зменшення нерівномірності роботи двигуна, запасаючи енергію при робочому ході та віддаючи її при інших тактах, а також виводить КШМ з мертвих точок. Маховик – це масивний диск, виконаний з чавуну. На зовнішню циліндричну поверхню маховика напресований зубчастий вінець, що забезпечує провертання колінчастого вала при пуску двигуна за допомогою електричного стартера. У багатоциліндрових двигунів робочий хід відбувається одночасно в декількох циліндрах. У таких двигунів крутний момент більш рівномірний і маса маховика може бути зменшена.

Міцність колінчастих валів підвищується при виготовленні технологічно за допомогою спеціальних способів механічної обробки, зокрема наклепу поверхні шляхом обкатки роликками, обдування дрібом та ін. За рахунок цього межа втоми на вигин збільшується на 40 %, а на кручення – на 20 %.

До термохімічних та термічних способів зміцнення поверхні належить азотування, цементування та поверхневе гартування за допомогою СВЧ. Азотування та цементування поверхні дозволяє значно збільшити опір втомі: при вигині – до 60%, при крученні – до 35%.

Матеріалом для кованих (штампованих) колінчастих валів служать сталі марок 45, 45А, 45Г2, 50Г. Для дизелів з високим наддувом застосовуються леговані сталі 18ХНМА, 18 НХВА, 40ХНМА із збільшеними межами міцності.

Після ковки колінчасті вали зазнають термічної обробки: відпалу або

нормалізації. Друга термічна обробка виконується після механічної обробки – це гартування та відпуск.

Поряд із кованими застосовуються литі колінчасті вали, які виготовляються із високоміцного чавуну, модифікованого магнієм, а також легованого нікельмолібденового чавуну, перлітного ковкого чавуну, вуглецевої та легової сталі. До переваг литих валів відносяться менші витрати металу, можливість надання оптимальних форм у відношенні розподілення металу та високий опір втомі.



Рис. 2.15. Кришки корінних підшипників колінчастого вала двигуна виготовлені методом відламування

корінних підшипників колінчастого вала базується на їх контрольованому розколюванні, що забезпечує їх ідеальну збірку при повному збігу розлому в усіх напрямках (рис. 2.15).

Яким би жорстким не був колінчастий вал, він піддається крутильним коливанням, які можна уявити як постійне закручування з подальшим розкручуванням вала, що відбувається при роботі двигуна з певною частотою. При збігу частоти крутильних коливань з частотою зовнішніх сил може наступити резонанс, який призведе до різкого збільшення навантажень, що діють на колінчастий вал, і, як наслідок, до його поломки. Злам колінчастих валів (зазвичай в місці з'єднання щоки з корінною шийкою) був частою причиною виходу з ладу двигунів старих конструкцій. Сучасні колінчаті вали

Шийки чавунних валів мають високу стійкість проти спрацьовування, що дозволяє застосовувати підшипники із високим тиском. Чавунні колінчасті вали мають також перевагу у відношенні крутильних коливань: у них при однакових збуджуючих моментах виникають крутильні коливання з меншими амплітудами.

Колінчасті вали, зібрані з противагами та заглушками, підлягають динамічному балансуванню. Все частіше балансування виконується разом з маховиком та дисками зчеплення, що значно підвищує зрівноваженість двигуна.



Рис. 2.16. Двохмасовий маховик двигуна автомобіля Ford

мають високу жорсткість і резонансні частоти знаходяться за межами можливих частот обертання валів цих двигунів. Проте в конструкції двигунів часто застосовують гасителі крутильних коливань, які знижують до потрібного рівня віброактивність колінчастого вала. Найбільш поширений спосіб – розділити шків або диск, встановлений на колінчастому валу, на внутрішню і зовнішню частини і з'єднати їх пружним матеріалом, який поглинає вібрації за рахунок внутрішнього тертя.

Зараз все більшого поширення набувають двохмасові маховики, які успішно виконують функцію гасителя крутильних коливань (рис. 2.16).

### *Механізм газорозподілу*

---

Механізм газорозподілу (ГРМ) дизелів являє собою сукупність обладнання, яке здійснює газообмін у двигуні, тобто очищення робочої порожнини циліндра від продуктів згоряння та наповнення його свіжим зарядом. Це обладнання складається з органів газорозподілу та їх приводів, що забезпечують дію органів газорозподілу в потрібні періоди часу по ходу робочого циклу двигуна.

Загальні вимоги, що забезпечують високі показники роботи ГРМ дизелів наступні:

- мінімальний опір систем впуску і випуску, що має забезпечувати зменшення витрат енергії на здійснення процесів газообміну у двигуні та збільшення наповнення циліндрів свіжим зарядом;
- рівномірний розподіл свіжого заряду по циліндрах двигуна;
- надійність та довговічність роботи як органів газорозподілу, так і окремих елементів їх приводу.

Різноманітність компоновальних рішень клапанних механізмів газорозподілу, особливості будови їх складових практично однозначно визначаються необхідністю забезпечувати в різних по конструктивним і режимним параметрам двигунах якісний перебіг процесів газообміну. Основними факторами, що обумовлюють вибір компоновальної схеми механізму (місце розташування розподільного вала, кількість клапанів на один циліндр та ін.), є геометричні розміри циліндра двигуна та його швидкохідність. Конструктивна схема клапанних механізмів також визначається розміщенням і числом клапанів, а також залежними від цього особливостями влаштування деталей і вузлів приводу.

Сучасні дизелі, наприклад FPT вантажного автомобіля Iveco-AMT, обладнують механізмами газорозподілу з верхнім розміщенням клапанів у головці блока циліндрів (рис. 2.17).

Така конструкція має ряд переваг перед іншими, а саме: набуває більшої компактності камера згоряння, а це, в свою чергу, дозволяє забезпечити краще наповнення циліндрів, підвищити ступінь стиску, збільшити потужність ДВЗ або при тій же потужності зменшити літраж ДВЗ; зменшуються втрати теплоти у систему охолодження і тим самим збільшується індикаторний ККД; спрощується блок циліндрів; зменшується шум під час роботи механізму;

полегшується регулювання теплових зазорів у клапанах; підвищується надійність роботи механізму. Але при такій схемі ускладнюються конструкція головки, приводу розподільного вала, збільшуються висота головки і габаритні розміри двигуна.



Рис. 2.17. Загальний вигляд механізму газорозподілу двигуна FPT Cursor 13 з розміщенням розподільного вала в головці циліндрів



Рис. 2.18. Чотирьохклапанна камера згорання.  
Застосування газорозподільного механізму з чотирма клапанами на циліндр в дизельному двигуні

При двоклапанній конструкції механізму, яка частіше застосовується на автомобільних двигунах, клапани можуть бути розміщені в один ряд уздовж осі блока або у два ряди. У дизелів впускні і випускні клапани частіше розміщені по обидві сторони головки, при цьому зменшується підігрів повітря та збільшується коефіцієнт наповнення. Останнім часом з метою збільшення коефіцієнту наповнення все ширше застосовуються три- та чотирьохклапанні головки циліндрів (рис. 2.18). Це дає змогу збільшити площину прохідних перерізів клапанів й зменшити розміри клапанів, що сприятиме надійності їх роботи.

Умовами роботи деталей механізму газорозподілу є значні навантаження, зокрема, великі контактні напруження; робота їх відбувається в умовах високих температур при недостатньому змащенні поверхні тертя.

Для поліпшення наповнення циліндра горючою сумішшю діаметр тарілки впускного клапана робиться більшим, ніж у випускного. Сідла клапанів, виготовлені з чавуну або сталі, запресовуються в головку блоку циліндрів.

При роботі двигуна клапани піддаються значним механічним і тепловим навантаженням, тому для їх виготовлення застосовуються спеціальні сплави.

Іноді для поліпшення охолодження клапанів високофорсованих двигунів застосовують клапани з порожнистим стрижнем, який заповнюється натрієм. Натрій при робочих температурах плавиться і в розплавленому вигляді перетікає всередині клапана, переносячи тепло від більш нагрітої тарілки клапана до стрижня. Для кращого очищення робочої фаски від нагару і рівномірної теплопередачі іноді застосовуються різні механізми для обертання клапана.

Впускні та випускні клапани працюють у різних умовах: якщо середня температура свіжого заряду, який омиває впускний клапан, дорівнює 300...400 К, то температура відпрацьованих газів, у середовищі яких працює випускний клапан, досягає 600...900 К. Тому до матеріалу випускного клапана, особливо його головки, ставляться підвищені вимоги з погляду жаростійкості, зносостійкості, опору корозії та утворення окалини.

Для виготовлення впускних клапанів застосовують хромовані сталі. Щоб підвищити зносостійкість клапана, стрижень хромують, а фаски головок наплавляють жаростійкими хромонікелевими сплавами.

Клапани, як і вся поверхня камери згоряння, піддаються дії значних динамічних навантажень та високих температур, а також впливу шкідливих сполучень, що містяться у продуктах згоряння. Температура головки клапана досягає 750...900 К, а напруження зминання у місцях контакту хвостовика клапану із натискним важелем – 1200 МПа.

Перехід від двоклапанної головки блоку до чотириклапанної дозволяє істотно поліпшити показники процесів очищення циліндра від відпрацьованих газів і наповнення його свіжим зарядом і, як наслідок, покращити паливну економічність двигуна на 3,5...4%. При цьому підвищення складності приводу клапанів значною мірою компенсується такими позитивними наслідками, як зменшення маси клапанів і збільшення жорсткості їх тарілок, зростання терміну їх роботи, особливо при форсуванні двигуна по частоті обертання колінчастого валу та навантаженні, а також забезпечення надійності нижньої плити головки циліндрів на ділянках міжклапанних перемичок.

При форсуванні двигуна по частоті обертання колінчастого валу перевага надається компоновальній схемі із розташуванням розподільного валу в головці блоку. Така схема дозволяє спростити механізм приводу клапанів, зменшити його масу та підвищити жорсткість, а крім того, дає можливість покращити наповнення циліндра свіжим зарядом за рахунок збільшення повноти профілю кулачка та поліпшення форми впускних та випускних каналів.

Профілювання каналів у головці блоку, надання їм спеціальної геометрії (тангенційна, гвинтоподібна та ін.), особливо при умові узгодженості із розмірами фаз газорозподілу, є достатньо ефективним напрямом поліпшення показників газообміну при будь-якому компонованні механізму газорозподілу.

Найбільш напруженим вузлом клапанного механізму є сполучення «клапан – сідло», особливо для випускних клапанів. Значне ударне навантаження і високі температури створюють умови, в яких можлива термічна деформація головки клапана, що поряд із природним спрацьовуванням посадочної фаски, призводять до втрати компресії в циліндрі. Це обумовлює зменшення

потужності двигуна і погіршення його економічності. Тривала погана щільність з'єднання клапанів із сідлом супроводжується обгоранням як клапана, так і сідла, і остаточним виходом з ладу цих деталей. До аналогічних наслідків призведе і втрата клапанними пружинами їх попередніх характеристик (жорсткість, пружність).

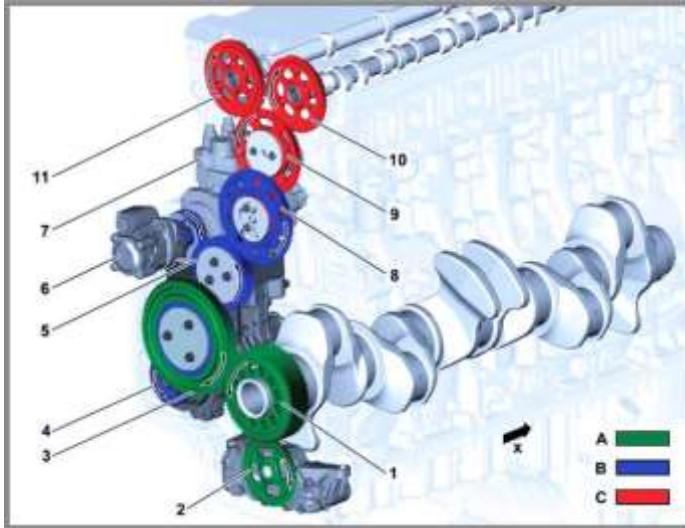


Рис. 2.19. Блок приводу клапанів і елементів дизеля 471.9 вантажного автомобіля Mercedes-Benz: *A* – рівень 1; *B* – рівень 2; *C* – рівень 3; *x* – напрямок руху автомобіля; 1 – шестерня колінчастого вала; 2, 4, 6, 7 – шестерні приводу відповідно масляного і паливного насосів, компресора, гідропідсилювача керма; 3, 5, 8, 9 – проміжні шестерні; 10, 11 – шестерні привода клапанів

дизеля (рис. 2.19) через шестерні 10 і 11 приводу розподільчих валів випускних і впускних клапанів.

Блок приводних шестерень двигуна забезпечує також приводи через шестерні 2, 4 і 7 відповідно масляного насоса, компресора і паливного насоса.

Розподіл напрямку обертання приводів даних агрегатів від шестерні 1 колінчастого вала двигуна здійснюється через проміжні шестерні 3, 5, 8 і 9.

### Балансування двигунів

Рівномірність роботи двигуна залежить також від його збалансованості. Будь-який поршневий двигун піддається дії реактивних сил. Коли поршень в одноциліндровому двигуні рухається вгору, корпус двигуна прагне зрушити вниз, і навпаки. При цьому та частина автомобіля, на яку встановлений двигун, буде постійно піддаватися вертикальним коливанням. Це явище можна усунути, встановивши на колінчастий вал противаги. Вертикальні коливання припиняться, але виникнуть поперечні, викликані самими противагами. Якщо в двоциліндровому рядному двигуні поршні будуть рухатися в протилежних напрямках, вони будуть взаємно компенсувати вертикальні переміщення, але

виникнуть коливання двигуна вперед-назад. Всі автомобільні двигуни встановлюються на пружних опорах, але в разі великого дисбалансу вібрації можуть передаватися на кузов автомобіля. Крім нерівномірності роботи двигуна, викликаній переміщенням поршнів, існує нерівномірність, викликана рухом шатунів, які здійснюють складний рух: вгору-вниз і з одного боку в інший.

Загальний дисбаланс двигуна в значній мірі залежить від його компоновки (див. рис. 2.10). Так, наприклад, чотирициліндровий рядний двигун, на відміну від V-образних чотирициліндрових, досить добре збалансований. Хоча при збільшенні об'єму такого двигуна вібрації можуть стати відчутними. Ще краще збалансований чотирициліндровий двигун з опозитними (протилежними) циліндрами. Шестициліндрові двигуни з опозитними циліндрами мають відмінну рівномірність при роботі. Крім того, такі двигуни дають можливість знизити центр мас автомобіля, а при передньому розташуванні – застосувати пологий капот, що поліпшує аеродинаміку автомобіля. До недоліків таких двигунів слід віднести складність їх виробництва і обслуговування. У рядному шестициліндровому двигуні можна домогтися практично абсолютної збалансованості сил інерції. V-подібні шестициліндрові двигуни більш компактні по довжині, що особливо важливо при їх поперечному встановленні на автомобілі. Збалансованість V-образних двигунів залежить від кута між осями циліндрів. Так, для V-образного шестициліндрового двигуна найкращим кутом буде кут  $60^\circ$  або  $120^\circ$  (або  $180^\circ$  у двигуна з опозитними циліндрами). Такі ж кути «ідеально» підходять для майже повністю збалансованого двигуна V12, хоча великі кути збільшують ширину двигуна. Досить добре збалансований двигун V8, якщо кут між осями циліндрів становить  $90^\circ$  і застосовується відповідна конструкція колінчастого вала.



Рис. 2.20. Балансирні вали двигуна розташовуються поруч з колінчастим валом в блоці циліндрів і мають можливість обертатися в різні боки завдяки шестеренчатоланцюговому приводу

Дисбаланс двигунів може бути майже повністю компенсований застосуванням балансирних валів (рис. 2.20), які мають противаги і приводяться в обертання від колінчастого вала двигуна. Для отримання хороших результатів балансирні вали повинні встановлюватися в певному місці двигуна, що істотно ускладнює його конструкцію.

Останнім часом, для зменшення вібрацій рядних чотирициліндрових двигунів великого об'єму стали широко застосовувати балансирні вали, що встановлюються поруч в піддоні картера дизеля (рис. 2.21).

Оптимальні показники двигуна можуть бути забезпечені лише в разі правильного складання й регулювання механізму газорозподілу.

Встановлення розподільного валу повинно здійснюватися чітко за позначками, що нанесені на шестернях привода. В разі недотримання цього правила може бути зміщення фаз газорозподілу, тобто невідповідність моментів відкриття або закриття клапанів відносно мертвих точок (ВМТ, НМТ). Це призводить до зменшення часу-перетину клапанів і, як наслідок, до погіршення якості процесів газообміну. Значне зміщення фаз може зумовити зіткнення клапанів з поршнем поблизу ВМТ і вихід з ладу клапана та з'єднаних з ним деталей (сідла клапана, напрямної втулки).

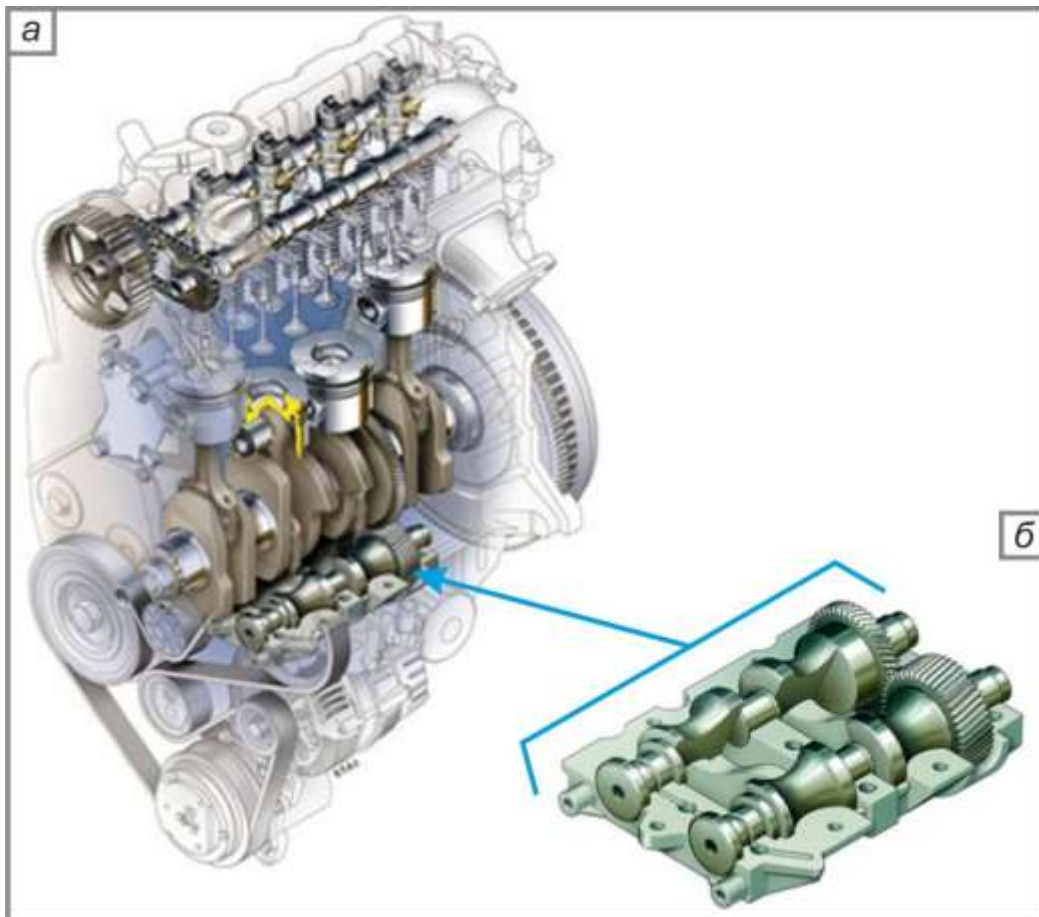


Рис. 2.21. Здвоєні балансири вали (б), встановлені в піддоні картера 2,2-літрового 16-клапанного дизеля Citroen C5 (а)

Неправильне регулювання зазору в приводі клапанів впливає на роботу двигуна і, насамперед, на експлуатаційну функціональність механізму газорозподілу й довговічність його деталей. Якщо зазор збільшений, клапани відкриваються пізніше, а закриваються раніше, і період їх відкритого стану зменшується. Великі зазори спричиняють також зростаючі динамічні навантаження на деталі газорозподілу, підвищується інтенсивність їх спрацювання, особливо фасок клапанів та їх сідел. Робота двигуна супроводжується дзвінким металевим стуком у верхній частині двигуна, що особливо добре прослуховується на малій частоті обертання колінчастого вала.

Якщо зазор недостатній, посадка клапана на сідло буде нещільною, що спричинить витікання газів та обгоряння фасок.

Зазори в приводі клапанів потрібно регулювати на холодному двигуні



згідно з їх технічною характеристикою та вимогами експлуатації та ремонту.

Герметичність з'єднань клапан-сідло досягається попереднім шліфуванням їх фасок під необхідний кут і наступним взаємним притиранням спеціальними пастами.

Умови роботи клапанного механізму газорозподілу зумовлені значними силовими й температурними навантаженнями, наявністю у випускних газах корозійно-активних і нагароутворювальних компонентів. Подавання масла до сполучених деталей механізму обмежене.

## § 13

### НЕРУХОМІ ЕЛЕМЕНТИ ДИЗЕЛЯ

Нерухомі елементи двигуна (рис. 2.22) призначені для монтажу рухомих елементів і забезпечення стабільності їх роботи. До них відносяться блок циліндрів, головка блоку, клапанна кришка і прокладки блоку і клапанної кришки.

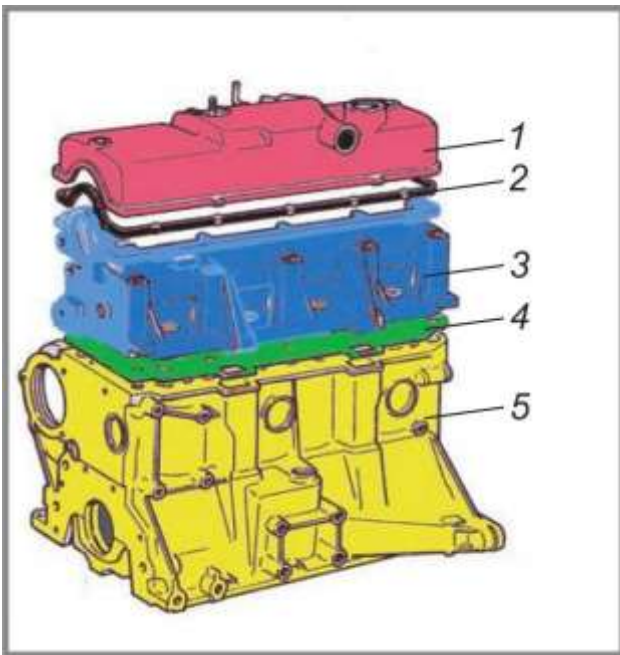


Рис. 2.22. Нерухомі елементи двигуна:

1 – клапанна кришка; 2 – прокладка клапанної кришки; 3 – головка блоку; 4 – прокладка головки блоку; 5 – блок-картер

Блок циліндрів і його головка відносяться до корпусних елементів двигуна, які повинні відповідати таким вимогам:

- жорсткість і міцність (передусім, таких деталей, як блок-картер, головки циліндрів або головка блоку циліндрів, силові шпильки, корпуси корінних підшипників колінчастого вала);

- стійкість проти спрацьовування (циліндр, підшипники колінчастого вала);

- щільність матеріалу (передусім, блок-картера, головки циліндрів, циліндрів), яка повинна забезпечити відсутність втрат рідини і повітря, що рухаються по каналах, виконаних у цих деталях;

- мінімальні габаритні розміри і маса;

- технологічність виготовлення;

- низька собівартість.

Елементи корпусу при роботі двигуна навантажені силами тиску газів і силами інерції деталей, що рухаються, на них передаються поштовхи від автомобіля. Для запобігання неприпустимих деформацій деталі корпусу повинні мати спільну жорстку основу. У більшості автомобільних двигунів – це блок-картер.

**Блок циліндрів та його головка**

Блок циліндрів (рис. 2.23) і його головка (рис. 2.24) – це найбільші важкі частини двигуна, що виготовляються за допомогою лиття з наступною механічною обробкою. У двигуні з рідинним охолодженням навколо циліндрів розташовуються канали для проходу охолоджуючої рідини, які утворюють водяну сорочку.

Нижня частина блоку циліндрів зазвичай обробляється для установки в блок корінних підшипників колінчастого вала і для приєднання піддону картера. Велике значення має відстань між сусідніми циліндрами. Збільшення відстані дає можливість підвищити жорсткість блоку і забезпечити можливість збільшення в подальшому робочого об'єму двигуна шляхом збільшення діаметра циліндрів (найбільш простий спосіб отримання модифікацій двигунів різної потужності). З іншого боку, це призводить до збільшення габаритних розмірів двигуна і його маси. Останнім часом деякі виробники автомобільних двигунів виготовляють блоки циліндрів, в яких сусідні циліндри стикаються стінками (так звані сіамські блоки). Такий спосіб дає можливість отримати досить жорстку конструкцію при порівняно невеликому розмірі. Жорсткість блоку циліндрів у значній мірі визначає шумові характеристики двигуна.



Рис. 2.23. Алюмінієвий блок циліндрів двигуна V8 з запресованими «сухими» гільзами. У нижній частині блоку видно раму сходового типу, за допомогою якої кріпиться колінчастий вал



Рис. 2.24. Головка блоку чотирициліндрового рядного двигуна з двома розподільними валами і чотирма клапанами на циліндр

Довгий час єдиним матеріалом для виготовлення блоків циліндрів служив чавун. Цей матеріал недорогий, він має високі міцність і твердість при хороших ливарних якостях. Крім того, оброблені хонінгуванням внутрішні поверхні чавунних циліндрів мають відмінні антифрикційні властивості та високу зносостійкість. Істотними недоліками чавуну є його велика маса і низька теплопровідність. Прагнення конструкторів до створення більш легких двигунів привело до розробки конструкції блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів. Алюміній значно поступається чавуну в жорсткості та зносостійкості, тому блок з алюмінію повинен мати велику кількість ребер жорсткості, а в якості циліндрів зазвичай служать ті ж чавунні гільзи, які вставляються в

алюмінієвий блок у процесі складання, заливаються або запресовуються в нього при виготовленні (рис. 2.25). Якщо гільза циліндра безпосередньо омивається охолоджувальною рідиною, вона називається «мокрою», а якщо немає – «сухою». Мокрі гільзи повинні мати надійне ущільнення з порожниною охолодження блоку циліндрів.

Застосування великої кількості ребер жорсткості й чавунних гільз значною мірою зводить нанівець переваги від застосування блоків циліндрів з алюмінієвих сплавів.

Використання у виробництві сучасних технологій дає можливість виготовлення легких «алюмінієвих» двигунів, у яких блок циліндрів не має чавунних гільз. У робочих поверхнях циліндрів в алюмінієвих блоках електролітичним шляхом створюється підвищений вміст кремнію, а потім циліндри піддаються хімічному травленню для створення на їх робочій поверхні зносостійкої пористої плівки чистого кремнію, яка добре утримує мастило.



Рис. 2.25. Блок циліндрів двигуна з «сухою» гільзою. На розрізі добре видно, як вставлені в блок циліндрів «сухі» гільзи. Зверніть увагу на виконані в днищах поршнів поглиблення, що оберігають від торкання поршня клапанами



Рис. 2.26. Рама сходового типу в блоці, яка замінює звичні кришки корінних підшипників колінчастого вала в конструкції сучасних ДВЗ

навантаження і велику шумність потрібна велика жорсткість блоку, часто застосовують чавунні блоки циліндрів.

Головка блоку циліндрів закриває зверху циліндри і кріпиться до блоку за допомогою болтів або шпильок. Для того щоб під час складання двигуна не відбулося деформації головки блоку, закручення кріпильних елементів повинно проводитися з заданим зусиллям і в певній послідовності. Головка блоку зазвичай відливається з алюмінієвого сплаву (рідше з чавуну). У ній повністю

Жорсткість алюмінієвого блоку циліндрів може бути підвищена не тільки застосуванням великої кількості ребер жорсткості, але і використанням спеціальних проставок сходового типу в блоці (рис. 2.26). Такі проставки, з'єднані з блоком, крім значного підвищення жорсткості самого блоку, служать міцною основою для установки корінних підшипників колінчастого вала, що підвищує його довговічність. При виробництві дизелів, в яких через високі

або частково розташовуються камери згоряння. Усередині головки виконуються впускні і випускні канали, канали водяної сорочки для проходу охолоджуючої рідини і канали мастильної системи. Канали для подачі повітря в циліндри дизеля і випуску відпрацьованих газів проходять в кожну камеру згоряння й закінчуються запресованими в головку блоку сідлами клапанів, виготовленими з чавуну або інших міцних матеріалів. У кожному циліндрі двигуна встановлено, як мінімум, по два клапана (впускний і випускний). У потужних дизелях, наприклад дизелі 471.9 (рис. 2.27), встановлено по два впускних (1) і випускних (2) клапана на кожен циліндр. Крім того в даній голівці передбачені отвори (3) для встановлення паливних форсунок.

У голівці блоку циліндрів розташовуються й інші деталі газорозподільного механізму.

Зверху головка блоку даного дизеля закривається кришкою, яка кріпиться до голівки через прокладку з декількох шарів нержавіючої сталі.

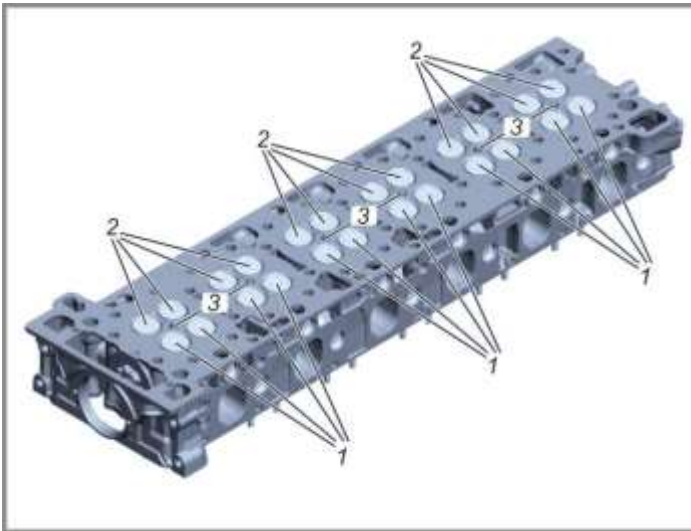


Рис. 2.27. Головка блока циліндрів дизеля 471.9 вантажного автомобіля Mercedes-Benz:  
1, 2, 3 – отвори для встановлення впускних і випускних клапанів паливних форсунок

У кришку головки блоку циліндрів вбудований попередній фільтр, який очищає моторне масло, яке впорскується для змащування клапанного вузла.

Кришка головки блоку циліндрів виготовлена з пластику та ущільнює корпус розподільного валу з зовнішньої сторони за допомогою еластомерного ущільнення, що запобігає витіканню моторного масла, яке використовується для змащування клапанного вузла.

---

### *Гільзи циліндрів*

---

Гільзи циліндрів являють собою циліндричну оболонку, частіше вставну для легкої заміни. Від типу гільзи та її конструкції значно залежить жорсткість блока ДВЗ. Залежно від того, омиваються гільзи охолоджуючою рідиною чи ні, їх підрозділяють на сухі та мокрі (рис. 2.28). При застосуванні мокрих гільз відкривається можливість вживання більш стійких проти спрацьовування в експлуатації матеріалів, збільшується ефективність відведення теплоти та знижуються витрати на ремонт.

Мокрі гільзи вставляються у направляючі центруючі пояси блока. Для збереження геометричної форми під час роботи гільза має два направляючих центруючих пояса: верхній і нижній. Опорні площини для мокрої гільзи виконують у кільцевих приливах блока, які забезпечують збереження

геометричної форми гільзи.

Опорні площини гільзи можуть бути розміщені у різних місцях по висоті блока: у верхній частині блока (рис. 2,28, б); у кільцевому приливі, який знаходиться нижче опорної площини блока циліндра (рис. 2.28, г); у приливі нижньої частини блока (рис. 2.28, д). При більш низькому розміщенні опорної площини гільзи покращується охолодження її верхньої частини та поршневих кілець.

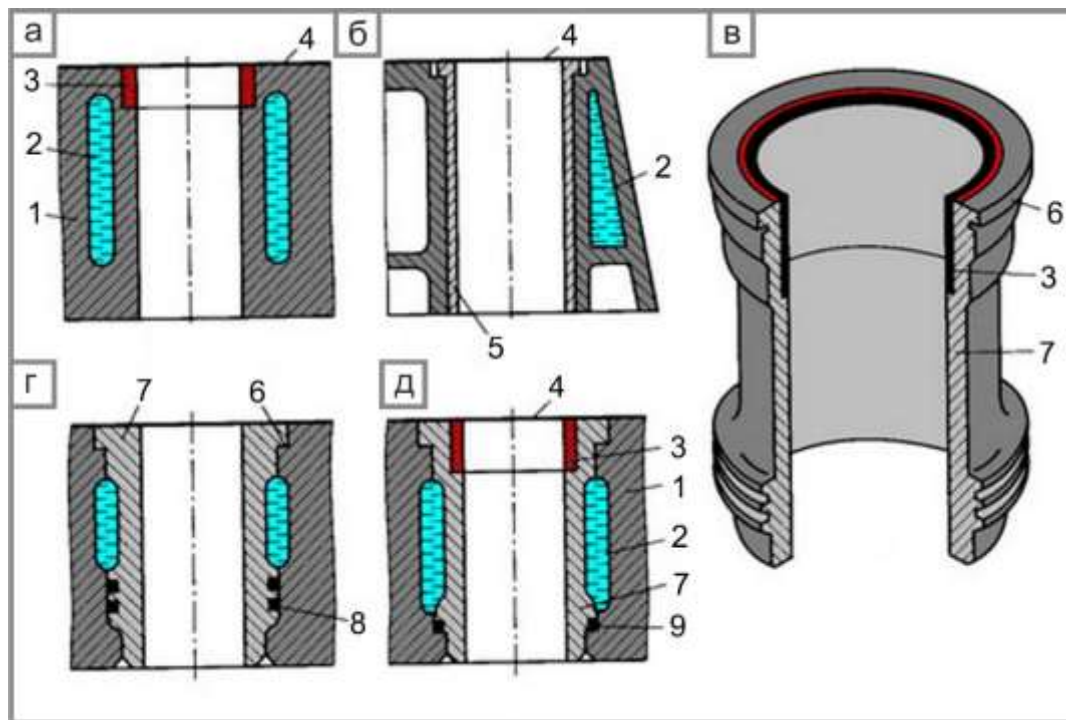


Рис. 2.28. Гільзи циліндрів: а – з короткою сухою вставкою; б – з сухою гільзою; в – д – з мокрими гільзами; 1 – блок; 2 – сорочка охолодження; 3 – «суха» вставка; 4 – прокладка; 5 – «суха» гільза; 6 – бурт; 7 – змінна «мокра» гільза; 8 – гумове кільце; 9 – мідна прокладка

Ширину опорного фланця визначають з урахуванням тиску на кільцевий пояс при попередній затяжці шпильок. Для чавунних блоків цей тиск повинен бути не більше 380...420 МПа, для алюмінієвих – 140...180 МПа. Висота фланця складає приблизно 0,1 діаметра гільзи.

При роботі двигуна під дією перемінних навантажень поршня гільза зазнає динамічних деформацій. Найбільш ефективними методами зниження динамічних деформацій є збільшення жорсткості гільзи, більш щільна її посадка у направляючих поясах, зменшення зазорів між поршнем і гільзою, а також підбір профіля поршня.

Ущільнення нижнього стику мокрої гільзи і блока досягається зазвичай за допомогою двох гумових кілець 8 (рис. 2.28, г). У деяких конструкціях встановлюють доповнює опорне кільце 9 (рис. 2.28, д).

Товщину стінок циліндра вибирають із умов отримання достатньої жорсткості проти овалізації та можливості розточування при ремонті. Зазвичай для мокрих чавунних гільз вона складає 5...8 мм.

Для збільшення довговічності у верхню частину гільзи циліндра

запресовують коротку жаростійку вставку із аустенітного чавуну (нірезісту) 3 (рис. 2.28, в). Стійкість гільзи до спрацьовування при цьому збільшується у 3-4 рази. Внутрішня поверхня циліндра (дзеркало), у цьому випадку обов'язково підлягає пористому хромуванню (канали і пори у шарі пористого хрому сприяють змащенню поверхні тертя).

Матеріалом для виготовлення гільз найчастіше служить перлітний сірий чавун, рідше – сталь та алюмінієві сплави. Останні здебільшого використовуються для малопотужних двигунів повітряного охолодження. При виготовленні гільз широко використовують різні методи термообробки: цементацію, азотування, гартування СВЧ, пористе хромування.

Непрямими заходами, які підвищують довговічність гільз, є такі:

- застосування термостату, який дозволяє підтримувати стабільний тепловий стан двигуна у межах 90...95°C незалежно від режиму його роботи;
- застосування жалюзей радіатора, які також регулюють тепловий стан двигуна;
- удосконалення очищення масла та повітря;
- вентиляція картера для видалення відпрацьованих газів, котрі погіршують якість масла і викликають швидке його обсмолення.

---

## § 14

### СИСТЕМА МАЩЕННЯ

---

#### *Загальні відомості про систему мащення*

---

Системи мащення дизелів являють собою сукупність обладнання, що забезпечує зберігання масла, безперервне підведення його до тертьових поверхонь під певним тиском, очищення масла від забруднювальних речовин, охолодження, а також контроль режиму мащення і стану масла.

У двигунах внутрішнього згорання є безліч пар тертя, які різняться матеріалами, чистотою обробки і режимом роботи. Здатність масла утворювати на твердій поверхні стабільний змащувальний шар і швидко відновлювати його в разі руйнування має вирішальне значення для зменшення тертя. В результаті утворення адсорбційного шару масла на металі не тільки зменшуються втрати на тертя, а й знижується спрацьовування тертьових поверхонь, а також небезпека задирок.

Під час роботи двигунів внутрішнього згорання застосовують такі режими мащення: рідинне (коефіцієнт тертя  $f = 0,002...0,01$ ); напіврідинне ( $f = 0,01...0,20$ ) і граничне (для змащуваних поверхонь  $f = 0,05...0,40$ ; для незмащуваних окиснених поверхонь  $f = 0,20...0,80$ ).

Найнесприятливішим режимом є тертя при граничному мащенні. Граничне мащення – це такий його вид, коли тертьові поверхні розділені дуже тонкою плівкою масла, порівняною з розміром його молекул. При граничному мащенні коефіцієнт тертя залежить не від в'язкості масла, а визначається в основному

фізико-хімією поверхні поділу тверде тіло – масло – тверде тіло. Цей режим, як правило, реалізується в сполучених деталях, що працюють в умовах високих питомих навантажень, підвищених температур і порівняно низьких швидкостей ковзання. Найвиразніше граничний режим мащення виявляється в періоди пуску та зупинки двигуна.

Для того щоб двигун внутрішнього згоряння працював надійно, його деталі, що труться повинні бути розділені масляною плівкою. Мастильна система двигуна підводить масло до поверхонь, що труться, охолоджує нагріті деталі, видаляє нагар і продукти зношування і сприяє захисту деталей від корозії. При роботі ДВЗ його деталі піддаються різним навантаженням і перебувають в різних теплових умовах. Найбільшим навантаженням піддаються підшипники колінчастого вала, а деталі поршневої групи працюють при найбільш високій температурі. В сучасних ДВЗ застосовують комбіновані мастильні системи, в яких деякі деталі змащуються під тиском, створюваним масляним насосом, а інші розбризкуванням або самопливом.

### ***Будова і робочий процес системи мащення***

---

У типовій мастильній системі (рис. 2.29) масло заливається через маслозаливну горловину в піддон картера до певного рівня.

При роботі двигуна масло засмоктується з піддону масляним насосом через маслозабірник з сітчастим фільтром, що запобігає потраплянню в насос великих часток. З насоса масло під тиском подається в масляний фільтр, де очищається від механічних домішок і проходить в головну масляну магістраль – канал, просвердлений в картері блоку циліндрів. Від головної масляної магістралі відгалужуються канали, якими масло надходить до корінних і шатунних підшипників колінчастого вала, опор розподільного вала та інших деталей. До шатунних шийок колінчастого вала масло надходить через отвори, просвердлені в колінчастому валу. У деяких двигунах в нижній головці шатуна є канал, по якому масло подається до верхньої головки шатуна для змащення поршневого пальця. Для подачі масла на робочу поверхню циліндра іноді виконують свердління в нижній головці шатуна, з якого, при збігу отворів в шатунній шийці і головці шатуна, масло потрапляє на дзеркало циліндра, а іноді для цього використовуються спеціальні форсунки.

Масло, яке витікає через зазори в підшипниках, розбризкується рухомими деталями кривошипно-шатунного механізму ТА у вигляді крапель і масляного туману потрапляє на інші деталі механізмів двигуна. З порожнини головки блоку циліндрів під дією сили тяжіння масло стікає назад в піддон.

Для підвищення надійності деталей циліндро-поршневої групи в сучасних форсованих дизельних двигунах з високим ступенем наддуву використовують струминне або циркуляційне охолодження поршня маслом. При струминному охолодженні масло подається до днища поршня з трубок, встановлених в блоці. Таке охолодження дозволяє понизити температуру зони поршневого кільця до 25°C.

Мастильна система сучасних дизелів (рис. 2.30) передбачає охолодження

---

днища поршнів, змащення додаткових агрегатів і т.і.

Масло в систему змащення двигуна подається шестерним насосом з приводом від колінчастого вали через маслозабірник, фільтр і модуль масла, до складу якого входить термостат і теплообмінник. При температурі двигуна нижче 115 °С масло подається в систему мащення через відкритий термостат. При температурі масла рівній і вище 115 °С масло спочатку охолоджується в теплообміннику, а потім направляється в систему мащення. Для охолодження днища поршнів передбачені спеціальні форсунки.

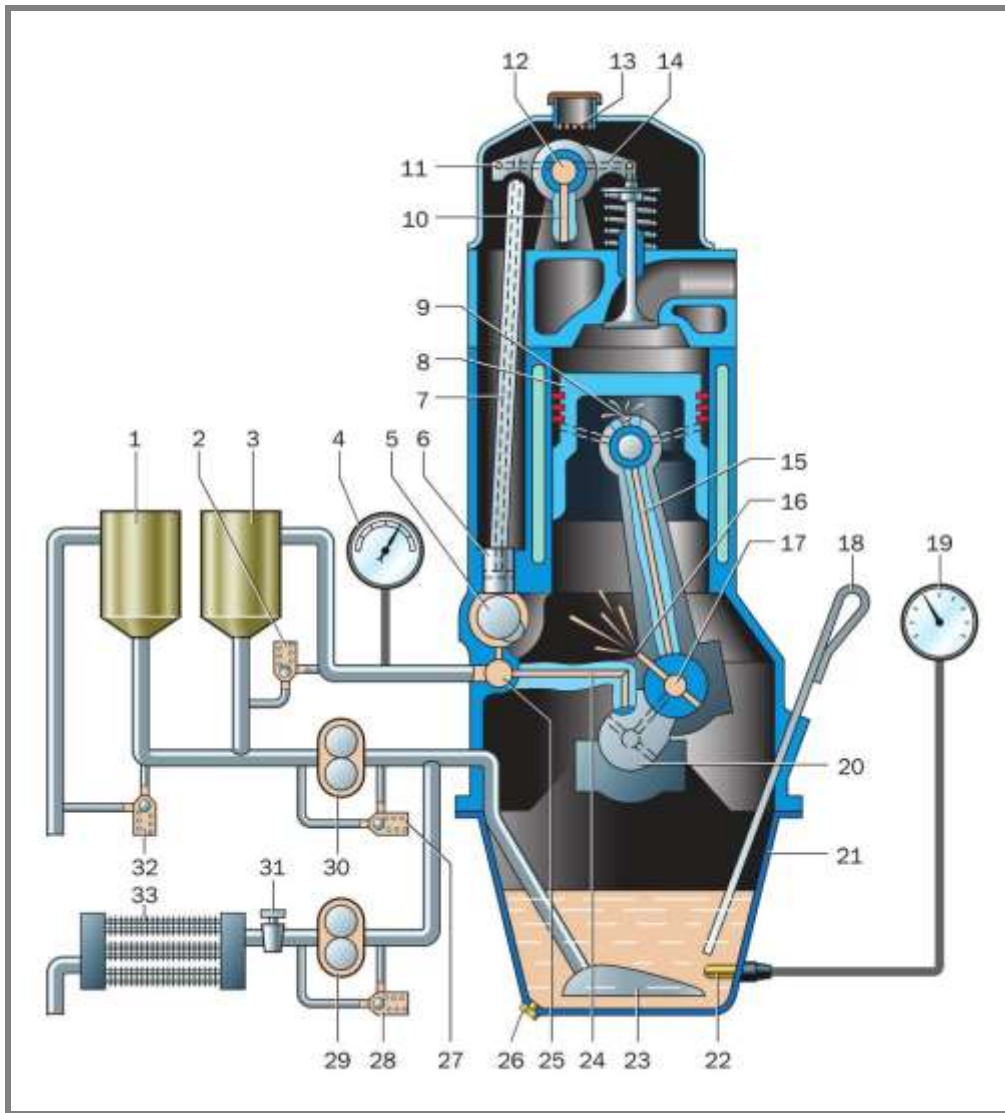


Рис. 2.29. Принципова схема мастильної системи: 1, 3 – фільтруючі елементи; 2, 27, 28, 32 – перепускні клапани; 4 – манометр; 5 – розподільний вал; 6 – штовхач; 7 – штанга; 8 – поршень; 9 – розпилювач; 10, 24 – свердління в блоці; 11, 14 – свердління в коромислі; 12 – порожнина осі коромисел; 13 – сітчастий фільтр; 15 – свердління в шатуні; 16 – розпилювач в нижній головці шатуна; 17 – свердління в шийках колінчастого вала; 18 – щуп; 19 – термометр; 20 – корінний підшипник; 21 – піддон; 22 – температурний датчик; 23 – маслозабірник; 25 – головна масляна магістраль; 26 – зливна пробка; 29, 30 – масляний насос; 31 – кран; 33 – масляний радіатор

Від основних масляних каналів відгалужуються такі масляні канали:  
– масляний канал до клапану регулювання тиску в масляному насосі;



- масляні канали до голівки циліндрів;
- маслопроводи до блоку приводних шестерень;
- канал подачі масла до турбокомпресора.

Форсунки безперервно розпилюють моторне масло під днище поршнів для їх охолодження.

Від головної масляної магістралі до голівки циліндрів відводяться канали для змащення осі коромисел випускних і впускних клапанів, а також канали для підведення масла для активації моторного гальма Jake Brake (див. розд. 4.3).

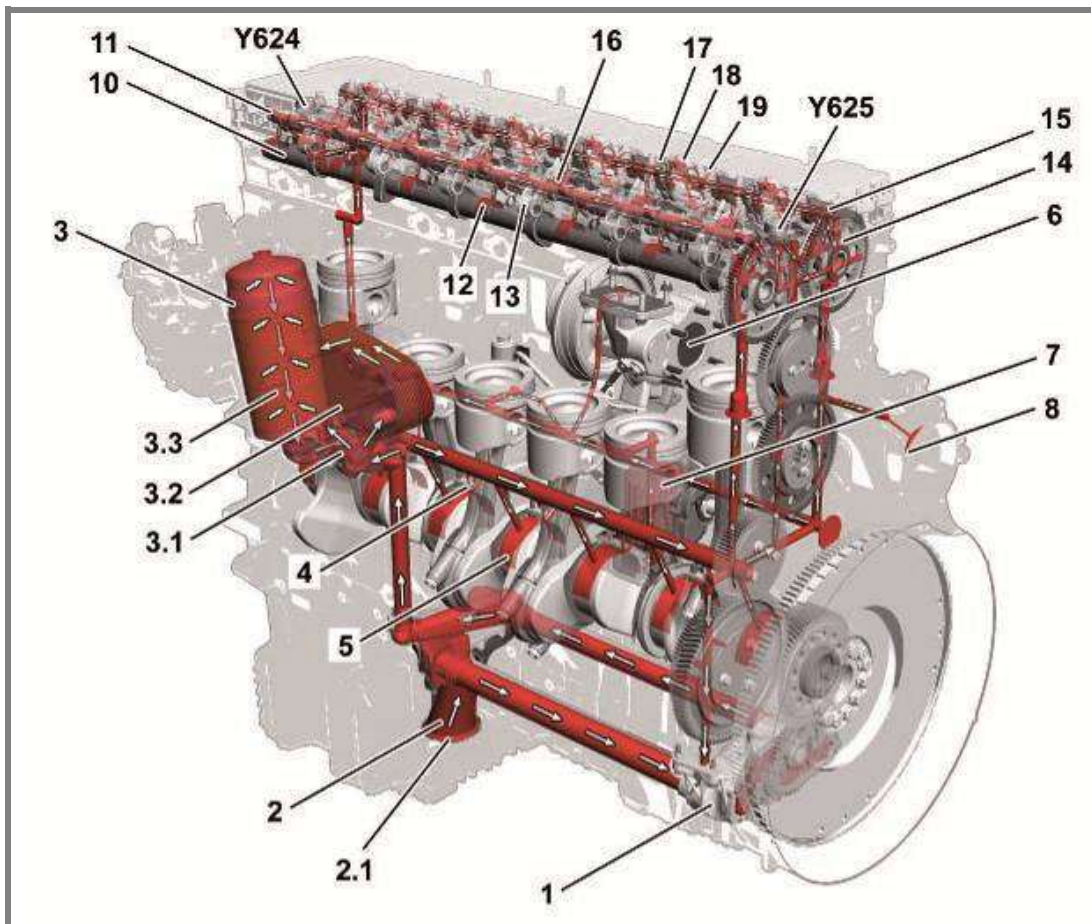


Рис. 2.30. Система мащення двигуна OM 471 вантажного автомобіля Mercedes-Benz:  
1 – масляний насос; 2 – маслозабірник; 2.1 – масляний фільтр; 3 – модуль масла;  
3.1 – масляний термостат; 3.2 – теплообмінник; 3.3 – масляний фільтр; 4 – масляна форсунка;  
5, 8 – канали мащення підшипників колінчастого вала та додаткових агрегатів;  
6 – турбокомпресор; 7 – система вентиляції картера, масловіддільник; 10, 14 – розподільні  
вали впускних та випускних клапанів; 11, 15 – осі коромисел впускних та випускних  
клапанів; 12, 16 – точки мащення підшипників розподільного вала впускних та випускних  
клапанів; 13 – коромисло впускного клапана; 17 – коромисло випускного клапана;  
18 – коромисло випускного клапана з гідроелементом; 19 – коромисло гальма системи типу  
Brake Jake; Y624, Y625 – електромагнітні клапани моторного гальма двигуна системи типу  
Brake Jake

Для змащення підшипників коромисел випускних клапанів і підшипників коромисел гальма Jake Brake масло подається через канал, виконаний в осі коромисел випускних клапанів. Підшипники коромисел впускних клапанів, а також підшипники і кулачки впускного розподільного вала забезпечуються

маслом через канал, виконаний в осі впускних коромисел. Масляні канали для роботи моторного гальма використовуються виключно для подачі масла до коромисла випускного клапана з гідроелементом. Обидва масляні канали моторного гальма відділені двома електромагнітними клапанами від масляної магістралі головки циліндрів і заповнюються маслом тільки для активування моторного гальма. Масло через канали також подається для змащення блоку приводних шестерень до окремих підшипників зубчастих коліс блоку і до коробки відбору потужності, якщо вона встановлена.

Турбокомпресор забезпечується маслом через зовнішню лінію. Масло повертається через зворотні канали та отвори в корпусах розподільних валів, голівки циліндрів в картер.

Для контролю рівня і температури моторного масла використовується датчик, встановлений в масляному піддоні і підключений до блоку системи управління двигуном.

При недостатньому тиску моторного масла, занадто низькому рівні масла або занадто високій температурі моторного масла в блоці управління комбінації приладів відображається відповідне попередження. Якщо тиск масла в двигуні занадто низький, потужність двигуна зменшується.

Картерні гази, створювані витоками в поршневих кільцях, ущільненнях штоків клапанів і турбокомпресорі, виводяться в атмосферу, а також направляються через масловіддільник у впускний трубопровід системи.

---

### *Агрегати системи мащення*

---

В двигуна запас масла для забезпечення системи змащення знаходиться в піддоні картера (рис. 2.31).



Рис. 2.31. В піддоні картера сучасного двигуна встановлено датчик рівня масла

Переважає розповсюдження одержали литі піддони, які в порівнянні з штампованими суттєво збільшують жорсткість блок-картера, підвищуючи при цьому надійність роботи колінчастого вала і його підшипників.

Ці піддони можуть бути виконані із значним міжреберним простором, що зменшує шумність двигуна і сприяє інтенсивному відведенню

тепла від масла.

Місткість системи мащення визначається кількістю масла, необхідного для забезпечення нормальних умов роботи змащувальної системи без частих доливань.

У зв'язку з поліпшенням якості моторного масла, зменшенням витрат його на вигар у конструкції піддонів картера спостерігається тенденція до зменшення місткості системи змащення.

Основними агрегатами системи мащення двигунів є насоси, маслоочисники, водо-масляні теплообмінники, призначені для подачі під тиском в систему мащення необхідної кількості очищеного масла відповідної температури.

Найбільшого розповсюдження в системах змащення отримали шестеренні насоси та повнопоточні масляні фільтри, які виготовляються із пористого матеріалу (паперу, пористого картону, синтетичних матеріалів).

В конструкціях системи мащення сучасних дизелів, наприклад FRT, застосовують *водно-масляні теплообмінники* (рис. 2.32). Вони призначені для охолодження масла водою, яка циркулює в системі охолодження дизеля.

Масляний насос подає масло по каналу в блок-картері до водно-масляного теплообмінника. Водно-масляний теплообмінник встановлений на боці блок-картера і являє собою набір трубок, розміщених у спільному корпусі. Вода, що надходить по трубках, охолоджує масло, яке проходить через корпус теплообмінника.

До переваг водно-масляних теплообмінників, порівняно з повітряно-масляними, належать: менші розміри, швидке прогрівання масла після пуску двигуна, забезпечення більш стабільної температури масла.

До недоліків слід віднести їх меншу ефективність через неможливість отримання великого перепаду температури масла і води.

У повітряно-масляних радіаторах, на відміну від водно-масляних теплообмінників, неможливе потрапляння води в масло.

До основних елементів системи мащення дизелів відносяться *масловіддільники*, призначені для відділення моторного масла від картерних газів за допомогою центрифуги і повернення його в піддон картера (рис. 2.33).

Картерні гази, створювані внутрішніми витоками на поршневих кільцях, ущільненнях штоків клапанів, турбокомпресорі та компресорі, проходять через вхідний патрубок в масловіддільник.

У масловіддільнику гази направляються в центрифугу, яка приводиться моторним маслом в рух за допомогою приводного колеса центрифуги. Швидкість обертання центрифуги  $8000 \text{ хв}^{-1}$ .

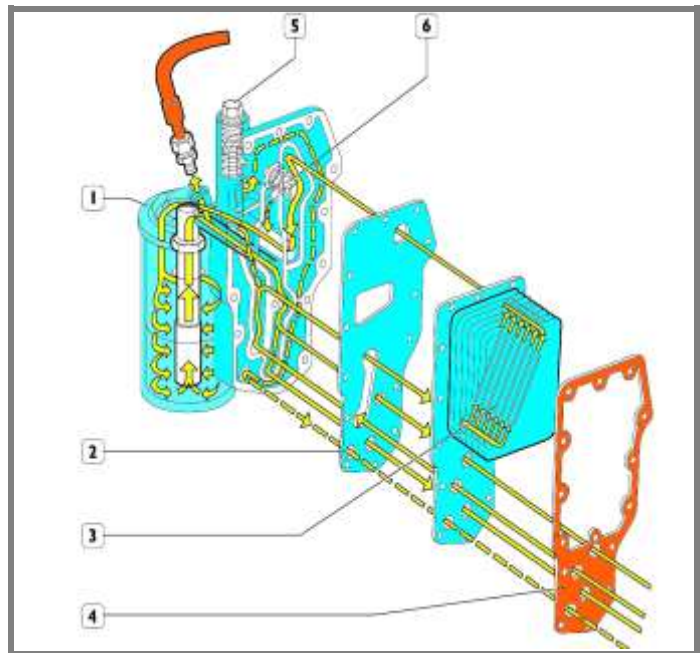


Рис. 2.32. Загальна схема роботи теплообмінника і маслоочисника дизеля FRT: 1 – маслоочисник; 2 – внутрішня прокладка; 3 – теплообмінник; 4 – прокладка між теплообмінником і блоком двигуна; 5 – масляний клапан; 6 – перепускний клапан

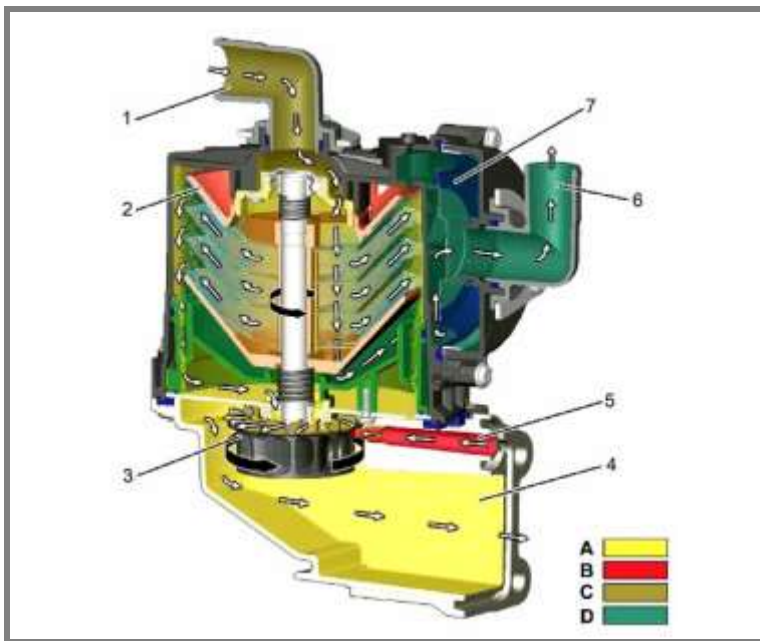


Рис. 2.33. Маслоочисник дизеля FRT вантажного автомобіля: 1 – вхідний патрубок (вхід картерних газів); 2 – центрифуга; 3 – приводне колесо центрифуги; 4 – злив моторного масла; 5 – масляний канал високого тиску; 6 – вихідний патрубок (вихід картерних газів); 7 – клапан регулювання тиску; А – моторне масло; В – моторне масло (для привода центрифуги); С – картерні гази (з моторним маслом); D – картерні гази (очищені)

Створювана відцентрова сила відкидає краплі моторного масла, що містяться в картерних газах, на стінки диска, де вони збираються у великі краплі (коагулюються) і викидаються на внутрішню стінку масловіддільника.

Очищене моторне масло стікає вниз по внутрішній стінці й повертається в масляний піддон через зливний отвір. Очищений газ видаляється з масловіддільника через вихідний патрубок, а потім через шланг в повітрязабірну трубу системи мащення перед турбокомпресором. Клапан регулювання тиску регулює тиск в картері.

### Моторні масла

Масло, яке застосовується в системі мащення двигунів, називається моторними. Воно зменшує тертя, спрацьовування і запобігає задирам третювних поверхонь. Водночас масло відводить теплоту від деталей, очищає зони тертя від продуктів зносу і герметизує рухомі з'єднання, в тому числі в зоні циліндропоршневої групи. Крім того масло захищає деталі від корозії. Моторне масло може тривало і надійно виконувати свої функції тільки в разі відповідності його фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей тим термічним, механічним і хімічним впливам, яких воно зазнає у змащувальній системі двигуна і на поверхнях змащуваних та охолоджуваних деталей. Тільки при взаємній відповідності системи "моторне масло – конструкція двигуна – умови експлуатації" може бути досягнута висока експлуатаційна надійність двигуна.

Сучасні моторні масла являють собою складні суміші різних компонентів, кожен з яких виконує свої функції. Залежно від сировини, з якої було отримано базове масло, моторні масла поділяють на нафтові (мінеральні) і синтетичні. Поряд з цілком синтетичними основами використовують також суміш нафтових масел з синтетичними продуктами.

Отримання необхідних якостей масел досягають правильним поєднанням властивостей базової основи з комплексом введених присадок різного функціонального призначення.

Надійна і довговічна робота двигуна при мінімальних втратах на тертя може бути досягнута лише за умови створення найкращих умов змащування усіх тертьових поверхонь. У системах мащення ці умови забезпечують такими заходами:

- правильним вибором і оптимізацією сортів масла;
- безперервним подаванням масла під тиском до більшої частини тертьових поверхонь деталей;
- застосуванням обладнання керування з підтримання необхідного тиску масла в системі;
- наявністю системи передпускового подавання масла в масляну магістраль та обладнання для примусового охолодження масла;
- повнопотокним тонким очищенням масла паперовими фільтрами, застосуванням систем вентиляції картера;
- примусовим охолодженням поршнів маслом.

До якості моторного масла для кожного типу двигуна, залежно від умов його експлуатації, ставлять низку вимог, часто специфічних. За високих температур моторні масла повинні зберігати достатньо високу в'язкість для забезпечення гідродинамічного режиму мащення і створення надійного ущільнення між поршнем і гільзою. За низьких температур навколишнього середовища в'язкісно-температурні властивості повинні забезпечувати можливість легкого запуску двигуна. Для забезпечення мінімального спрацьовування в умовах граничного мащення, масла повинні мати здатність модифікувати тертьові поверхні. За високих термічних впливів, яких зазнає масло в двигуні, ставляться високі вимоги до його окисної здатності і антикорозійних властивостей, особливо щодо кольорових металів. Крім того, моторні масла повинні мати мийно-диспергуючу здатність відносно нерозчинених забруднень у поєднанні з ефективною нейтралізуючою дією, забезпечуючи чистоту деталей в усіх температурних зонах двигуна.

---

## § 15

### СИСТЕМА ОХОЛОДЖЕННЯ

---

#### *Загальні відомості про систему охолодження*

---

Під час роботи двигуна внутрішнього згорання відбувається велике виділення тепла (температура газів у камері згорання в момент займання суміші доходить до 2500°C). У процесі згорання відбувається інтенсивний нагрів циліндрів, поршнів, головки блоку та інших деталей. На нагрівання деталей двигуна витрачається близько 20-35 % енергії, що виділяється при згоранні палива. Перегрів викликає зниження потужності двигуна, велике температурне розширення металевих деталей, масло на багатьох рухомих деталях двигуна вигорає, що може привести до заклинювання поршнів в циліндрах, обгорання клапанів, виплавлення підшипників і подальшої аварії двигуна. Надлишки тепла потрібно примусово відводити від нагрітих деталей – іншими словами,

двигун потрібно охолоджувати. При охолодженні двигуна необхідно враховувати, що при зміні режимів його роботи, частоти обертання і навантаження відбувається зміна інтенсивності нагріву. Надмірне переохолодження двигуна також небажане, тому що це призводить до погіршення паливної економічності і підвищеного зносу рухомих деталей двигуна через те, що присадки в маслі «працюють» тільки при досягненні певної температури. Отже, двигун повинен мати систему охолодження, яка б підтримувала оптимальний тепловий режим.

### ***Будова і робочий процес системи охолодження***

---

На вантажних автомобілях найбільшого поширення набули системи рідинного охолодження закритого типу з примусовою рециркуляцією рідини (рис. 2.34).

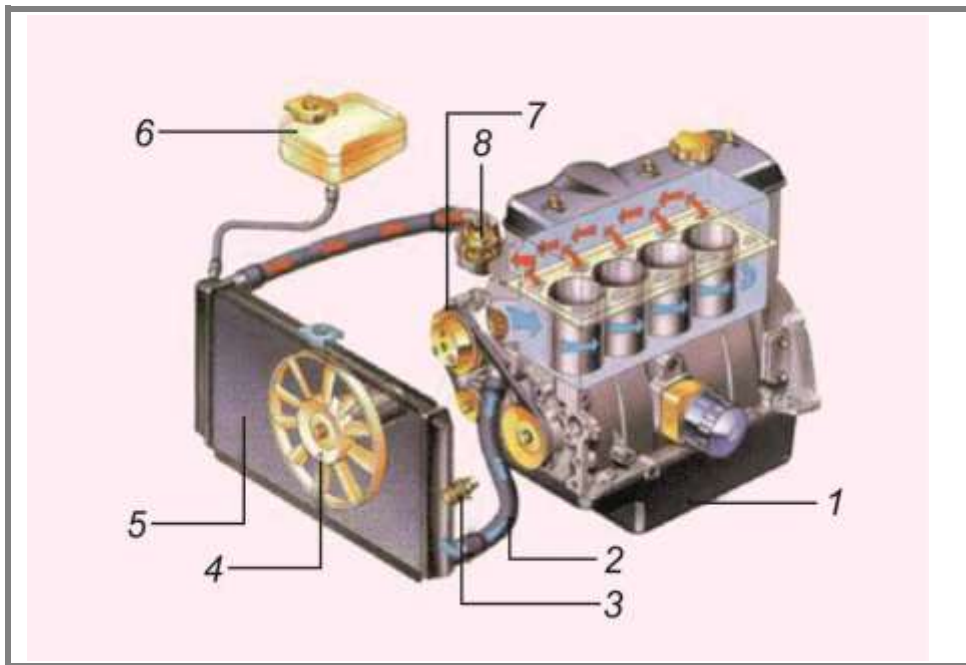


Рис. 2.34. Система охолодження двигуна: 1 – двигун; 2 – шланги системи охолодження; 3 – датчик температури; 4 – вентилятор; 5 – радіатор; 6 – розширювальний бачок; 7 – рідинний насос; 8 – термостат

До основних елементів системи охолодження дизеля відносяться:

- один або кілька радіаторів і вентиляторів їх охолодження (або радіатора, якщо він один);
- рідинний насос, який механіки називають водяним насосом або помпою, що є насосом відцентрового типу (приводи – шестерний, пасовий або електричний);
- термостат (в двоконтурних системах охолодження двигунів без застосування електроніки);
- розширювальний бачок з кришкою. Система не герметична, клапан в кришці тарований під певний тиск;
- з'єднувальні патрубки системи охолодження двигуна;

- теплообмінник опалювача салону;
- датчик (або датчики) температури охолоджуючої рідини.

Блок циліндрів і головка блоку двигуна з рідинною системою охолодження мають сполучені канали для проходження охолоджуючої рідини. Такі канали називаються сорочкою охолодження.

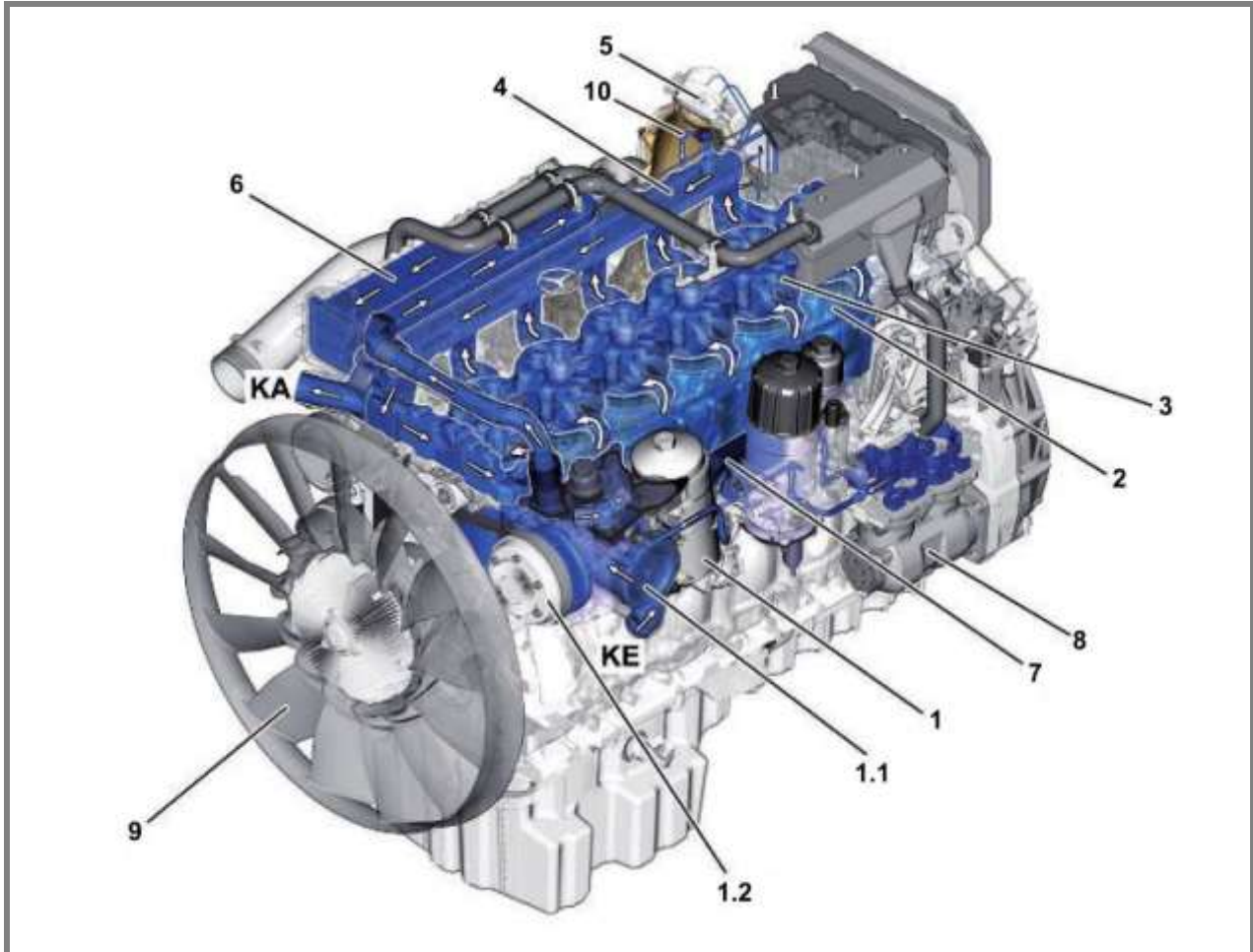


Рис. 2.35. Система охолодження двигуна OM 473 автомобіля Mercedes-Benz Actros: 1 – теплообмінник водно-масляний: 1.1, 1.2 – термостат і насос ОР; 2 – сорочка охолодження блоку циліндрів; 3 – головка блоку циліндрів; 4 – колектор ОР; 5 – форсунка для регенерації фільтра сажі; 6 – охолоджувач системи рециркуляції відпрацьованих газів; 7 – паливний охолоджувач; 8 – компресор; 9 – вентилятор радіатора; 10 – подача ОР до нагрівача системи AdBlue регенерації відпрацьованих газів; KE, KA – вхід в двигун і вихід ОР

Сорочка охолодження з'єднується еластичними патрубками з радіатором, який служить для охолодження нагрітої рідини і є теплообмінником. У ньому тепло від рідини передається повітрю, що проходить через серцевину радіатора. Сорочка охолодження і радіатор заповнюються охолоджувальною рідиною через заливну горловину, що закривається пробкою. У пробці є спеціальні клапани, через які система охолодження сполучається з атмосферою. Така система називається закритою. У закритій системі охолодження підтримується надлишковий тиск (до 100 кПа). Оптимальним температурним режимом двигуна є такий, при якому температура охолоджуючої рідини знаходиться в межах 80-110°C. Підвищений тиск в системі охолодження піднімає

температуру кипіння до 120°C, внаслідок чого зменшується витрата рідини на википання.

У сучасних конструкціях двигунів заливна горловина радіатора і відповідно пробка можуть бути відсутні. При цьому сполучення системи з атмосферою під час її охолодження і підтримання тиску при гарячому двигуні здійснюється клапаном в пробці розширювального бачка.

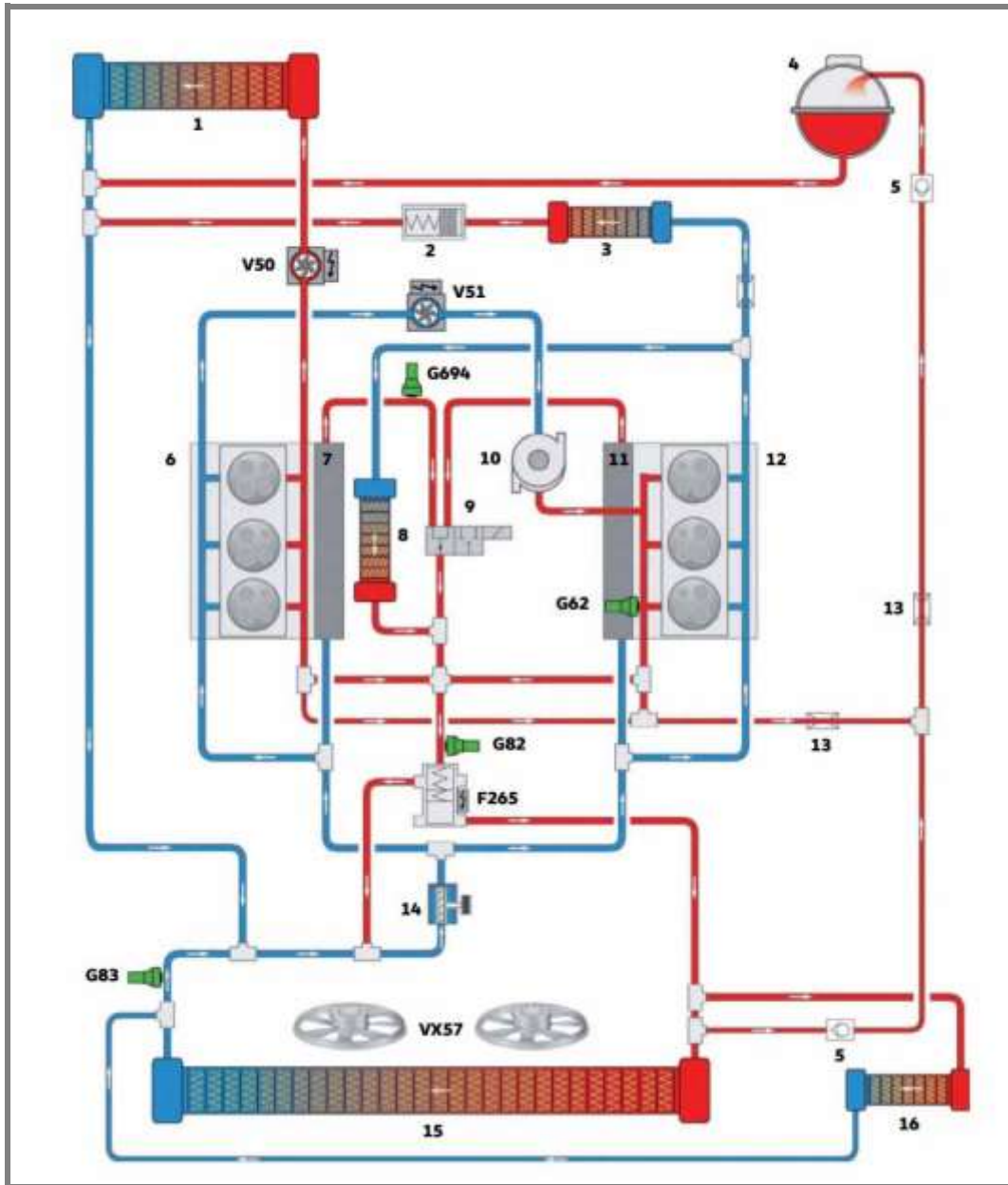


Рис. 2.36. Схема системи охолодження двигуна OM 473 автомобіля Mercedes-Benz Actros: 1 – радіатор опалення; 2, 3 – клапан включення і радіатор системи змащення двигуна; 4 – розширювальний бачок ОР; 5 – зворотний клапан; 6, 7 – головка і блок циліндрів ряду 1; 8 – теплообмінник системи терморегулювання двигуна; 9 – запірний клапан ОР; 10 – турбонагнітач; 11, 12 – блок циліндрів 2 ряду і його головка; 13 – дросель; 14 – насос ОР; 15, 16 – основний і додатковий радіатори ОР; F265 – термостат системи охолодження двигуна; G62 – датчик температури ОР; G82, G83 – датчики температури ОР на виході з двигуна і радіатора; G694 – датчик температури системи терморегулювання двигуна; V50 – циркуляційний насос ОР; V51 – насос системи прокачування ОР після вимкнення двигуна; VX57 – вентилятор радіатора



Для того щоб система охолодження забезпечувала оптимальний температурний режим і швидкий прогрів двигуна після пуску, в контур циркуляції рідини включають спеціальний пристрій – термостат. Він складається з клапана, який керується теплочутливим елементом.

Системи охолодження дизелів сучасних вантажних автомобілів компаній Mercedes, MAN, Volvo, Scania і т.д. включають крім основних елементів системи охолодження рециркуляції відпрацьованих газів і форсунки регенерації фільтра сажі, датчики температури і тиску охолоджуючої рідини (ОР) і т.д. (рис. 2.35, 2.36).

Залежно від температури охолоджуючої рідини термостат перемикає режим роботи системи охолодження на мала та велике коло і змішаний режим (рис. 2.37).

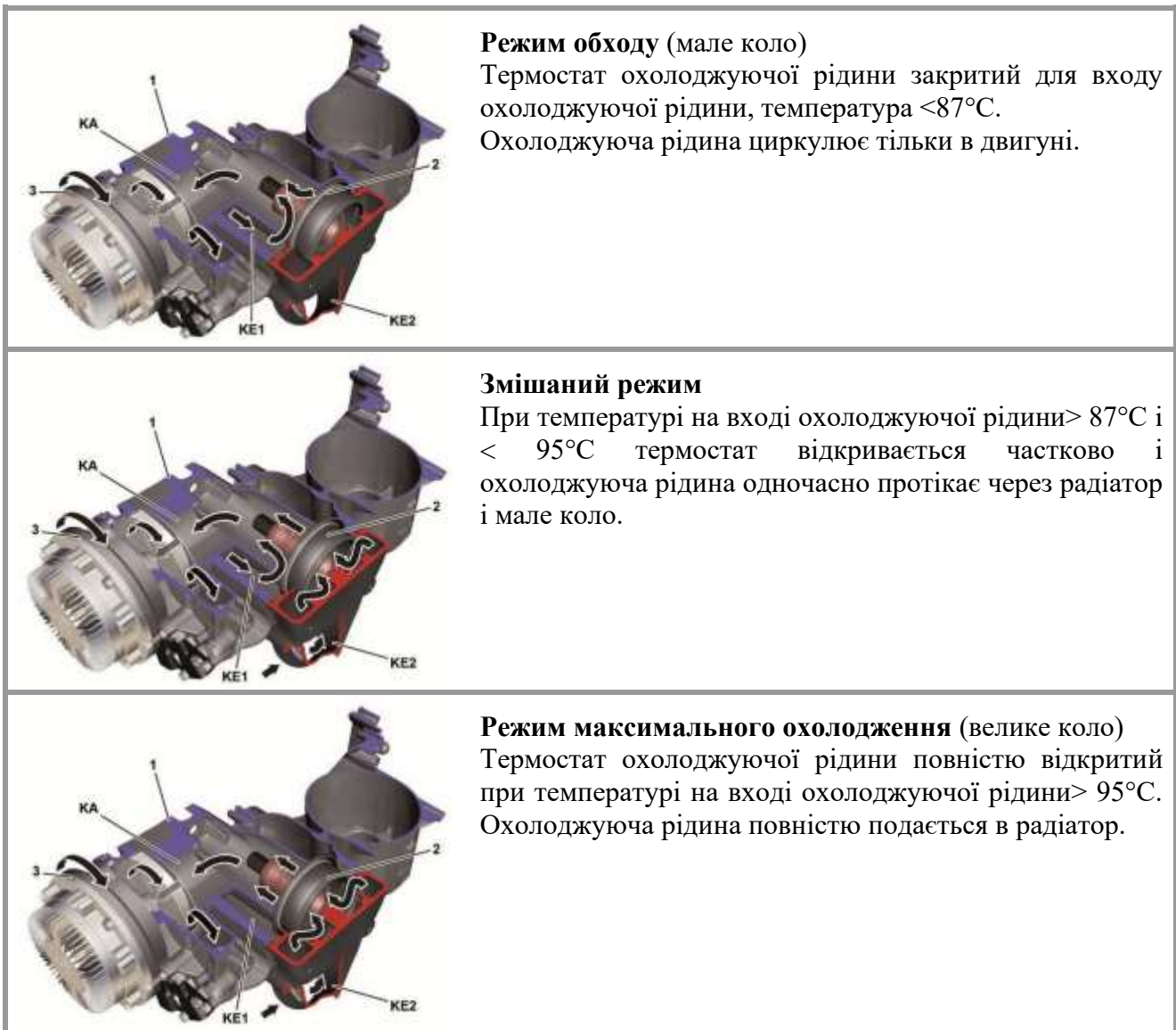


Рис. 2.37. Режими роботи системи охолодження двигуна OM 473: 1 – модуль охолодження мастила двигуна; 2 – термостат; 3 – насос ОР; KA – вихід ОР з двигуна; KE1, KE2 – вхід ОР в двигун з обвідної лінії і з радіатора відповідно

На забезпечення роботи системи охолодження двигуна потрібні певні

витрати потужності двигуна на приводи циркуляційного насоса, вентиляторів і т.д. У двигунах сучасних автомобілів застосовують вискомуфти, які вмикають / вимикають вентилятори і насос залежно від температури ОР.

### Агрегати системи охолодження

Механіки при технічному обслуговуванні автомобілів звертають пильну увагу на роботу термостата (рис. 2.38).

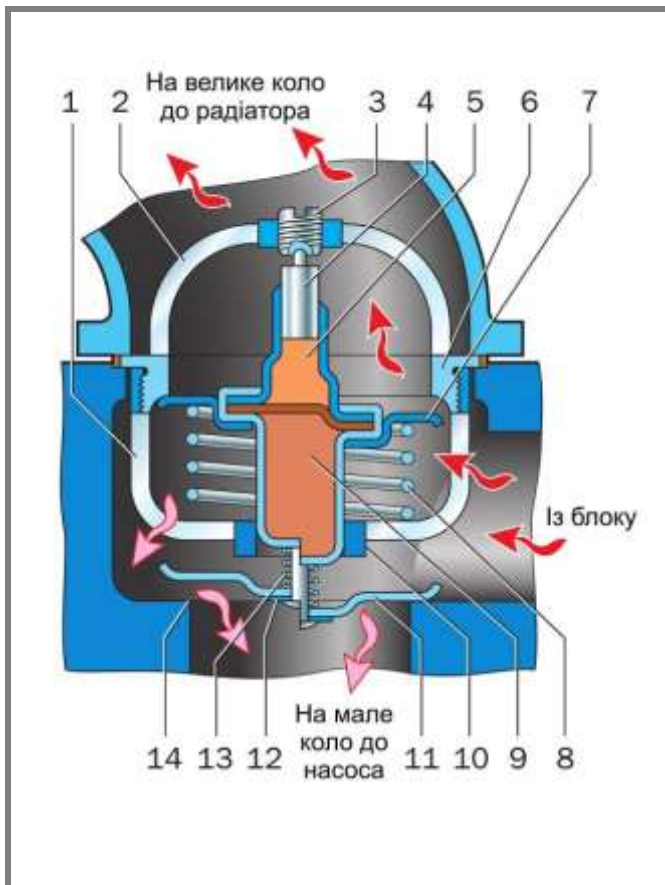


Рис. 2.38. Будова термостата з твердим наповнювачем: 1, 2 – нижня і верхня рамки; 3 – регулювальний гвинт; 4 – шток; 5 – гумова буфер-мембрана; 6 – сидло основного клапана; 7 – основний клапан; 8 – пружина; 9 – капсула; 10 – направляюче кільце; 11 – перепускний клапан; 12 – пружне кільце; 13 – підтискна пружина; 14 – сидло перепускного клапана

Термостат сприяє прискоренню прогріву двигуна і регулює кількість охолоджуючої рідини, що проходить через радіатор. Термостат встановлюється в патрубку або каналі, що з'єднує радіатор із сорочкою охолодження. Усередині термостата закріплений металевий балон з твердим наповнювачем, церезином (кристалічний віск), і мідною тирсою. Балон герметично закритий гумовою мембраною. При нагріванні церезин розплавляється і збільшує свій об'єм (мідні ошурки потрібні для кращої теплопровідності). Мембрана прогинається і переміщує шток, керуючий клапаном термостата. Коли двигун холодний, клапан термостата закритий. При нагріванні охолоджуючої рідини до температури понад  $70^{\circ}\text{C}$  шток термочутливого елемента починає відкривати клапан, дозволяючи частині рідини проходити в радіатор, а якщо температура піднімається вище  $80^{\circ}\text{C}$ , клапан відкривається повністю, і вся рідина починає циркулювати по великому колу. Для охолодження

рідини застосовуються алюмінієві (зварні) або мідні (паяні) *радіатори*. Перші дешевше, тому знаходять все більш широке поширення. За схемою руху рідини радіатори діляться на однокілісні (по ходу руху рідини) і багатокілісні. Перевагою останніх є більш інтенсивний теплообмін за рахунок збільшення швидкості руху рідини в трубках. Однак при цьому збільшується гідравлічний опір радіатора.

Сучасні радіатори, як правило, виготовляють з алюмінієвих сплавів з

пластмасовими бачками, які притиснуті до трубок радіатора через гумові прокладки. Такі радіатори дешевші, легші, більш технологічні у виробництві, але погано ремонтуються в разі пошкодження.

Для оцінки радіатора використовуються наступні показники: його фронтальна поверхня, глибина і загальна площа поверхні охолодження, розміри, форма і товщина стінок рідинних каналів, розташування пластин оребрення. Транспортні двигуни забезпечуються трубчасто-стрічковими і трубчасто-пластинчастими радіаторами. Кількість рідини, що прокачується через радіатор в залежності від конструктивних особливостей двигуна, становить 100-150 л/кВт·год. при середніх швидкостях 0,4-0,7 м/с.

Ефективність радіатора залежить також і від його аеродинамічного опору. Щоб поліпшити тепловіддачу для турбулізації повітряного потоку стрічки, трубчасто-стрічкового радіатора робляться з виїмками й виступами або з відігнутими просічками. Однак, при цьому збільшується ймовірність їх забруднення, ускладнюється очищення, підвищується аеродинамічний опір. Для зменшення аеродинамічного опору потоку охолоджуючого повітря радіатор іноді розміщують не перед, а поруч з двигуном, а при класичному компонованні моторного відсіку збільшують відстань між ним і мотором.

Насос охолоджуючої рідини використовується для циркуляції рідини в контурі охолодження двигуна (рис. 2.39).

Насос охолоджуючої рідини завжди забезпечує максимальну подачу. При необхідності зниження подачі рідини, наприклад при роботі двигуна на часткових режимах, система управління двигуном за допомогою електромагнітної в'язкісної муфти знижує оберти приводного валу насоса. При цьому знижується необхідна потужність на привод насоса, зменшуючи, відповідно, витрату палива.

Система управління насосом охолоджуючої рідини завжди забезпечує максимальну подачу охолоджуючої рідини у двигун при несправностях системи управління.

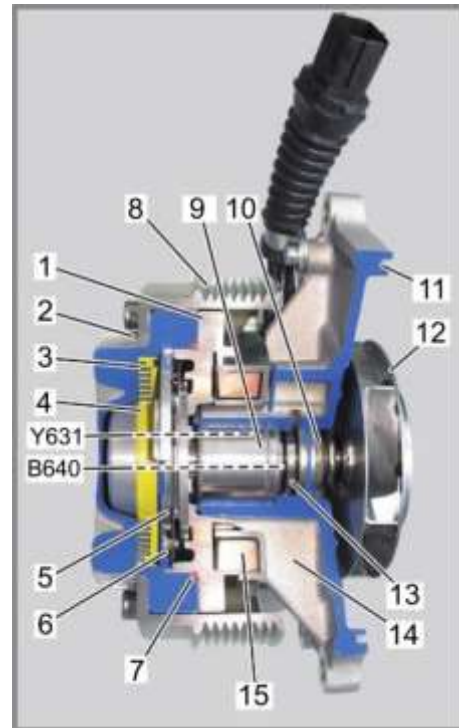


Рис. 2.39. Циркуляційний насос охолоджуючої рідини двигуна OM 473:  
 1 – корпус в'язкісної муфти; 2 – кришка;  
 3 – робоча камера (наповнена силіконовим маслом); 4 – диск в'язкісної муфти;  
 5 – проміжний диск в'язкісної муфти;  
 6 – арматура (з клапаном рівня рідини);  
 7 – ущільнювальне кільце; 8 – шків ременя; 9 – дворядний підшипник з валом крильчатки; 10 – ущільнююча манжета;  
 11 – прокладка корпусу; 12 – крильчатка насоса; 13 – кільце датчика оборотів насоса (B640); 14 – корпус насоса;  
 15 – соленоїд; B640 – датчик оборотів привода насосу; Y631 – електромагнітний клапан управління насосом

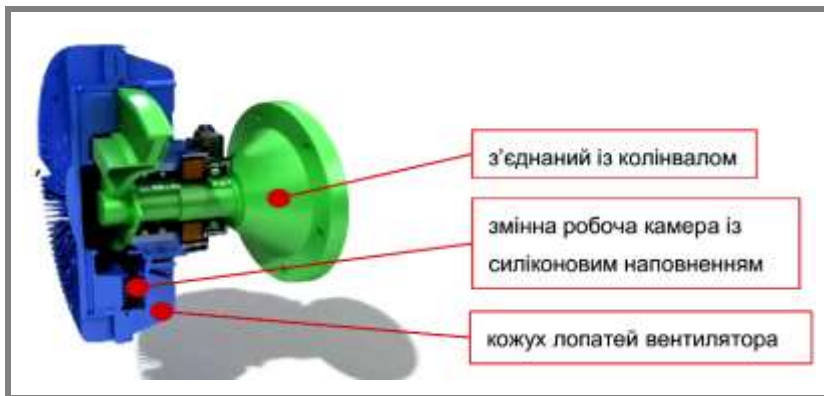


Рис. 2.40. Будова вискомуфти ввімкнення вентилятора

Вентилятор служить для підвищення швидкості проходження повітря через радіатор з метою поліпшення охолодження. Вентилятор зазвичай розташовують за радіатором в спеціальному направляючому кожусі. Вентилятори системи охолодження можуть мати різний привод. Найпростіший

привод – постійний, за допомогою пасової або іншої передачі від колінчастого вала двигуна, але такий спосіб – самий неефективний. Вентилятор забирає частину потужності двигуна, і тому, якщо температура охолоджуючої рідини не перевищує оптимального значення, вентилятор можна відключити.

У сучасних автомобілях широко застосовуються вентилятори з електроприводом. Електродвигун такого вентилятора включається тільки в тому випадку, якщо електричний датчик температури, встановлений в системі охолодження, сигналізує про перевищення температури вище певного значення. У найбільш досконалих системах охолодження роботою вентилятора керує процесор, який не тільки дає команду на включення-виключення вентилятора, але і регулює частоту його обертання в залежності від режиму роботи.

В системах охолодження великого числа дизелів сучасних вантажних автомобілів використовуються вентилятори з в'язкістю муфтою (рис. 2.40).

Маточина такого вентилятора має постійний привод від колінвала двигуна, а лопаті з'єднуються з маточиною через муфту, всередині якої знаходиться

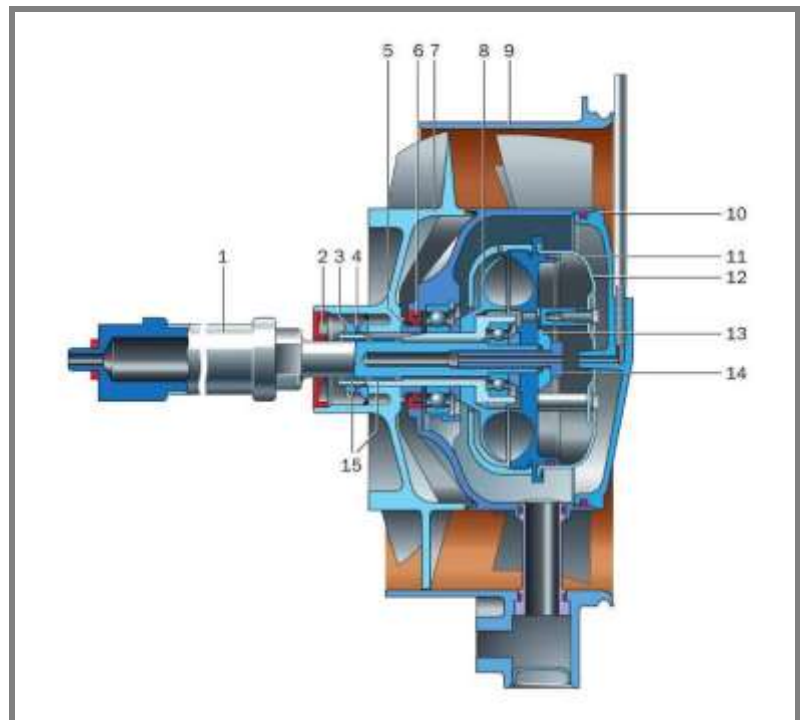


Рис. 2.41. Установка гідравлічної муфти в приводі вентилятора: 1 – вал приводу вентилятора; 2, 6 – сальники (манжети); 3 – гайка вала; 4 – стопорна шайба; 5 – втулка сальника; 7 – робоче колесо; 8 – гідромуфта; 9 – корпус вентилятора; 10 – кришка; 11 – кільце ущільнювача; 12 – корпус центрифуги; 13 – шайба; 14 – маслопроводний болт; 15 – підшипник ковзання

спеціальна рідина, яка збільшує свою в'язкість при збільшенні температури. Якщо повітря, що проходить через радіатор, має низьку температуру, між маточиною і лопатями немає жорсткого зв'язку. У міру нагрівання повітря в'язкість рідини підвищується і муфта починає блокуватися, а при температурі повітря 80°C відбувається повне блокування муфти і лопаті вентилятора обертаються з максимальною частотою при даних оборотах колінчастого вала.

Переваги використання вискомуфти:

- вискомуфта регулює швидкість обертання вентилятора, забезпечуючи таким чином оптимальне охолодження двигуна;
- автоматичне регулювання температури до мінімуму обмежує витрати енергії, коли включення вентилятора не потрібне;
- вентилятор працює на повній швидкості, тільки коли двигун працює з повним навантаженням, а температура навколишнього повітря висока;
- економія палива;
- зниження шуму в порівнянні із звичайним приводом вентилятора.

У конструкціях деяких двигунів для приводу вентилятора використовуються більш складні гідравлічні муфти (рис. 2.41), які змінюють швидкість обертання вентилятора системи охолодження в залежності від температурного режиму двигуна шляхом зміни кількості масла всередині муфти.

### *Охолоджуюча рідина*

---

Практично у всіх вантажних автомобілях в якості охолоджуючої рідини використовується спеціальна низькозамерзаюча рідина (антифриз) з назвою Тосол А-40. Цифра мінус 40 показує температуру, при якій рідина починає замерзати (кристалізуватися). В умовах крайньої півночі застосовується Тосол А-65 і, відповідно, замерзає він при температурі мінус 65 °С.

Антифризи представляють собою суміш води з етиленгліколем і присадками. Вони володіють антикорозійними антиспінюючими властивостями і практично не дають відкладень у вигляді накипу, так як до їх складу входить чиста дистильована вода.

Температурний режим двигуна дуже впливає на витрату палива і токсичність відпрацьованих газів, тому досконалості системи охолодження сучасних двигунів приділяється велика увага. У деяких конструкціях використовуються додаткові насоси охолоджуючої рідини з електроприводом. Все більше з'являється автомобілів, температурним режимом двигунів яких керують комп'ютери. У двигунах деяких автомобілів використовується термостат, з'єднаний з електронним блоком управління двигуном. Комп'ютер аналізує сигнали, що надходять від температурних датчиків, встановлених в радіаторі й сорочці охолодження, і керує спеціальним нагрівачем в термостаті, який прискорює його спрацьовування.

Дуже несприятливим для довговічності двигуна режимом є його пуск при від'ємних температурах. Для забезпечення підігріву двигуна використовують опалювачі. У таких підігрівачах використовуються спеціальні котли, з'єднані з

сорочкою системи охолодження. Рідина нагрівається при згорянні автомобільного палива в камері згоряння котла, відпрацьовані гази з котла спрямовані до масляного піддону для нагріву масла. Найбільш досконалі опалювачі працюють автоматично, а водієві достатньо встановити за допомогою таймера час включення підігрівача.

У деяких країнах з холодним кліматом широко використовується підігрів рідини в системі охолодження двигуна за допомогою невеликих термоелектричних нагрівачів (ТЕНів), вмонтованих в сорочку охолодження. При постановці автомобіля на тривалу стоянку в холодну пору року водії підключають такі нагрівачі до електророзетки, наявні в гаражах або на автомобільних стоянках.

---

## § 16

---

### ТУРБОНАДДУВ ДИЗЕЛЯ

---

Наддув, є найбільш ефективним засобом збільшення масового наповнення циліндра ДВЗ свіжим зарядом. При наддуві стиснене повітря подається в циліндри дизеля під тиском, більшим ніж тиск навколишнього середовища. Завдяки цьому підвищується густина і збільшується маса свіжого заряду, який надходить в циліндр.

Таким чином відкривається можливість при тих же самих умовах, що і без наддуву, збільшити значення коефіцієнту надлишку повітря, тобто спалити в камері згоряння більшу кількість паливо-повітряної суміші і одержати більшу номінальну потужність двигуна. Застосуванням наддуву можна підвищити потужність двигуна на 40 % і більше.

Однак, при підвищенні потужності двигуна шляхом газотурбінного наддуву збільшується теплонапруженість його деталей «жарового поясу», які в процесі згоряння суміші контактують з гарячими відпрацьованими газами. До деталей «жарового поясу» належать: головка та гільза циліндрів, поршень, випускний клапан та верхнє компресійне кільце.

Саме теплонапруженістю обмежується вибір ступеня підвищення тиску заряду в компресорі та ступеня наддуву в комбінованих двигунах.

З урахуванням допустимої теплонапруженості в дизелях з наддувом визначається і потрібний коефіцієнт надлишку повітря.

В залежності від конструктивних особливостей систем наддуву і режиму роботи двигуна тиск може бути більшим або меншим тиску випуску. Для двигунів з найбільш поширеним газотурбінним наддувом, типовим є випадок, коли в період перекриття клапанів в дизелі має місце продувка циліндра свіжим зарядом, завдяки чому зменшується кількість залишкових газів і підвищується значення коефіцієнта наповнення. Для підсилення цього ефекту часто збільшують перекриття клапанів до 100...120° п.к.в.

При наддуві ефективніше здійснюється дозарядка циліндра, що також забезпечує приріст значення коефіцієнта наповнення. Збільшенню коефіцієнта наповнення при наддуві сприяє також менше підігрівання заряду під час впуску заряду у циліндри ДВЗ.

---

## Принцип роботи турбонаддуву

Основою конструкції турбонаддуву є турбокомпресор (ТКР), який умовно можна розбити на три частини: турбінний вузол, центральну частину – підшипниковий вузол і компресорний вузол (рис. 2.42).

Компресорна секція (частина) складається з дифузорного направляючого апарату, де обертається робоче компресорне колесо з гвинтовими лопатками, і корпусу з равликоподібним колектором.

У турбінну секцію входять: колесо з гвинтовими лопатками відцентрової радіальної турбіни, равликоподібний корпус з сопловим апаратом – розподільвачем газу.

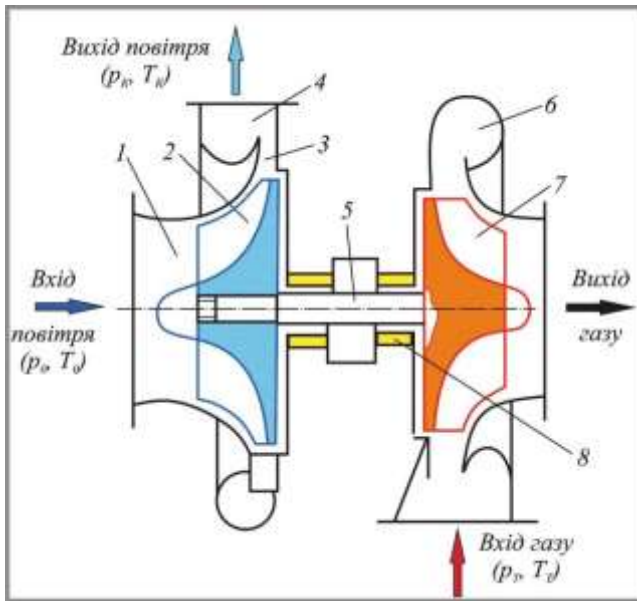


Рис. 2.42. Схема відцентрового турбокомпресора: 1 – приймальний патрубок компресора; 2 – колесо компресора; 3 – дифузор компресора; 4 – нагнітальний патрубок компресора; 5 – вал ТКР; 6 – сопловий апарат турбіни; 7 – колесо турбіни; 8 – підшипник ковзання

До бічних поверхонь підшипникового вузла кріпляться турбінна і компресорна секції, в ньому зафіксовано рухливий вал ротора турбінного і компресорного коліс від осевого зсуву. До підшипників ковзання здійснюється примусовий підвід та відвід масла із системи мащення ДВЗ.

Робочий процес в ТКР здійснюється наступним чином: у впускний патрубок турбіни 6 надходять ВГ з двигуна під тиском та достатньо високій температурі. Згідно зі схемою, наведеною на рис. 2.42, при працюючому двигуні енергія потоку ВГ виходить з випускного колектора під тиском 0,15 – 0,29 МПа. Далі газ заходить у сопловий апарат 6 газової турбіни. Швидкість газу в ньому

збільшується, а тиск і температура зменшуються. Із соплового апарата 6 газ потрапляє в міжлопаткові канали робочого колеса турбіни 7, де останній обтікає лопатки і змінює напрямок руху. Тангенціальна складова сили, що виникає внаслідок обтікання газом лопаток і зміни напрямку його руху, утворює крутний момент, який приводить у рух робоче колесо турбіни. З робочого колеса турбіни газ потрапляє в випускну трубу глушника, а далі виштовхується в навколишнє середовище.

Енергія, яка необхідна для стискання свіжого заряду компресором, надходить від газової турбіни. Крутний момент від турбінного колеса 7 передається через вал 5 на компресорне колесо 2.

Очищений повітряний потік, що знаходиться в приймальному патрубку 1 компресорного вузла, захоплюється гвинтоподібними лопатками

компресорного колеса 2 і розганяється до високої швидкості руху, далі спрямовуючи його у равлик дифузора 3 компресора.

Колесо 2 надає заряду (поток) кінетичну і потенціальну енергію, а саме підвищує в равлику напір і збільшує швидкість руху потоку. Кінетична енергія на виході з колеса 2 звичайно складає приблизно половину загальної енергії, тому для перетворення її в енергію тиску за робочим колесом компресора розміщують дифузор 3. Дифузор 3 компресора має змінну площину поперечного перетину, яка в напрямку руху заряду поступово збільшується. Завдяки цьому швидкість заряду падає, а тиск підвищується. Втрати, які при цьому виникають, складають значну долю загальних втрат в компресорі. Щоб зменшити їх, іноді застосовують лопаткові дифузори, які, однак, ускладнюють конструкцію. У равлику дифузора компресора 3 відбувається різке зниження (гальмування) швидкості руху потоку повітря і наростання тиску повітряного заряду у вихідному патрубку 4 компресора, завдяки чому потік повітря під тиском нагнітається в циліндри ДВЗ.

### ***Особливості конструкції елементів системи турбонаддуву***

Основою системи турбонаддуву дизеля є турбокомпресор, який розташовується на двигуні з забезпеченням зручного підводу атмосферного повітря до компресора і відпрацьованих газів до турбіни (рис. 2.43).

Відомо, що стиснення повітря призводить до підвищення його температури. В сучасних наддувних двигунах часто застосовують проміжне охолодження повітря. З цією метою повітря, стиснене в турбокомпресорі, надходить в спеціальний теплообмінник (радіатор), в якому повітря охолоджується до температури 50-60°C. Охолодження повітря дає можливість поліпшити наповнення циліндрів за рахунок збільшення щільності повітря.

Охолодження повітря підвищує потужність двигуна з наддувом приблизно на 20% при одночасному поліпшенні паливної економічності, а також дозволяє різко знизити теплонапруженість деталей

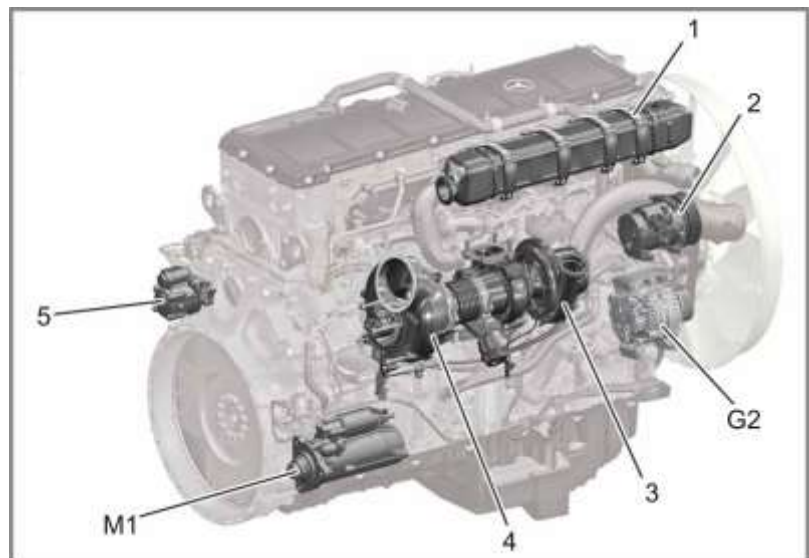


Рис. 2.43. Розміщення турбокомпресора на дизелі OM 743, встановленого на вантажному автомобілі Mercedes-Benz (Model 964): 1 – охолоджувач рециркуляції відпрацьованих газів; 2 – компресор холодоагенту; 3 – турбокомпресор; 4 – турбокомпаунд; 5 – насос гідропідсилювача рульового управління; G2 – генератор; M1 – стартер



«жарового поясу» циліндро-поршневої групи двигуна.

Дана система турбонаддуву реалізована практично на всіх двигунах вантажних автомобілів фірм Mercedes-Benz, MAN, Volvo, Iveco і т.д.

Газотурбінні системи наддуву перед іншими системами наддуву мають ряд переваг. По-перше, коефіцієнт корисної дії і економічність двигуна в цілому вищі, тому що відсутні витрати енергії на привід компресора. По-друге, тиск наддуву змінюється із зміною потужності двигуна автоматично, що підвищує ККД турбокомпресора. По-третє, сучасні турбокомпресори мають достатньо високу частоту обертання вала ( $100000 \dots 200000 \text{ хв}^{-1}$ ), що дозволяє створити установку компактною і відносно простою.

Газотурбінним системам наддуву властиві і ряд недоліків: по-перше, ДВЗ, обладнані такими системами, мають порівняно гіршу пристосованість і пускові якості (в порівнянні з без надувними варіантами ДВЗ), по-друге, у них більший опір випускної системи та відносно більша кількість залишкових газів. Але останні два недоліки не мають значних негативних наслідків на робочий цикл ДВЗ, бо завдяки застосуванню турбонаддуву значно збільшується масове наповнення циліндрів двигуна.

У багатоциліндрових двигунах з великим робочим об'ємом деяких вантажних автомобілів відпрацьовані гази продовжують мати велику енергію, навіть після проходження турбокомпресора. Цю енергію можна використовувати для подальшого підвищення потужних характеристик двигуна, створюючи так звані турбокомпаундні двигуни (рис. 2.44, рис. 2.45).

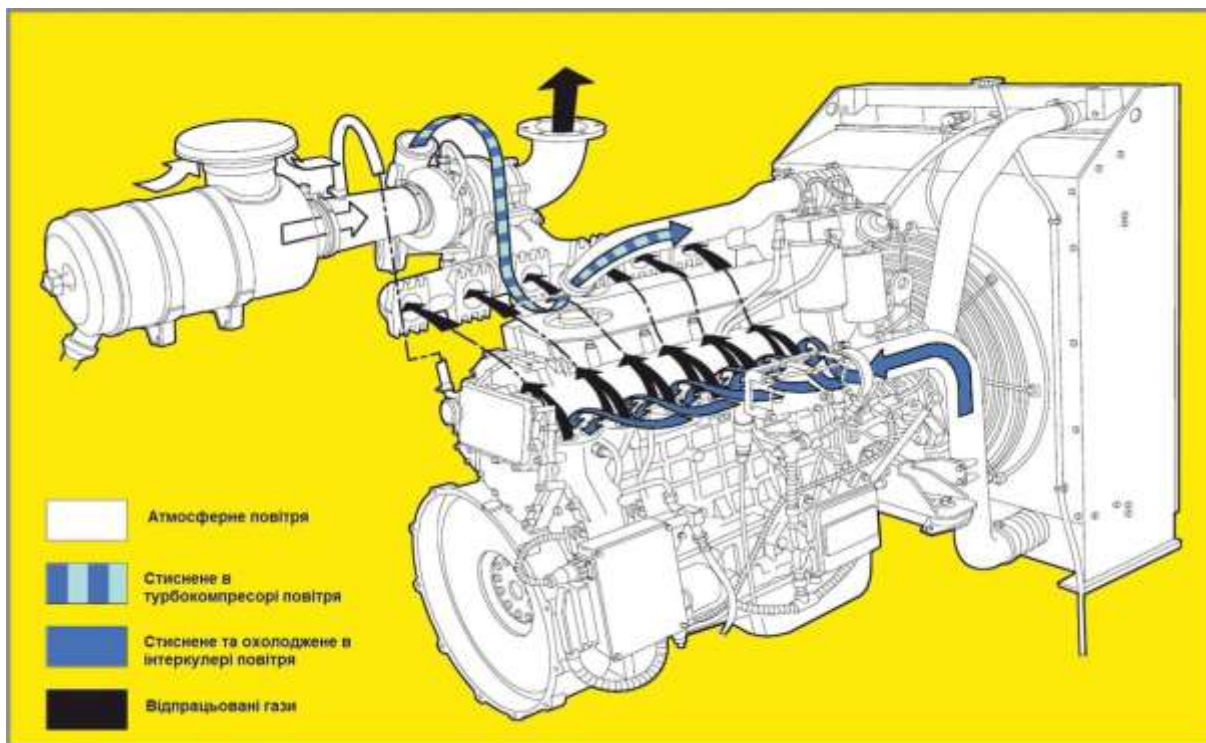


Рис. 2.44. Схема потоків газів у двигуні FPT Cursor 9 вантажного автомобіля Iveco 682

У такому двигуні частина енергії відпрацьованих газів використовується для розкручування додаткової турбіни, яка через гідравлічну муфту пов'язана з колінчастим валом. Така конструкція звана турбокомпаундом, дає можливість

збільшити крутний момент на валу дизеля.

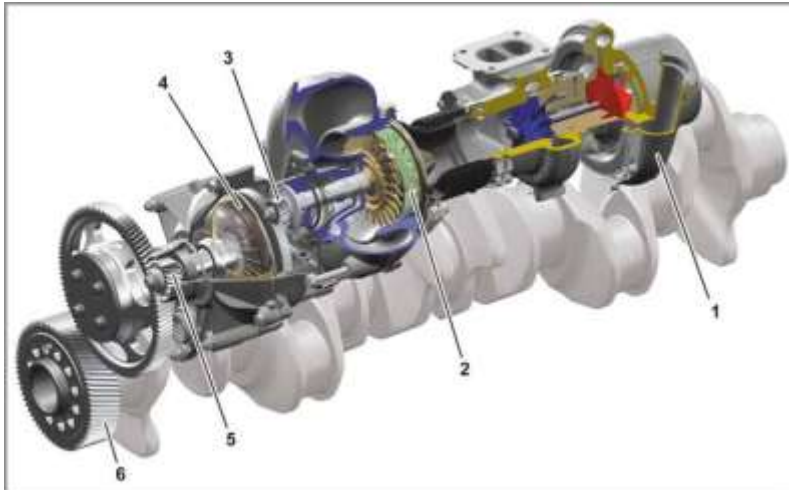


Рис. 2.45. Турбокомпаунд системи наддуву дизеля **OM 473**: 1 – турбокомпресор; 2 – турбінне колесо; 3 – первинний редуктор; 4 – гідродинамічна муфта; 5 – вторинний редуктор; 6 – колінчастий вал

Турбокомпаунд являє собою силову турбину, встановлену в потоці вихлопних газів турбонагнітача, яка перетворює енергію вихлопних газів в кінетичну енергію.

Дана енергія передається безпосередньо на колінчастий вал двигуна через двоступеневу передачу з проміжною гідродинамічною муфтою. Це дозволяє збільшити потужність дизеля до 35 кВт при одночасному зниженні витрат палива і токсичності відпрацьованих газів.

При зміні режимів роботи дизеля необхідне регулювання тиску наддуву. Це досягається або шляхом перепуску відпрацьованих газів, або зміною положення поворотних лопаток соплового апарату (рис. 2.46).

При зміні режимів роботи дизеля необхідне регулювання тиску наддуву. Це досягається або шляхом перепуску відпрацьованих газів, або зміною положення поворотних лопаток соплового апарату (рис. 2.46).

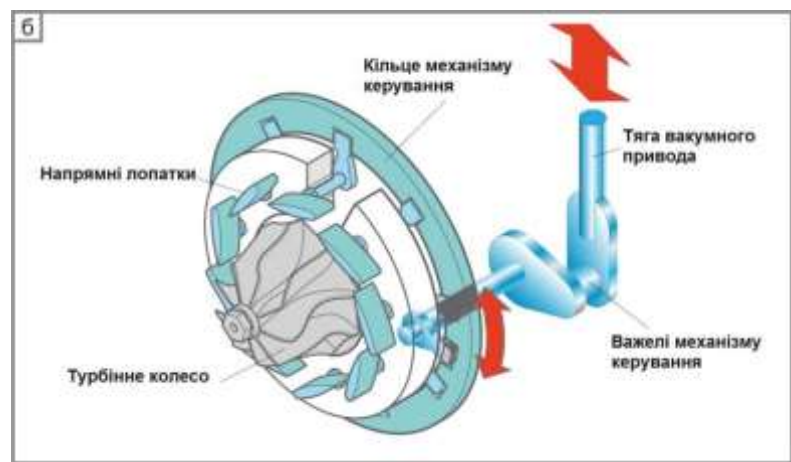
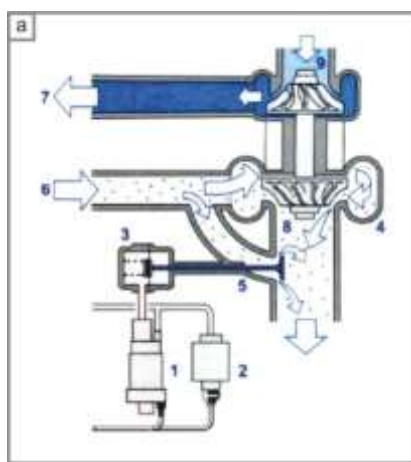


Рис. 2.46. Регулювання тиску наддуву турбокомпресора: а – схема турбонагнітача з електропневматичним перепускним клапаном: 1 – електропневматичний перетворювач тиску наддуву; 2 – вакуумний насос; 3 – виконавчий механізм; 4 – корпус турбіни; 5 – перепускний клапан; 6 – канал подачі ВГ до турбіни; 7 – канал подачі стисненого повітря у впускний тракт; 8 – колесо газової турбіни з гвинтовими лопатками; 9 – компресорне колесо з лопатками; б – управління зміною положення поворотних лопаток соплового апарату

Турбокомпресори з частковим перепуском відпрацьованих газів необхідні для забезпечення максимально високих частот обертання ротора ТКР, навіть за умови неповного завантаження двигуна на малих і середніх режимах роботи, з метою отримання максимального наповнення ДВЗ і запасу крутного моменту колінчастого валу на цих режимах роботи. При переході на номінальні або близькі до номінальних режимів роботи ДВЗ частота обертання валу ротора ТКР

з такими прохідними перетинами равлика турбінного вузла може перевищити гранично допустимі значення. Тоді включається в роботу перепускний клапан, керований електронікою, відбувається часткове перепускання потоку ВГ повз турбіни нагнітача.

Електропневматичний перетворювач 1 тиску наддуву пускає в хід трьохходовий/двоходовий перепускний клапан з електроприводом, приєднаним до вакуумного насоса 2. У положенні спокою, коли перетворювач знеструмлений, байпасний клапан 5 виконавчого механізму 3 під дією пружини відкритий. Таким чином, частина ВГ відводиться через перепускний канал, знижуючи навантаження на вал нагнітача.

Якщо на електропневматичний перетворювач подається напруга, він з'єднує камеру перепускного клапана з вакуумним насосом. Спеціальна мембрана під дією розрідження від насоса стискає пружину, закриваючи перепускний клапан. В цьому випадку весь потік ВГ піде через ТКР, збільшуючи частоту обертання вала нагнітача. Нагнітач сконструйований



Рис. 2.47. Компонування ТКР із змінною геометрією рухомих лопаток турбіни на двигунах FPT Cursor 13 вантажних автомобілів Iveco – АМТ

таким чином, що перепуск при несправності блоку управління відкривається автоматично. Завдяки цьому при великих навантаженнях не виникає високого тиску наддуву, який би пошкодив нагнітач або сам дизель.

Такі турбонагнітачі встановлюються на двигуни FPT Cursor 9 вантажних автомобілів Iveco 682.

Відмінною особливістю турбокомпресора з регульованим тиском надувочного повітря є наявність соплового апарата з рухомими поворотними лопатками (рис. 2.47).

У корпусі равлика турбінного вузла є також канали для підведення і відведення рідини, за допомогою яких охолоджуються електронний блок управління і електромагнітна котушка, яка за допомогою виконавчого елемента переміщує рухливі лопатки соплового апарату турбіни.

При повороті рухливих поворотних лопаток, останні можуть частково перекривати прохідний перетин равлика соплового апарату турбіни і, тим самим, в процесі роботи ДВЗ на низьких частотах обертання, за рахунок збільшення швидкості газового потоку ВГ, з'являється можливість регулювати і частково коригувати (збільшувати) тиск повітря в об'єднаній системі газотурбінного наддуву.

На багатьох вантажних автомобілях, наприклад Iveco 682, встановлюються двигуни з мехатронною системою часткової рециркуляції (ЧР) відпрацьованих

газів (рис. 2.48, б).

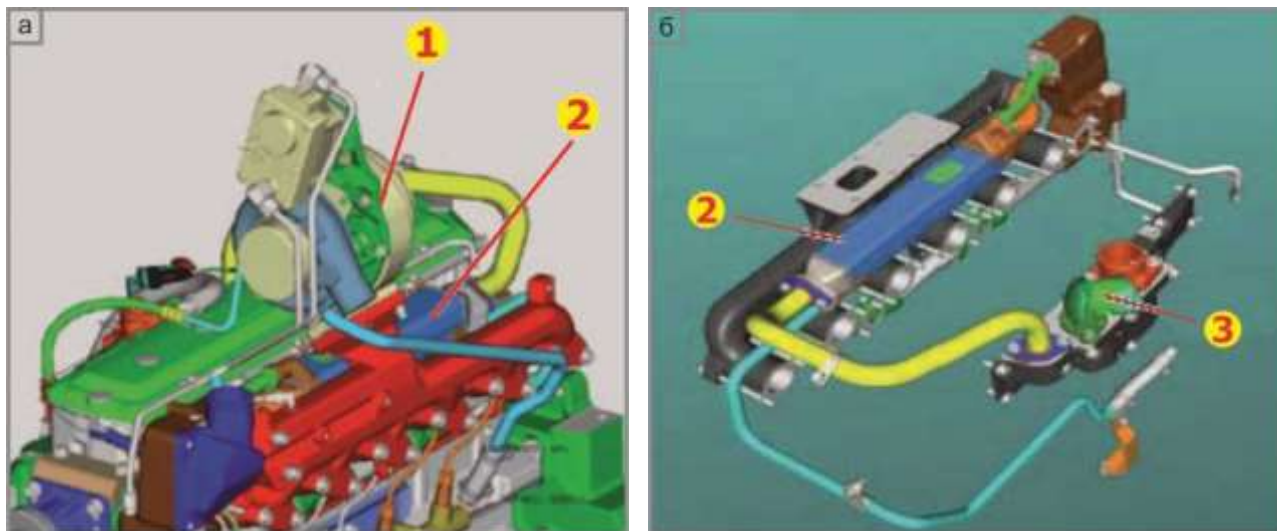


Рис. 2.48. Загальні види вузлів об'єднаної системи ГТН і часткової рециркуляції ВГ дизеля Cursor 9 вантажного автомобіля Iveco 682: а – загальне розташування турбокомпресора та охолоджувача газів на двигуні; 1 – турбонагнітач зі змінною геометрією направляючих лопаток (турбокомпресор); 2 – рідинно-газовий охолоджувач ВГ; б – Загальне розташування на двигуні охолоджувача ВГ та клапана часткової рециркуляції ВГ; 3 – електропневматичний регулятор клапана часткової рециркуляції ВГ

Вона встановлена у верхній частині головки циліндрів ДВЗ. Мехатронна система ЧР ВГ складається з декількох незалежних окремих систем, тобто: рідинно-газового охолоджувача, що забезпечує охолодження потоку гарячих відпрацьованих газів, які будуть повторно використовуватися в робочому процесі ДВЗ; регулятора з клапаном ЧР ВГ, призначеного для здійснення процесу регулювання витрати потоку газів, з метою повторного їх використання в робочому процесі КДВЗ для поліпшення екологічних показників двигуна; рідинно-газового охолоджувача, що забезпечує охолодження потоку гарячих відпрацьованих газів, які будуть повторно використовуватися в робочому процесі ДВЗ; приймального змішувального пристрою, в якому здійснюється процес змішування охолоджених потоків НП і частини ВГ.

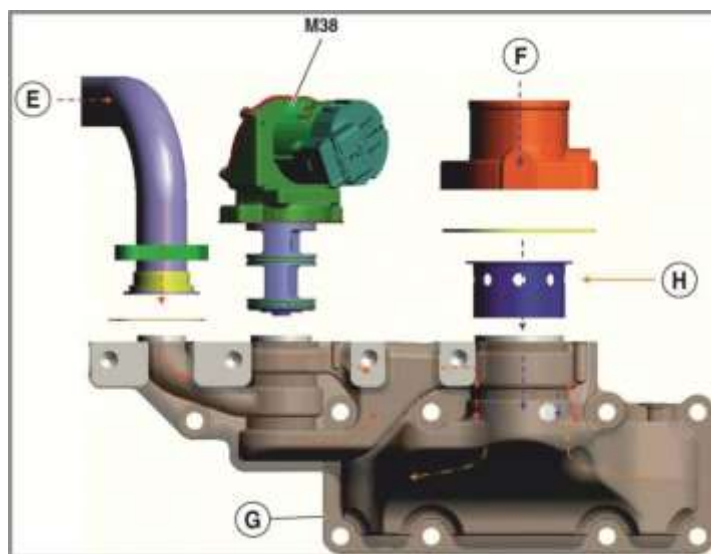


Рис. 2.49. Загальні види та розрізи системи рециркуляції ВГ: G – приймальний пристрій повітряно-газової суміші; E - потік ВГ, який надходить з рідинно-газового охолоджувача; F – потік наддувочного повітря з повітряно-повітряного охолоджувача; H - змішувач наддувочного повітря та відпрацьованих газів; M38 – регулятор з клапаном системи рециркуляції ВГ (EGR)

При відкритому клапані ЧР (М38) (рис. 2.49), охолоджені відпрацьовані гази надходять в приймальний змішувальний пристрій (G), проходять через сегментну щілину поворотного клапана рециркуляції ВГ (М38), потрапляють в змішувач (H), де змішуються там з наддувочним повітрям, і далі повітряно-газовий потік під тиском надходить у двигун. При закритому поворотному клапані ЧР (М38) ВГ в ДВЗ не надходять. Змішувальний пристрій працює в автоматичному режимі за допомогою датчиків.

---

## § 17

### СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЯ

---

#### *Загальні відомості про систему живлення*

---

Коли в 1897 р. Рудольф Дизель створив перший працездатний двигун, він не міг передбачити, яких змін зазнає його ідея. Особливо великі зміни в системі живлення дизелів відбулися в останні роки, що зробило ці двигуни більш придатними для застосування не тільки на вантажних, але і на сучасних легкових автомобілях. Більш дешеве паливо, висока економічність дизельних двигунів, в порівнянні з бензиновими, завжди привертала увагу автомобілістів, але широке застосування дизелів стримувалося властивими їм недоліками – гучністю при роботі, підвищеним димленням і складністю пуску холодного двигуна. Сучасні конструкції дизелів у більшості випадків не мають цих недоліків.

Вимоги до систем живлення формуються з необхідності забезпечення екологічних норм, техніко-економічних показників дизелів, характеру протікання робочих процесів, досягнутого рівня показників різних паливних систем, забезпечення необхідних умов експлуатації. Нижче наведені основні вимоги до паливних систем; в дужках деякі коментарі або приклади, що пояснюють значення сказаного:

- мінімальні вартість і маса, висока технологічність (в структурі вартості автомобільного дизеля паливоподаючої апаратури (ППА) становить 25...40%);
- стабільність показників подачі палива протягом всього терміну експлуатації (регулювання і обслуговування автомобільної форсунки повинні проводитися не частіше, ніж через 1000 год., паливного насоса високого тиску (ПНВТ) – 3000 год.);
- зручність обслуговування, ремонту, регулювання (наприклад, незручною є конструкція, що вимагає для виїмки форсунки зняття кришки газорозподілу або люка);
- забезпечення максимального ресурсу в межах ресурсу двигуна (ресурс ППА високооборотних дизелів становить 4...10 тис. год., малооборотних – 10...26 тис. год.);
- забезпечення заданого тиску і характеристики впорскування, їх управління відповідно до режимів роботи;
- управління цикловою подачею і кутом випередження впорскування

палива (КВВП) в залежності від частоти, навантаження дизеля, тиску наддуву, параметрів навколишнього середовища, теплового стану двигуна та ін. (точність витримування КВВП становить  $\pm 0,5$  °);

- неприпустимість підвпорскування і підтікання палива;
- мінімальна нерівномірність подачі палива по циліндрах (на номінальному режимі менше 3...4% і по циклах до 1%) або, навпаки, керована нерівномірна подача індивідуально по кожному циліндру;

- мінімальний власний рівень шуму (менше 80 дБ на відстані 1 м) і зменшення рівня шуму двигуна;

- забезпечення стійкої подачі палива на режимах малих навантажень, холостого ходу, при багатофазному впорскуванні ( $g_{Цmin} / g_{Цном} < 1/10 \dots 1/50$ );

- можливість прокачування системи для видалення повітряних пробок.

Додаткові вимоги до ППА автомобільних дизелів:

- формування швидкісної характеристики ППА (коректорами, оптимізацією ППА, електронним регулюванням);

- забезпечення необхідних динамічних якостей двигуна на перехідних режимах роботи; прискорення перехідних процесів в самій ППА (управління залишковим тиском);

- вібростійкість і герметичність для попередження втрат палива й попадання в нього пилу, води і повітря;

- працездатність в широкому інтервалі температур повітря.

Цей перелік може розширюватися як стосовно всієї ППА, так і приватними вимогами до окремих її елементів, наприклад паливного насоса високого тиску (ПНВТ).

Класифікацію систем живлення дизелів ведуть зазвичай на основі конструктивних відмінностей, зумовлених способами подачі і розпилювання палива. Істотність тих чи інших вимог, що пред'являються до систем живлення, визначила різноманіття їх конструкцій (рис. 2.50).

Автомобілебудівники провідних світових фірм прогнозують створення в найближчі роки дизелів для вантажних автомобілів з наступними властивостями:

- привод валів газорозподілу з боку маховика, розташування валів газорозподілу, одного або двох, в голівці циліндрів;

- високоефективне вбудоване моторне гальмо;

- оптимізована, високотехнологічна система контролю витрати повітря і рециркуляції відпрацьованих газів, заснована на фізичній моделі алгоритму контролю; ступінь рециркуляції на режимах повного навантаження до 30%;

- фільтр частинок, як базова комплектація, можливе застосування «відкритого» фільтра, впорскування сечовини;

- максимальний тиск газів в камері згоряння 22-25 МПа, оптимізована конструкція головки і блоку циліндрів з чавуну;

- питомі потужності 35-40 кВт/л, двоступеневий турбонаддув з або без проміжного охолодження наддувочного повітря, комбінований наддув;

- гнучка система впорскування, забезпечення тиску впорскування до 250 МПа, переважно Common Rail, стандартизовані форсунки.

---

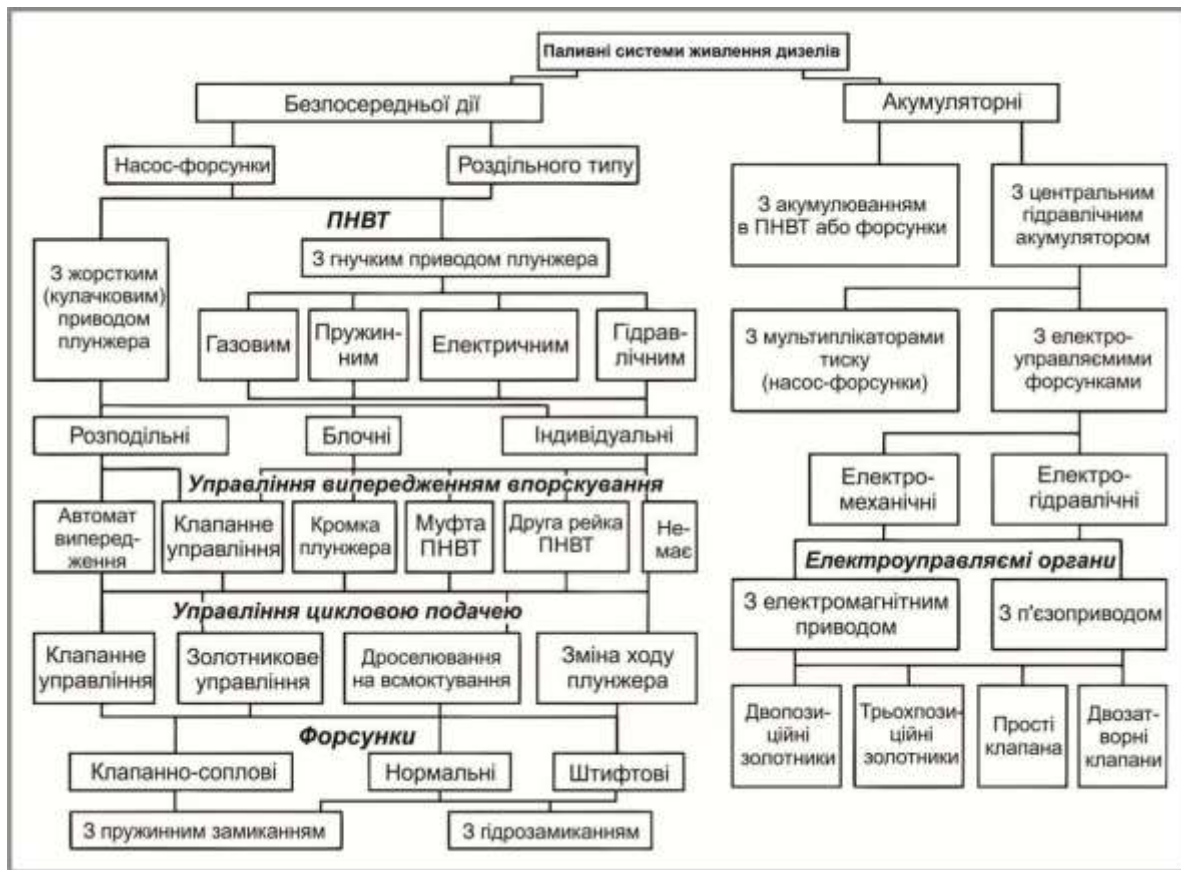


Рис. 2.50. Класифікація систем живлення дизелів

### *Будова та робочий процес системи живлення*

Головна особливість дизельного двигуна полягає в тому, що в ньому використовується принцип самозаймання палива під дією стисненого і нагрітого в циліндрі повітря. Для успішного загоряння необхідно провести подачу палива в циліндр приблизно в кінці такту стиснення, а так як повітря в циліндрі сильно стиснуте, паливо теж має бути подано під високим тиском (на практиці в різних двигунах паливо впорскується під тиском від 10,1 до 253,3 МПа).

З іншого боку, мало просто подати паливо в циліндр – це необхідно зробити так, щоб забезпечити найкращі умови для самозаймання і найбільш повного згоряння.

Система живлення дизеля забезпечує подачу очищеного дизельного палива до циліндрів, стискає його до високого тиску, подає в дрібнорозпиленому вигляді в камеру згоряння і змішує з гарячим (700-900°C) від стиснення в циліндрах (3-5 МПа) повітрям так, щоб воно самозапалилося. Після завершення робочого ходу необхідно очистити циліндри від продуктів згоряння.

У систему живлення дизеля входять паливний бак, паливні фільтри, насос для підкачування палива, паливний насос високого тиску, трубопроводи, форсунки, повітряний фільтр і система випуску відпрацьованих газів (рис. 2.51).

Паливний бак повинен задовольняти вимогам безпеки. Паливо з бака

надходить в нагнітальний трубопровід, а потім до паливного фільтра за допомогою насоса паливопідкачувального. Паливний фільтр повинен очистити паливо від можливих забруднень, щоб механічні домішки не потрапили в ПНВТ і далі. До паливного бака приєднується також зливний трубопровід, по якому в бак зливаються надлишки палива з ПНВТ і форсунок.

Найскладнішим і дорогим пристроєм системи живлення дизеля є ПНВТ. При створенні перших стаціонарних двигунів Рудольф Дизель з'ясував, що для надійного самозаймання палива воно повинне подаватися в циліндр під високим тиском. У його конструкціях для цього використовувався потужний і громіздкий компресор. У 20-ті рр. Роберт Бош розробив компактний і надійний ПНВТ. Перший серійний ПНВТ для вантажного автомобіля був випущений фірмою Bosch ще в 1927 р., а в 1936 р. був налагоджений випуск ПНВТ для легкових автомобілів.

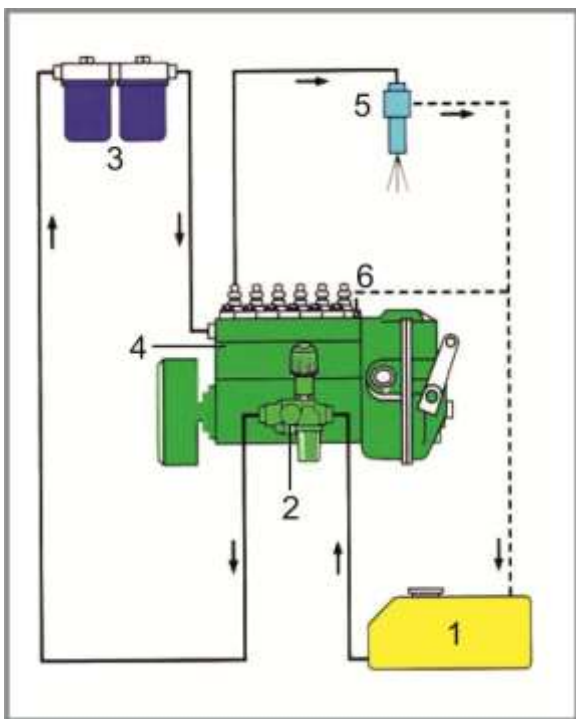


Рис. 2.51. Схема системи живлення дизеля: 1 – паливний бак; 2 – насос, що підкачує; 3 – паливний фільтр; 4 – паливний насос високого тиску; 5 – форсунка; 6 – зливна магістраль

ПНВТ не тільки створює тиск палива, але і розподіляє його по форсунках відповідних циліндрів відповідно до порядку роботи двигуна. Форсунки з'єднуються з ПНВТ трубопроводами високого тиску. Форсунки входять своєю нижньою частиною (розпилювачами) в камери згоряння. Розпилювачі мають дуже маленькі отвори, необхідні для того, щоб паливо надходило в камеру згоряння в дрібно розпиленому вигляді і легко спалахувало.

Повітряний фільтр встановлюється на впускному трубопроводі двигуна і очищає повітря, що надходить в циліндри повітря. Випускна система містить трубопроводи, глушник і часто обладнується каталітичними нейтралізаторами та іншими пристроями для зниження кількості шкідливих речовин у відпрацьованих газах.

В дизельних двигунах системи впорскування палива мають два основних компоненти: паливний насос високого тиску (ПНВТ) і форсунки. А відмінності систем полягають в пристрої насоса і форсунок, їх розташуванні і наявності додаткових компонентів.

Існує кілька типів систем впорскування дизельних двигунів, серед яких найбільшого поширення набули наступні системи:

- з рядним ПНВТ;
- з ПНВТ розподільного типу;
- з насос-форсунками;



– акумуляторного типу Common Rail.

Рядний ПНВТ (рис. 2.52, *a*) – найбільш просте рішення, яке активно використовується протягом багатьох десятиліть і навіть сьогодні користується високою популярністю. У порівнянні з іншими системами рядний насос громіздкий і важкий, тому він широко використовується тільки на потужних автомобільних і тракторних двигунах.

Основу рядного ПНВТ складають плунжерні пари, число яких дорівнює числу циліндрів. У загальному випадку, плунжерні пара являє собою суцільнометалевий циліндр (плунжер), який рухається в гільзі. Рухаючись вгору, плунжер стискає паливо, після досягнення певного тиску відкривається нагнітальний клапан, який випускає стиснуте паливо – воно направляється до форсунки, якою впорскується в циліндр. Рухаючись в зворотну сторону, плунжер відкриває впускний канал і простір над ним наповнюється новою порцією палива. Для заповнення плунжерної пари паливом використовують спеціальний паливопідкачувальний.



Рис. 2.52. Рядний (*a*) та розподільний (*б*) ПНВТ

Плунжери приводяться в рух кулачковим валом по типу розподільного вала двигуна. Вал приводиться в рух двигуном, ПНВТ пов'язаний з двигуном через муфту випередження впорскування, яка дозволяє налаштовувати роботу насоса в залежності від оборотів і тактів двигуна.

ПНВТ розподільного типу (рис. 2.52, *б*) за конструкцією в цілому повторює рядний ПНВТ, проте в ньому використовується тільки одна або дві плунжерних пари (одна пара може обслуговувати від 2 до 6 циліндрів). Принцип роботи розподільного насоса зводиться до того, що плунжер рухається не тільки вгору і вниз, але і одночасно обертається навколо осі й по черзі відкриває випускні отвори, через які паливо під тиском подається до циліндрів.

Більш сучасний і ефективний тип розподільного ПНВТ – роторний. У ньому використовується ротор з встановленими плунжерами (від 2 до 4, вони рухаються назустріч один одному), який обертається і розподіляє паливо по циліндрах.

Розподільчий насос компактний і легкий, проте він вимагає більш ретельної настройки, тому сьогодні для його управління широко застосовуються електронні регулятори.

Найбільш перспективними системами впорскування палива дизельних двигунів є «насос-форсунки» та система Common Rail.

### Система впорскування палива насос-форсунками

Назва «насос-форсунка» (рис. 2.53) говорить сама за себе – в ній об'єднані форсунка і насосна секція, в основі якої лежить все та ж плунжерна пара. Перевага такого рішення в тому, що воно дозволяє легко регулювати подачу палива в кожен циліндр, а при виході з ладу одного насоса інші залишаються в строю.



Рис. 2.53. Система впорскування палива в дизель насос-форсунками

Насос-форсунка має велику перевагу, так як управляти нею можна за допомогою розподільного вала двигуна, який розташований в голівці циліндрів, тобто там же, де і форсунки. Так отже тут не потрібно використовувати окрему систему привода, а досить використовувати вже наявний вал ГРМ.

Насос-форсунка досить широко використовується на дизельних двигунах вантажних

автомобілів, а також на двигунах позашляховиків.

Насос-форсунки відносяться до систем з індивідуальними ПНВТ, в яких є відсутність або мінімальна довжина магістралі високого тиску, що дозволяє досягати тиску впорскування до 250 МПа і поліпшити протікання процесу упорскування. Є два різновиди систем:

1. Насос-форсунка (UIS, PDE). У даній системі насос і форсунка об'єднані в один агрегат. Привод насос-форсунки здійснюється від розподільного вала або гідравлічної системи. Регулювання параметрів упорскування відбувається за допомогою електромагнітного клапана високого тиску.

2. Насос-форсунка-трубопровід (UPS, PLD). Відрізняється від попередньої системи тим, що насос і форсунка не є об'єднані в один агрегат, а з'єднані короткою магістраллю. Така конструкція полегшує монтаж системи на двигун і, відповідно, спрощує обслуговування і ремонт системи.

Насос-форсунка – паливна система нерозділеного типу (мається на увазі, що насос і форсунка не розділені нагнітальним трубопроводом). В єдиному корпусі розміщується ПНВТ та форсунка і цей вузол встановлюється в голівці циліндрів на місці форсунки.

Насос-форсунки застосовувалися на дизелях завжди, але ставлення до них

змінювалося не раз. Наприклад, до 80-90-х років ХХ століття вони не вважалися перспективними, хоча американська промисловість (General Motors, Cummins) не припиняла використовувати насос-форсунки навіть в 1960-1970-ті роки – роки зниженого до них інтересу.

В даний час насос-форсунки затребувані двигунобудівниками для установки двигунів на важкі вантажівки. Фірма Cummins впровадила на двигунах насос-форсунки типу *PTD Cummins* прецизійний елемент, який є одночасно плунжером і голкою (рис. 2.54).

У даній насос-форсунки паливо надходить через вхідний жиклер 1, вертикальні канали у втулці 2 до кільцевої виточки 3 на її нижньому торці і далі до дозуючого жиклера 5. При піднятому плунжері через нього паливо надходить в підплунжерну порожнину. У неї раніше надійшли гази з циліндра. Далі йде опускання плунжера – впорскування емульсії. Він сідає на сідло щільно, використовуючи пружність деталей привода. У такому положенні знаходиться при згорянні, розширенні. За цей час через кільцеву виточку 4 проходить в 4...5 разів більше корисного палива. Ця циркуляція охолоджує нижню частину агрегату. Дозування подачі за допомогою жиклера 5 здійснюється зміною тиску підкачки, для чого застосований спеціальний гідравлічний автоматичний регулятор.

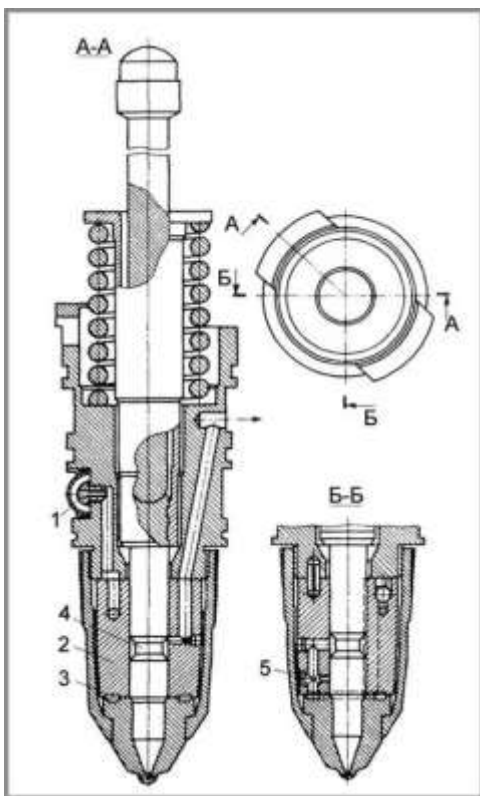


Рис. 2.54. Насос-форсунка типу **PTD Cummins**: 1 – вхідний жиклер; 2 – втулка; 3 – виточення втулки; 4 – виточення плунжера; 5 – дозуючий жиклер

Насос-форсунка Cummins забезпечує дрібне розпилювання і незважаючи на досить тривалу подачу, хорошу економічність дизелів з частотою обертання колінчастого вала до  $4000 \text{ хв}^{-1}$ . Особливості стиснення двофазної суміші формують впорскування з похилою, майже ступінчастою характеристикою, що важливо для зниження шуму, викидів  $\text{NO}_x$ , зниження навантажень в дизелі. Разом з тим, відсутнє управління кутом випередження впорскування палива (КВВП), можливе засмічення сопел через малий діаметр, впорскування тривале, малий тиск впорскування на малих частотах.

Насос-форсунки фірми *Detroit Diesel Allison* (Система DDEC-II) для важких вантажних автомобілів почали випускатися з 1985 р. Нині понад 4 мільйонів таких насос-форсунок використовується на транспортних дизелях, в тому числі військового призначення.

У даній насос-форсунці на початку і кінці руху плунжера електромагнітний клапан відкритий, що забезпечує злив палива з плунжерної порожнини. Закриття клапана на короткий час обумовлює

активний хід плунжера, тобто циклову подачу.

Момент включення електромагніта управління клапаном дозволяє в широких межах змінювати КВВП, знижуючи токсичність відпрацьованих газів, полегшуючи пуск і покращуючи характеристики дизеля, зокрема, забезпечивши зниження експлуатаційної витрати палива на 5...8%. Наповнення плунжерної порожнини здійснюється також через клапан. Відсутність розрідження при наповненні та короткі нагнітальні канали дозволяють обійтися без нагнітального клапана. Клапан керування виконаний за схемою з частковим гідравлічним розвантаженням. Його власна частота 10 кГц. Цього виявляється досить для організації двофазного упорскування, яке дозволяє знизити гучність роботи дизеля і зробити надійнішим пуск. Одна або кілька насос-форсунок з керуючими клапанами можуть бути виключені з роботи. Метод електричного відключення насос-форсунок при діагностиці дизеля дозволяє швидко виявити несправну.

Система автоматичного управління (САУ) отримує інформацію від датчиків температури масла, палива, охолоджувальної рідини і повітря на впуску, а також від датчиків тиску наддуву і масла, положення колінчастого вала, положення дроселя. Залежно від типу енергоустановки застосовуються інші датчики. При нормальній роботі САУ на датчики надсилається модульований сигнал з амплітудою 5 В. Нормальний відгук кожного датчика 0,5...4,5 В, в іншому випадку діагностується його несправність.

Для виключення впливу зовнішніх електромагнітних завад сигнал, керуючий електромагнітом по команді мікропроцесора, є частотно-модульованим. Електронний блок використовує однокристальний мікропроцесор Motorola, працездатний при 125 °С.

На кожному робочому режимі САУ функціонує по закладеним алгоритмам і логічним умовам. Наприклад, коли оператор включає стартер, то САУ перешкоджає впорскуванню, якщо частота обертання валу недостатня. Це запобігає виникненню білого диму і переохолодження циліндрів паливом. САУ змінює КВВП щодо нормального рівня. Після запуску частота обертання холостого ходу збільшується для прискорення прогріву, поступово наближаючись до нормальної. Більш швидкий прогрів здійснюється за рахунок роботи тільки половини циліндрів, надалі включаються непрацюючі циліндри.

*Насос-форсунки фірми Lucas – EUI (Electronic unit injectors) – призначені для малотоксичних дизелів легкових автомобілів, автобусів, позашляховиків, вантажівок. Спочатку типорозмірний ряд насос-форсунок забезпечував максимальні подачі 50, 100, 150 і 200 мм<sup>3</sup>/цикл. Зараз можливості такої ППА вище. Вона застосовується, зокрема, на дизелях Volvo, John Deere, Detroit Diesel. Дана ППА може приводитися від верхнього або нижнього розподільних валів і встановлюватися в голівці циліндрів з двома або чотирма клапанами.*

Конструкція насос-форсунки Lucas дещо складніша попередньої: паливо надходить і зливається через кільцевий фільтр і оперізує корпус порожнини. Канали високого тиску палива сполучають електромагнітний клапан і розпилювач з плунжерною порожниною, ще один канал використовується для зливу палива від клапана. Наповнення плунжерної порожнини здійснюється

через впускне вікно.

Уже в зразках 1983 р. забезпечувалася запальна доза двофазного впорскування тривалістю до 8 % від загальної, що відповідало 0,5 мс. За допомогою швидкодіючого електромагнітного клапана система забезпечує гнучке управління подачею і КВВП, в тому числі на перехідних режимах. Також забезпечується оптимальний склад суміші на холостому ходу і низьких навантаженнях дизеля. САУ забезпечена датчиками частоти обертання і положення вала, температури і тиску повітря, температури охолоджуючої рідини. САУ також пов'язана з іншими системами автомобіля, що забезпечує можливість всебічної діагностики. Дизелі з такими насос-форсунками відрізняються низькою емісією шкідливих речовин і невисокою гувністю роботи.

Фірма Bosch випускає насос-форсунки з електронно-керованим блоком управління, який являє собою одноциліндровий ПНВТ (рис. 2.55). Цей блок характеризується інтегральним соленоїдним клапаном і призначений для установки безпосередньо на головці циліндрів дизеля. Кронштейни, що працюють на розтяг, утримують окремі модулі, які мають роздільні ланцюгт подачі палива для кожного з циліндрів двигуна. Кулачок на розподільному валу пускає в хід індивідуальну для кожного циліндра насос-форсунку безпосередньо через коромисло або побічно за допомогою штанги штовхача і коромисла.

Швидкодіючий електромагнітний клапан, відповідно до параметрів, що визначають в програмній карті двигуна, забезпечує точне регулювання часу початку впорскування палива і швидкості потоку.

У відключеному положенні електромагніту голка перепускного клапана 9 забезпечує необмежений прохід потоку палива від насоса до ланцюга низького тиску системи. Електромагнітний клапан включається під час ходу подачі плунжера насоса 3, перекриваючи перепускний клапан і герметизує, таким чином, ланцюг високого тиску. Як тільки перевищується тиск відкриття розпилювача 20, паливо подається до форсунки. Таким чином, впорскування

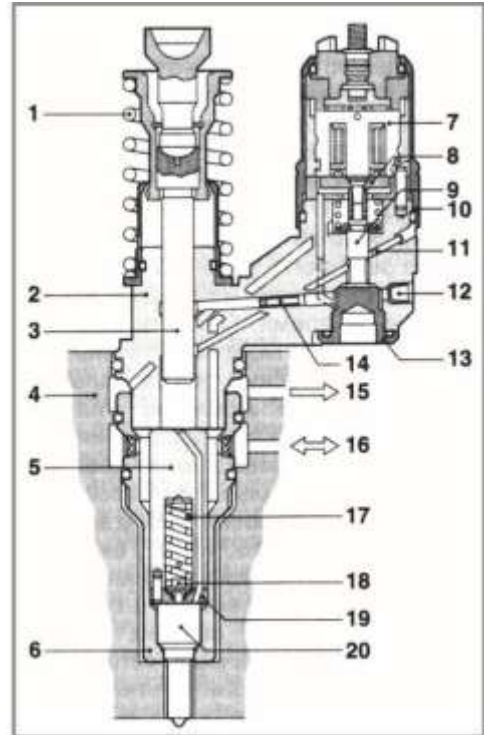


Рис. 2.55. Насос-форсунка з швидкодіючим електромагнітним клапаном фірми Bosch для дизелів вантажних автомобілів: 1 – пружина; 2 – корпус насоса; 3 – плунжер насоса; 4 – головка циліндра; 5 – тримач пружини; 6 – стяжна гайка; 7 – статор; 8 – якірна пластина; 9 – голка електромагнітного клапана; 10 – стяжна гайка електромагнітного клапана; 11 – заглушка каналу високого тиску; 12 – заглушка каналу низького тиску; 13 – упор голки електромагнітного клапана; 14 – жиклер; 15 – повернення палива; 16 – подача палива; 17 – інжектор; 18 – натискний штифт; 19 – проставка; 20 – розпилювач

палива починається, коли електромагнітний клапан закривається.

Зважаючи на особливості компонування ускладнюється співвісне розташування циліндру і насос-форсунки, її демонтаж та обслуговування (її верхня частина, на відміну від форсунок, не може перебувати в атмосфері). Втім, визначено неспіввісність і похиле розташування насос-форсунки в дизелі з двома клапанами на циліндр. Однак висока якість впорскування поряд з можливостями електронного управління подачею, включаючи і її характеристику, забезпечила виконання перспективних екологічних норм, досягнення максимального крутного моменту і зниження витрати палива.

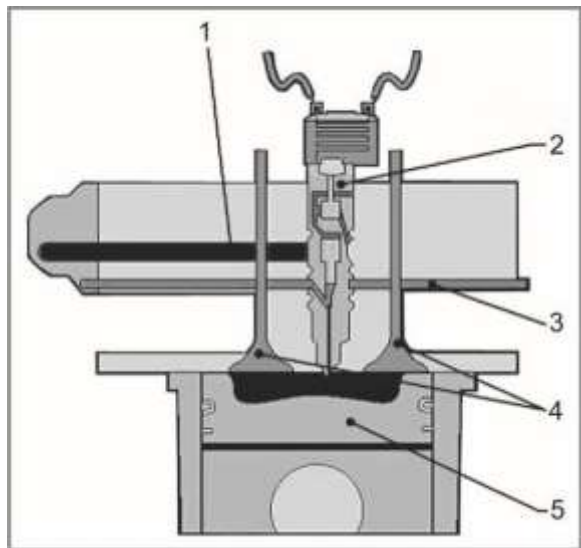


Рис. 2.56. Схема системи з електрогідравлічною насос-форсункою:  
1 – канал подачі масла; 2 – насос-форсунка;  
3 – канал подачі палива; 4 – клапани  
(впускний і випускний); 5 – поршень

відбувається впорскування палива в циліндр. Тиск масла в колекторі контролюється датчиком тиску.

Процес упорскування палива протікає наступним чином (рис. 2.57). При подачі напруги на соленоїд підйомний клапан б, долаючи зусилля поворотної пружини 5, піднімається у верхнє положення.

Через канал 4 масло високого тиску (до 2 МПа) подається на поршень підсилювача 3. Поршень підсилювача тисне на паливо і подає його до розпилювача форсунки під тиском 127 МПа.

При знятті напруги з соленоїда 8 підйомний клапан опускається під впливом зворотної пружини 2 і перекриває подачу масла під високим тиском до поршня підсилювача, одночасно поєднуючи порожнину над поршнем підсилювача через розвантажувальний канал 7 з низьким тиском. Поршень підсилювача піднімається у вихідне положення під впливом зворотної пружини 2. При піднятті поршня підсилювача відбувається всмоктування палива з каналу підведення палива 1.

Підвищення інтересу до насос-форсунок в останні роки було обумовлено найбільш повною відповідністю двом найважливішим тенденціям

В останні роки двигунобудівники виявляють підвищену цікавість до насос-форсунок з електрогідравлічним керуванням, у яких привод плунжера насоса здійснюється не від розподільного вала, а за допомогою гідросистеми високого тиску (рис. 2.56). У даній системі масло з масляної магістралі двигуна насосом високого тиску через регулятор тиску подається в масляний колектор, звідки по каналу 1 в головці блоку воно надходить до електрогідравлічної форсунки 2. При подачі напруги на соленоїд електрогідравлічної насос-форсунки під впливом високого тиску масла

вдосконалення паливоподаючої апаратури при максимальній простоті конструкції: інтенсифікації впорскування і введенню електронного управління.

Давно відомі переваги насос-форсунок: підвищення тиску впорскування за рахунок мінімізації обсягів стискаємого палива, відсутність підвпорскування, зменшення номенклатури деталей, різке відсічення подачі, менше закоксування і більший ресурс розпилювача, менші витрати потужності на паливоподачу, відсутність необхідності в нагнітальному клапані, зниження запізнювання впорскування щодо наметання плунжера, що зменшує розкид кута випередження впорскування палива по частотах обертання і зменшує реквізит діапазон його регулювання. Насос-форсунки забезпечують відносно більш пологий передній фронт подачі, що відповідає екологічним вимогам.

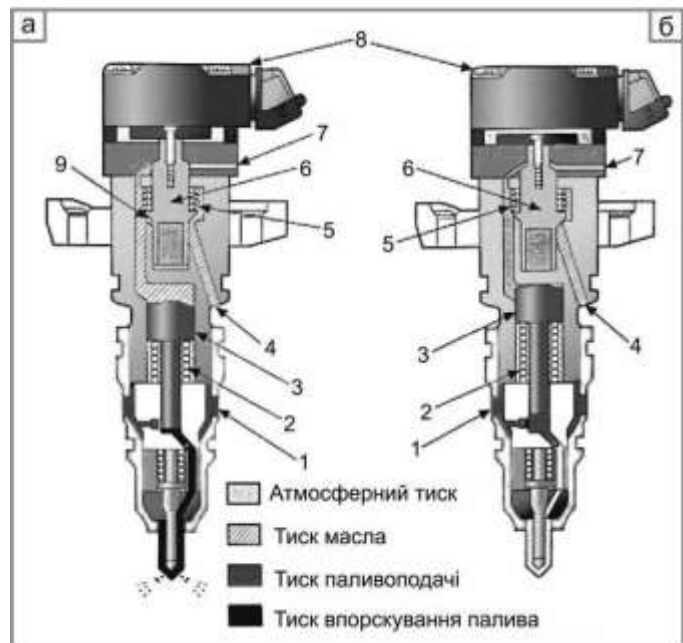


Рис. 2.57. Електрогідравлічна насос-форсунка: а – впорскування палива; б – немає впорскування; 1 – підведення палива; 2 – зворотна пружина повернення поршня підсилювача; 3 – поршень підсилювача; 4 – підведення масла; 5 – пружина повернення підйомного клапана; 6 – підйомний клапан; 7 – розвантажувальний масляний канал; 8 – електронний соленоїд; 9 – сідло підйомного клапана

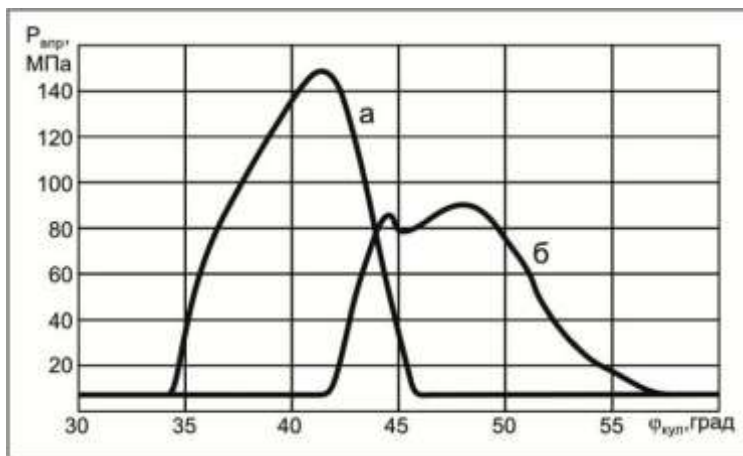


Рис. 2.58. Миттєвий тиск впорскування: а – насос-форсунка; б – традиційний насос високого тиску з трубопроводом до форсунки довжиною 580 мм

інтенсифікація подачі.

В даний час насос-форсунки використовуються в дизелях з діаметром циліндра 67-300 мм. Електрокерованими насос-форсунками забезпечені швидкохідні дизелі Scania, Caterpillar, Detroit Diesel, MAN.

До недоліків насос-форсунок, що обмежували застосування, належать:

ускладнені умови компоунвання головки, збільшений діаметр форсунки, більше зниження тиску впорскування на часткових режимах роботи, ускладнені та менш точні правила регулювання рівномірності подачі по циліндрах, ускладнення привода рейок і спеціального привода автоматичного регулятора. З використанням електронного управління число переваг зросло, а недоліків – зменшилося. Так, плунжерна пара максимально спростилася; зник механізм повороту плунжера, рейкові тяги і індивідуальний автоматичний регулятор; відпала необхідність вирівнювання подачі по циліндрах при регулюванні: виникла можливість забезпечення двофазної подачі, регулювання кута випередження впорскування палива. У зв'язку з цим підвищилися паливна економічність, надійність пуску, знизилася токсичність відпрацьованих газів.

Система дизельної паливної апаратури **насос-форсунка-трубопровід** (рис. 2.59) є модульною конструкцією, яка дозволяє здійснювати впорскування палива в кожен окремий циліндр за допомогою індивідуального насоса високого тиску.

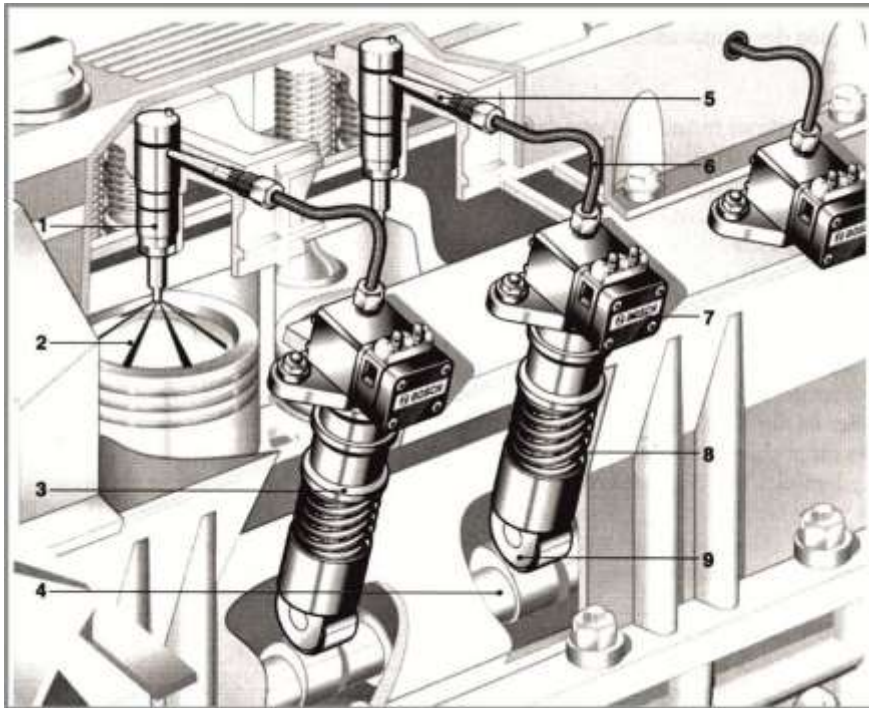


Рис. 2.59. Загальний вигляд системи дизельної паливної апаратури насос-форсунка-трубопровід: 1 – форсунка; 2 – камера згоряння; 3 – окремий паливний насос високого тиску; 4 – розподільний вал; 5 – кронштейн паливопроводу високого тиску; 6 – паливопровід високого тиску; 7 – електромагнітний клапан; 8 – зворотна пружина; 9 – роликівий штовхач

Привод окремих паливних насосів високого тиску 3 здійснюється кулачками розподільного вала 4 через роликіві штовхачі 9. Початок і кінець впорскування в залежності від режиму роботи двигуна регулюються швидкодіючим електромагнітним клапаном 7. Область високого тиску герметизується тільки під час такту подачі, коли електромагнітний клапан закритий. Подача палива до форсунки починається, як тільки перевищується тиск відкриття голки розпилювача. Використання системи насос-форсунка-



трубопровід (PLD) дозволяє створювати тиск впорскування до 200 МПа. Впорскування здійснюється згідно командам електронного блоку управління зі зворотним зв'язком, які ґрунтуються на даних, записаних в пам'яті блоку управління. Електронно-кероване впорскування зі зворотним зв'язком дозволяє знизити витрату палива і токсичність відпрацьованих газів. Система PLD, як і системи з насос-форсункою, може управляти відключенням окремих циліндрів і здійснювати попереднє впорскування палива. Високий тиск палива дозволяє виконати всі вимоги по токсичним викидам при одночасному малому споживанні палива. Система PLD (рис. 2.60) призначена в основному для вантажних автомобілів і автобусів.

Плунжер насоса 6 приводиться безпосередньо від кулачкового вала двигуна 8. Зв'язок між плунжером насоса і кулачковим валом здійснюється через пружину 15 і ролик штовхач 17. Паливо під високим тиском подається з порожнини 5 до форсунки 1 через паливопровід 3 і штуцер 2, встановлений, як і форсунка, безпосередньо в головці циліндрів двигуна. Кількість палива, яке подається до форсунки регулюється за допомогою голки 4 електромагнітного клапана 10, керованого електронним блоком.

Паливопроводи високого тиску в системі дуже короткі та мають однакову довжину для всіх форсунок. Паливопроводи працюють в умовах високих тисків і високочастотних коливань, тому повинні бути високоміцними. Щоб забезпечити надійність роботи, паливопроводи виготовляються з високоміцних безшовних сталевих трубок.

На вантажних автомобілях підвищеної вантажопідйомності позитивно оцінюються «важкі» двигуни американської фірми Caterpillar з системою впорскування палива HEUI (вимовляється як «Хьюї»), що поєднує привод від системи змащення ДВЗ з електронним управлінням (рис. 2.61).

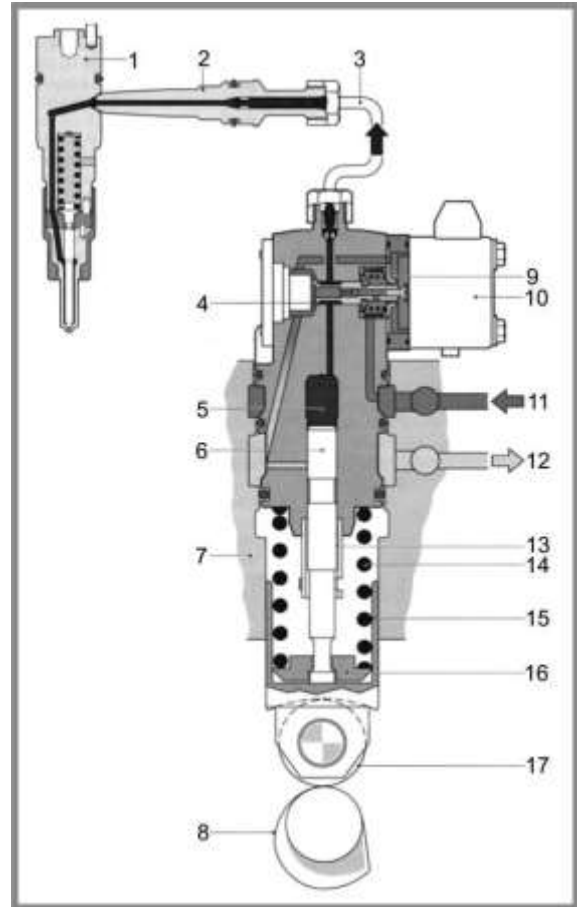


Рис. 2.60. Схема системи насос-форсунка-трубопровід: 1 – форсунка; 2 – штуцер форсунки; 3 – трубопровід високого тиску; 4 – голка електромагнітного клапана; 5 – порожнина високого тиску; 6 – плунжер; 7 – блок двигуна; 8 – кулачок; 9 – пружина електромагнітного клапана; 10 – корпус клапана з обмоткою електромагніту; 11 – вхід палива низького тиску; 12 – злив палива; 13 – плунжер; 14 – пружина штовхача; 15 – тарілка штовхача; 16 – тарілка пружини, 17 – ролик штовхача



Рис. 2.61. Насос-форсунка з гідроприводом і електромагнітним керуванням

У даній системі замість кулачка працює масло із системи змащення двигуна, що подається по спеціальній магістралі під тиском понад 22,6 МПа. Воно діє на масляний плунжер, що переміщає паливний плунжер, який завдяки меншому діаметру створює високий тиск упорскування – більше 137,3 МПа.

У паливній системі HEUI (рис. 2.62) електромагнітний клапан управління тиском розміщений в масляній магістралі високого тиску. При цьому він знаходиться під традиційним для гідросистеми тиском, що позитивно позначається на його роботі. Тепер можуть бути реалізовані практично будь-які задані алгоритми впорскування. Тиск в масляній магістралі набагато перевищує робочий для системи змащення і створюється спеціальним насосом.

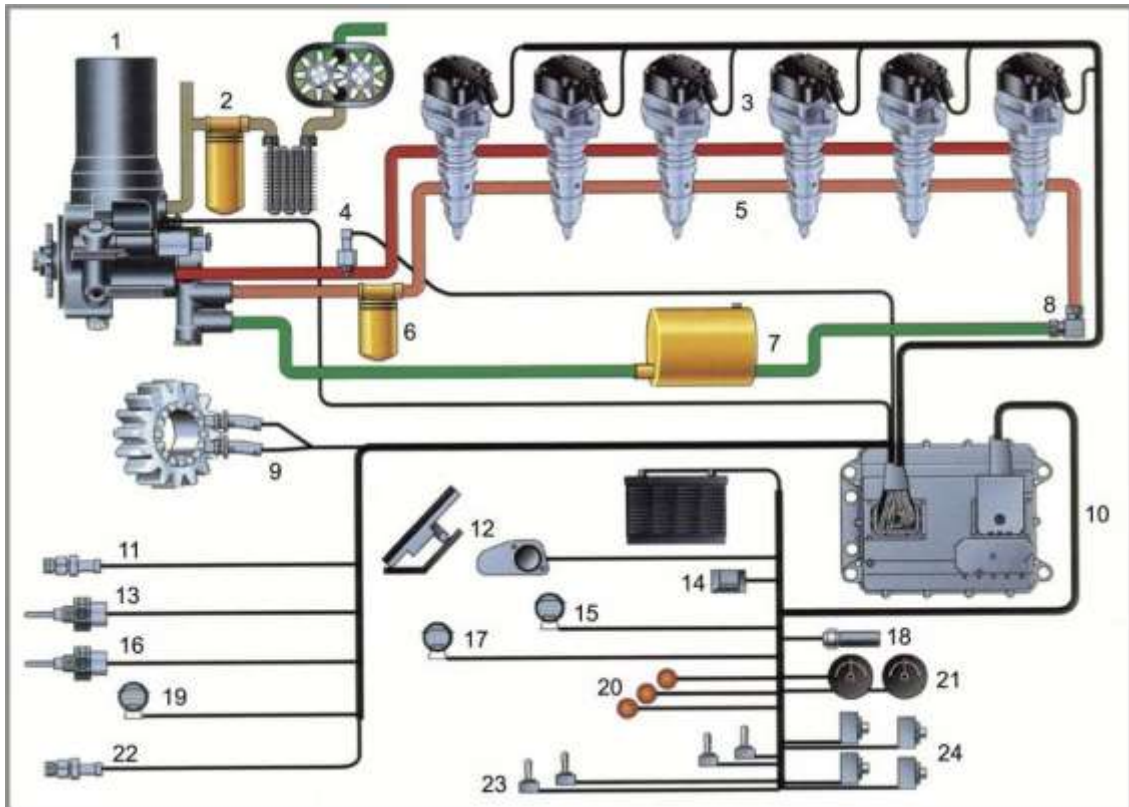


Рис. 2.62. Схема системи HEUI: 1 – гідронасос; 2 – система мащення двигуна; 3 – насос-форсунки; 4 – електромагнітний клапан управління тиском в масляній магістралі високого тиску; 5 – паливна магістраль високого тиску; 6 – паливний фільтр; 7 – паливний бак; 8 – клапан підтримування тиску в паливній магістралі; 9 – датчик частоти обертання і моменту впорскування; 10 – електронний блок управління; 11 – датчик тиску наддуву; 12 – датчик положення педалі «газу»; 13 – датчик температури охолоджуючої рідини; 14 – інтерфейс; 15 – реле гірського гальма (в системі випуску); 16 – датчик температури всмоктуваного повітря; 17 – трансмісійне реле; 18 – спід-сенсор машини; 19 – реле підігріву всмоктуваного повітря; 20 – контрольні лампи; 21 – спідометр і тахометр; 22 – датчик атмосферного тиску; 23 – вмикачі спеціальних режимів; 24 – кінцеві вмикачі («нейтраль», паркувальне гальмо)

Він виконаний у вигляді навісного агрегату і подає до насос-форсунок також і паливо під тиском, близьким до тиску масла. Разом з насос-форсунками цей вузол становить механічну основу системи.

Основні переваги систем насос-форсунка-трубопровід перед насос-форсунками:

- простота в обслуговуванні завдяки роздільному розташуванню насоса і форсунки;
- менша висота двигуна завдяки окремому розташуванню в головці циліндрів насоса і форсунки;
- спрощений монтаж форсунки;
- головка блоку циліндрів аналогічна такій у звичайних двигунів, в зв'язку з чим немає необхідності в зміні головки при заміні традиційної системи живлення на систему насос-форсунка-трубопровід;
- відсутність приводних важелів насоса, так як привод здійснюється від роликowego штовхача, що спрощує конструкцію.

### Акумуляторні паливні системи Common Rail

Паливна система Common Rail (рис. 2.63) – найсучасніша система впорскування палива, яка може забезпечити найкращі характеристики роботи двигуна. Ця система стала використовуватися з кінця 1990-х років компанією Bosch і до сьогоднішнього дня нею оснащуються практично три чверті всіх дизельних двигунів, які сходять з конвеєрів.

Відмітна риса Common Rail – наявність акумулятора, в якому паливо знаходиться під постійним високим тиском і з нього подається до форсунок. Акумулятор – це загальна паливна магістраль (це відображено в назві Common Rail, що перекладається з англійської, як «загальна магістраль») або паливна рампа, в яку паливо нагнітається за допомогою ПНВТ.



Рис. 2.63. Паливна система Common Rail

Наявність акумулятора дозволяє значно поліпшити впорскування палива через форсунки (так як вони працюють під постійним тиском і тільки відкриваються в необхідні моменти, причому за один такт може проводитися до 9 впорскувань), а також спростити ПНВТ та інші деталі системи впорскування.

На сучасних двигунах система Common Rail повністю управляється електронікою. Блок управління на основі даних з декількох датчиків визначає кількість палива, що подається, моменти його подачі в циліндри і т.д. Це дозволяє досягти найкращої роботи двигуна і знизити його токсичність на всіх режимах.

Система Common Rail містить розподільний трубопровід (загальна рампа), лінії подачі палива і форсунки (рис. 2.64). Електронний блок управління (ЕБУ) за заданою програмою передає керуючий сигнал до соленоїда форсунки, яка подає паливо в камеру згоряння двигуна. Використання тут принципу поділу вузла, що створює тиск (насос високого тиску), і вузла впорскування (електромагнітна форсунка) забезпечує підвищення точності управління процесом згорання, а також збільшення тиску впорскування.

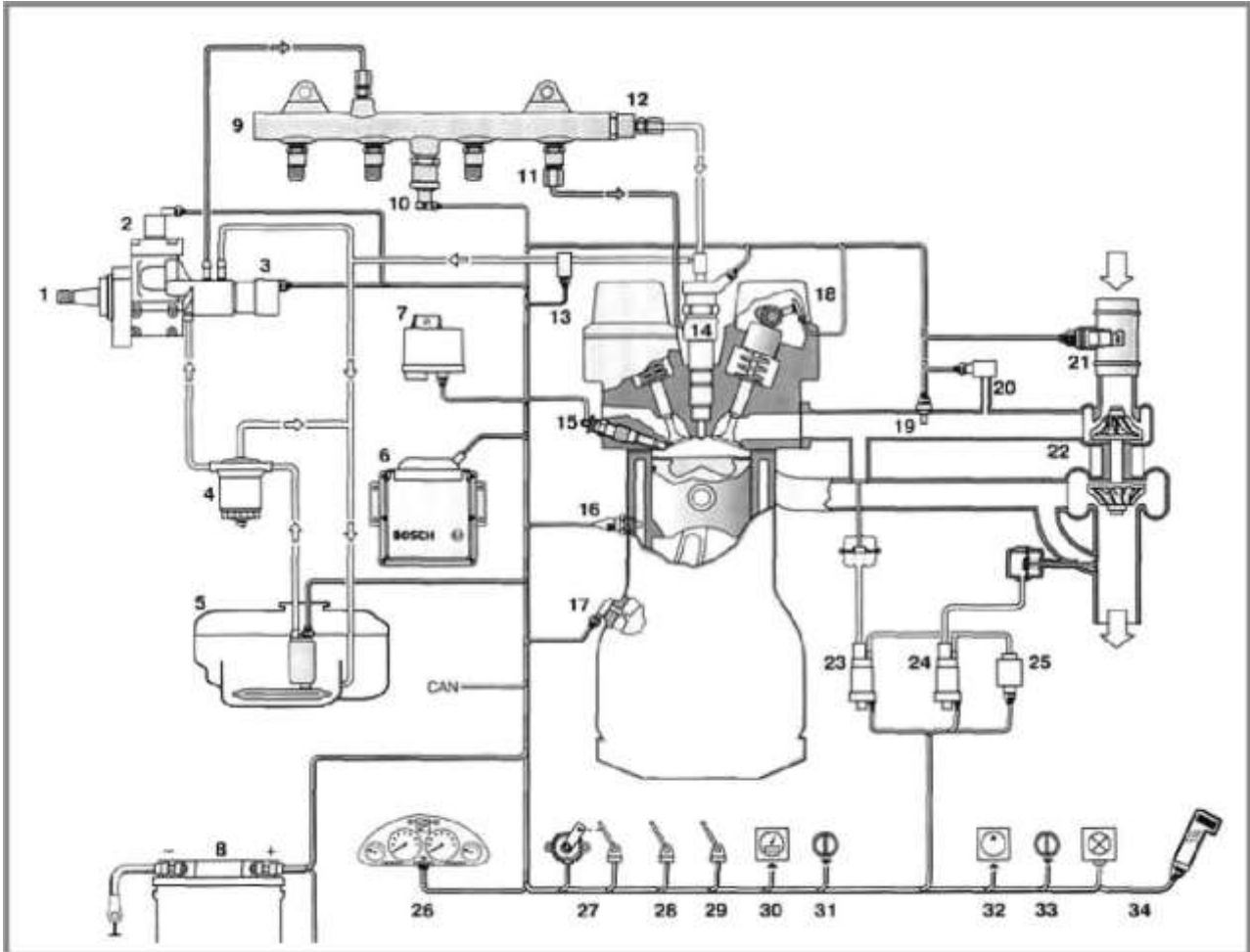


Рис. 2.64. Система впорскування палива Common Rail: 1 – ПНВТ; 2 – електромагнітний клапан виключення подачі; 3 – редукційний клапан ПНВТ; 4 – фільтр тонкого очищення палива; 5 – паливний бак з фільтром-паливозабірником і паливопідкачувальним насосом; 6 – ЕБУ; 7 – блок управління свічками розжарювання; 8 – акумуляторна батарея; 9 – акумулятор палива високого тиску; 10 – датчик тиску палива в акумуляторі; 11 – обмежувач подачі палива; 12 – регулятор тиску; 13 – датчик температури палива; 14 – форсунка; 15 – свічка розжарювання з закритим нагрівальним елементом; 16 – датчик температури охолоджуючої рідини; 17 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 18 – датчик частоти обертання розподільного вала; 19 – датчик температури повітря на впуску; 20 – датчик тиску наддуву; 21 – масовий витратомір повітря; 22 – турбокомпресор; 23 – привод клапана системи рециркуляції ВГ; 24 – привод клапана перепуску ВГ; 25 – вакуумний насос; 26 – панель приладів; 27 – датчик положення педалі акселератора; 28 – датчик положення педалі гальма; 29 – кінцевий вимикач на педалі зчеплення; 30 – датчик швидкості автомобіля; 31 – електронний блок управління системи підтримки швидкості автомобіля (Cruise Controller); 32 – компресор кондиціонера; 33 – блок управління компресором кондиціонера; 34 – дисплей системи діагностики з діагностичним роз’ємом

Паливна система Common Rail включає контури низького і високого тиску.

У контур низького тиску входять: паливний бак, паливопідкачувальний насос, паливний фільтр і сполучні трубопроводи.

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

Електронний блок управління системи Common Rail отримує електричні сигнали від наступних датчиків: положення колінчастого вала, положення розподільного вала, переміщення педалі «газу», тиску наддуву, температури повітря, температури охолоджуючої рідини, масової витрати повітря і тиску палива в акумуляторному вузлі.

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

У контурі низького тиску паливопідкачувальний насос, засмоктує паливо з бака, пропускає його через фільтр, в якому затримуються забруднення, і доставляє його до контуру високого тиску.

У контурі високого тиску насос високого тиску подає паливо в акумуляторний вузол, де воно знаходиться при максимальному тиску 135 МПа за допомогою контрольного клапана. Якщо контрольний клапан насоса високого тиску відкривається по команді ЕБУ, 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 соленоїд (електромагнітний клапан). При отриманні командного електричного сигналу від ЕБУ форсунка починає вводити паливо в відповідний циліндр. Впорскування палива триває до тих пір, поки електромагнітний клапан форсунки не відключиться по команді блоку управління, який визначає момент початку впорскування і кількість палива, отримуючи дані від датчиків і порівнюючи отримані значення зі спеціальною програмою, що закладена в пам'яті комп'ютера. Крім того, блок здійснює постійний контроль працездатності системи.

Оскільки в акумуляторному вузлі паливо знаходиться при постійному і високому тиску, це дає можливість впорскування невеликих і точно відміряних порцій палива. З'явилася можливість впорскування попередньої порції палива перед основною, що дає можливість значно поліпшити процес згорання.

*Характеристика системи Common Rail.* Для того, щоб найбільш повно вивчити особливості акумуляторної паливної системи Common Rail, необхідно провести порівняльний аналіз даної системи зі звичайною системою впорскування.

Звичайна система впорскування палива з розподільним пристроєм і

---

насосом прямого впорскування включає тільки головну фазу впорскування – без контрольного і пізнього впорскування. На розподільному паливному насосі з електромагнітним керуванням дії відбуваються з наближенням до контрольної фази впорскування палива. У звичайних системах операції створення тиску і регулювання кількості палива, що впорскується з'єднані один з одним за рахунок взаємодії кулачка і плунжера паливного насоса. Це впливає на наступні характеристики впорскування палива:

- тиск впорскування збільшується разом зі збільшенням швидкості і кількості повітря, що надходить у двигун;

- протягом фактичного процесу впорскування тиск збільшується і потім зменшується до заключного тиску впорскування.

В результаті цього:

- впорскується менша кількість палива з більш низьким тиском, ніж потрібно відповідно до кількості повітря, що надходить у двигун;

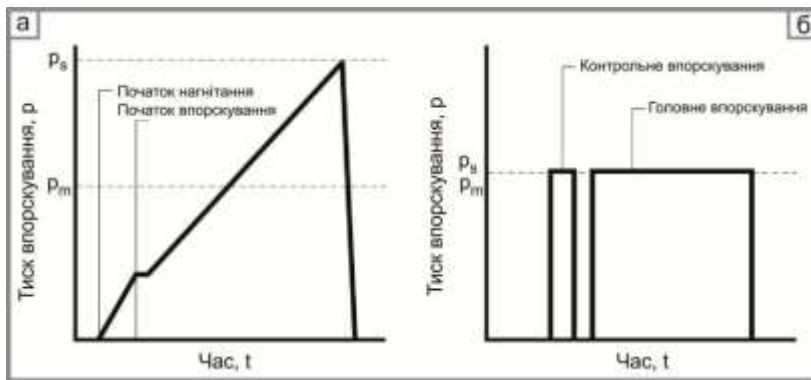


Рис. 2.65. Крива швидкості розвантаження: *a* – для звичайної системи упорскування палива; *б* – для системи упорскування палива Common Rail;  $p_m$  – середній тиск упорскування;  $p_s$  – піковий тиск упорскування

- піковий тиск становить більший, ніж подвоєне середнє значення тиску впорскування;

- відповідно до вимог, для ефективного згоряння, крива швидкості розвантаження фактично є трикутною (рис. 2.65, *a*).

Піковий тиск є вирішальним для механічного навантаження елементів паливного насоса і його

привода, що на звичайних системах впорскування палива має важливе значення для якості формування суміші в камері згоряння.

У порівнянні зі звичайними системами впорскування для отримання ідеальної характеристики впорскування необхідно виконати наступні вимоги:

- для кожного експлуатаційного режиму двигуна необхідний поділ вузла, що створює тиск, і вузла впорскування палива;

- в початковий момент впорскування кількість палива, що впорскується, має бути мінімальною (наскільки це можливо), тобто повинна враховуватися інерційність між початковим моментом упорскування і початком займання.

Ці вимоги виконуються системою впорскування Common Rail з її контрольними і головними фазами упорскування (рис. 2.65, *б*).

*Будова компонентів системи Common Rail.* Common Rail є блочною системою і її наступні вузли відповідають за характеристику впорскування палива:

- форсунки з електромагнітним керуванням, вкручені в головку циліндрів;
- акумулятор високого тиску (rail);
- паливний насос високого тиску.

Також для функціонування системи Common Rail необхідні наступні вузли:

- електронно-контрольний пристрій ECU;
- датчик частоти обертання колінчастого вала;
- датчик положення розподільного валу (датчик фази).

В паливній системі Common Rail турбодизеля PSA HDI (рис. 2.66) акумулятор високого тиску (відзначений жовтим) забезпечується паливом під тиском від насоса, який приводиться в дію зубчастим ременем. Індивідуальні трубки, приєднані до акумулятора, живлять кожен форсунку, які відкриваються в потрібний момент і на заданий проміжок часу за допомогою соленоїда, керованого електронікою. При необхідності це дає можливість зробити більш одного впорскування в кожному циклі кожного циліндра.

В якості паливопідкачувального насоса використовуються електричні насоси, які можуть встановлюватися як всередині бака, так і в трубопроводі між баком і фільтром. Конструкція таких насосів подібна до електричних бензонасосів, які застосовують в системах упорскування. При відключенні живлення електродвигуна насоса паливо перестає надходити до двигуна і він глухне.

Паливопідкачувальний насос, об'єднує в собі електродвигун і роликівий насос. Паливо протікає через електродвигун і охолоджує його. Насоси, розташовані всередині бака, краще охолоджуються і, як правило, мають менші розміри. На виході з насоса є зворотний клапан, необхідний для забезпечення стікання палива з трубопроводу назад в бак. В системі можуть використовуватися й інші типи паливопідкачувальних насосів, наприклад шестеренні.

Насос високого тиску цієї системи розташовується в підкапотному просторі автомобіля, зазвичай в тому ж місці, де і ПНВТ. Насос створює високий тиск, необхідний для впорскування палива на всіх режимах роботи дизеля.

Насос високого тиску (рис. 2.67) приводиться в дію від колінчастого вала двигуна за допомогою зубчастої, ланцюгової або пасової передачі. Насос змащується і охолоджується самим паливом. На вході в насос встановлений запобіжний клапан, який не допускає падіння тиску в системі.

Три плунжера приводяться в дію ексцентриком, встановленим на валу насоса. При русі плунжера вниз під дією пружини відкривається клапан і паливо заповнює простір над плунжером. При ході плунжера вгору клапан закривається і паливо стискається плунжером.



Рис. 2.66. Паливна система Common Rail на турбодизелі PSA HDI

Акумуляторний вузол (рис. 2.68) є загальним для всіх циліндрів двигуна. Застосування акумуляторного вузла відповідного об'єму знижує пульсації тиску палива. Для того щоб максимально знизити пульсації тиску, об'єм рамп повинен бути якомога більшим, хоча, з іншого боку, це може привести до затримки при заповненні цього вузла паливом, а отже, до затримки пуску двигуна. У зв'язку з цим конструкторам доводиться йти на певний компроміс. Виготовляється вузол з високоміцної сталі.

Контрольний клапан тиску (рис. 2.69), що входить в блок управління і підтримує постійний тиск в акумуляторному вузлі, управляється комп'ютером. Застосовуються два варіанти установки клапана: на насосі високого тиску або безпосередньо на акумуляторному вузлі.

Сідло клапана закрито кулькою, на який з одного боку впливає тиск палива, а з іншого – сумарна сила від пружини сердечника клапана і електромагніта. Електромагніт управляється змінним струмом від блоку управління. При збільшенні тиску палива понад заданої величини клапан відкривається і паливо скидається в зливну магістраль, зменшуючи тиск в акумуляторному вузлі.

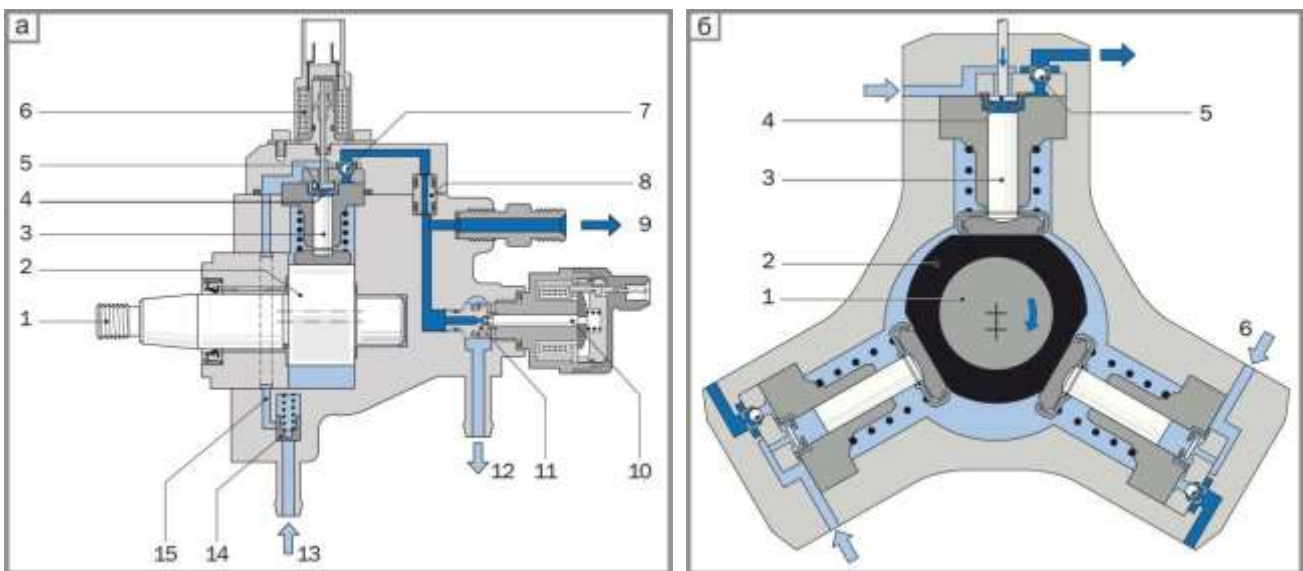


Рис. 2.67. Схема пристрою ПНВТ: *а* – поздовжній розріз: 1 – вал привода; 2 – ексцентриковий кулачок; 3 – плунжер з втулкою; 4 – камера над плунжером; 5 – впускний клапан; 6 – електромагнітний клапан відключення плунжерній секції; 7 – випускний клапан; 8 – ущільнення; 9 – штуцер магістралі, що веде до акумулятора високого тиску; 10 – клапан регулювання тиску; 11 – кульковий клапан; 12 – магістраль зворотного зливу палива; 13 – магістраль подачі палива до ПНВТ; 14 – захисний клапан з дросельним отвором; 15 – перепускний канал низького тиску; *б* – поперечний розріз: 1 – вал привода; 2 – ексцентриковий кулачок; 3 – плунжер з втулкою; 4 – впускний клапан; 5 – випускний клапан; 6 – подача палива

На основі сигналу від датчика тиску ЕБУ визначає тиск в акумуляторному вузлі.

У форсунках двигуна є електромагніти, які керують роботою даних форсунок, отримуючи електричні сигнали від електронного блоку управління (рис. 2.70).



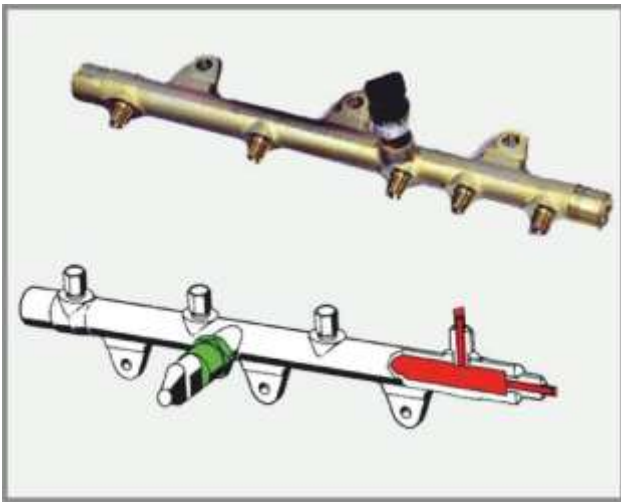


Рис. 2.68. Акумуляторний вузол системи Common Rail



Рис. 2.69. Клапан контролю тиску

Паливо в форсунку подається через вхідний штуцер високого тиску і далі в канал та камеру гідроправління через «живлячий» жиклер. Камера гідроправління з'єднується з лінією повернення палива через жиклер камери гідроправління, який відкривається електромагнітним клапаном. При закритому жиклері сили гідравлічного тиску, прикладені до керуючого плунжеру, перевершують сили тиску, прикладені до запічок голки форсунки. В результаті голка сідає на сідло і закриває прохід палива під високим тиском в камеру згоряння. При подачі пускового сигналу на електромагнітний клапан жиклер відкривається, тиск в камері гідроправління падає, і, в результаті сила гідравлічного тиску на керуючий плунжер також зменшується. Оскільки сила гідравлічного тиску на керуючий плунжер виявляється менше сили, що діє на запічок голки форсунки, остання відкривається і паливо через соплові отвори впорскується в камеру згоряння.

Таке непряме управління голкою форсунки, що використовує систему мультиплікатора, дозволяє забезпечити дуже швидкий підйом голки, що неможливо зробити шляхом прямого впливу електромагнітного клапана.

Робота форсунки може бути розділена на чотири робочих стадії при працюючому двигуні й створенні високого тиску ПНВТ:

- форсунка закрита з доданим високим тиском;
- форсунка відкривається (початок впорскування);
- форсунка повністю відкрита;
- форсунка закривається (кінець впорскування).

Ці робочі стадії є результатом дії сил, прикладених до деталей форсунки.

При зупиненому двигуні та відсутності тиску в акумуляторі форсунка закрита під дією пружини. При закритій форсунці живлення на електромагнітний клапан не подається (рис. 2.70, а). При закритому жиклері камери гідроправління пружина якоря притискає кульку до сідла. Високий тиск, що подається в камеру і до розпилювача форсунки з акумулятора, збільшується. Таким чином, високий тиск, що діє на торець керуючого плунжера, разом із зусиллям пружини тримають форсунку закритою, долаючи

сили тиску в камері розпилювача.

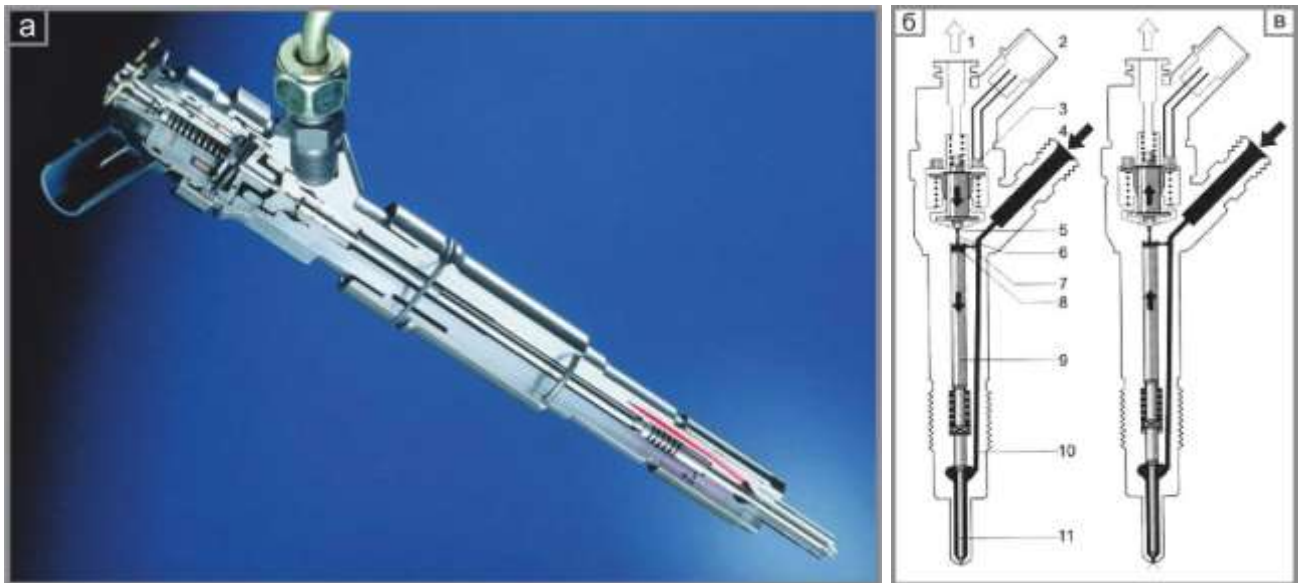


Рис. 2.70. Форсунки системи Common Rail дизеля BMW: *а* – загальний вигляд; *б* – форсунка закрита; *в* – форсунка відкрита (впорскування); *1* – повернення палива; *2* – електричні виводи; *3* – електромагнітний клапан; *4* – вхід палива з акумулятора; *5* – кульковий клапан; *6* – жиклер камери гідроправління; *7* – «живлячий» жиклер; *8* – камера гідроправління; *9* – керуючий плунжер; *10* – канал до розпилювача; *11* – голка форсунки

Перед початком процесу упорскування, ще при закритій форсунці, на електромагнітний клапан подається великий струм, що забезпечує швидкий підйом кулькового клапана (рис. 2.70, б). Кульковий клапан відкриває жиклер камери гідроправління і, оскільки в даний момент електромагнітна сила перевершує силу пружини якоря, клапан залишається відкритим. Практично одночасно сила струму, що подається на обмотку електромагнітного клапана, зменшується до величини, необхідної для утримання якоря. Це можливо тому, що повітряний зазор для електромагнітного потоку тепер зменшується. При відкритому жиклері паливо може витікати з камери гідроправління в верхню порожнину і далі по лінії повернення палива в бак. Тиск в камері гідроправління зменшується, порушується баланс тисків і тиск в камері розпилювача, що дорівнює тиску в акумуляторі, виявляється вище тиску в камері гідроправління. В результаті сила тиску, що діє на торець керуючого плунжера, зменшується, голка форсунки піднімається і починається процес впорскування палива. Швидкість підйому голки форсунки визначається різницею витрат через жиклер і соплові отвори. Керуючий плунжер досягає верхнього упору, де залишається, підтримуваний «буферним» шаром палива, що утворюється в результаті зазначеної вище різниці витрат через жиклер і соплові отвори. Голка форсунки тепер повністю відкрита і паливо впорскується в камеру згоряння під тиском, практично рівним тиску в акумуляторі. Розподіл сил на форсунки подібний розподілу в фазі відкриття.

Як тільки припиняється подача палива на електромагнітний клапан, пружина якоря переміщує його вниз і кульковий клапан закривається. Якір

складається з двох частин, тому, хоча тарілка якоря переміщається вниз заплечиком, вона може надавати протидію зворотній пружині, що зменшує напруги на якір і кулька. Закриття жиклера призводить до підвищення тиску в камері гідроуправління при потраплянні до неї палива через «живлячий» жиклер. Це тиск, що дорівнює тиску в акумуляторі, діє на торець керуючого плунжера, і сила тиску разом з силою пружини долають силу тиску, що діє на заплечик голки форсунки, яка закривається. Швидкість посадки голки форсунки на сідло, тобто швидкість закриття форсунки, визначається витратою через «живлячий» жиклер. Впорскування палива припиняється, як тільки голка форсунки сідає на сідло.

Одним із шляхів вдосконалення системи Common Rail є зменшення часу відкриття форсунки. Мінімальний час відкриття форсунки для електромагніту з рухомим сердечником становить 0,5 мс, що не дозволяє оперативно змінювати подачу палива. Для більш швидкого спрацьовування форсунки концерн Siemens розробив п'єзокерамічний інжектор, який працює вчетверо швидше.

Відомо, що при подачі електричної напруги на п'єзокерамічну пластинку вона на кілька мікронів змінює свою товщину. П'єзоелемент, який є виконавчим елементом форсунки, являє собою паралелепіпед довжиною 30...40 мм, що складається зі спечених між собою 300 керамічних пластинок (кристалів). Для посилення п'єзоефекту в кераміку додають паладій і цирконій. Після подачі напруги п'єзоелемент подовжується в цілому на 0,04 мм. Винахідникам німецької фірми Bosch вдалося створити 280-шаровий пакет з п'єзокераміки, що розширюється на 80 мкм всього за 0,1 мс. Цього достатньо, щоб впливати на голку форсунки із зусиллям 6300 Н. Розвитком форсунок з п'єзоелементом стало перенесення керуючого клапана в нижню частину форсунки (рис. 2.71).

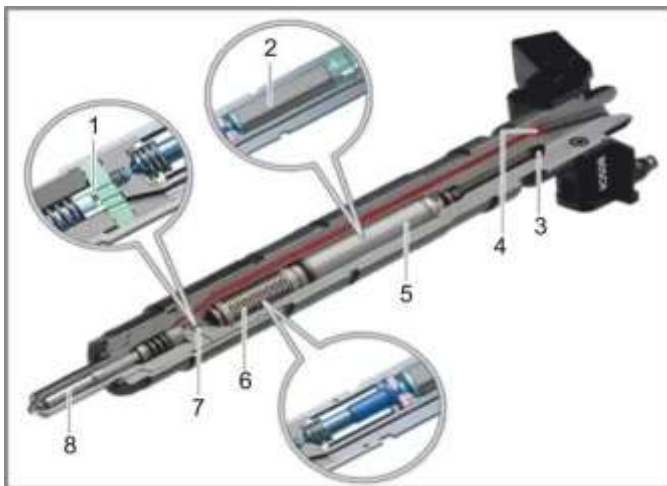


Рис. 2.71. Конструкція п'єзоелектричної форсунки: 1 – управляюча камера; 2 – п'єзоелемент; 3 – канал зворотного паливопроводу; 4 – канал підведення палива високого тиску; 5 – силовий модуль; 6 – управляючий модуль; 7 – перемикаючий клапан; 8 – голка розпилювача

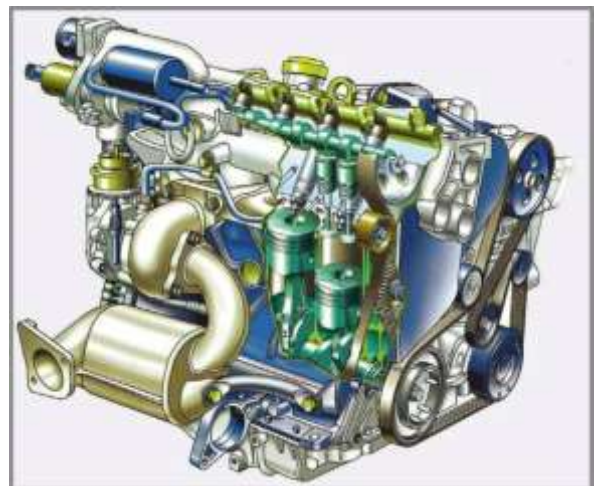


Рис. 2.72. Турбодизель Renault об'ємом 1,9 л з системою Common Rail був випущений в 2000 р. Паливна рампa (позначена жовтим) встановлена паралельно розподільному валу

Якщо в системах Common Rail з електрогідравлічними форсунками тиск впорскування становив близько 135 МПа, то для систем з п'єзогідравлічними форсунками тиск зріс до 165 МПа.

Завдяки тому, що п'єзофорсунки мають набагато менший час спрацьовування, ніж традиційні електромагнітні, став можливим поділ порції впорскуваного палива на кілька окремих мікродоз (до семи за один робочий процес). Після багаторазових попередніх впорскувань дуже невеликих кількостей палива відбувається або основне впорскування, або при необхідності багато так званих «післявпорскувань».

Час між попередніми впорскуванням і основним впорскуванням становить 100 мс. Об'єм палива, що потрапляє в циліндр у момент кожного попереднього впорскування, становить 1,5 мм<sup>3</sup>. Це робиться для рівномірного розподілу тиску в камері згоряння і, відповідно, зменшення шуму, створюваного в процесі згоряння, а також для зниження токсичності відпрацьованих газів. Крім того, в разі, коли в випускній системі встановлено фільтр для уловлювання незгорілих частинок, така технологія за рахунок високої температури сприяє його очищенню, що особливо актуально для двигунів з великим робочим об'ємом.

Один з перших дизелів з системою Common Rail був турбодизель Renault (рис. 2.72), серійне виробництво якого і позитивні відгуки двигунобудівників поклало початок застосування системи Common Rail практично на всіх потужних ДВЗ.

*Електронне управління дизелів (EDC) з системою Common Rail.* Дане управління, наприклад на дизелі FPT, включає три головні системні блоки (рис. 2.73):

- датчики і генератори імпульсів для реєстрації експлуатаційних умов і генерування бажаних значень параметрів. Вони перетворюють різні фізичні параметри в електричні сигнали;
- електронний блок управління (ЕБУ) обробляє інформацію, отриману від датчиків і генераторів відповідно до даного алгоритму управління для генерування вихідних електричних сигналів;
- виконавчі пристрої, що перетворюють електричні вихідні сигнали ЕБУ в механічні величини.

*Датчик частоти обертання колінчастого вала* базується на оцінці кутових імпульсів зубчастого диска, що встановлений на колінчастому валу, а у датчику частоти обертання розподільного вала для визначення його положення використовується ефект Холла. Інформація від даних датчиків поступає у ЕБУ. Датчик положення педалі акселератора базується на оцінці потенціометром напруги, пропорційній положенню педалі.

*Датчик тиску наддуву (BPS – boost-pressure sensor)* пневматично з'єднується з впускним колектором і, таким чином, вимірює абсолютний тиск в межах від 0,05 до 3,0 МПа. Датчик розділений на камеру тиску з двома чутливими елементами і на камеру для обчислювального контура. Чутливі елементи і обчислювальний контур вмонтовуються на загальному керамічному чіпі.

Кожен чутливий елемент включає тонку куполоподібну діафрагму, що

---

визначає початковий об'єм з певним тиском. Переміщення діафрагми є функцією тиску наддуву.

На поверхні діафрагми розташовані п'єзорезистори, опір яких змінюється, коли до них прикладається механічна напруга. Ці резистори сполучені в мостову схему, тож переміщення діафрагми викликає зміну балансу моста, а це означає, що напруга моста є мірою тиску наддуву.

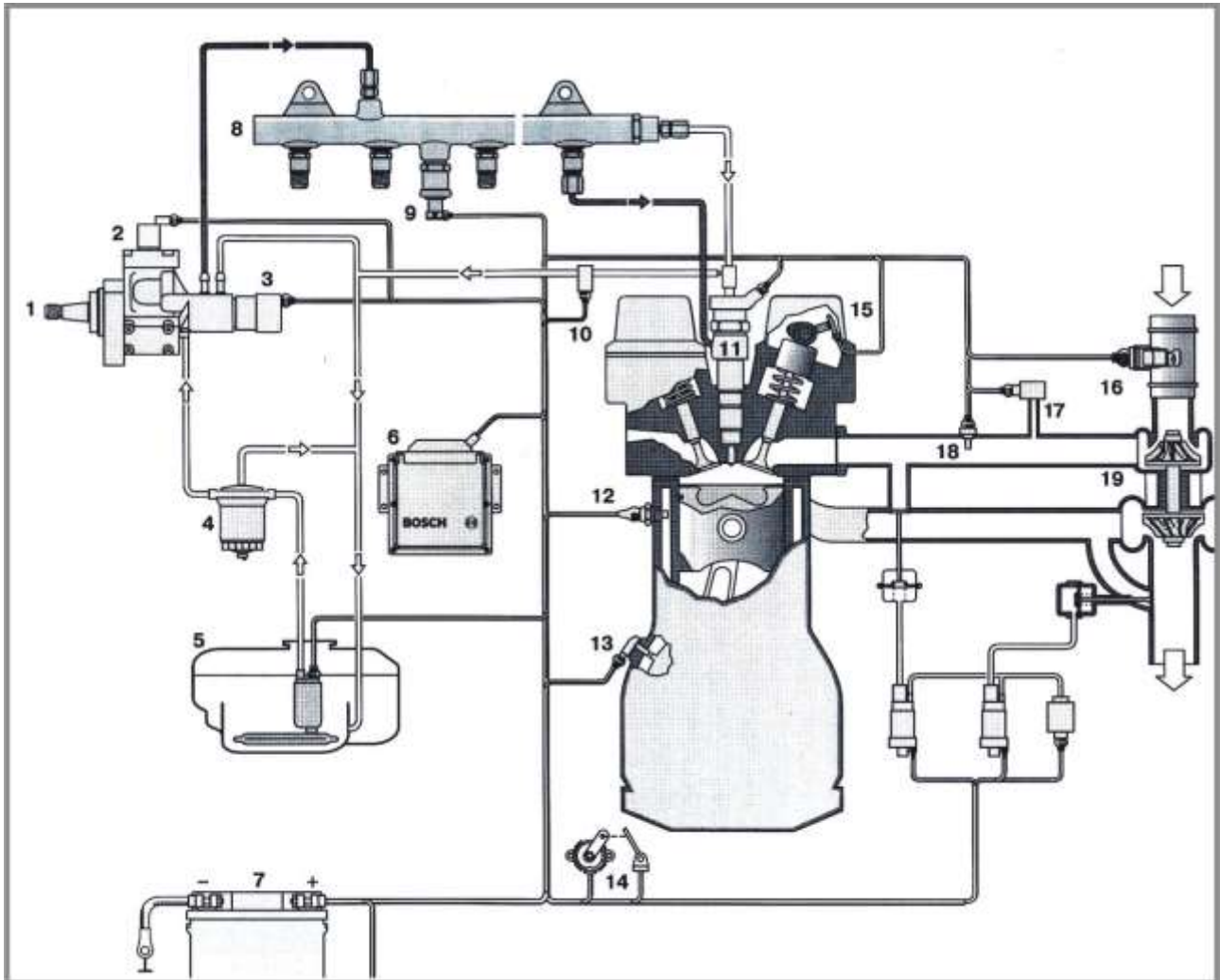


Рис. 2.73. Компоновка датчиків системи електронного управління (EDC) паливною системою Common Rail на дизелі: 1 – ПНВТ; 2 – електромагнітний клапан виключення подачі; 3 – редукційний клапан ПНВТ; 4 – фільтр тонкого очищення палива; 5 – паливний бак з фільтром-паливозабірником; 6 – ЕБУ; 7 – акумуляторна батарея; 8 – акумулятор палива високого тиску; 9 – датчик тиску палива в акумуляторі; 10 – датчик температури палива; 11 – форсунка; 12 – датчик температури охолоджувальної рідини; 13 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 14 – датчик положення педалі акселератора; 15 – датчик частоти обертання розподільного вала; 16 – масовий витратомір повітря; 17 – датчик тиску наддуву; 18 – датчик температури повітря на впуску; 19 – турбокомпресор

Обчислювальний контур служить для посилення напруги моста, компенсації температурного впливу і лінеаризації характеристики тиску. Вихідний сигнал оціночного контура надходить в ЕБУ, де за допомогою запрограмованої кривої характеристики використовується для розрахунку тиску наддуву.

Для того, щоб відповідати обмеженням по емісії шкідливих речовин з ВГ двигуна, прийнятим правилам, що накладаються законодавчо, необхідно точно забезпечувати необхідний склад паливо-повітряної суміші в камері згоряння. Це особливо важливо, коли двигун працює на несталих режимах. Тому необхідні датчики, які можуть точно вимірювати дійсну масову витрату повітря, що подається в циліндри двигуна. Точність вимірювань датчиком не повинна залежати від пульсацій, зворотних потоків, рециркуляції ВГ, змінних фаз газорозподілу і змін температури повітря на впуску.

Всі ці умови виконуються масовим витратоміром повітря з плівковим термоанемометром (рис. 2.74). У термоанемометричному масовому витратомірі повітря датчик виконаний у вигляді нитки, що нагрівається електричним струмом і охолоджується потоком повітря на впуску. Використовувана тут система мікромеханічного вимірювання реєструє масову витрату повітря і його напрям. У цій системі також визначаються зворотні потоки повітря, що мають місце за наявності пульсацій потоку.

Чутливий елемент датчика мікромеханічної системи вимірювання розташовується в каналі корпусу датчика, який може бути розташований в повітряному фільтрі або у вимірювальному патрубку впускного колектора.

Є різні розміри вимірювальних патрубків, що залежать від величини максимальної витрати повітря. Характеристика сигналу напруги як функція витрати повітря розділена на сектори по сигналах прямого потоку і зворотного струму. Для того щоб підвищити точність вимірювань, вимірювальний сигнал порівнюється з еталонною напругою, що формується в системі управління двигуна. Форма характеристичної кривої виконана так, що дозволяє сервісній майстерні використовувати систему управління двигуна для діагностування розімкненого електричного ланцюга. Датчик може бути використаний для вимірювання температури повітря на впуску.

Електронний блок управління (ЕБУ) оцінює сигнали, отримані від зовнішніх датчиків, і ставить

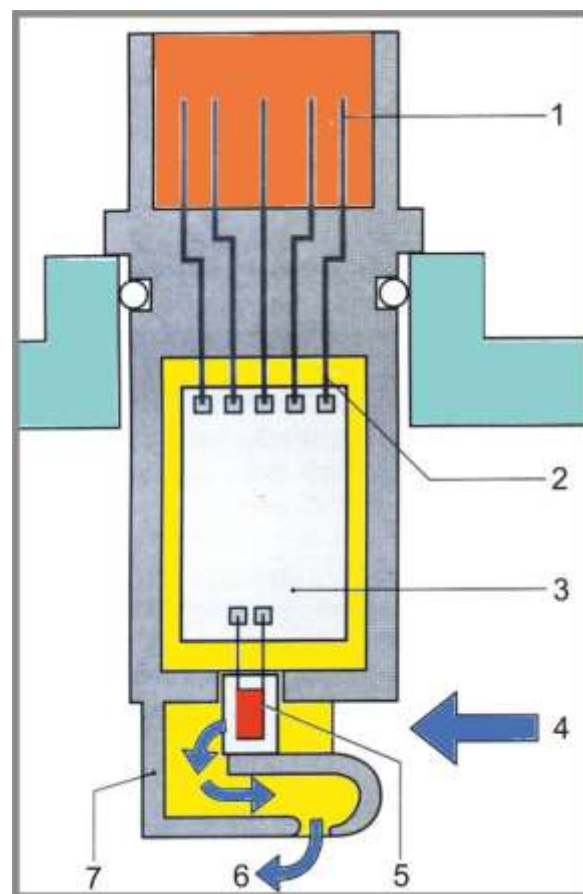


Рис. 2.74. Схема масового витратоміру повітря з плівковим термоанемометром:

- 1 – виводи електричного роз'єму,
- 2 – внутрішні електричні з'єднання,
- 3 – обчислювальний контур (гібридна схема),
- 4 – вхід повітря,
- 5 – чутливий елемент датчика;
- 6 – вихід повітря, 7 – корпус датчика

обмеження по допустимому рівню напруги. Використовуючи ці вхідні дані та програмовані матриці, що зберігаються в пам'яті, мікропроцесор розраховує тривалість і кут випередження (момент початку) впорскування і перетворює ці дані в сигнали для характеристик, як функції часу, які потім адаптуються до руху поршнів. Враховуючи високі динамічні навантаження двигуна і велику частоту обертання, потрібні високі обчислювальні можливості мікропроцесора, щоб відповідати вимогам по точності обчислень. Вихідні сигнали використовуються для запуску каскадів, що задають і передають відповідну потужність для всіх виконавчих пристроїв (наприклад, електромагнітних клапанів), включаючи приводи для таких функцій двигуна, як рециркуляція ВГ і перепускання газів повз турбіни турбокомпресора, а також для додаткових функцій, як реле свічок розжарювання і кондиціонер. Каскади захищаються від руйнування і пошкоджень внаслідок короткого замикання й електричного перевантаження. Сигнали про такі порушення в роботі, як обрив електричного ланцюга, передаються назад в мікропроцесор.

Діагностичні функції каскадів керування електромагнітними клапанами також визначають сигнальний код несправності. Крім того, певне число вихідних сигналів надходить іншим системам двигуна через інтерфейс. ЕБУ також відстежує роботу всієї системи паливоподачі в межах рамок концепції безпеки.

Функція відкриття форсунок накладає особливо високі вимоги на роботу каскадів керування. Струм живлення, що подається у форсунку даними каскадами, генерує електромагнітні сили, прикладені до електромагнітного клапана системи високого тиску форсунки. Для того, щоб забезпечити дуже жорсткі допуски, тобто високу точність відтворюваності циклової подачі, на котушку клапана повинен подаватися імпульс пускового струму з крутим фронтом, що у свою чергу вимагає від ЕБУ можливості створення високої напруги.

Електричний контур управління розділяє період живлення котушки клапана, тобто період упорскування палива, на фазу збільшення (підйому) струму і фазу утримання струму. Робота електромагнітного клапана має бути виключно точною, щоб забезпечити відтворюваність циклової подачі на даному експлуатаційному режимі. Крім того, мають бути зменшені втрати в ЕБУ і форсунках.

ЕБУ розміщується в металевому корпусі. Датчики, виконавчі пристрої і лінія подачі електричного живлення під'єднуються до ЕБУ через багатоштирковий роз'єм. Силові елементи, які забезпечують безпосередній пуск виконавчих пристроїв (приводів), вбудовані в ЕБУ так, щоб ефективно розсіювати теплову енергію, передаючи її до корпусу ЕБУ.

Для забезпечення протікання оптимального процесу згоряння в двигуні ЕБУ на кожному режимі розраховує необхідну в даний момент циклову подачу палива. У цьому процесі необхідно взяти до уваги безліч чинників.

В ЕБУ вбудована *система діагностики*. Для того, щоб упевнитися в наявності нормальної напруги живлення і в тому, що вихідний сигнал датчика знаходиться в допустимих межах (наприклад, для температурного датчика це

діапазон між  $-40$  і  $+150^{\circ}\text{C}$ ), робота датчиків відстежується вбудованими діагностичними пристроями. По можливості, важливі сигнали дублюються (принцип резервування) і, таким чином, завжди є можливість отримання іншого подібного сигналу у разі несправності.

На додаток до мікропроцесора в ЕБУ двигуна є також модуль поточного контролю, при цьому відстежується взаємна робота. Якщо в процесі роботи визначається наявність помилки, кожен з блоків системи може припинити подачу палива незалежно від іншого блоку.

Визначення несправностей можливе тільки в межах діапазону роботи даного датчика. Шлях проходження сигналу ідентифікується як несправність, якщо вона присутня протягом довшого періоду часу в порівнянні з передвстановленим. В цьому випадку код несправності зберігається в пам'яті ЕБУ двигуна разом з даними умов, при яких несправність трапилася (температура охолоджувальної рідини, частота обертання колінчастого валу і так далі). Для багатьох несправностей можлива повторна перевірка датчика («OK again»), при цьому шлях проходження сигналу повинен ідентифікуватися як непошкоджений протягом певного періоду часу.

Якщо вихідний сигнал датчика виходить за допустимі межі, то відбувається перемикання на значення сигналу за умовчанням. Ця процедура використовується стосовно наступних вхідних сигналів:

- напруги акумуляторної батареї;
- температури охолоджувальної рідини, повітря на впуску, моторного масла;
- тиску наддуву;
- атмосферного тиску;
- витрати повітря на впуску.

Крім того, відбувається заміна сигналу датчика положення педалі акселератора у разі недостовірних сигналів від датчиків положення педалі акселератора і/або гальм.

### ***Режими роботи системи живлення дизеля***

---

Режими роботи системи живлення дизеля при експлуатації автомобіля необхідно змінювати при пуску дизеля й зміні його навантаження.

Пуск дизеля охоплює наступні процеси: прокручування стартером кривошипно-шатунного механізму, займання суміші в циліндрах і збільшення оборотів колінчастого вала до режиму холостого ходу. Розігріте в ході стиснення повітря повинно запалити впорснуте паливо (початок згоряння). Необхідна для займання дизельного палива мінімальна температура становить близько  $250^{\circ}\text{C}$ .

Ця температура повинна гарантуватися з необхідною надійністю при низькій частоті обертання колінчастого вала, низьких температурах навколишнього середовища і низькій температурі охолоджуючої рідини (холодний двигун).



Найчастіше швидкий пуск дизеля ускладнюється нижчепереліченими причинами.

Чим нижче частота обертання колінчастого вала, тим нижче кінцевий тиск стиснення  $i$ , відповідно, кінцева температура (рис. 2.75). Причинами цього є витоки заряду, які відбуваються в зазорах поршневих кілець між поршнем і стінкою циліндра, а також через первісну масляну плівку, що ще не утворилася. Через втрату тепла під час стиснення, максимум температури стиснення доводиться на кут за кілька градусів до ВМТ.

На холодному двигуні відбуваються значні втрати тепла на такті стиснення. У двигунів з розділеними камерами згоряння ці втрати особливо високі через більшу площину поверхні камер згоряння.

Через збільшену в'язкість моторного масла при низькій температурі пуск ускладнюється підвищеним механічним тертям в кривошипно-шатунному механізмі.

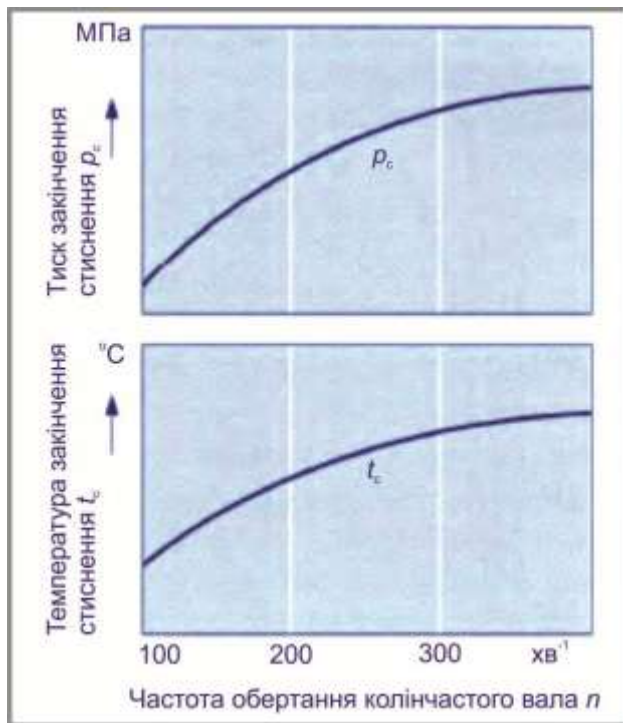


Рис. 2.75. Залежність тиску і температури закінчення стиснення від частоти обертання колінчастого вала. Двигун: 6 циліндровий дизель вантажного автомобіля з системою впорскування Common Rail. Режим експлуатації:  $n = 1400 \text{ xv}^{-1}$ , навантаження – 50%. Зміна тривалості впорскування в даному випадку проводиться шляхом зміни тиску впорскування

Частота обертання вала стартера особливо знижується через падаючу на холоді напругу акумуляторної батареї.

При низьких температурах в невідготовленому до зимових умов експлуатації паливі може кристалізуватися парафін.

Умови експлуатації вантажного автомобіля передбачають перехід між режимами роботи дизеля, що досягається зміною його циклової подачі палива. У даному випадку робота двигуна може описуватися полями характеристик. Якщо змінюються, наприклад, навантаження, частота обертання колінчастого вала або положення педалі газу, двигун змінює свій робочий стан (наприклад, частоту обертання колінчастого вала, крутний момент і т.д.).

Поле характеристик на рис. 2.76 показує приклад того, як змінюється частота обертання, якщо зусилля натискання педалі газу змінюється з 40 % до 70%.

В даному полі характеристик робота двигуна переходить з робочої точки А через повне навантаження (В-С) в нову робочу точку D), відповідну частковому навантаженню. Там потрібна і віддана двигуном потужність порівнюються.

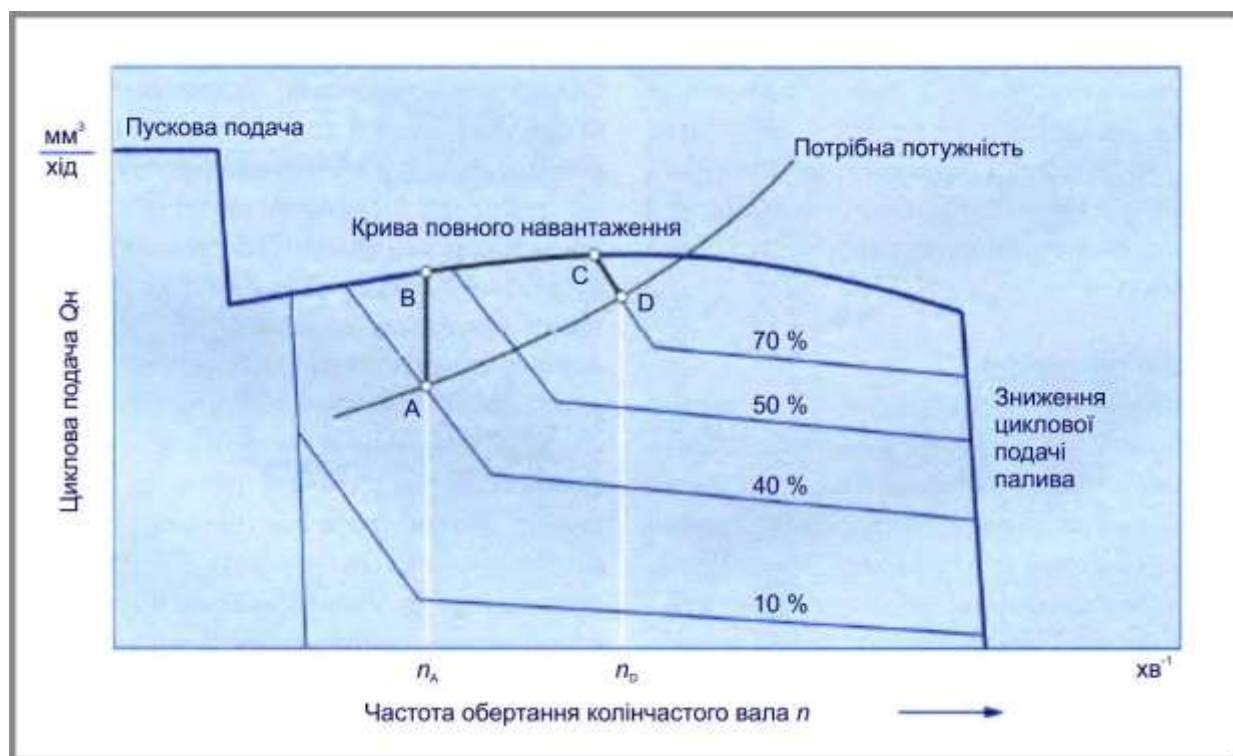


Рис. 2.76. Приклад характеристики циклової подачі палива в залежності від частоти обертання колінчастого вала і положення педалі газу

Частота обертання колінчастого вала підвищилася з величини  $n_A$  до величини  $n_D$  шляхом зміни циклової подачі палива.

### Дизельне паливо

Дизельне паливо має самозапалитися при контакті з гарячим стисненим повітрям при температурі близько  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Воно повинно горіти повільно. Ось чому дизельне паливо менш летке, а на відчуття здається липким, і в дійсності набагато щільніше бензину (якби паливо продавалося на вагу, а не на об'єм, дизелі не здавалися б такими економічними). Здатність дизельного палива запалити при контакті з гарячим повітрям оцінюється «цетановим числом». Сам цетан є легкозаймистою рідиною і його цетанове число дорівнює 100. Існуючі дизельні палива мають цетанове число 45-50, вищі числа кращі для сучасних дизельних двигунів.

Енерговміст дизельного палива на одиницю об'єму зростає зі збільшенням щільності. Паливо продається в одиницях об'єму і дозується обладнанням впорскування таким же чином. Якщо двигун повинен експлуатуватися на паливі «середньої» щільності, то при використанні палива з більш високою щільністю збільшуються потужність і димність двигуна; зі зменшенням щільності ці параметри знижуються. Зміна щільності в залежності від температури враховується електронною системою регулювання роботи дизеля. У зв'язку з цим основна вимога до дизельного палива звучить так: «менша залежність від розкиду щільності палива». Датчик щільності палива міг би

також вирішити цю проблему. У всьому світі розкид щільності вироблених дизельних палив більше, ніж це допускається європейським стандартом EN 590 – 820...845 кг/м<sup>3</sup>.

Щільність палива пов'язана з його в'язкістю: занадто мала в'язкість при низькій частоті обертання колінчастого вала веде, зокрема, до витоку в паливній апаратурі й в той же час до недостатньої потужності, а також до проблем гарячого пуску.

Занадто висока в'язкість перешкоджає роботі ПНВТ і веде до поганого розпилювання палива, тому в'язкість дизельного палива повинна залишатися в межах, визначених стандартом EN 590.

Якщо залити в дизельний двигун помилково бензин, то отримаєте два види неприємностей. Сила, з якою згоряє бензин, може швидко пошкодити двигун, але двигун майже напевно зупиниться до цього. Це пов'язано з тим, що дизельне паливо хороший мастильний матеріал – ось чому воно здається липким на дотик – і тому дизельні паливні насоси змащуються, коли через них проходить паливо. Бензин далеко не мастило, він дуже хороший розчинник, тому насос дизельної паливної системи заклинить дуже швидко, якщо його живити бензином. При дуже низьких температурах, від мінус 20 °С і нижче, іноді необхідно розбавляти дизельне паливо, інакше воно може взагалі втратити плинність. Якщо виникла така необхідність, воно розбавляється гасом, але ніколи бензином.

Дизельне паливо високої якості відрізняється наступними показниками:

- високе цетанове число;
- відносно низька температура закінчення розгону;
- щільність і в'язкість з незначними розкидками величин;
- низький вміст ароматики і, зокрема, поліароматиків;
- низький вміст сірки (<0,001%).

Крім того, для довговічного і незмінного функціонування системи впорскування особливо важливі:

- хороші змащувальні властивості;
- відсутність води;
- незначний вміст забруднень.

---

## **§ 18**

### **СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ГАЗОВИХ ДВИГУНІВ ТА ГАЗОДИЗЕЛІВ**

---

#### *Газовий двигун*

---

Газомоторне паливо має ряд переваг перед дизельним. Це екологічний вихлоп, що задовольняє поточні і навіть майбутні законодавчі вимоги до токсичності. В рамках культу глобального потепління це важлива перевага, оскільки норми Euro-5, Euro-6 і всі наступні будуть насаджуватися в обов'язковому порядку і проблему з вихлопом так чи інакше доведеться

вирішувати. До 2020 р. в Євросоюзі для нових транспортних засобів будуть дозволені викиди в середньому не більше 95 г CO<sub>2</sub> на кілометр. До 2025 року цю допустиму межу можуть зменшити. Двигуни на метані здатні задовольнити ці норми токсичності, і не тільки завдяки меншому викиду CO<sub>2</sub>. Показники викидів твердих частинок в газових двигунах також нижчі, ніж у бензинових або дизельних аналогів.

Газомоторне паливо не змиває масло зі стінок циліндра, що уповільнює їх знос і підвищує ресурс. І головна перевага газомоторного палива – це знижена ціна в порівнянні з дизельним паливом.

У газових двигунах можна застосовувати два способи подавання газу в двигун: під дією розрідження в впускному колекторі (ежекторні системи) і через форсунки під тиском 0,07...0,2 МПа (інжекторні системи). Поки що поширення отримали ежекторні системи.

Системи живлення газових двигунів вантажних автомобілів поділяються на два основних види: для стиснутих газів і для зріджених газів (рис. 2.77).

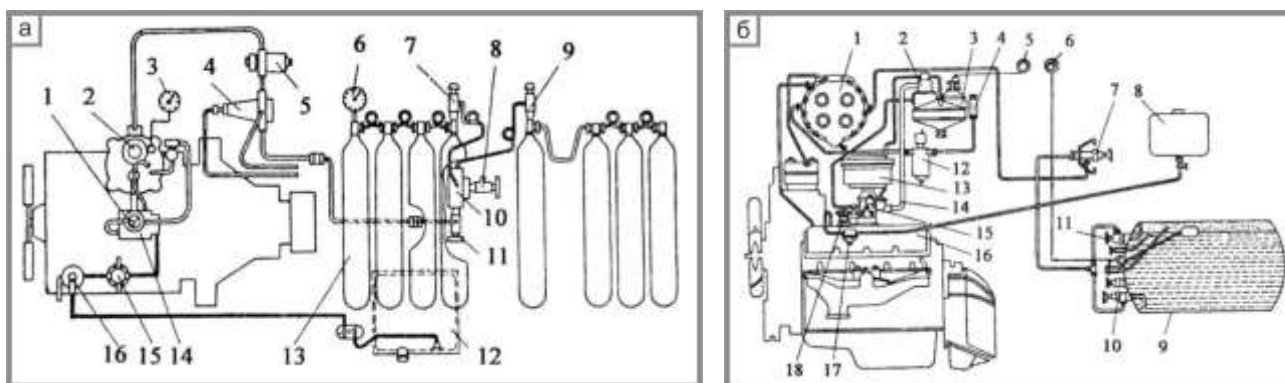


Рис. 2.77. Схема системи живлення газових двигунів стиснутим (а) і зрідженим газом (б)

У системах живлення для стиснутих газів (рис. 2.77, а) останній міститься у балонах високого тиску 13 для забезпечення достатнього запасу газу, а отже, і радіусу дії автомобіля на одній заправці. Балон має запірні вентилі 7 та 9, які з'єднані трубопроводами з розподільною хрестовиною 10. На хрестовині розміщені вентиль 8 для наповнення і вентиль 11 для витрачання газу. Через витратний вентиль 11 газ направляєється в одноступеневий редуктор високого тиску 4, який обладнано підігрівником газу. Необхідність у підігрівникові газу викликана тим, що тиск газу в редукторі високого тиску різко знижується до 0,9...1,2 МПа. При швидкому падінні тиску газу зменшується його температура, що може призвести до замерзання водяної пари, яка є в газі, та утворення крижаних пробок. Для підігріву газу використовується теплота рідини, що поступає в підігрівник з системи охолодження двигуна.

Із редуктора високого тиску газ подається до електромагнітного клапана 5 і далі в двоступеневий газовий редуктор низького тиску 2, у першому ступені якого відбувається зниження тиску газу спочатку до 0,18...0,22 МПа, а в другому ступені – практично до атмосферного (20...100 Па). У редукторі низького тиску є дозуючий економайзерний пристрій, через який необхідна кількість газу потрапляє у двокамерний газоповітряний змішувач 1, виконаний в одному вузлі з карбюратором. Він має системи холостого ходу: одна для

роботи на газі, друга – на бензині. На вході в газоповітряний змішувач встановлений тарілчастий зворотний клапан.

При пониженій частоті обертання колінчастого валу клапан закритий і газ потрапляє у двигун тільки крізь систему холостого ходу. У міру збільшення відкривання дросельних заслінок газ починає поступати через клапан в змішувач, а з нього в двигун.

Манометр 6 на 25 МПа показує тиск газу в балонах, по ньому можна судити про запас газу в балонах. За 10 км пробігу автомобіля тиск газу в балонах знижується приблизно на 0,1 МПа. Манометр 3 низького тиску зі шкалою 0,4 МПа призначений для контролю за роботою та правильним регулюванням двоступеневого редуктора низького тиску. Бензинова система живлення має традиційні елементи: паливний бак 12, бензонасос 16, паливопроводи, електромагнітний клапан-фільтр 15. Бензин потрапляє в карбюратор-змішувач 14. Двигун може ефективно працювати і на стиснутому газі, і на бензині.

**Системи живлення газових двигунів зрідженим газом** (рис. 2.77, б) відрізняються від систем живлення стиснутим газом обладнанням балонів для утримання газу та відсутністю підігрівника газу, замість якого встановлюється випарник зрідженого газу. Особливість балонів для зрідженого газу – наявність об'єму заповненою парою газу. Це необхідно для забезпечення можливості теплового розширення рідкого газу в герметичному балоні.

Зріджений газ у рідкій та газоподібній фазах знаходиться в балоні 9. На передньому днищі балона встановлені два вентиля 10 і 11. Вентиль 10 призначений для відбору рідкої фази газу, а вентиль 11 – парової фази, яка накопичується над рідким газом. Під час пуску та прогріву двигуна використовується парова фаза, а після прогріву – рідка. Від витратних вентилів газ потрапляє до магістрального вентиля 7, що встановлений в кабіні водія, а від нього йде в випарник 1, який підключено до системи охолодження двигуна. У випарнику відбувається випаровування зрідженого газу за рахунок теплоти рідини, що охолоджує двигун. Далі у пароподібному стані газ потрапляє в електромагнітний клапан-фільтр 12, у якому уловлюються механічні домішки (окалина, іржа) та смолисті речовини. Потім газ через фільтр 4 потрапляє в двоступеневий газовий редуктор 3 низького тиску, а з нього через дозуючий економайзерний пристрій 2 – у газоповітряний змішувач 13, звідки пальна суміш подається в циліндри двигуна. У системі живлення є два контрольних прилади: дистанційний електричний манометр 5, що показує тиск газу в першому ступені редуктора, та покажчик 6 рівня зрідженого газу в балоні. Вони встановлені на щитку приладів. Максимальний робочий тиск газу в балоні 1,6 МПа, а мінімальний, при якому зберігається працездатність газової апаратури і двигуна 0,07 МПа. Зрідженим газом наповнюється 85...90% об'єму балона. Для цього у балоні передбачено вентиль максимального заповнення, трубка від якого всередині балона виведена на відповідний рівень. На балоні також встановлюється запобіжний клапан, який відкривається, коли тиск стає більш ніж 1,68 МПа, і забезпечує вихід газу в паровій фазі в атмосферу. У вентилях 10 та 11 встановлені швидкісні клапани, які автоматично закриваються у випадку

обриву газопроводу, щоб знизити імовірність виникнення пожежі на автомобілі. Газовий двигун автомобіля з системою живлення зрідженим газом не призначений для повноцінної роботи на бензині, що дозволяє підвищити ступінь стиску двигуна для роботи на газі до восьми. Але для можливої короткочасної роботи на бензині у випадку повного витрачення газу або появи несправності у газовій апаратурі він обладнаний резервною системою живлення. Вона складається з бачка 8, паливопроводів, бензинового насоса 17, фільтра-відстійника та однокамерного малорозмірного карбюратора 15. При роботі на бензині двигун може розвивати лише 30...40 % номінальної потужності.

Принцип роботи резервної та традиційної карбюраторної системи живлення аналогічний.

При переводі двигуна з газу на бензин або навпаки не слід допускати роботу двигуна на суміші двох палив. Це може викликати спалахи, що є небезпечним в пожежному відношенні. Необхідно перекрити подачу палива і випрацювати один з видів палива до зупинки двигуна. Потім відкрити подачу другого виду палива і пустити двигун звичайним способом.

**Системи живлення двигунів зрідженим природним газом** відзначаються присутністю теплоізовьованого кріогенного бака для утримання газу в рідкому вигляді при температурі мінус 161°C, більш ефективних випарників і низьким робочим тиском в системі. При охолодженні метану, який є основним компонентом природного газу, до температури мінус 161°C при атмосферному тискові, він переходить у рідкий стан, і об'єм його зменшується у 600 разів.

Кріогенні системи поки не одержали широкого застосування через складності конструкції, необхідність використання матеріалів, які дорого коштують, невирішення питань технології зрідження природного газу, його транспортування і зберігання. Однак застосування їх вельми перспективне.

**В інжекторних системах живлення** газових двигунів горючий газ подається у впускний колектор або у впускні канали циліндрів під тиском через електромагнітні форсунки з електронним керуванням. Величина подачі газу регулюється зміною тривалості впорскування і тиску газу перед розпилюючими форсунками залежно від частоти обертання, тиску у впускному колекторі й положення педалі керування двигунів. У цих системах замість газового редуктора низького тиску застосовується газовий редуктор середнього тиску, з якого газ поступає до форсунок під тиском 0,07...0,2 МПа, і електронний мікропроцесорний блок керування.

Практично всі компанії виробники двигунів (Cummins, Volvo Penta, Deutz, Scania, КамАЗ, ЯМЗ і т.д.) останнім часом інтенсивно працюють над створенням газових двигунів. Наприклад компанія Deutz освоїла виробництво двигунів серії TCD 2.2 і 2.9, що працюють на зрідженому газі (рис. 2.78), і затребувані автомобілебудівниками.

Для великовантажних автомобілів з газовими двигунами використовують спеціальні свічки запалювання. Так, Federal-Mogul поставляє на ринок свічки з іридієвим центральним елект-родом і бічним електродом, виконаним з іридію

або платини. Конструкція, матеріали та характеристики електродів і самих свічок враховують температурний режим роботи великовантажного автомобіля, характерний широким діапазоном навантажень, і порівняно високу ступінь стиснення.



Рис. 2.78. Газовий двигун Deutz TCD 2,2 (потужність 42 кВт)

Деякі двигуни обладнують системою розподіленого впорскування метану у впускний трубопровід через форсунки з електромагнітним дозуючим пристроєм. Газ інjektується у впускний тракт кожного циліндра індивідуально, що дозволяє коригувати склад газоповітряної суміші для кожного циліндра з метою отримання мінімальних викидів шкідливих речовин. Витрата газу регулюється мікропроцесорною системою в залежності від тиску перед інжектором, а подача повітря регулюється дросельною заслінкою з приводом від

електронної педалі акселератора.

Мікропроцесорна система управляє кутом випередження запалювання; забезпечує захист від займання метану у впускному трубопроводі при збої в системі запалювання або несправності клапанів, а також захист двигуна від аварійних режимів; підтримує задану швидкість автомобіля; забезпечує обмеження крутного моменту на ведучих колесах автомобіля і самодіагностику при включенні системи.

Підвищена теплонапруженість газового двигуна пов'язана з неможливістю продувки камери згоряння при перекритті клапанів, коли в кінці такту випуску одночасно відкриті випускні та впускні клапани. Потік свіжого повітря, особливо в наддувному двигуні, міг би охолоджувати поверхні камери згоряння, знижуючи таким чином теплонапруженість двигуна, а також знижуючи нагрів свіжого заряду, це збільшило б коефіцієнт наповнення, але для

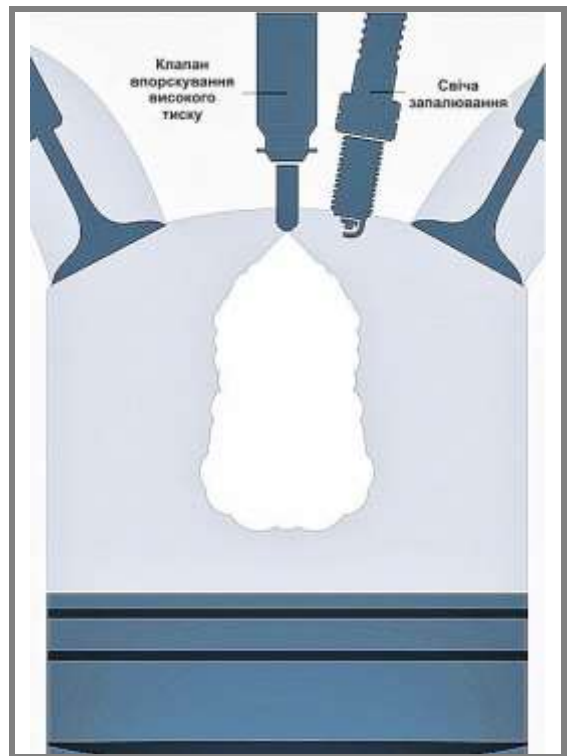


Рис. 2.79. Безпосереднє впорскування газу в камеру згоряння Direct4Gas

газового двигуна перекриття клапанів неприпустимо. Через зовнішнє утворення газоповітряної суміші повітря завжди подається в циліндр разом з метаном, і випускні клапани в цей час повинні бути закриті, щоб уникнути попадання метану в випускний тракт і вибуху.

Ідеальний варіант газового двигуна – це безпосереднє впорскування газу в камеру згоряння, але до сих пір не створено такої технології. У Німеччині дослідження веде консорціум Direct4Gas, очолюваний компанією Robert Bosch GmbH в партнерстві з Daimler AG і Штутгартським науково-дослідним інститутом автомобільної техніки і двигунів (FKFS) (рис. 2.79).

У порівнянні з нинішніми системами, що використовують багатоточкове впорскування газу в колектор, перспективна система безпосереднього впорскування здатна на 60% збільшити крутний момент на низьких оборотах, тобто ліквідувати слабе місце газового двигуна. Безпосереднє впорскування вирішує цілий комплекс недоліків газового двигуна з зовнішнім сумішоутворенням.

У проєкті Direct4Gas розробляють систему безпосереднього впорскування, здатну бути надійною, герметичною і дозувати точну кількість газу для впорскування. Модифікації самого двигуна зведені до мінімуму, щоб промисловість могла використовувати колишні компоненти.

Процедура установки на вантажівку додаткового обладнання при переводі двигуна на газовий цикл досить проста (рис. 2.80).



Рис. 2.80. Комплектація вантажного автомобіля додатковим обладнанням при переводі двигуна на газовий цикл роботи

Перш за все електроніку, керуючу цією системою, монтують в кабіні. Клапан, що регулює газовий потік, і випарник, в якому зріджений газ



переходить в пароподібний стан, встановлюють в моторному відсіку, а резервуари з газом закріплюють на шасі. Зазвичай на вантажівці розміщують кілька балонів місткістю 100 або 200 л, але це залежить від вільного простору на автомобілі. Додаткова газова установка особлива тим, що при її агрегуванні із заводською паливною системою двигуна зміни в конструкції автомобіля мінімальні.

Підводячи підсумок, необхідно відмітити, що дизель-газова система є безпечним, економічно ефективним рішенням для зниження експлуатаційних витрат на паливо.

На світовому ринку вантажних автомобілів з газовими двигунами найбільш затребувані автомобілі компанії Volvo Truck (рис. 2.81).

Компанія повідомляє, що нові вантажні автомобілі Volvo FH LNG і Volvo FM LNG можуть працювати на біогазі, який дозволяє знизити рівень викидів CO<sub>2</sub> практично на 100%, або ж на природному газі, який зменшує рівень викидів CO<sub>2</sub> на 20% в порівнянні з дизельним паливом.



**Рис. 2.81. Вантажний автомобіль Volvo FH LNG з газовим двигуном Volvo G13C**

Потужність двигуна Volvo G13C – 460 к.с. з обертовим моментом 2300 Н·м, що дозволяє ефективно використовувати автомобіль Volvo FH LNG при перевезенні вантажів на великі відстані. Подача газу в двигунах Volvo G13C здійснюється двопаливними форсунками з окремими соплами для газу і дизельного палива. Відпрацьовані гази очищаються системою SCR і фільтром сажі. Volvo Trucks пропонує баки для зрідженого газу на 115 кг (275 л), 155 кг (375 л) або 205 кг (495 л). Останнього буде досить для пробігу на 1000 км.

Під газодизелем розуміється дизель з комбінованим сумішоутворенням. При цьому в циліндрі двигуна згорають два заряди – газоповітряне середовище і дизельне паливо, причому дизельне паливо служить запалом для газоповітряної суміші. Газодизельний двигун працює по циклу Трінклера, названого іменем Трінклера Г.В., студента Петербурзького технологічного університету, який отримав в 1904 р патент на спроектований ним двигун. В даному двигуні дизпаливо впорскується через форсунки в циліндр зі стислою газоповітряною сумішшю. Виготовлені в Німеччині дані двигуни швидко поширилися по всьому світу як най економічніші.

Газодизельний двигун працює по чотиритактному циклу (рис. 2.82).

Кількість газу, що подається в циліндри і дизпалива, розраховується електронним блоком управління в залежності від режимів роботи двигуна.

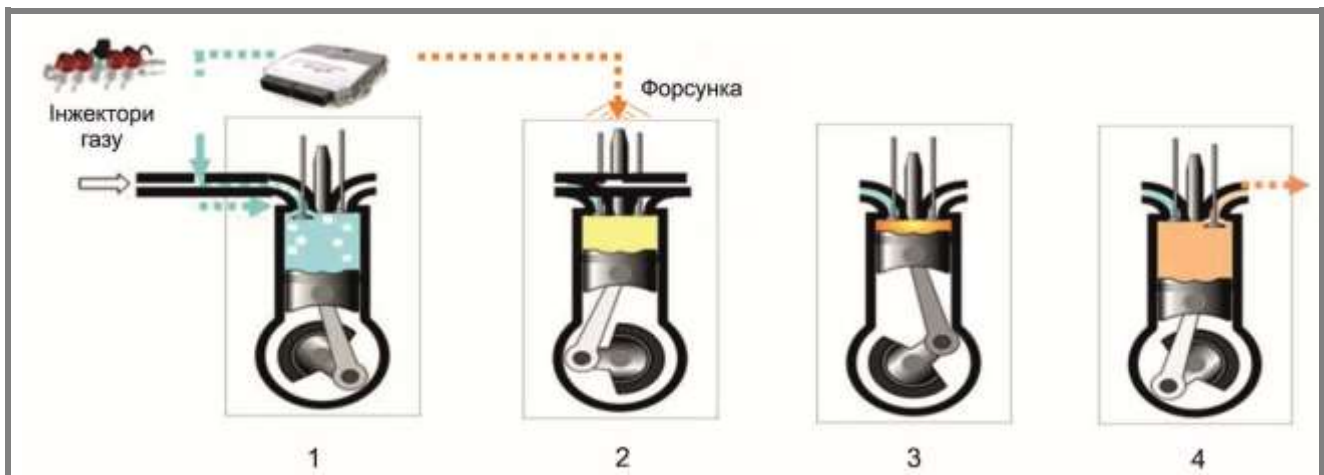


Рис. 2.82. Робочий процес газодизельного двигуна:

- 1 – Впуск: газ подається у впускний колектор, змішуючись з повітрям, газоповітряна суміш потрапляє через впускний клапан у циліндр;
- 2 – Стиснення: газоповітряна суміш стискається в циліндрі, тиск і температура суміші підвищується, подається через форсунку запальна доза дизпалива;
- 3 – Займання: дизпаливо запалюється, підпалюючи газоповітряну суміш, поршень починає рухатися;
- 4 – Випуск: відпрацьовані гази виходять через випускний клапан

Автомобільні газодизелі відрізняються від звичайних дизелів, в основному наявністю додаткової системи живлення газовим паливом. Система живлення дизельним паливом така ж, як у дизелів. У газодизелях можуть застосовуватися стиснутий і зріджений природний газ, а також зріджений нафтовий газ. Однак, у зв'язку з тим, що октанове число нафтових пропан-бутанових газів нижче, ніж у природного газу, при роботі газодизеля на зрідженому нафтовому газі можливе виникнення детонації. Для усунення детонації доводиться збільшувати дозу впорскуваного дизельного палива, яка може досягати 70 % від витрати при роботі за дизельним циклом. А тому на газодизельних автомобілях використовують переважно стиснутий природний газ. Потужність дизеля і газодизеля визначається теплотою згорання паливоповітряної суміші  $Q_{см}$ , яка у

дизелів залежить тільки від коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha$ , а у газодизелів – від коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha_{гд}$  і частки теплоти  $q$ , що вноситься з дизельним паливом. Ці залежності показані на рис. 2.83.

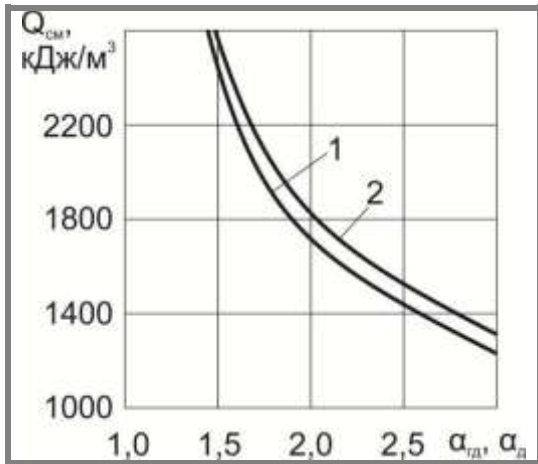


Рис. 2.83. Залежність теплоти згоряння від коефіцієнта надміру повітря: 1 – для газодизельного циклу; 2 – для дизельного циклу

Крива 1 – для газодизельного циклу при значенні  $q = 0,05$  і крива 2 – для дизельного циклу при  $q = 1,00$ . При інших значеннях  $q$  криві знаходяться між кривими 1 і 2. Щоб одержати при газодизельному циклі таку ж теплоту згоряння, а отже, і потужність, як при дизельному, достатньо трохи зменшити  $\alpha_{гд}$ , що цілком можливо. Потужність газодизеля може бути навіть більшою на 5...6 %, ніж потужність дизеля.

Газоповітряну суміш при газодизельному циклі можна збіднити до  $\alpha_{гд} = 5...7$  та більше. Це дозволяє, в принципі, застосовувати у газодизелях регулювання потужності шляхом змінення складу газоповітряної суміші, тобто якісне регулювання, при якому потужність двигуна регулюється зміною подачі газу в газоповітряний змішувач, а подача повітря при цьому не регулюється (рис. 2.84, а).

При зменшенні подачі газу відбувається збіднення газоповітряної суміші і, відповідно, зниження потужності двигуна. Однак збідненням газоповітряної суміші не вигідно зменшувати потужність газодизеля менше 25...30 % від номінальної тому, що внаслідок уповільненого та неповного згоряння збіднених сумішей погіршується економічність двигуна і зростають викиди метану, який не згорів.

Ефективною межею збіднення робочої суміші в газодизелях визначають  $\alpha_{гд} \approx 2,0$ .

Можна застосувати кількісне регулювання, при якому потужність двигуна регулюється зміною подачі газоповітряної суміші двигуна. Але при такому регулюванні не забезпечується самозаймання запального рідкого палива при газоповітряній суміші. Тому в газодизелях доцільно застосувати змішане регулювання: кількісне, при великих і середніх навантаженнях, і якісне, при малих навантаженнях з переходом на одне дизельне паливо при навантаженнях

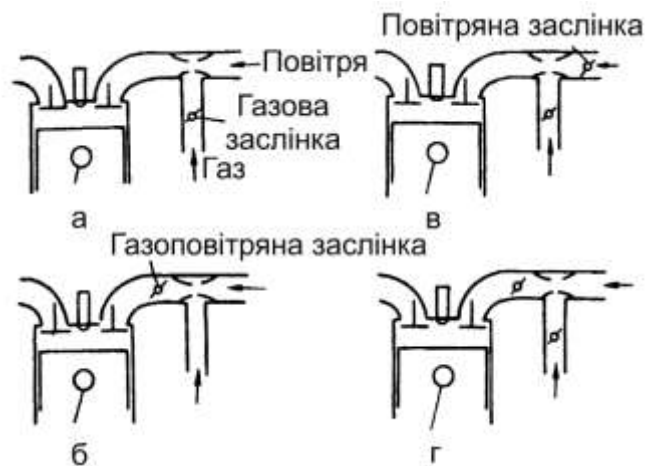


Рис.2.84. Схеми регулювання газоповітряної суміші в газодизелях

менших 25...10 % від номінального та в режимі холостого ходу.

Змішане регулювання здійснюється двома способами:

– одночасним регулюванням подачі повітря і газу (рис. 2.84, *в*) при великих і середніх навантаженнях та регулюванням тільки подачі газу при частково закритій повітряній заслінці при малих навантаженнях й в режимі холостого ходу;

– зміною подачі газоповітряної суміші при великих і середніх навантаженнях за допомогою газоповітряної заслінки (рис. 2.84, *б*) і регулюванням тільки подачі газу при частково закритій газоповітряній заслінці на малих навантаженнях і в режимі холостого ходу.

Автомобілебудівники звернули пильну увагу на двигуни британської компанії GSPK Multifuel Technology, встановлені на вантажному автомобілі й працючі на суміші дизпалива і зрідженого газу (рис. 2.85).



**Рис. 2.85. Газодизельний двигун з системою управління британської компанії GSPK Multifuel Technology**

Як газ тут зазвичай використовується пропан або бутан або суміш пропану і бутану з октановим числом 90...110. Однією з головних переваг газу є його більш низька вартість у порівнянні з дизпаливом, тому, змішуючи його в невеликих кількостях з дизельним паливом, забезпечується економічний ефект, а процес спалювання в циліндрах двигуна не погіршується – навпаки, навіть поліпшується за рахунок більш повному згорянню всього палива.

Встановлена на двигуні система забезпечення складу горючої суміші працює наступним чином. Цифровий процесор встановленого додаткового газового обладнання постійно вимірює частоту обертання колінчастого вала

двигуна і його навантаження, після чого виробляється точний розрахунок кількості подаваного газу. Далі, по команді процесора газовий клапан відкривається і газ, змішуючись з повітрям, під тиском надходить у циліндри двигуна, де повітряно-газова суміш стискається разом з дизпаливом і згоряє. Оскільки процес горіння паливної повітряно-газової суміші і дизпалива відбувається більш повно, ніж у звичайному дизельному двигуні, потужність цього двигуна зростає, а в цей же час бортова електроніка силового агрегату виробляє власний перерахунок подачі дизпалива в меншу сторону. У підсумку загальна кількість споживаного пального (дизель + газ) трохи підвищується, але так як частина дизпалива була заміщена дешевшим газом, виходить зниження витрат на все паливо.

Перевізники, які вже встановили GSPK-систему, відзначають, що їх експлуатаційні витрати скоротилися приблизно на 10 ... 20%. Цей розкид залежить від типу вантажного автомобіля, особливостей маршруту і погодних умов. Що стосується незалежних випробувань, проведених на тестових треках, фахівці визначили, що вантажівка, оснащена системою спалювання «дизель / газ», витратила на 14,5% менше дизпалива, ніж чисто дизельний аналог автомобіля.

Випробувачі відзначили також помітне поліпшення робочих характеристик силової установки в цілому. Так, водій помітно рідше перемикав передачі й частіше користувався передачами з більш високими передавальними числами. Крім цього позитивним моментом стала відмінна тягова динаміка, особливо помітна на підйомах і обгонах. У той же час ретельний аналіз двигуна показав, що не відбулося істотного збільшення температури вихлопу на всіх режимах руху, навпаки, в 90% вимірних випадків нагрівання відпрацьованих газів навіть було нижчим. Тим самим було доведено, що дизель-газова суміш не завдає шкоди автомобілю. І що ще більш важливо – не було зафіксовано серйозної зміни максимальної потужності двигуна і його моменту. Тобто і двигун, і трансмісія модернізованої вантажівки працювали з нормальними параметрами, що не перевищують розрахункових.

Перевагами газодизельних двигунів є:

- збереження енергетичних параметрів на рівні базового двигуна;
- збільшення потужності двигуна за рахунок високого октанового числа газу;
- збільшення максимуму крутного моменту і зміщення його в зону більш низьких частот обертання колінчастого вала;
- зниження в 2-4 рази димності відпрацьованих газів;
- економія дизельного палива за рахунок заміщення його газом;
- нижчий рівень шуму;
- збільшення терміну служби моторного масла і зменшення зносу циліндропоршневої групи;
- можливість переобладнання автомобілів, автобусів, сільгосптехніки, що знаходяться в експлуатації.

До недоліків газодизельних двигунів слід віднести підвищену його вартість в порівнянні з дизелем на придбання додаткового обладнання для

---

переводу дизеля на газодизельний цикл.

### *Газові палива*

---

В автомобільних ДВЗ застосовують стиснутий природний газ, який складається, в основному, з метану  $\text{CH}_4$ , і зріджений нафтовий газ, до якого входять пропан  $\text{C}_3\text{H}_8$  і бутан  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ . У невеликих кількостях застосовуються й інші види газів: промисловий, світильний, коксовий.

У нашій країні випускаються дві марки зрідженого газу для автомобільного транспорту: ПБА – пропан-бутан автомобільний та ПА – пропан автомобільний.

Масова частка пропану в газі марки ПБА становить  $50 \pm 10$  %, а в газі ПА –  $90 \pm 10$  %. Газ ПБА допускається до використання в усіх кліматичних районах при температурі навколишнього повітря не нижче  $-20$  °С. Газ марки ПА застосовується в зимовий період у тих кліматичних районах, де температура повітря опускається нижче  $-20$  °С.

Зріджені гази зберігаються і транспортуються в балонах під тиском 1,6 МПа.

Природний паливний стиснутий газ для газобалонних автомобілів не має марок. Надлишковий тиск стиснутого природного газу в момент закінчення заправлення автомобіля повинен бути 19,0...19,6 МПа.

### *Двигун на біодизелі*

---

Деяку невизначеність даної назви можна пояснити тим, що під терміном «біодизель» рядовий транспортник, наприклад автомобіліст, має на увазі дизельний двигун, що працює на біопаливі. Насправді «біодизель» – це паливо для дизельного двигуна що отримується з олійних культур, таких як соняшник, ріпак, соя або ж з тваринний жир. Цікаво, що рослинні масла в дизельних двигунах застосовуються з моменту створення самого дизельного двигуна. Так, Рудольф Дизель – творець дизельного двигуна – під час демонстрації свого винаходу на Всесвітній виставці, що відбувалася в Парижі в 1900 році, в якості палива використовував арахісове масло.

За своїми характеристиками біодизель практично не відрізняється від традиційного дизельного палива. Основна відмінність полягає в тому, що біодизель виробляють з біомаси, яка відноситься до поновлюваних джерел енергії. Крім того, він є екологічно чистим і піддається біологічному розкладанню. У порівнянні з традиційним дизелем, при спалюванні біодизелю виробляється значно менший об'єм забруднюючих екологію викидів.

Біодизель – єдине альтернативне паливо, яке підходить для будь-якого традиційного дизельного двигуна. Суміш, що складається з 20% біодизеля і 80% дизельного палива (В 20), може бути використана для немодифікованого дизельного двигуна. Біодизель можна використовувати і в чистому вигляді (В 100), але для цього необхідно модифікувати двигун автомобіля, щоб уникнути

проблем з його обслуговуванням і експлуатацією в зимовий час.

За своїм хімічним складом біодизель на 11% складається з кисню і не містить сірки. Застосування біодизеля подовжує термін служби дизельного двигуна, так як він є відмінною мастильною речовиною (найкращим в порівнянні з дизельним паливом). Необхідно відзначити, що такі показники як витрата палива, крутний момент двигунів, що працюють на дизельному паливі й біодизель практично однакові.

В основі виробництва біодизеля лежить витяжка олії з насіння рослин. Згодом отримане масло конвертується в біодизель, а супутні продукти його виробництва – так звана макуха – можна використовувати як корм для худоби. Неочищена олія піддається фільтрації і етерифікації – процесу трансформування розгалужених молекулярних структур в менш розгалужені, подібно молекулярним структурам дизельного палива. Жири або неочищена рослинна олія вступають в хімічну реакцію зі спиртом – зазвичай метанолом – під час процесу етерифікації з метою отримання метілестера (біодизеля) та гліцерину. Останній застосовується у фармакологічній та косметичній промисловості.

Застосування біодизеля в дизельних двигунах значно знижує викиди в атмосферу токсичних і канцерогенних речовин, що впливають на здоров'я людини. Завдяки тому, що біодизель не містить сірки, при його спалюванні в атмосферу не надходить діоксид сірки. А високий вміст в біодизелі кисню сприяє більш повному спалюванню  $\text{CO}_2$ . Крім того, у викидах скорочується вміст вуглецю в твердих частинках. У зв'язку з цим біодизель прекрасно підходить для такої технології контролю викидів в атмосферу як каталітичний нейтралізатор.



Рис. 2.86. **Кругообіг вуглецю в природі при використанні біодизеля**

Очевидним є той факт, що аграрний сектор міг би повністю забезпечувати себе енергією за рахунок використання біомаси. Трактори, комбайни, автомобільний транспорт в аграрному секторі, можуть працювати на біодизелі, що призведе до поліпшення екології. Крім того, при витоку біодизеля або його розливі ніякої шкоди навколишньому середовищу нанесено не буде. Наприклад, в Німеччині трактора працюють на біодизелі, перш за все, як раз з екологічних причин.

Застосування біодизеля в двигунах направлено також на вирішення проблеми парникового ефекту атмосфери (рис. 2.86).

Рослини, які мають олійне насіння, з яких і виробляють харчову олію і біодизель, поглинають  $\text{CO}_2$ , необхідний їм для «будівництва» стебел, листя, насіння, коріння. При спалюванні біодизелю та в процесі розкладання рослинних відходів діоксид вуглецю «повертає» в атмосферу вуглець,

«отриманий» з палива та рослинного матеріалу.

В даний час у якості біодизеля найбільш затребуване рапсове масло, що отримується при холодному віджиманні насіння ріпаку. Одним із шляхів наближення властивостей ріпакової олії до властивостей дизпалива, що дозволяють використовувати його на існуючих дизелях без зміни конструкції, є переробка рапсового масла з метою отримання метилового або етилового ефіру. Технологія отримання такого ефіру дуже складна. Найбільш затребуваний як дизпаливо метиловий ефір (МЕРО), оскільки за своїми властивостями він близький до дизпалива. При використанні сумішевих палив (МЕРО + дизпаливо) з часткою МЕРО до 20% допустимо їх застосування без модернізації дизеля з коригуванням тільки положення обмежувача максимальної подачі. Необхідно також здійснювати підігрів цих палив перед подачею їх в систему живлення в зв'язку з підвищеною їх в'язкістю при знижених температурах навколишнього середовища.

Результати численних досліджень показують, що використання сумішевих палив дозволяє досягти приблизно тих самих потужностей, що і на дизпаливі, при трохи гіршій (до 10%) економічності. Це пов'язано з меншою їх теплопровідністю (нижча теплота згорання МЕРО – 37 МДж/кг, а дизпалива – 42 МДж/кг).

В останні роки у зв'язку з жорсткими обмеженнями на токсичність відпрацьованих газів двигунобудівники інтенсивно працюють над створенням нових моделей, модернізацією серійних двигунів, що встановлюються на автомобілі, в напрямку забезпечення їх роботи на біодизелі.



Рис. 2.87. Двигун компанії Scania стандарту Euro-6 на біодизелі

Так компанія Scania почала встановлювати на свої вантажівки 13-літрові дизелі екологічного стандарту Euro-6, який працює на біодизельному паливі. Це 6-циліндровий агрегат, який пропонується в двох варіантах по потужності: 450 або 490 к.с. Раніше, в жовтні 2013 року, Scania освоїла виробництво 5-циліндрового 9,0-літрового силового агрегату, розробленого спеціально під



біодизель – потужністю 320 і 360 л. с.

Новий 13-літровий біодизель має нові системи очищення відпрацьованих газів. Варіант двигуна в 450 к.с. має максимальний крутний момент 2350 Нм при 1000 хв<sup>-1</sup>, а більш потужний 490-сильний – 2550 Нм, який досягається в діапазоні 1000-1300 хв<sup>-1</sup>. Максимальний крутний момент даних двигунів всього на 8% нижче, ніж у аналогічних двигунів, що працюють на звичайному дизельному паливі.

Основна перевага двигунів на біодизелі – забезпечення майже на 80% меншого викиду вуглекислого газу. При неможливості заправки таких двигунів біодизелем водіям дозволяється заливати в бак звичайне дизельне паливо за умови, що обслуговуватися двигун повинен виключно як біодизельний. Примітно, що сьогодні всі базові двигуни Scania стандарту Euro-6 розраховані на заправку паливом з 10-відсотковою домішкою біодизеля.

Виробники комерційних автомобілів активно впроваджують двигуни, що працюють на біодизелі. Компанія Renault Trucks почала випуск двох турбодизельних двигунів, створених на основі двигунів стандарту Euro-6. Це 5-літровий двигун DT15 потужністю 240 к.с., а також 8-літровий DT18, 320 к.с. Такі двигуни можуть працювати повністю на біодизелі – при заправці паливом B100, так і частково – з часткою 30% (паливо B30).

Для збільшення числа вантажних автомобілів на біодизельному паливі в Європі багато державних установ і організації при їх закупівлі в найближчі роки будуть віддавати переваги саме таким, найбільш екологічно чистим автомобілям.

У Стокгольмі вже чотири роки працюють 50 вантажівок на поновлюваних джерелах енергії, в тому числі біоетанолі (рис. 2.88).



Рис.2.88. Вантажні автомобілі компанії Scania з різними двигунами

На маршрути запустили п'ять десятків автомобілів з різними силовими установками – метано-дизельними, дизель-електричними, та тими, що

працюють на біоетанолі. Чотирирічний досвід експлуатації показав, що біоетанол – саме найефективніше альтернативне паливо, що дозволяє максимально скоротити кількість викидів CO<sub>2</sub>. Наприклад, вантажівки Scania з двигуном на біоетанолі, відпрацьовані гази яких містять на 70% менше вуглекислого газу. Більш того, при використанні біоетанолу, отриманого на відходах лісового господарства, кількість CO<sub>2</sub> у відпрацьованих газах знижується ще більше – на 90%.

До недоліків біодизеля на основі рапсового масла в порівнянні з дизельним паливом слід віднести істотно більшу щільність і в'язкість, що впливає на роботу паливної апаратури. Подовжується процес подачі палива, порушується внутрішнє сумішоутворення, тому що збільшується розмір крапель палива, що впорскується, і далекобійність факела палива. При згорянні утворюється більше смоли і сажі.

Відсутність низькокиплячих фракцій призводить до погіршення пускових якостей, наявність багатьох забруднювачів, що виникають при роботі на рапсовій олії, скорочує довговічність роботи двигуна і вимагає збільшення частоти зміни масла двигуна.

При використанні біодизельного палива замість дизельного можуть виникнути умови для прискореного закоксування розпилювачів форсунок в порівнянні з їх закоксуванням при роботі на дизельному паливі. У цьому випадку доцільно змінити періодичність технічного обслуговування дизелів для запобігання роботи з істотною перевитратою палива.

---

## § 19

### **ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДВИГУНІВ**

---

#### *Екологічні проблеми автомобілізації*

---

Людина стільки зробила зла Землі, що їй необхідно захистити. Це передбачали наші предки, написавши на піраміді Хеопса (27-е століття до н.е.) *«Люди загинуть від невміння користуватися силами природи і від незнання істинного світу»*. Нинішнє покоління людства вже відчуває негативний вплив на людину забруднення атмосферного повітря шкідливими викидами промисловими підприємствами, електростанціями, автомобільним транспортом і т.д. Це призводить до накопичення в атмосфері парникових газів, що призводять до глобального потепління, інтенсивного танення льодів, перш за все в Антарктиді. Вченими доведено, що щорічні втрати льоду між 2009 і 2017 роками склали 252 мільярда тонн, що призвело до підйому рівня Світового океану на 14 мм. Автори дослідження відзначили, що дані показники тільки «верхівка айсберга». У найближчі сторіччя через танення льодовиків рівень моря може підвищитися на десятки метрів.

Постійно зростаюча інтенсивність дорожнього руху і, в той же час,

---

зростаюча ступінь забруднення навколишнього середовища вже давно перетворилася на серйозну проблему людства. Необхідно було обмежити рівень емісії відпрацьованих газів (ВГ) автомобілів. Законодавці встановили допустимі граничні значення вмісту шкідливих компонентів у ВГ і регламентували методи їх перевірки. Кожен дозволений тип транспортного засобу повинен, відповідати чинним законодавчим стандартам.

Для цього транспортні засоби забезпечуються додатковими системами, що обмежують рівень емісії ВГ.

Одночасно згідно з Паризькою угодою з клімату країнам рекомендовано підвищити посадку нових дерев, оскільки інтенсивна вирубка лісів не забезпечує повне видалення парникових газів CO<sub>2</sub>.

Першою державою щодо вирішення проблеми парникових газів буде Австралія. До 2050 року в цій країні повинен з'явиться мільярд нових дерев – таке рішення прийняла австралійська влада, щоб пригальмувати глобальне потепління. Експерти порахували, що нові посадки дерев уже до 2030 року допоможуть видалити з атмосфери близько 18 мільйонів тонн парникових газів. Відзначимо, що на сьогоднішній день Австралія щорічно виробляє 500 млн. тонн CO<sub>2</sub>.

### *Класифікація складу відпрацьованих газів дизеля*

Інтенсивна автомобілізація, що намітилася в останні роки як основна складова технічного прогресу і цивілізації є, однак, одним з основних джерел екологічного забруднення навколишнього середовища, особливо в великих містах. З відпрацьованими газами ДВЗ викидається, крім нетоксичних речовин (азот, діоксид вуглецю, кисень, пари води), величезний спектр шкідливих речовин (рис. 2.89).



Рис. 2.89. Класифікація складу відпрацьованих газів дизеля: СН – неканцерогенні вуглеводні; RCHO – альдегіди; CO – оксид вуглецю; KB – канцерогенні вуглеводні; NOx – оксиди азоту; SOx – оксиди сірки

Рівні викидів газоподібних ШР з відпрацьованими газами двигунів залежать від виду і якості палива, типу і технічного стану двигуна, якості процесів спалювання робочої суміші, а також наявності систем нейтралізації ВГ. Рівень викидів шкідливих твердих частинок у ВГ залежить від виду, групового складу, наявності свинцю та інших металів, сірки у використуваному паливі, наявності та працездатності систем фільтрації відпрацьованих газів.

### ***Нетоксичні речовини***

---

**Вода (H<sub>2</sub>O).** Хімічно пов'язаний водень, що міститься в паливі згорає до водяної пари, що при охолодженні конденсується у значну складову O<sub>2</sub>.

Її можна бачити в холодні дні у вигляді хмари пари на зрізі глушника. Частка води у ВГ залежить від режиму роботи ДВЗ.

**Діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>).** Хімічно пов'язаний вуглець, що міститься в паливі утворює при повному згорянні паливо-повітряної суміші діоксид вуглецю, який часто називають вуглекислим газом (CO<sub>2</sub>). Його вміст також залежить від режиму роботи дизеля і пропорційний витраті палива. Рівень емісії CO<sub>2</sub> при використанні стандартного дизельного палива можна скоротити тільки зміною витрати палива.

Діоксид вуглецю – це природна складова частина атмосферного повітря і відносно емісії ВГ автомобілів не класифікується як шкідлива речовина.

Тим не менш, це один з «винуватців» парникового ефекту і пов'язаної з цим глобальної зміни клімату. Вміст CO<sub>2</sub> в атмосфері безперервно зростає – так якщо в 1920 р. він складав 0,03% складу атмосфери, то до 2010 р. вже 0,045%. Відповідно, будь-які способи скорочення рівня емісії CO<sub>2</sub> і разом з ним витрати палива мають все більш важливе значення.

**Азот (N<sub>2</sub>).** Азот як основний компонент надходить у двигун повітря (78%) не бере участі в процесі згорання. Він становить найбільшу частку ВГ – близько 69...75%.

### ***Шкідливі речовини, які є продуктами неповного згорання палива***

---

При згорянні паливо-повітряної суміші виділяються численні продукти неповного згорання в ВГ, основними з яких є:

- оксид вуглецю (CO);
- вуглеводні (СН);
- оксиди азоту (NO<sub>x</sub>).

Системи очищення ВГ і операції з регулювання процесів власне дизеля можуть скоротити рівень емісії цих речовин.

У дизелів, при згорянні паливо-повітряної суміші з надлишком повітря, рівень емісії CO і СН значно нижчий, ніж у бензинових двигунів. Відповідно, найбільші проблеми виникають зі зниженням рівнів емісії NO<sub>x</sub> і твердих частинок. Зміст цих складових в ВГ може бути зменшено більш ніж на 90%

---

шляхом застосування сучасних накопичувальних нейтралізаторів  $\text{NO}_x$  і фільтрів твердих частинок.

**Оксид вуглецю (CO)** виникає при неповному згорянні багатопаливоповітряної суміші внаслідок нестачі повітря. На режимах згорання з надлишком повітря оксид вуглецю утворюється в дуже незначній кількості на основі багатих «викидів» або неоднорідної паливоповітряної суміші. Краплі палива, що випарувалися, утворюють області багатопаливоповітряної суміші, яка повністю не згоряє.

Оксид вуглецю – безбарвний газ, позбавлений запаху. Він знижує вміст кисню в крові людини і призводить до отруєння організму.

**Під вуглеводнями (CH)** розуміється сума всіх хімічних сполук вуглецю C і водню H. Емісії CH слід приписувати неповне згорання паливоповітряної суміші при нестачі кисню.

Вважається, що вуглеводні при тривалому впливі на організм людини можуть викликати ракові захворювання. Частково окислені вуглеводні (наприклад, альдегіди, кетони) неприємно пахнуть і утворюють на сонячному світлі побічні продукти, які при тривалій дії, також можуть служити причиною цієї хвороби.

**Оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ )** є сполуками азоту і кисню. Вони утворюються внаслідок побічної реакції при будь-яких процесах згорання палива з повітрям, в якому завжди є азот. У двигунах внутрішнього згорання переважно виникають оксид азоту (NO), діоксид азоту ( $\text{NO}_2$ ) і в незначній мірі – закис азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

Оксид азоту (NO) безбарвний, позбавлений запаху і повільно перетворюється на повітрі в діоксид азоту  $\text{NO}_2$ . Останній в чистій формі є червоно-коричневим, з різко запахом, отруйним газом. При концентраціях  $\text{NO}_2$ , які зустрічаються в сильно забрудненому повітрі, це може призвести до подразнення слизової оболонки ока людини.

Оксиди азоту спричиняють нанесення шкоди лісам (кислотні дощі) і разом з вуглеводнями – утворення смогу.

**Сполуки сірки в ВГ (переважно діоксид сірки  $\text{SO}_2$ )** є результатом наявності сірки в паливі. З вельми незначною часткою ймовірності емісію цієї шкідливої речовини можна приписати руху автомобілів в умовах міст.

Граничний вміст сірки в паливі регламентується нормою не більше 0,005% маси палива.

**Тверді частинки** в ВГ є основною проблемою конструювання дизеля. При неповному згорянні паливоповітряної суміші тверді складові утворюються у формі частинок. Вони складаються, в залежності від процесу згорання і робочого стану двигуна, переважно з зчеплених одна зі одною часток вуглецю (сажа) з дуже великою питомою поверхнею.

При спілкуванні людей часто зустрічаються слова «озон» і «смог».

Під дією сонячного світла молекули діоксиду азоту ( $\text{NO}_2$ ) дисоціюють: виникає оксид азоту (NO) і атомарний кисень (O), який, зв'язуючись з молекулярним киснем ( $\text{O}_2$ ) повітря, дає **озон ( $\text{O}_3$ )**. Вуглеводні сприяють утворенню озону і летючих органічних сполук. Тому влітку в теплі, сонячні і безвітряні дні при високому забрудненні атмосферного повітря відпрацьованими газами, необхідно рахуватися з підвищеною концентрацією озону.

У нормальній концентрації озон життєво важливий для людини. Проте, у великих кількостях цей газ викликає кашель, подразнення слизової оболонки рота і горла, а також різь в очах. Він призводить до погіршення роботи легенів і зниження загального стану здоров'я людини.

Між озоном, який виникає біля поверхні землі, і стратосферним озоном, який послаблює вплив ультрафіолетового випромінювання Сонця, немає ніякого зв'язку.

Поряд з виникненням озону влітку, в зимові місяці, при певних метеорологічних умовах і при незначних швидкостях вітру, може утворюватися **смог**. Через зміни температури в шарах повітря, збагачених шкідливими речовинами, холодне, більш важке повітря не може утримуватися нагорі й тому воно розподіляється над поверхнею землі.

Смог веде до подразнення слизової оболонки очей і дихальних шляхів. Крім того, він обмежує видимість на дорогах. Від цього і виникла його назва: слово **смог** (smog) складене з англійських слів дим (smoke) і туман (fog).

У країнах Західної Європи прийняті вимоги до екологічних показників наземних транспортних засобів та їх двигунів, в тому числі щодо допустимих рівнів викидів з ВГ газоподібних і твердих забруднювачів атмосфери, методикою проведення випробувань і вимірювань, переліком необхідних документів для отримання європейського сертифікату якості, що задовольняє екологічну придатність конкретного двигуна і транспортного засобу в цілому. Європейські норми (Правила R49-02) на допустимі рівні викидів ШР з ВГ дизелів вантажних автомобілів, затверджені Європейською Економічною Комісією ООН (ЄЕК ООН), наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Показники допустимих рівнів викидів ШР з ВГ дизелів вантажних автомобілів

Документи і терміни їх введення	Допустимі викиди ШР, г/кВт·год.			
	CO	CH	NO <sub>x</sub>	ТЧ
Euro-I, з 01.10.1993 р.	4,9	1,23	9,0	0,4
Euro-II, з 01.10.1996 р.	4,0	1,1	7,0	0,15
Euro-III, з 01.10.2000 р.	2,0	0,6	5,0	0,1
Euro-IV, з 01.10.2005 р.	1,5	0,46	3,5	0,02
Euro-V, з 01.10.2008 р.	1,5	0,25	2,0	0,02
Euro-VI, з 01.01.2013 р.	1,5	0,13	0,5	0,01

**Примітка:** 1. CO і CH – відповідно оксид вуглецю і незгорілі вуглеводні; NO<sub>x</sub> – сумарні оксиди; ТЧ – тверді частинки; 2. Під терміном «тверді частинки» прийнято вважати аерозолі (а не тільки сажисті частки), які уловлюються з ВГ стандартними фільтрами в ході спеціальних випробувань; 3. Для двигунів потужністю 85 кВт або менше до граничної величини, зазначеної для викидів ТЧ, застосовується поправочний коефіцієнт 1,7, тобто збільшує допустимий рівень ТЧ на зазначену величину.

Дизельні двигуни для вантажних автомобілів як ніякі інші повинні відповідати постійно зростаючим екологічним вимогам. Основний діапазон потужностей двигунів, що застосовуються на важких вантажних автомобілях, становить від 250 до 500 к.с. і більше. Всі виробники вантажних автомобілів воліють використовувати серії двигунів, уніфікованих по конструкції і розмірам циліндрів. У фірми Mercedes це шести- і восьмициліндрові V-подібні

двигуни з циліндрами об'ємом близько 2 л кожен, при цьому V-подібні шестициліндрові двигуни розвивають потужність від 320 до 456 к.с. в залежності від модифікації. У компанії DAF діапазон двигунів ще ширший – потужність рядних двигунів з робочим об'ємом 12,6 л – від 340 до 530 к.с. в залежності від модифікації.

### *Скорочення шкідливих викидів*

---

*Сумішоутворення і згоряння.* Дизелі працюють на паливі з високою температурою кипіння (близько 160...360 °С), яке має більш низьку температуру займання (цетанове число близько 50), ніж бензин.

Сумішоутворення у дизеля можна розділити на дві фази:

- фазу попереднього сумішоутворення, яка протікає під час затримки займання;
- фазу дифузії, яка відбувається під час згоряння.

Паливоповітряна суміш у дизеля гетерогенна. Щоб уникнути сильного викиду сажі, високого рівня емісії CO і CH, а також великої витрати палива, постійно необхідно мати надлишок повітря ( $\lambda > 1,0$ ). Сумішоутворення визначається наступними величинами:

- кількістю соплових отворів форсунки, відповідних інтенсивності повітряного вихору;
- напрямком соплових отворів форсунки, відповідних формі камери згоряння, моменту початку та тривалості впорскування;
- тиском впорскування (величиною і розподілом крапель);
- законом подачі палива (залежністю подачі палива від часу).

Частота обертання колінчастого вала, величина подачі палива, тиск і температура, а також коефіцієнт надлишку повітря  $\lambda$  є параметрами, що змінюються під час роботи дизеля.

Величинами, що характеризують роботу двигуна, є також:

- питома витрата палива;
- рівні емісії NO<sub>x</sub> (NO і NO<sub>2</sub>), твердих частинок, CH, CO;
- рівень шуму згоряння суміші.

Характеристика потужності і, відповідно, крутного моменту, в залежності від частоти обертання колінчастого вала, формується під вимоги виробника дизеля. Утворенню NO<sub>x</sub> сприяє висока температура згоряння. Сажа виникає при локальній нестачі повітря і незадовільному сумішоутворенню.

*Методи вдосконалення конструкції дизеля.* На рівень емісії ВГ і витрати палива впливають, поряд зі згаданим вище сумішоутворенням, конфігурація камери згоряння, ступінь стиснення, а також рух повітряного заряду. У чотирьохклапанних двигунах форсунка може бути встановлена в центрі камери згоряння, що забезпечує оптимальний і рівномірний розподіл факелів палива. Турбонагнітач зі змінною геометрією турбіни дає більшу витрату повітря в широкій області універсальної характеристики, скорочує час наростання тиску наддуву і зменшує протитиск ВГ. Охолодження наддувочного повітря знижує рівень емісії NO<sub>x</sub> і витрату палива.

Рециркуляція ВГ – ефективний процес для скорочення рівня емісії  $\text{NO}_x$  – протягом багатьох років використовується в дизелях автомобілів.

У той же час рециркуляція ВГ дизелів вантажних автомобілів потрібна у всьому полі характеристик навантаження та частоти обертання коленвала.

Ефект рециркуляції, що знижує рівень емісії  $\text{NO}_x$ , ґрунтується на трьох діях:

- зниженні концентрації кисню в камері згоряння;
- скорочення витрат ВГ;
- зниженні температури в циліндрі завдяки більш високій теплоємності інертних газів, які не беруть участі в реакції (наприклад,  $\text{CO}_2$ ).

Особливо ефективною є рециркуляція охолоджених ВГ.

### Системи очищення відпрацьованих газів

При очищенні ВГ дизелів особлива увага приділяється скороченню вмісту двох компонентів:

– твердих частинок, які виникають через неоднорідний розподіл суміші в камері згоряння;

– оксидів азоту ( $\text{NO}_x$ ), які утворюються при високих температурах згоряння паливоповітряної суміші в дизелі.

Для виконання нормативів по токсичності відпрацьованих газів дизелів необхідно підвищення тиску в камері згоряння. При цьому зростає температура згоряння і підвищується вміст оксидів азоту  $\text{NO}_x$  в ВГ. І навпаки, чим менше тиск в камері згоряння, тим менша температура і більший вміст вуглеводнів  $\text{CH}$  в ВГ. При цьому збільшується кількість окису вуглецю  $\text{CO}$  і сажі, вміст якої традиційно виражається в кількості частин на мільйон (Parts per Million, PM) або в  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Щоб знизити вміст токсичних складових у ВГ конструктори двигунів збільшують кількість повітря в паливоповітряній суміші. Ідеально низька токсичність ВГ досягається, коли в камеру згоряння надходить повітря на 20% більше, ніж палива. Врахувати всі ці фактори, а також зменшити витрату палива сьогодні можливо, використовуючи електронне впорскування палива при високому тиску. Електронна система впорскування досить точно управляє його початком, тривалістю й іншими параметрами.

Вміст  $\text{NO}_x$  і  $\text{CH}$  у відпрацьованих газах безпосередньо залежить від параметрів робочого процесу в двигуні. Прикладом тут може слугувати хоча б той факт, що через збільшення початку впорскування на  $1^\circ$  по куту повороту колінчастого вала вміст  $\text{NO}_x$  у відпрацьованих газах може по підвищитися на 5%, а вміст  $\text{CH}$  збільшитися на 15%. Крім конструктивних методів зниження токсичності ВГ існують різні методи їх подальшої обробки ВГ – використання окисних нейтралізаторів, саж фільтрів, рециркуляція відпрацьованих газів і зниження температури повітря на впуску.

Для швидкого забезпечення робочої температури окислювальний нейтралізатор повинен розташовуватися в системі випуску якомога ближче до двигуна (рис. 2.90).

Окислювальний нейтралізатор зменшує рівень емісії вуглеводнів ( $\text{CH}$ ),



оксиду вуглецю (CO) і летючих складових твердих частинок, перетворюючи все це на воду (H<sub>2</sub>O) і діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>).

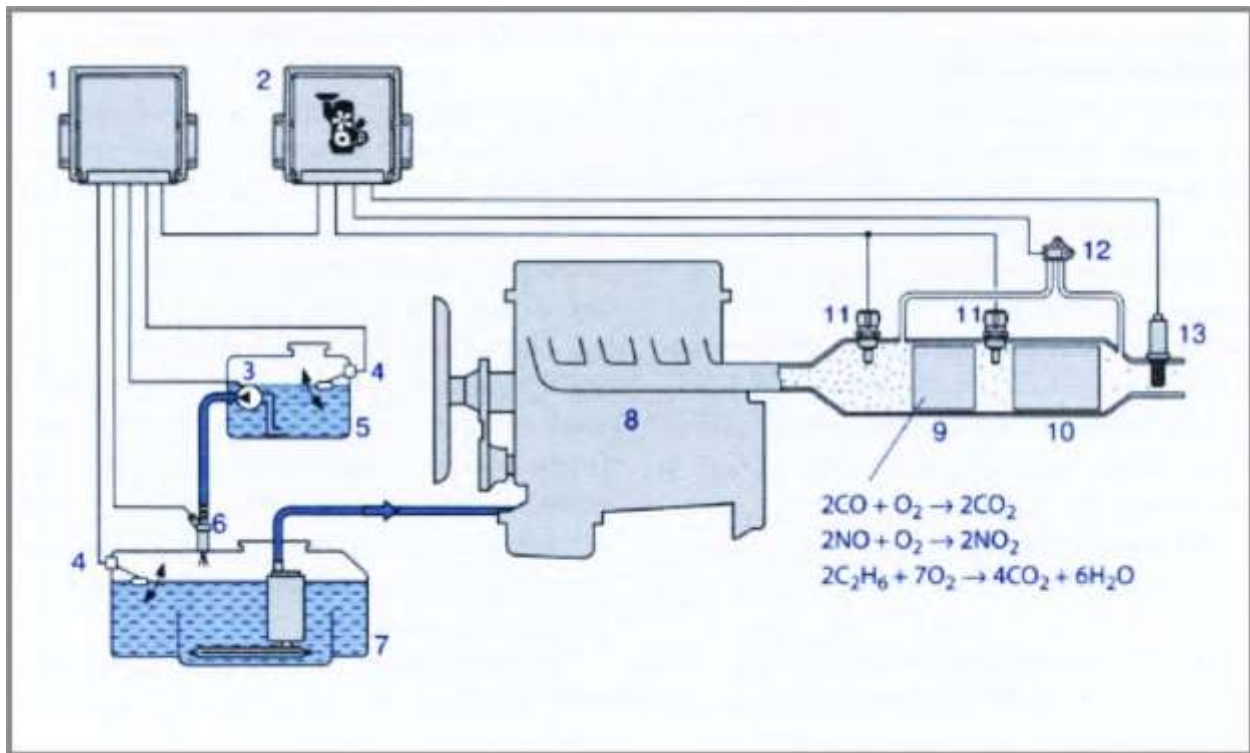


Рис. 2.90. Система випуску ВГ з окислювальним нейтралізатором, фільтром твердих частинок і системою додавання присадок: 1 – блок управління додаванням рідкої каталітичної присадки; 2 – блок управління роботою дизеля; 3 – насос для додавання рідкої каталітичної присадки; 4 – датчик рівня рідкої каталітичної присадки; 5 – бак з рідкою каталітичною присадкою; 6 – клапан дозування рідкої каталітичної присадки; 7 – паливний бак; 8 – дизель; 9 – окислювальний нейтралізатор; 10 – фільтр твердих частинок; 11 – датчик температури; 12 – диференційний датчик тиску; 13 – датчик сажі

Фільтр твердих частинок, які є наслідком сажі ВГ, при досягненні їх граничного значення потребує очищення і регенерації. За допомогою регулювань апаратурою подачі палива і повітря, наприклад, установкою пізнього моменту початку впорскування та дроселюванням повітря на впуску можна підвищити температуру ВГ (понад 600 °С), при якій відбувається допалювання сажі.

Фірма Renault запропонувала комплексну систему зниження викидів дизелів, яка використовує надзвичайно високий ступінь рециркуляції (рис. 2.91).

Дана система не тільки зменшує рівень NO<sub>x</sub> до дуже малих значень, але і сприяє утворенню твердих частинок, які автоматично спалюються при досягненні граничного їх обсягу. Для поліпшення процесу згоряння в передню частину корпусу уловлювача встановлені чотири дизельних свічки розжарювання потужністю 1,2 кВт для підігріву уловлювача і негайного його очищення. Використання даної системи зниження викидів відпрацьованими газами дизелів дає можливість виконати вимоги Euro-V для дизельних двигунів.

Додаткова обробка ВГ в блоці додаткової обробки проходить в два етапи:

*Початковий ступінь:* окислювальний каталітичний нейтралізатор і фільтр сажі;

*Друга стадія:* SCR каталітичний нейтралізатор Euro-V.

Датчик  $\text{NO}_x$  є основним компонентом системи подальшої обробки ВГ. Він постійно перевіряє частку оксидів азоту в ВГ під час руху автомобіля. На підставі цієї інформації розраховується необхідна кількість реагенту AdBlue®, який є розчинником сечовини з концентрацією 32,5 % за масою.

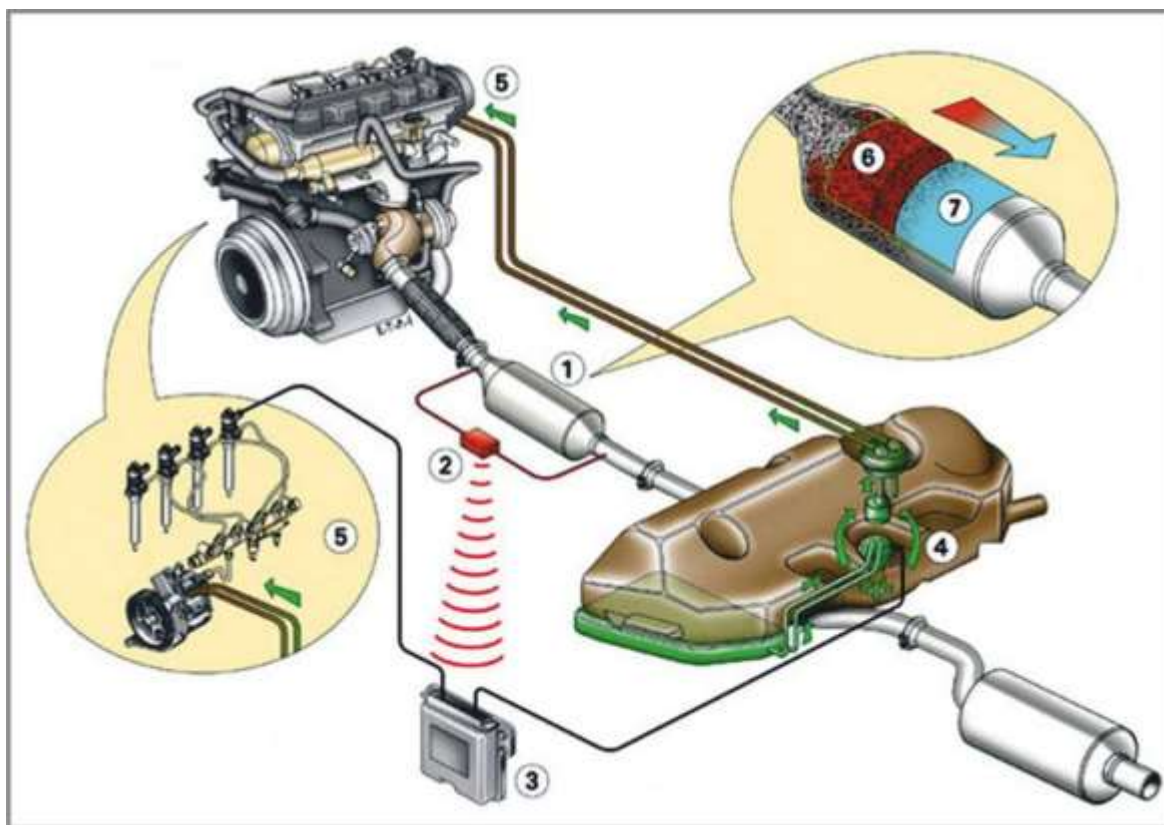


Рис. 2.91. Система зниження викидів відпрацьованими газами дизелів: 1 – вузол «попереднього каталізатора і фільтра частинок»; 2 – датчики температури і тиску; 3 – ЕКМ двигуна; 4 – впорскування добавок до палива в основний бак (при необхідності); 5 – спеціальна інформація передається форсунці, коли потрібно допалювання; 6 – попередній каталізатор; 7 – фільтр частинок

Кілька датчиків тиску, температури і  $\text{NO}_x$  застосовані для контролю функціонування системи доочистки ВГ дизеля. Крім того, кожна виявлена несправність зберігається в пам'яті блоку бортової діагностики (OBD 2). Якщо встановлені нормативами токсичності межі перевищені, потужність двигуна зменшується автоматично.

Сучасні вантажні автомобілі, наприклад Mercedes-Benz Actros, для вирішення проблеми зниження токсичності ВГ двигунів щодо забезпечення нормативам Euro-V оснащуються системою додаткової їх обробки, що складається з каталітичного нейтралізатора SCR (селективне каталітичне відновлення) і фільтра сажі (DPF) на додаток до системи рециркуляції ОГ двигунів (рис. 2.92).

Для спрощення конструкції систем очищення ОГ дизелів ряд фірм

двигунобудування, наприклад Volvo Penta, пропонують раціональне розміщення на автомобілі її елементів (рис. 2.93).

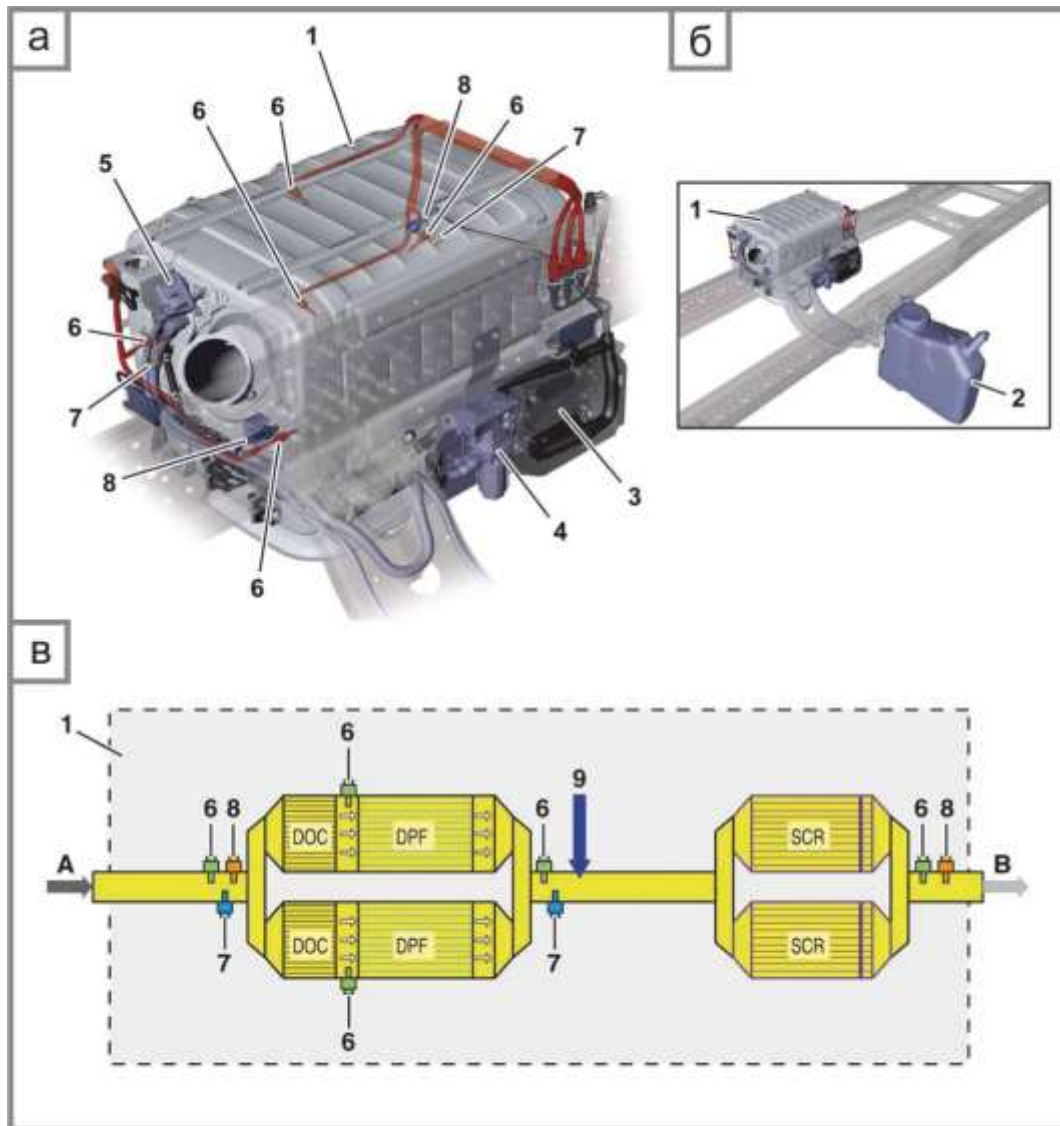


Рис. 2.92. Доочищення відпрацьованих газів дизеля OM 473 вантажного автомобіля Mercedes-Benz Actros: а – блок очищення ВГ; б – розташування блоку очищення і бака дозатора на рамі автомобіля; в – розташування компонентів блоку очищення ВГ; 1 – блок очищення ВГ; 2 – бак реагенту AdBlue ®; 3 – блок управління обробкою ВГ (АСМ); 4 – насосний модуль; 5 – AdBlue ® дозатор; 6, 7 – датчики температури і тиску ВГ; 8 – датчик NO<sub>x</sub>; 9 – впорскування від AdBlue ®; DOC – окислювальний каталітичний нейтралізатор; DPF – фільтр сажі; SCR – селективний каталітичний нейтралізатор; А, В – ВГ двигуна до і після доочистки

Останні моделі двигунів Volvo Penta відрізняються використанням системи рециркуляції ВГ без проміжного охолодження повітря і регулятора тиску ВГ. Це дозволяє системі нейтралізації ВГ працювати без впорскування палива в потік ОГ для підвищення їх температури. При цьому забезпечується оптимальна температура ВГ. Система нейтралізації ВГ включає наступні компоненти: каталітичний окисний нейтралізатор, фільтр сажі, селективний каталітичний нейтралізатор з реагентом сечовини, каталізатор розкладання аміаку.

Більшість провідних світових компаній з виробництва дизельних двигунів, наприклад Cummins, Volvo Penta, Deutz, Scania, MAN та ін., досягли до теперішнього часу виконання норм токсичності Euro-5 відпрацьованих газів двигунів. Одночасно в даних компаніях проводяться інтенсивні дослідницькі та конструктивні роботи з видалення з ВГ маленьких твердих частинок, які є побічним продуктом згоряння дизельного палива. Багато сумнівів і аргументів залишається навколо реальної важливості впливу таких частинок на здоров'я населення. Проте серйозні обмеження на присутність таких частинок у ВГ включені до вимог щодо складу викидів.



Рис.2.93. Двигун Volvo Penta D8 Stage V з системою очищення відпрацьованих газів

Зараз багато дизельних автомобілів обладнуються простим окислюючим нейтралізатором, який гарантує повне окислення викидів до водяної пари і  $\text{CO}_2$ . Викиди  $\text{CH}$  і  $\text{CO}$  і так невеликі. Більш важлива проблема викидів  $\text{NO}_x$ , хоча їх рівень уже зменшений наскільки можливо системою рециркуляції ВГ (EGR), яка встановлюється на більшість сучасних дизелів. Потік рециркулюючих газів іноді пропускається через власний інтеркулер (віддаючи тепло в систему охолодження двигуна), не впливаючи на вихідну потужність зменшенням коефіцієнта наповнення камери згоряння.

Одним з можливих шляхів зниження  $\text{NO}_x$  у ВГ дизелів є використання системи упорскування невеликих порцій палива в нейтралізатор. Іншим рішенням може бути полум'яне поле. Дослідницькі групи також працюють над системою, що використовує принцип Siemens  $\text{SiNO}_x$ , що полягає у упорскуванні спеціальних добавок у ВГ, які реагують з  $\text{NO}_x$  в спеціальному вузлі випускної системи.

Найбільш очевидною відповіддю на проблему викиду частинок є затримка їх у випускній системі. Теоретично необхідності заміни фільтра через регулярні інтервали можна уникнути, зробивши фільтр досить гарячим, щоб частинки, які в основному складаються з вуглецю згоріли до утворення  $\text{CO}_2$ . Такі вловлювачі називаються «регенеровані», тому що вони самі себе очищують. Регенеровані вловлювачі дуже добре працюють у вантажних автомобілях, двигуни яких

більшу частину часу піддаються великим навантаженням, і тому температура ВГ досить висока, при якій виконується регенерація.

Токсичність ВГ дизелів є проблемою автовиробників. Здавалося б, на стандарт Euro-VI країни ЄС перейшли зовсім нещодавно, але в даний час вже можна почути думку про необхідність Euro-VII. Правда, поки що невідомо, коли він буде прийнятий, але ймовірно це може трапитися в 2020-2021 році.

Зниження токсичності ВГ двигунів на думку автомобільних експертів може бути досягнуто при заміні дизелів двигунами, які працюють на біодизельному паливі та газі або при інтенсивному впровадженні гібридних автомобілів, що позитивно зарекомендували себе на комерційних вантажних автомобілях.

## § 20

### ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

#### Джерела та споживачі електроенергії

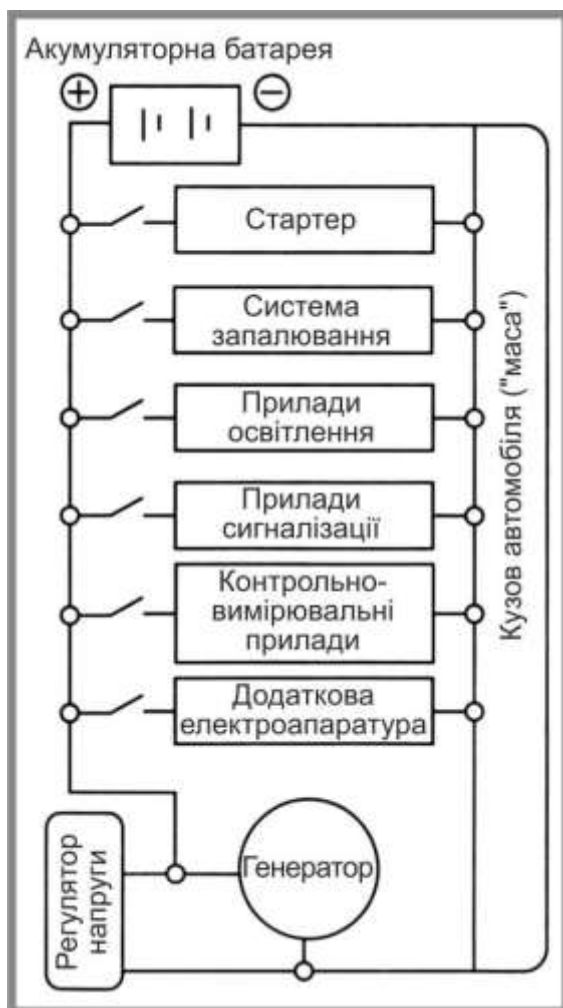


Рис. 2.94. Джерела і споживачі електричної енергії автомобіля

– система пуску двигуна (стартер);

Електрообладнання забезпечує роботу більшості систем автомобіля і постачає струм споживачам енергії.

Найперші автомобілі в якості джерела електричного струму використовували магнето (для отримання іскри в системі запалювання), які не потребують в зовнішнього джерела енергії. В якості освітлювальних приладів використовувалися ацетиленові ліхтарі. Двигун запускали вручну за допомогою заводної рукоятки. Згодом на автомобілі стали встановлювати акумуляторні батареї, які використовувалися як джерела електричного струму для освітлення, пуску двигуна за допомогою стартера, привода склоочисників та інших електроспоживачів і, нарешті, для роботи всіх систем автомобіля при непрацюючому двигуні або при малій частоті його обертання. При працюючому двигуні джерелом електричної енергії є генератор.

Джерела електричної енергії (акумулятор, генератор) забезпечують струмом споживачі електроенергії, до яких відносяться (рис. 2.94):

- система запалювання (у бензинових і газових двигунів);
- система освітлення (зовні машини – фари і ліхтарі, лампи освітлення номерного знака; всередині – плафони, лампи, що освітлюють приладовий щиток, підкапотне освітлення і т.д.);
- система світлової сигналізації (показчики повороту, стоп-сигнали, ліхтарі заднього ходу);
- система звукової сигналізації;
- контрольно-вимірювальні прилади (амперметр, показчик температури охолоджуючої рідини, сигналізатор включення гальма стоянки і т.д.);
- додаткове обладнання (вентилятор, склоочисник, магнітола, прикурювач, система обігріву заднього скла, електросклопідйомники і багато інших приладів, які підключаються через гніздо прикурювача).

### Акумуляторна батарея

Акумуляторна батарея – джерело постійного струму, призначене для пуску двигуна стартером, для живлення інших споживачів при непрацюючому (або працюючому на малих обертах) двигуні (рис. 2.95).

Акумуляторна батарея перетворює хімічну енергію в електричну, будучи джерелом електроенергії автомобіля.

Якщо взяти дві свинцеві пластини і опустити їх в слабкий розчин сірчаної кислоти у воді (електроліт), то через деякий час, приєднавши пластини до затискачів джерела струму (донора), наприклад генератора, ми виявимо, що через акумулятор тече електричний струм. Між речовиною пластин і кислотою сталася хімічна реакція. Внаслідок цього акумулятор зарядився, тобто сам перетворився на джерело струму. Від'єднавши тепер акумулятор від генератора і з'єднавши зі споживачем енергії, можна відбирати накопичену ним електроенергію або, іншими словами, розряджати акумулятор.

Цей процес можна повторювати багаторазово: при працюючому генераторі відбувається накопичення електричної енергії (заряд), а при непрацюючому генераторі – віддача збереженої енергії на живлення споживачів (розряд). Найпростіший акумулятор, що складається з двох пластин (позитивної та негативної), об'єднують в акумуляторну батарею, поєднуючи пластини послідовно одна з одною.

Повністю заряджений свинцево-кислотний акумулятор має напругу, рівну

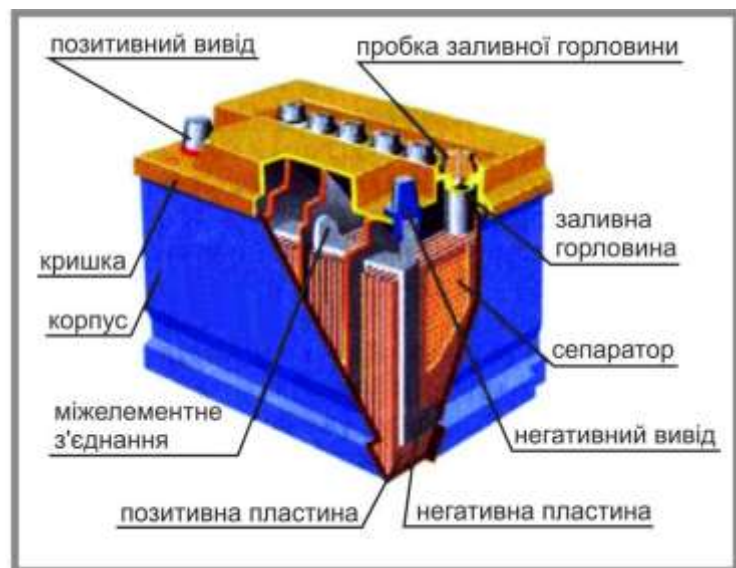


Рис. 2.95. Будова акумуляторної батареї

2,0-2,1 В. Тому для отримання джерела струму напругою 12 В послідовно з'єднують шість акумуляторів, які утворюють батарею.

Свинцево-кислотна стартерна акумуляторна батарея, що застосовується на автомобілях, дозволяє отримати струм розрядки, який в 3-5 разів перевищує номінальну ємність батареї.

Про ємність акумуляторної батареї інформує її маркування. Наприклад, на багато вантажних автомобілів встановлюють батареї **6СТ-190**. Розшифруємо маркування акумуляторних батарей:

**6** – це кількість двовольтових акумуляторів у батареї;

**СТ** – вказує на те, що дана батарея стартерного типу, тобто їй не страшні значні розрядні струми, необхідні для роботи пускового електродвигуна, відомого всім як стартер;

**190** – номінальна ємність батареї в ампер-годинах (А-год.) при 20-годинному безперервному режимі розряду. На автомобілі слід застосовувати батарею саме тієї ємності, яку встановив завод-виготовлювач. Думка про те, що чим більша ємність акумулятора, тим більше з нього можна отримати пусків двигуна, непрофесійна і помилкова, коли мова йде не про разове застосування батареї підвищеної ємності, а про постійну експлуатацію автомобіля з нею. Така експлуатація призведе до хронічного недозаряду акумуляторів батареї з усіма витікаючими наслідками.

Найбільш поширена ємність акумуляторів європейських вантажівок 180 ампер-годин, на вантажівки Volvo, DAF і деякі моделі Scania встановлюють акумулятори з ємністю від 200 до 235 ампер-годин.

Далі в маркуванні батареї використовують тільки букви. Вони інформують про матеріал корпусу батареї, а також про особливості конструктивного виконання і постачання:

**А** – позначає матеріал корпусу батареї (поліпропілен із загальною кришкою);

**Е** – ебонітовий (більшість старих акумуляторів мали саме такі корпусу);

**Т** – термопластична пластмаса;

**М** – з сепараторами з міпласту;

**Р** – з сепараторами з міпору;

**Л** – необслуговуюча;

**З** – поставляється зарядженою;

**Н** – поставляється несухозарядженою.

Сучасні акумуляторні батареї випускають найчастіше в необслугованому виконанні. Незважаючи на це, вони вимагають до себе з боку водія певної уваги. Батарея не підведе в тому випадку, якщо перед експлуатацією її поверхня не забруднена, а сама вона надійно закріплена на автомобілі, повністю заряджена, щільність і рівень електроліту знаходяться у встановлених межах.

Експлуатація вантажних акумуляторів має на увазі регулярні високі навантаження, такі як запуск двигуна при низьких температурах і підвищені вібрації. При низьких температурах електроліт стає більш в'язким, внаслідок чого швидкість всіх процесів сповільнюється і зменшується час, протягом якого батарея зможе видавати необхідний струм для запуску двигуна. Все це

ускладнюється ще й тим, що холодне атмосферне повітря охолоджує металеві деталі двигуна, стає більш густим масло, погіршується сумішоутворення в циліндрах і стартеру необхідний більший струм і набагато більше часу для запуску двигуна, ніж при більш високій температурі. В довершення всього, при низьких температурах батарея гірше приймає заряд. В умовах нерівних доріг і бездоріжжя автомобіль (а разом з ним і акумулятор) піддається підвищеній вібрації і трясці. Це небезпечно тим, що під впливом вібраційних навантажень активна маса буде швидко сповзати з пластин. В результаті відбудеться втрата ємності і зросте ймовірність короткого замикання. Тому для автомобіля, який часто рухається по поганих дорогах, можна порекомендувати акумуляторну батарею, у якій пластини однієї полярності загорнуті в сепаратор-конверт. У такій батареї значно знижена ймовірність короткого замикання.

Правильний вибір вантажного акумулятора залежить від декількох факторів. В першу чергу потрібно звернути увагу на об'єм двигуна вантажівки. Слід враховувати, чим він більший, тим вище повинні бути пускові характеристики акумулятора і захист від вібрації.

Кращими сучасними акумуляторами вантажних автомобілів є акумулятори на основі срібно-кальцієвих батарей.

Сучасний акумулятор вантажного автомобіля є поєднанням самих передових технологій (рис. 2.96).

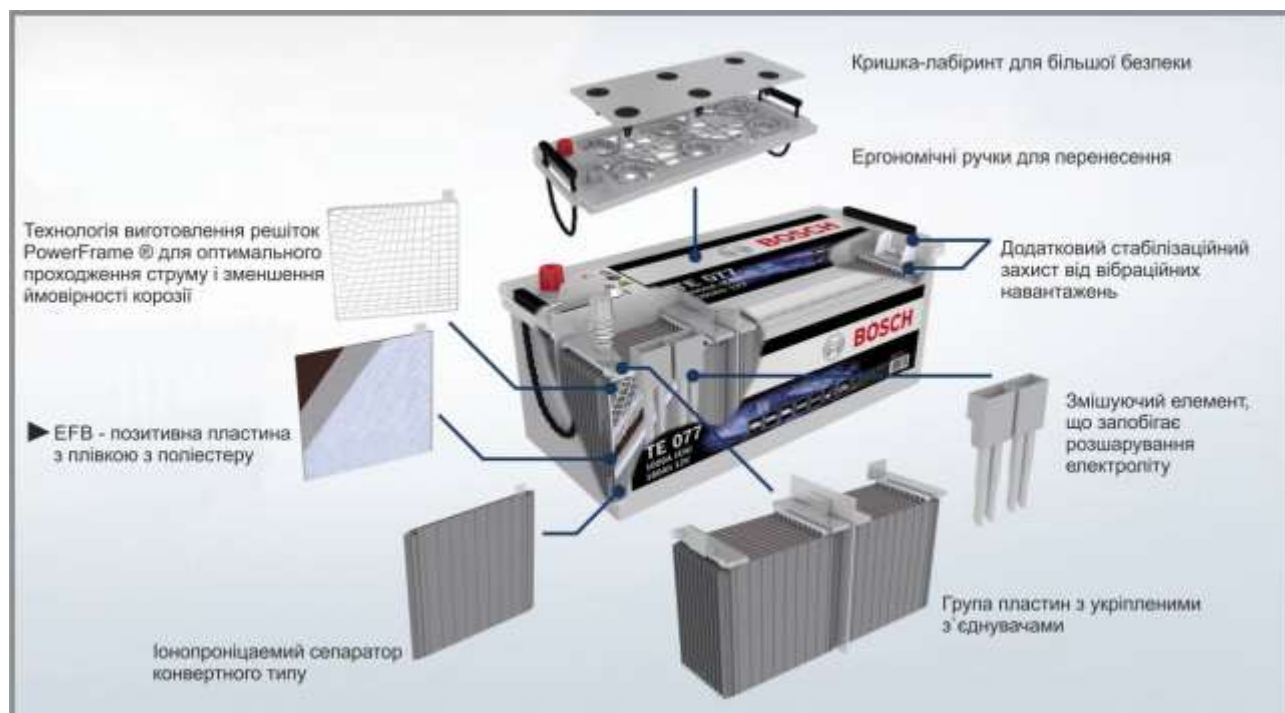


Рис. 2.96. Удосконалена за технологією EFB (Enhanced Flooded Battery) акумуляторна батарея з рідким електролітом

Завдяки використанню срібно-кальцієвого сплаву дані акумулятори витримують глибокі розряди, забезпечують запас потужності, необхідний для запуску двигуна і зводять до мінімуму втрати води з електроліту. Лабіринтова кришка запобігає протіканню електроліту при великих кутах нахилу і конденсує водяну пару на своїй поверхні, що дозволяє уникнути втрати води при високих



температурах. Використання більш товстих пластин в решітці вантажного акумулятора робить їх більш стійкими до глибоких розрядів. Дані акумулятори абсолютно не обслуговуються.

### Генератор

Головне джерело електроенергії – генератор (рис. 2.97), що приводиться в дію двигуном транспортного засобу. Він перетворює механічну енергію двигуна в електричну. Вал автомобільного генератора через пас за допомогою шківів з'єднують з приводним шківом колінчастого вала двигуна і працюючий двигун «змушує» генератор виробляти струм.

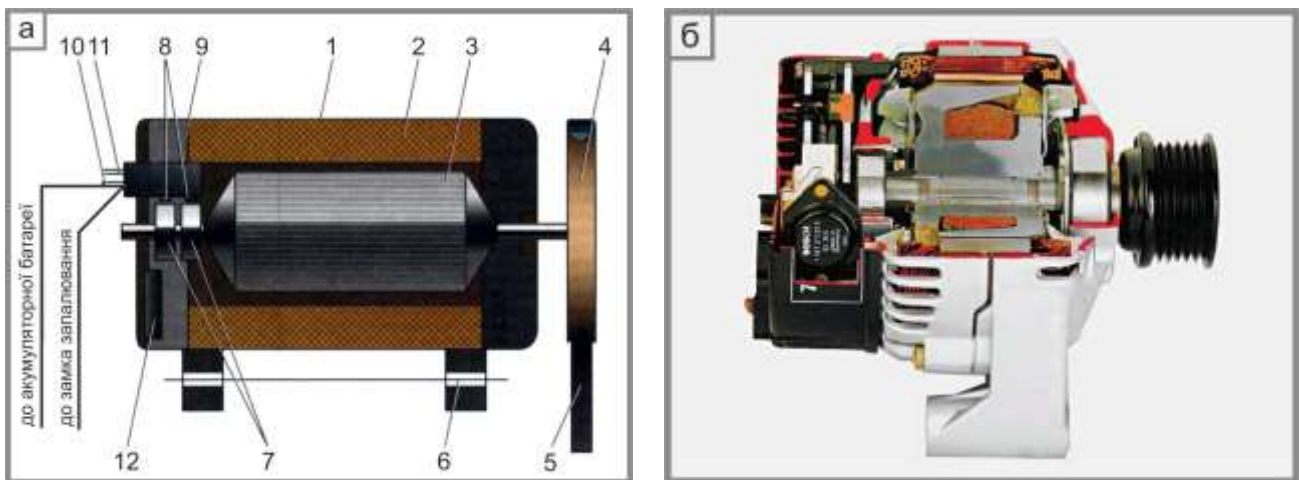


Рис. 2.97. Пристрій (а) і загальний вид (б) генератора: 1 – корпус генератора; 2 – обмотка статора; 3 – ротор; 4 – шків приводу генератора; 5 – пас; 6 – кронштейн кріплення; 7 – контактні кільця; 8 – щітки; 9 – регулятор напруги; 10 – вивід «30» для підключення споживачів; 11 – вивід «61» для живлення ланцюга амперметра і контрольних ламп на щитку приладів; 12 – випрямляч

На вантажних автомобілях переважно застосовуються генератори змінного струму, що забезпечують можливість зарядки акумулятора при малих обертах двигуна, але потрібен спеціальний випрямляч, щоб перетворити змінний струм в постійний. Для підтримання постійної величини напруги (приблизно 14 В) незалежно від оборотів двигуна використовуються регулятори напруги. Сучасні електронні регулятори мають невеликі розміри і, як правило, встановлюються безпосередньо на генераторі.

Автомобільний генератор встановлюють на двигуні на спеціальному кронштейні. Надійна робота генератора залежить від ступеня натягу паса привода (регламентується заводом-виробником). Натяг регулюється переміщенням генератора в пазах кронштейна.

При працюючому двигуні генератор живить електричним струмом всіх споживачів, а також заряджає акумуляторну батарею.

Як вже говорилося, генератор пов'язаний з колінчастим валом двигуна за допомогою пасової передачі. Отже, чим вищі обороти двигуна, тим більше оборотів здійснює роторгенератора. Напруга, що виробляється генератором,

безпосередньо залежить від оборотів ротора.

Електрообладнання сучасних вантажних автомобілів фірм Mercedes-Benz, MAN, Volvo і т.д. має напругу 24 В і достатню потужність генераторів для забезпечення електроенергією різних споживачів.

### Система пуску двигуна

Система пуску призначена для провертання колінчастого вала двигуна з частотою, достатньою для утворення, стиснення і займання суміші, а також нормальної роботи інших систем двигуна.

Основна вимога до даної системи – забезпечення швидкого і надійного пуску двигуна при низьких температурах. Енергоємність системи повинна забезпечувати необхідну кількість повторних пусків і швидко відновлюватися при роботі двигуна.

Система пуску двигуна складається з:

- акумуляторної батареї;
- ланцюга стартера;
- стартера з тяговим реле і механізмом привода;
- реле включення стартера;
- вимикача запалювання.

Основним елементом системи пуску є стартер (рис. 2.98), що є електродвигуном постійного струму (як правило, послідовного збудження).

Основне завдання стартера – надати колінчастому валу двигуна ту мінімальну необхідну частоту обертання ( $50-100 \text{ хв}^{-1}$ ), при якій двигун почне стійко працювати. При зниженні температури навколишнього повітря для пуску двигуна необхідні підвищені оберти колінчастого вала.

При пуску двигуна за допомогою стартера характерні три етапи його

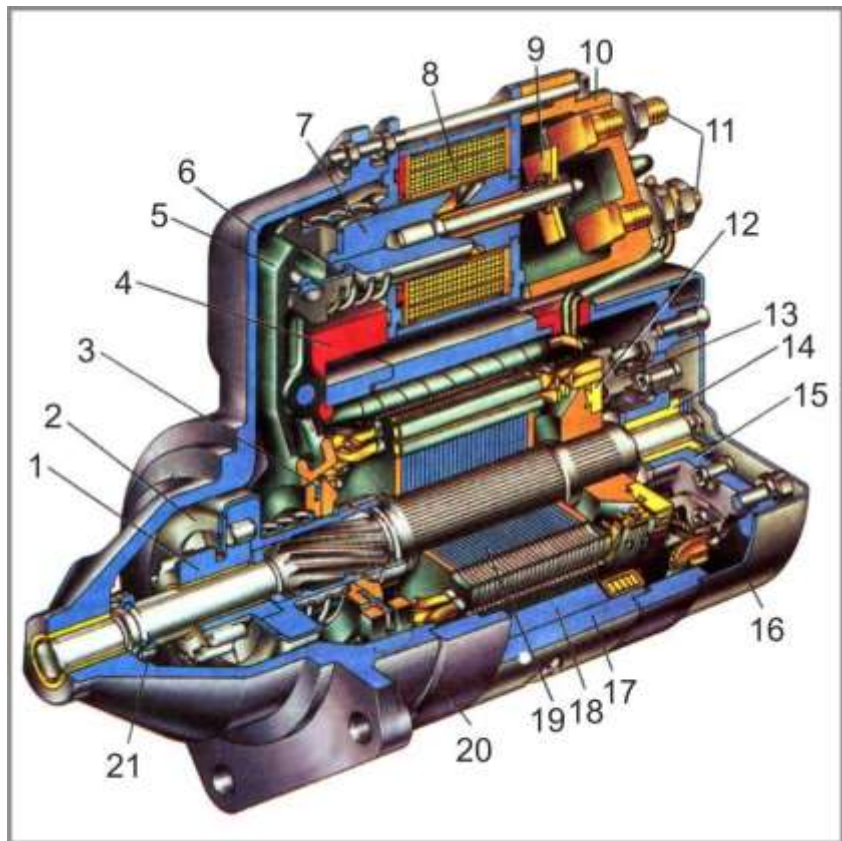


Рис. 2.98. Будова стартера: 1 – шестерня привода; 2 – обгінна муфта; 3 – повідкового кільце; 4 – заглушка; 5 – важіль привода; 6 – кришка; 7 – якор реле; 8 – обмотка реле; 9 – контактна пластина; 10 – кришка реле; 11 – контактні виводи; 12 – колектор; 13 – щіткотримач; 14 – втулка для якоря; 15 – кришка; 16 – кожух; 17 – корпус; 18 – полюс статора; 19 – якор; 20 – проміжне кільце; 21 – обмежувальне кільце

роботи: підготовчий, основний, заключний (рис. 2.99).

1. Підготовчий етап – стикування стартера з колінчастим валом двигуна.

Після того як водій ключем замкнув у замку запалювання відповідні контакти, якір тягового реле під дією магнітного поля обмоток через важіль переміщує муфту привода до зачеплення шестерні з вінцем маховика двигуна.

2. Основний етап – пуск двигуна.



Рис. 2.99. Етапи режиму роботи стартера під час пуску двигуна

Рухомий контакт тягового реле замикає ланцюг «акумуляторна батарея-стартер», після чого починається робота стартера в якості електродвигуна: його якір через шестерню обертає колінчастий вал двигуна, забезпечуючи його пуск.

3. Заключний етап – розстикування стартера з колінчастим валом працюючого двигуна.

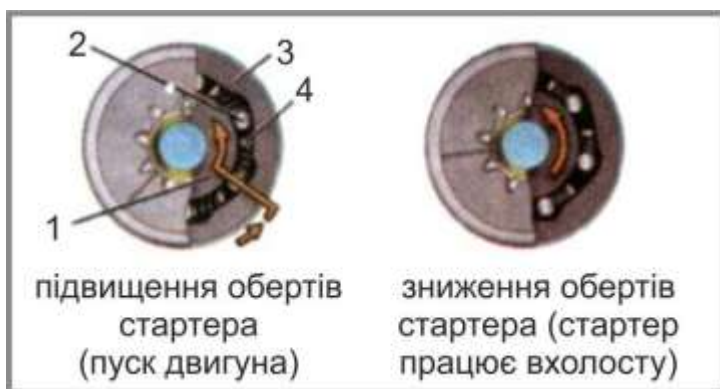


Рис. 2.100. Схема роботи муфти: 1 – шестерня з внутрішнім кільцем обгінної муфти; 2 – ролик обгінної муфти; 3 – маточина з зовнішнім кільцем обгінної муфти; 4 – упор пружини

Після пуску двигуна водій відпускає ключ запалювання і тягове реле під дією поворотної пружини розстикує колінчастий вал двигуна зі стартером, повернувши шестерню в початкове положення (втягнувши в себе).

Якщо після пуску двигуна стартер буде продовжувати працювати (наприклад, при несвоєчасному відпусканні ключа запалювання або з якої-небудь іншої причини), то для

того, щоб стартер не вийшов з ладу, в його конструкції передбачена спеціальна муфта, яка передає обертання тільки в одну сторону: від стартера до маховика двигуна (рис. 2.100). Муфта не дозволить двигуну, який набрав значних обертів ( $800-6000 \text{ хв}^{-1}$ ), вивести стартер з ладу.

Застосування на вантажних автомобілях електрообладнання напругою 24 В і 36 В дає можливість використовувати стартери-генератори (рис. 2.101), вбудовані в маховик двигуна. За допомогою таких пристроїв не тільки легко повертається колінчатий вал ДВЗ при пуску, що дає можливість глушити двигун при кожній зупинці та пускати його при рушанні, але і використовувати

його при інтенсивному розгоні спільно з основним двигуном.

Використання напруги 36 В також вигідно для електропроводки. Більш висока напруга означає, що та ж сама потужність може бути передана по більш тонких проводах. У більшості сучасних автомобілів електропроводка стала дуже складною і дорогою.

До кожного з численних електричних пристроїв автомобіля повинні бути підведені як силові, так і керуючі дроти. Останні за допомогою вимикачів і реле замикають або розмикають відповідні ланцюги. Число керуючих провідників може бути дуже великим. Сьогодні більшість виробників автомобілів починають використовувати інший підхід при конструюванні електропроводки. Силові кабелі залишаються, а керуючі замінюються мультіплексними лініями. Керуючі сигнали для різних пристроїв можуть передаватися по високошвидкісним шинам з використанням кодованих сигналів. При такому підході електропроводка значно спрощується і з'являється можливість простого діагностування несправностей систем автомобіля за допомогою комп'ютера.



Рис. 2.101. Стартер-генератор на маховику двигуна

---

## § 21

### ПЕРСПЕКТИВНІ ІДЕЇ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛІВ

---

Компанія BMW спільно з Mercedes, що робили найпотужніші дизельні двигуни, заявили, що вони бачать «змінність» ключем до подальшого розвитку. Компанії вивчають такі особливості, як впускні канали із змінним завихренням, зміна фаз газорозподілу і вдосконалену конструкцію форсунок, здатних пропускати паливо в різному співвідношенні залежно від швидкості йї навантаження. В даному випадку кількість палива більше не буде повністю залежати від часу, протягом якого форсунка залишатиметься відкритою. Компанія BMW розглядає питання зміни ступеня стиснення і двоступеневого наддуву, а також використання додаткової інформації, такої, як однорідність палива і його якість для забезпечення ще більш точного контролю за згоранням. BMW припускає, що з'явиться можливість вводити в циліндр у відповідний момент повністю приготований паливно-повітряний заряд, а не просто заряд палива. Розглядається ймовірність переходу від послідовного згорання до постійного, коли може бути як би два двигуна (згорання частини палива приводить в дію великий турбонаддув, а його енергія повертається назад до

колінчастого валу) або навіть використання концепції, ближчої до двигуна зовнішнього згоряння.

### ***Контрольні запитання***

---

1. Наведіть принцип дії дизеля.
2. Які одиниці виміру потужності ДВЗ?
3. Охарактеризуйте швидкісну характеристику ДВЗ.
4. Наведіть рухомі та нерухомі елементи дизеля.
5. З якою метою проводиться балансування двигуна?
6. Наведіть особливості конструкції механізму газорозподілу дизеля.
7. Наведіть особливості конструкції системи мащення дизелів сучасного вантажного автомобіля.
8. Наведіть особливості конструкції системи охолодження дизелів сучасного вантажного автомобіля.
9. Наведіть особливості системи турбонаддуву дизелів сучасного вантажного автомобіля.
10. Які особливості будови та робочого процесу системи живлення дизелів?
11. Охарактеризуйте систему впорскування палива насос-форсунками дизелів.
12. Які особливості будови паливної системи Common Rail?
13. Які особливості електронного управління паливною системою Common Rail?
14. Які особливості будови газових двигунів?
15. Чи можлива перебудова дизеля вантажного автомобіля на газовий цикл роботи?
16. Які особливості будови газодизельних двигунів?
17. Які особливості будови двигунів на біодизелі?
18. Які переваги та недоліки газових, газодизельних двигунів та двигунів на біодизелі у порівнянні з дизелями?
19. Охарактеризуйте шкідливі речовини згоряння палива дизелів.
20. Які особливості будови системи очищення відпрацьованих газів дизелів сучасних вантажних автомобілів?
21. Які джерела і споживачі електричної енергії автомобілів?
22. Розшифруйте маркування акумуляторної батареї 6СТ-190.
23. Які етапи режиму роботи стартера під час пуску дизеля?
24. Наведіть перспективні ідеї вдосконалення дизелів.

## РОЗДІЛ

# 3

Трансмiсія автомобiля виконує двi функцiї: вона передає крутний момент вiд двигуна до ведучих колiс автомобiля, а також змiнює його величину i напрямок. При передачi крутного моменту трансмiсія, крiм того, перерозподiляє його мiж окремими колесами.

## ТРАНСМІСІЯ

### ПРИЗНАЧЕННЯ

Двигуни внутрiшнього згорання, якi є на сьогоднiшнiй день основним джерелом енергiї для автомобiлiв, мають максимальнi значення крутного моменту i потужностi при рiзних значеннях частоти обертання колiнчастого вала двигуна. Для того щоб використовувати вiдповiднi обороти двигуна при рiзних швидкостях руху автомобiля, необхідно мати можливiсть змiнювати передавальне число трансмiсiї. Загальне передавальне число трансмiсiї в будь-який момент часу можна визначити вiдношенням частоти обертання колiнчастого вала двигуна до частоти обертання ведучих колiс.

Крутний момент, що передається на ведуче колесо, визначає тягове зусилля, що дiє в контактi колеса з дорогою. Це зусилля визначається дiленням величини крутного моменту на рiдiус колеса. Для руху автомобiля необхідно, щоб тягове зусилля було бiльше суми сил опору руху (сили опору коченню, сили опору пiдйому, сили iнерцiї, аеродинамiчного опору). Сума сил опору руху змiнюється в широких межах залежно вiд умов руху, тому трансмiсія автомобiля повинна забезпечувати можливiсть змiни тягового зусилля шляхом змiни в широкому дiапазонi крутного моменту. Максимальне тягове зусилля обмежується неможливостями двигуна i трансмiсiї, а зчепленням колiс з дорогою. Це зусилля не повинно перевищувати силу зчеплення, iнакше провiднi колеса будуть прослизати i автомобiль не зможе рухатися. Силу зчеплення можна визначити, помноживши частину маси автомобiля, що припадає на одне колесо, на коефiцiєнт зчеплення  $\phi$ . Коефiцiєнт зчеплення залежить вiд стану дорожнього покриття, якостi i стану шин й знаходиться в межах вiд 0,1 до 0,9.

Найбiльше сумарне тягове зусилля може бути реалiзоване, якщо всi колеса автомобiля будуть ведучими. Проте для руху автомобiля по дорогах з твердим покриттям досить двох ведучих колiс на однiй осi. Збiльшення числа ведучих колiс призводить до ускладнення трансмiсiї i збiльшення механiчних втрат, тому конструкторам автомобiлiв доводиться застосовувати компромiснi

рiшення в залежностi вiд призначення автомобiля.

Вибiр типу приводу ведучих колiс i компоновання автомобiля визначають можливiсть найбiльшою мiрою реалiзувати тi чи iншi його властивостi. Особливостi приводу впливають на паливну економiчностi, безпеку, масу i компактностi автомобiля, а також на показники стiйкостi, керованостi i гальмiвної динамiки.

Трансмiсія складається iз:

- зчеплення;
- коробки передач;
- мостiв;
- карданних передач.

---

## § 22

### ЗЧЕПЛЕННЯ

---

#### *Призначення, вимоги*

Механiчна трансмiсія повинна мати можливiсть короткочасного роз'єднання вiд працюючого двигуна. Це необхідно при зупинках автомобiля i при перемиканні передач в механiчнiй ступiнчастiй коробцi передач. Крім того, при зрушеннi автомобiля з мiсця i перемиканні передач, з'єднання вала двигуна i трансмiсії має вiдбуватися плавно, без рiзких ривкiв. У зв'язку з цим виникає необхідностi в спецiальному пристрої, що забезпечує поступове навантаження двигуна. В якостi такого пристрою зазвичай застосовується зчеплення. Використання зчеплення необхідне для переключення передач, тому якщо трансмiсія перебуває пiд навантаженням крутним моментом, перемикання неможливе. Перш нiж переключити передачу зчеплення необхідно вимкнути.

*До зчеплень ставлять такi вимоги:*

- надiйна передача крутного моменту вiд двигуна до трансмiсії;
- плавнiсть i повнота вмикання;
- чистота вимикання;
- мiнiмальний момент iнерцiї ведених елементiв;
- добре вiдведення теплоти вiд поверхнi тертя;
- захист трансмiсії вiд динамiчних навантажень;
- мiнiмальнi витрати фiзичних зусиль на керування;
- добра зрiвноваженiсть.

Крім того, до зчеплень автомобiлiв, як i до iнших механiзмiв, ставлять загальнi вимоги: забезпечення мiнiмальних розмiрiв i маси, простота будови й обслуговування, технологiчностi, ремонтопридатностi, низький рiвень шуму, екологiчна безпечностi.

#### *Принцип роботи*

---

З 1910 р. на автомобiлях застосовують фрикцiйнi зчеплення (рис. 3.1), у якому крутний момент передається за рахунок сил тертя  $M_T$  мiж стисненими

ведучим 2 і веденим 3 дисками. Роз'єднання дисків 2 і 3, що забезпечує припинення передачі крутного моменту від ведучого вала  $M_d$  1 до веденого  $M_c$  4, здійснюється за допомогою натискного підшипника 5. У цьому разі під час обертання ведучого вала 1  $\omega_d$  ведений вал 4 зупиняється ( $\omega_c = 0$ ).

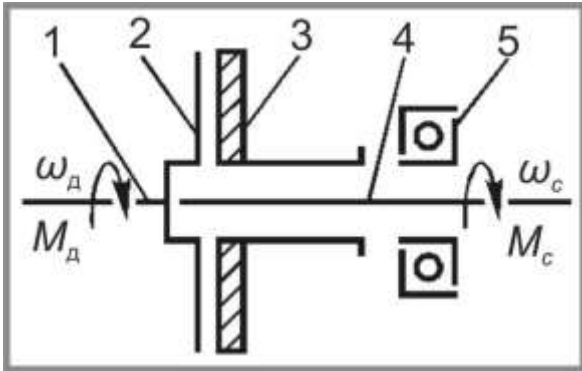


Рис. 3.1. Принципова схема механічного фрикційного зчеплення: 1, 4 – ведучий і ведений вали; 2, 3 – ведучий і ведений диски; 5 – натискний підшипник

Диски 2 і 3 зчеплення можуть стискатись також за рахунок магнітного притягання (електромагнітні), динамічного замикання під дією сил інерції (гідравлічні) чи індукційної взаємодії електромагнітних полів (електричні).

Для надійної роботи зчеплення момент тертя  $M_T$ , що розвивається ним, має перевищувати максимальний крутний момент  $M_{d \max}$  двигуна. Здатність зчеплення передавати максимальний крутний момент

характеризують коефіцієнтом запасу зчеплення:

$$\beta = M_T / M_{d \max} \quad (3.1)$$

Коефіцієнт запасу зчеплення  $\beta$  залежить від динамічних навантажень, що виникають у трансмісії, зміни коефіцієнта тертя в дисках, точності виготовлення деталей. Значення коефіцієнта  $\beta$  вибирають для автомобілів у межах — 1,5 – 2,5.

Правильно вибраний при проектуванні зчеплення коефіцієнт запасу зчеплення  $\beta$  оберігає трансмісію від ударних навантажень. Зі зменшенням  $\beta$  зчеплення пробуксовуватиме при незначних перевантаженнях автомобіля, що призведе до його перегрівання, зношення ведучих і ведених дисків.

У період експлуатації автомобіля стабільність коефіцієнта  $\beta$  порушується при порушенні регулювання зчеплення.

Під час рушання автомобіля з місця, а також у ході перемикання передач потужність двигуна  $N_e$  витрачається на прискорення автомобіля і подолання зовнішніх опорів руху  $N_\psi$ , а також на тертя у зчепленні (буксування)  $N_\delta$ :

$$N_e = N_\psi + N_\delta.$$

Під час рушання автомобіля робочий процес зчеплення характеризується часом його вмикання (рис. 3.2).

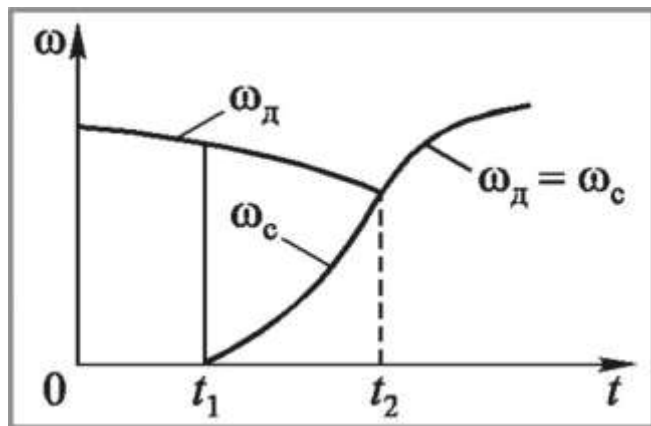


Рис. 3.2. Графік вмикання зчеплення під час рушання автомобіля



Кутову швидкість  $\omega_d$  колінчастого вала двигуна при вмиканні зчеплення задає водій, і в процесі вмикання вона може збільшуватися, зменшуватися або залишатися сталою. Досвідчені водії намагаються підтримувати кутову швидкість сталою.

Кутова швидкість  $\omega_c$  веденого вала зчеплення зростає від нуля в момент рушання  $t_1$  автомобіля до  $\omega_c = \omega_d$  у момент часу  $t_2$ . У цьому разі крутний момент двигуна  $M_d$  зрівнюється з моментом  $M_{\psi}$  зовнішніх опорів і відбувається повне вмикання зчеплення.

### Особливості конструкції зчеплення

Фрикційні зчеплення класифікують за такими ознаками:

- типом натискного механізму – постійно замкнені з натискними пружинами і непостійно замкнені з важільним натискним механізмом;
- числом ведених дисків – одно-, дво- і багатодискові;
- видом тертя дисків – сухі і мокрі.

Зчеплення складається з ведучих деталей, з'єднаних з колінчастим валом двигуна, ведених деталей, сполучених з валом трансмісії, механізму стискання поверхонь тертя і системи керування для його вмикання і вимикання.

На вантажних автомобілях зниженої вантажопідйомності застосовують в основному однодисківі зчеплення (рис. 3.3) підвищеної вантажопідйомності (дводисківі), що викликано необхідністю збільшення площі поверхні тертя без збільшення габаритів зчеплення.

Однодисківе зчеплення включає ведучі частини: маховик, кожух, натискний диск, який обертається з частотою колінчастого вала двигуна, і ведений диск, який розташовано на шліцах ведучого вала коробки передач.

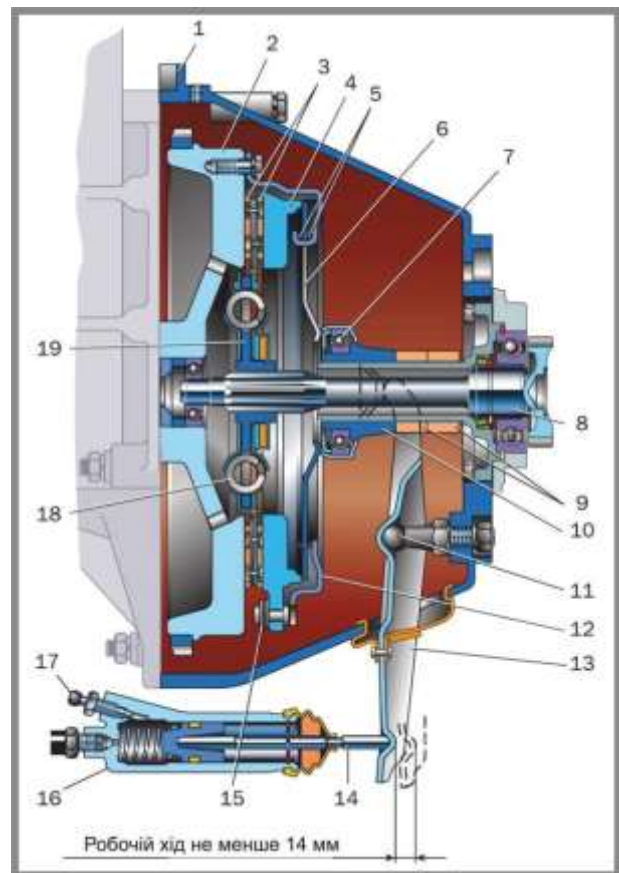


Рис. 3.3. Однодисківе зчеплення: 1 – картер зчеплення; 2 – маховик; 3 – фрикційні накладки веденого диска; 4 – натискний диск; 5 – опорні кільця; 6 – діафрагмова пружина; 7 – підшипник виключення зчеплення; 8 – первинний вал коробки передач; 9 – поролонові кільця; 10 – муфта вимикання; 11 – кульова опора вилки; 12 – кожух; 13 – вилка; 14 – шток робочого циліндра; 15 – сполучна пластина; 16 – робочий циліндр; 17 – штуцер прокачування; 18 – демпферна пружина; 19 – маточина веденого диска

Для зменшення (гасіння) крутильних коливань, що виникають у трансмісії через нерівномірність обертання колінчастого вала двигуна і різких змін частоти обертання валів трансмісії, у зчепленні застосовано пружинний гасильник крутильних коливань (рис. 3.4).

У зчепленні з гасильником крутильних коливань ведений диск 3 з маточиною з'єднаний не жорстко, а за допомогою кількох пружин 8.

Ці пружини встановлені в прорізах фланця 6 маточини, веденого диска 3 і диска 9 гасителя. Диски 3 і 9 з'єднані штифтами 5. Між фланцем 6 маточини і дисками 3 і 9 розміщені фрикційні кільця 4 з пароніту. Коли крутний момент через гасильник не передається, прорізи фланця 6 маточини і дисків 3 і 9 збігаються (рис. 3.4, з). В разі виникнення крутильних коливань диски 3 і 9 зміщуються відносно маточини (рис. 3.4, д), труться об фрикційні кільця 4 і коливання гасяться внаслідок тертя. Потрібну величину тертя встановлюють під час складання гасильника за допомогою регулювальної шайби 7 визначеної товщини. У момент вмикання зчеплення диск 3, не зв'язаний жорстко з маточиною, повертається відносно неї на деякий кут, унаслідок чого збільшується плавність вмикання.

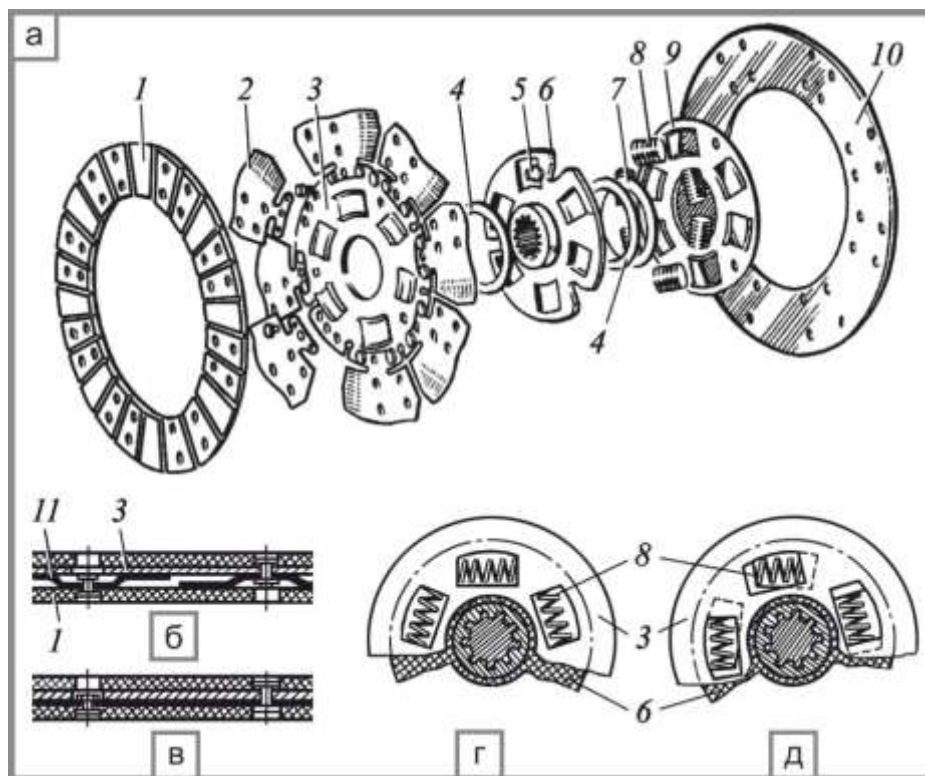


Рис. 3.4. Будова веденого диска зчеплення і гасильник крутильних коливань:  
 1, 10 – фрикційні накладки; 2 – пружинний сектор; 3 – ведений диск; 4 – фрикційні кільця;  
 5 – штифти; 6 – фланець; 7 – регулювальна шайба; 8 – пружини; 9 – диск гасильника;  
 11 – хвиляста пружина

Для збільшення плавності вмикання зчеплення між накладкою 1 і веденим диском 3 розміщено хвилясту пружину 11 (рис. 3.4, б, в) або диск, зібраний з окремих хвилястих пружинних секторів 2 (рис. 3.4, а). Після вмикання зчеплення пружина 11 поступово випрямляється і сила тертя плавно збільшується.

Дводискові муфти зчеплення конструктивно не відрізняються від

однодискових. Збільшення кількості дисків до двох дозволяє підвищити передавальний крутний момент внаслідок збільшення поверхні тертя.

### Зчеплення з автоматичним саморегулюванням

На великовантажних автомобілях, наприклад Mercedes-Benz Actros (Model 963), встановлюють зчеплення з вбудованим механізмом автоматичного саморегулювання (рис. 3.5).

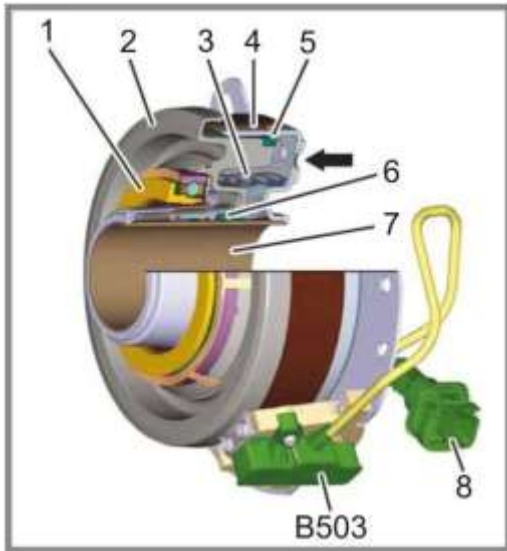


Рис. 3.5. Зчеплення з автоматичним саморегулюванням: 1 – вижимний підшипник; 2 – поршень; 3 – пружина попереднього навантаження; 4 – підшипник виключення зчеплення; 5, 6 – ущільнючі кільця; 7 – направляюча втулка; 8 – електричний роз’єм; B503 – датчик хода зчеплення; ← – отвір для подачі повітря

коробкою передач індуктивно визначає положення підшипника 1 зчеплення через датчик ходу зчеплення B503, встановлений на вижимний підшипник зчеплення.

Для забезпечення більшого пробігу автомобіля встановлюється диск зчеплення з більш товстими накладками і натискний диск зчеплення з вбудованим механізмом автоматичного саморегулювання. Механізм саморегулювання натискного диска зчеплення компенсує хід зносу накладок зчеплення і підтримує постійне зусилля контакту протягом 90% терміну служби зчеплення.

Механізм саморегулювання безперервно реєструє зменшення товщини накладок зчеплення і компенсує зазор, повертаючи регульовальне кільце.

Регульовальний механізм не може бути повернутий у вихідне положення вручну і в разі ремонту натискний диск зчеплення завжди слід замінювати разом з веденим диском зчеплення.

## Привод зчеплення

Привод фрикційного зчеплення може бути механічним, гiдрравлічним або електромагнітним. На більшості автомобілів застосовуються гiдрравлічні приводи (рис. 3.6). Електромагнітний привод застосовується рiдко, в основному при необхідності автоматизації процесу управління зчепленням. Для полегшення управління на деяких автомобілях в приводі зчеплення використовують пневматичні та вакуумні підсилювачі.

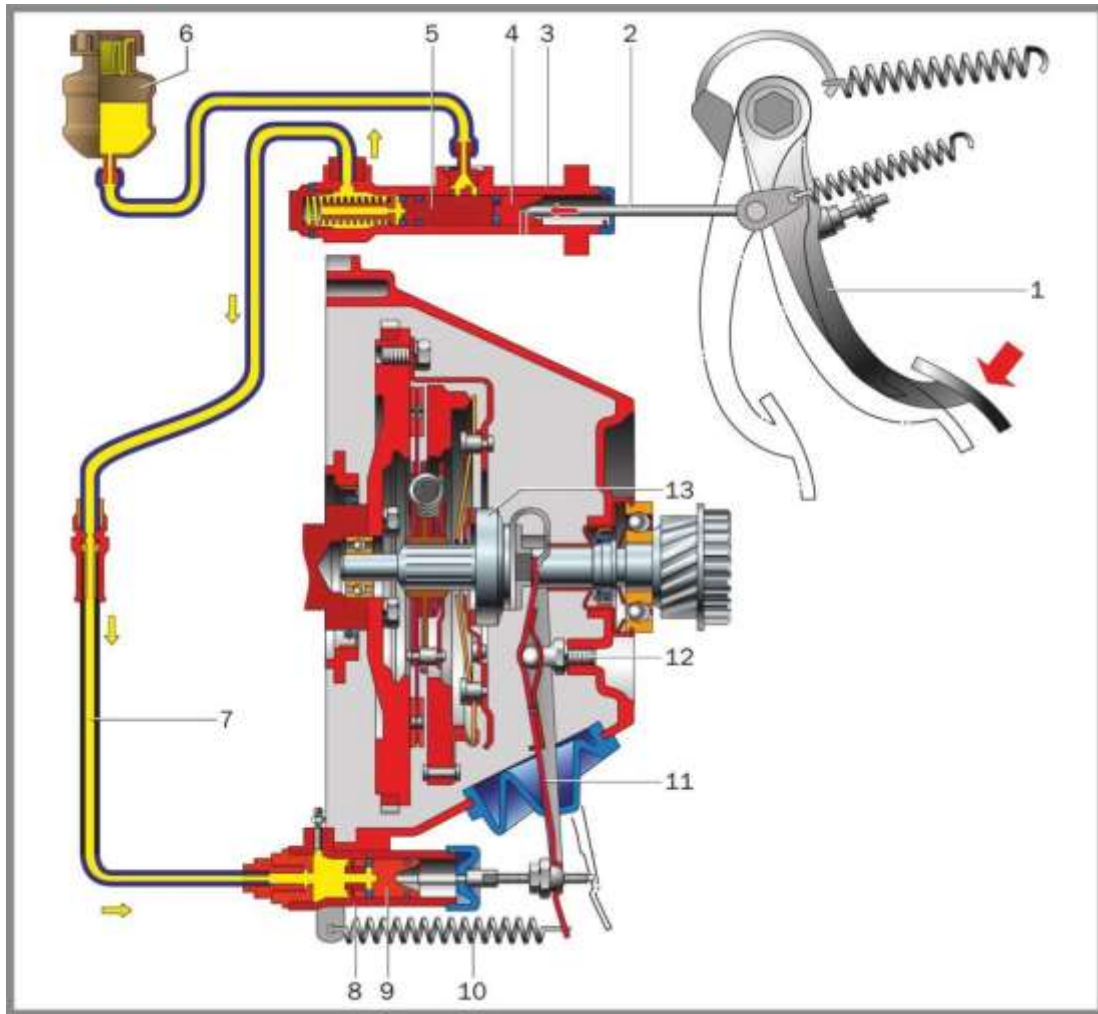


Рис. 3.6. Схема гiдрравлічного приводу зчеплення: 1 – педаль; 2 – штовхач; 3 – головний циліндр; 4 – поршень штовхача; 5 – поршень головного циліндра; 6 – бачок; 7 – трубопровід; 8 – робочий циліндр; 9 – поршень; 10 – пружина; 11 – вилка; 12 – опора вилки; 13 – вижимний підшипник

Гiдрравлічний привод зчеплення використовує властивість нестискаємості рідини. В якості робочої рідини використовують таку ж, як і в гiдрравлічному гальмівному приводі. Привод має головний і робочий циліндри, з'єднані між собою трубопроводом. Плунжер робочого циліндра через штовхач діє на вилку включення зчеплення, пов'язану з витискним підшипником. Для видалення повітря з приводу в циліндрах гiдрравлічного приводу встановлені спеціальні клапани.

На автомобілях підвищеної вантажопідйомності застосовують

пневмогiдравлiчнi приводи, що поєднують переваги гiдравлiчного i пневматичного приводу (рис. 3.7).

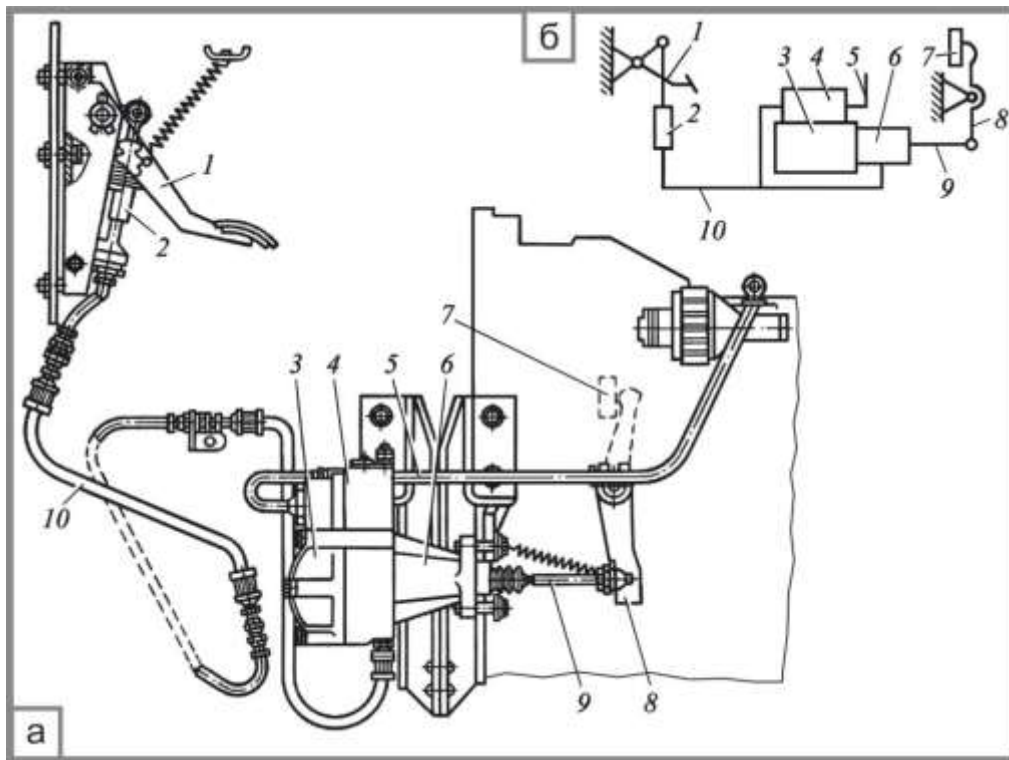


Рис. 3.7. Пневмогiдравлiчний привод (а) та принципова схема приводу вимкнення (б) зчеплення: 1 – педаль; 2 – цилiндр; 3 – пневмопiдсилювач; 4 – пристрiй слiдкування; 5 – повітропровiд; 6 – робочий цилiндр; 7 – муфта вимкнення; 8 – важиль; 9 – шток; 10 – трубопровiд

У разi натискання на педаль 1 при вимиканнi зчеплення зусилля через важиль i шток передається до головного цилiндра 2, звiдки рiдина пiд тиском трубопровiдом 10 надходить у корпус пристрою слiдкування 4. При цьому забезпечується пропускання стисненого повітря, яке надходить повітропровiдом 5 у цилiндр пневмопiдсилювача 3. Водночас вiд головного цилiндра 2 рiдина пiд тиском надходить у робочий цилiндр 6 пiдсилювача. Пристрiй слiдкування 4, цилiндр пневмопiдсилювача 3 i робочий цилiндр 6 виконанi в одному агрегатi – пневмогiдравлiчному пiдсилювачi.

Сумарне зусилля, зумовлене тиском повітря в цилiндрi пневмопiдсилювача i тиском рiдини в робочому цилiндрi, передається на шток 9 i через важиль 8, вал i вилку вимкнення зчеплення. Воно забезпечує перемiщення муфти вимкнення 7 з пiдшипником, потрібне для вимкнення зчеплення

### Тенденції вдосконалення конструкції зчеплень

Необхiднiсть удосконалення iснуючих i створення нових конструкцiй фрикцiйних зчеплень автомобiлiв спричинена ростом потужностей що передаються через них, пiдвищенням iнтенсивностi процесу тертя, тепловидiлення i зношення пiд час вмикання, збiльшенням термiну служби i пiдвищенням надiйностi зчеплень, а також потребою полiпшення умов працi

обслуговуючого персоналу.

Тенденції розвитку зчеплень автомобілів спрямовані на вдосконалення конструкцій зчеплень із фрикційними накладками і на розробку нових конструкцій зчеплень зниженого теплонавантаження.

Основні шляхи вдосконалення фрикційних зчеплень:

- для поліпшення стабільності крутного моменту, що передається зчепленням, у процесі його буксування за рахунок підвищення термо- і зносостійкості пар тертя (застосування нових фрикційних матеріалів); збільшення припустимих величин зношення фрикційних накладок (приклеювання і приформування фрикційних накладок до металевого веденого диска замість приклеювання); застосування натискних пружин зі стабільними характеристиками чи автоматичним регулюванням зусиль натискних пружин у міру зношення фрикційних накладок; зменшення усадки натискних пружин у процесі експлуатації (теплоізолювання пружини від натискного й опорного дисків);

- для зниження теплового режиму поверхонь тертя за рахунок природної вентиляції картера зчеплення чи примусового обдування поверхонь тертя; зменшення коефіцієнта взаємного перекривання (застосування вільно встановлених сегментних фрикційних елементів замість кільцевих фрикційних накладок);

- для підвищення працездатності зчеплень застосування пружин розтягу для створення осьового зусилля замість попередньо стиснених натискних пружин; застосування пружних ведених дисків, оснащених гасильниками крутильних коливань, забезпечення співвісності ведучих і ведених елементів зчеплення; застосування спеціальних відтискних підшипників, використання пневматичного і гідравлічного приводів керування з автоматичним регулюванням робочого зазору; застосування фрикційних зчеплень, що працюють в оливі, термін служби, яких порівняно із сухими на тягових і транспортних машинах, збільшується майже в 20 разів.

Для вантажних автомобілів, працюючих в умовах маневру, перспективні гідравлічні зчеплення (гідромуфти), працюючі на взаємодії лопатевих гідромашин (насосне, турбінне колеса) з робочою рідиною (рис. 3.8).

Якщо в посудину 1 з перегородками (насосне колесо 1, рис. 3.8, а) налити рідину, то під час його обертання рідина викидатиметься вгору і вбік (рис. 3.8,

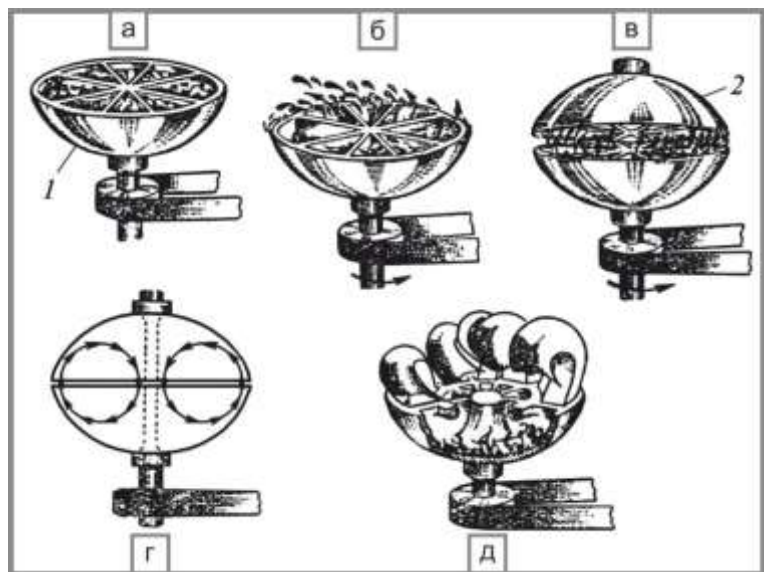


Рис. 3.8. Принцип дії гідромуфти: 1 – насосне колесо; 2 – кришка (турбінне колесо)

б). У разі розміщення над насосним колесом кришки 2 (турбінне колесо) з перегородками, його обертання забезпечуватиме рідина, що примусово викидається з насосного колеса (рис. 3.8, в). За відповідного вибору профілю перегородок (лопатеї) насосного і турбінного коліс рідина плавним струменем переміщуватиметься між насосним і турбінним колесами (рис. 3.8, г, д).

У разі привода насосного колеса від двигуна момент від насосного колеса до турбінного передається за рахунок динамічного напору рідини. Чим швидше обертається насосне колесо, тим більший крутний момент передає гідромуфта.

Гідромуфта в якості самостійного агрегату, що виконує функції зчеплення в трансмісії автомобіля, не використовується, так як для забезпечення її виключення при перемиканні передач необхідно створювати складну систему її спорожнення. Тому гідромуфта застосовується разом зі звичайним фрикційним зчепленням, яке встановлюється за нею послідовно і служить лише для перемикання передач.

---

## § 23

### КОРОБКА ПЕРЕДАЧ

---

#### *Призначення, вимоги*

*Коробка передач* призначена для зміни в широкому діапазоні крутного моменту за величиною і напрямком, який передається від двигуна на ведучі колеса, що дає змогу трактору чи автомобілю розвивати силу тяги і швидкість, які відповідають різним умовам роботи. Крім того, коробка передач забезпечує тривале роз'єднання працюючого двигуна і ведучих коліс.

До коробок передач ставлять такі вимоги:

- забезпечення найліпших тягово-швидкісних і паливно-економічних властивостей автомобілів;
- безшумність під час роботи і перемикання передач;
- легкість керування, забезпечення надійного вмикання і вимикання передач;
- високий ККД на всіх режимах роботи;
- простота обслуговування і ремонту.

Коробки передач класифікують за такими ознаками:

- характером зміни передатного числа – ступінчасті, безступінчасті, комбіновані;
- способом перетворення крутного моменту – механічні, гідравлічні, комбіновані;
- способом керування – з ручним керуванням, напівавтоматичні, автоматичні.

З появою перших моторних екіпажів з'явилася необхідність застосування пристроїв для зміни передавального відношення від двигуна до коліс. Застосовувані спочатку ремінні передачі, скопійовані з верстатів, виявилися неспроможними і дуже скоро стали витіснятися зубчастими передачами. Першою подібною коробкою, що набула широкого поширення на автомобілях,

була коробка передач з ковзаючими шестернями, які могли переміщатися на квадратному або шліцевому валу, для того щоб входити в зачеплення з шестернями, встановленими на іншому, паралельному першому, валу. Вона сконструйована інженером Емілем Левасором у Франції і в 1891 році була встановлена на автомобілі «Панар-Левасор».

### Принцип роботи

Проста ступінчаста коробка передач (рис. 3.9) має три вали: ведучий (первинний) *A*, зв'язаний через зчеплення з колінчастим валом двигуна; ведений (вторинний) *B*, з'єднаний через карданну передачу та інші механізми з ведучими колесами автомобіля; проміжний *B*. З ведучим валом як одне ціле виготовлене ведуче зубчасте колесо (вал-шестерня) *1*, що знаходиться в постійному зачепленні з веденим зубчастим колесом (шестернею) *8*, жорстко з'єднаним із проміжним валом. У разі вмикання зчеплення обертаються ведучий і проміжний вали.

На веденому валу встановлені рухливі зубчасті колеса *2* і *3*, а зубчасті колеса *7*, *6* і *4*, так само як і колесо *8*, жорстко з'єднані з проміжним валом. Відношення числа зубів веденого зубчастого колеса до числа зубів ведучого колеса, обернене частотам їх обертання, називають *передатним числом*. Наприклад, передатне число передачі, що складається із зубчастих коліс *8* і *1*,

$$i_{\text{п}} = z_8 / z_1, \quad (3.2)$$

де  $z_8$  – число зубів веденого зубчастого колеса *8*;  $z_1$  – число зубів ведучого зубчастого колеса *1*.

Коли яке-небудь зубчасте колесо веденого вала входить у зачеплення з одним із зубчастих коліс проміжного вала, крутний момент від двигуна через ведучий, проміжний і ведений вали коробки передається до ведучих коліс трактора чи автомобіля. Для вмикання першої передачі колесо *3* пересувають уперед і вводять його в зачеплення із шестернею *6* першої передачі проміжного вала. Загальне передатне число першої передачі визначають як добуток передатних чисел окремих пар зубчастих коліс, тобто

$$i_1 = \frac{z_8 z_3}{z_1 z_6}, \quad (3.3)$$

де  $z_3$  і  $z_6$  – числа зубів зубчастих коліс відповідно *3* і *6*.

У разі вмикання першої передачі крутний момент  $M_{\text{к}}$  на веденому валу

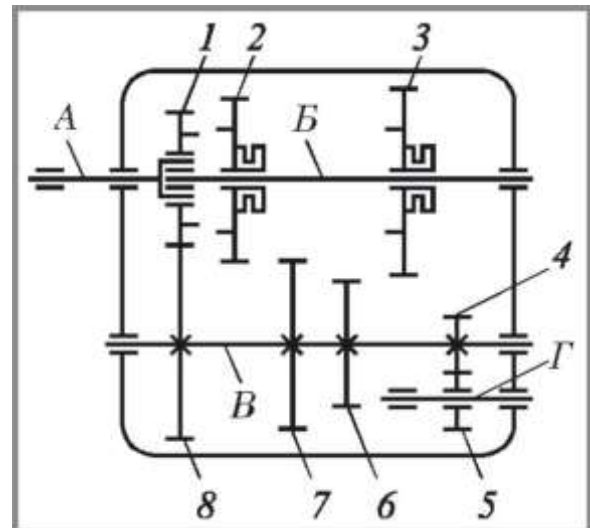


Рис. 3.9. Схема триступінчастої коробки передач: *A* – ведучий вал; *B* – ведений вал; *B* – проміжний вал; *Г* – вісь зубчастого колеса передачі заднього ходу; *1* – *8* – зубчасті колеса



коробки передач збільшується порівняно з крутним моментом двигуна  $M_d$  в  $i_1$  разів, тобто

$$M_k = M_d i_1 = M_d \frac{z_8 z_3}{z_1 z_6}, \quad (3.4)$$

і має максимальну величину, оскільки шестерня 6 є найменшою із зубчастих коліс проміжного вала, а колесо 3 — найбільшим із зубчастих коліс веденого вала.

Першою передачею користуються, коли автомобіль рухаються в найскладніших дорожніх умовах, на крутих підйомах, а також під час рушання з місця на поганій дорозі і із вантажем. Для вантажних автомобілів  $i_1 = 3 \dots 7$ .

Друга передача забезпечується вмиканням зубчастих коліс 2 і 7. Тоді

$$i_2 = \frac{z_8 z_2}{z_1 z_7}, \quad (3.5)$$

де  $z_2$  і  $z_7$  — числа зубів зубчастих коліс відповідно 2 і 7.

Друга передача є проміжною. В наведеній схемі триступінчастої коробки вона єдина. У чотири- і п'ятиступінчастій коробках передач може бути дві або навіть три проміжні передачі.

При вмиканні прямої (у цьому разі третьої) передачі ведучий і ведений вали з'єднуються безпосередньо через зубчасті колеса 1 і 2 ( $i_3 = 1$ ). Пряма передача є основною для автомобіля і використовується під час руху по добрій дорозі.

Перемикають передачі за вимкненого зчеплення введенням рухливих зубчастих коліс (кареток) веденого вала у зачеплення з нерухомими зубчастими колесами проміжного вала. Це зачеплення супроводжується ударами торців зубів та їхнім підвищенням зношенням. Тому на автомобілях часто застосовують коробки передач із постійним зачепленням зубчастих коліс, що різняться високою довговічністю.

Із зубчастим колесом 4 проміжного вала в постійному зачепленні знаходиться проміжне зубчасте колесо 5 передачі заднього ходу, що на рис. 3.9 умовно зображено в площині креслення. Для вмикання передачі заднього ходу зубчасте колесо 3 пересувають назад і вводять його в зачеплення з проміжним зубчастим колесом 5 передачі заднього ходу, що вільно обертається на власній осі.

---

### ***Модульні коробки передач***

---

На світовому ринку вантажівок останнім часом найбільш затребувані вантажівки з коробками передач серії ZF, в основу конструкції яких покладено модульний принцип, що базується на п'ятиступінчастій коробці передач (рис. 3.10). З'єднання даної коробки з додатковими 2-х і 3-х ступінчастими коробками передач, а також для повноприводних вантажівок з роздавальною коробкою, дозволяє отримати різні комбінації коробок передач для вантажних автомобілів відповідно до їх призначення (рис. 3.11).

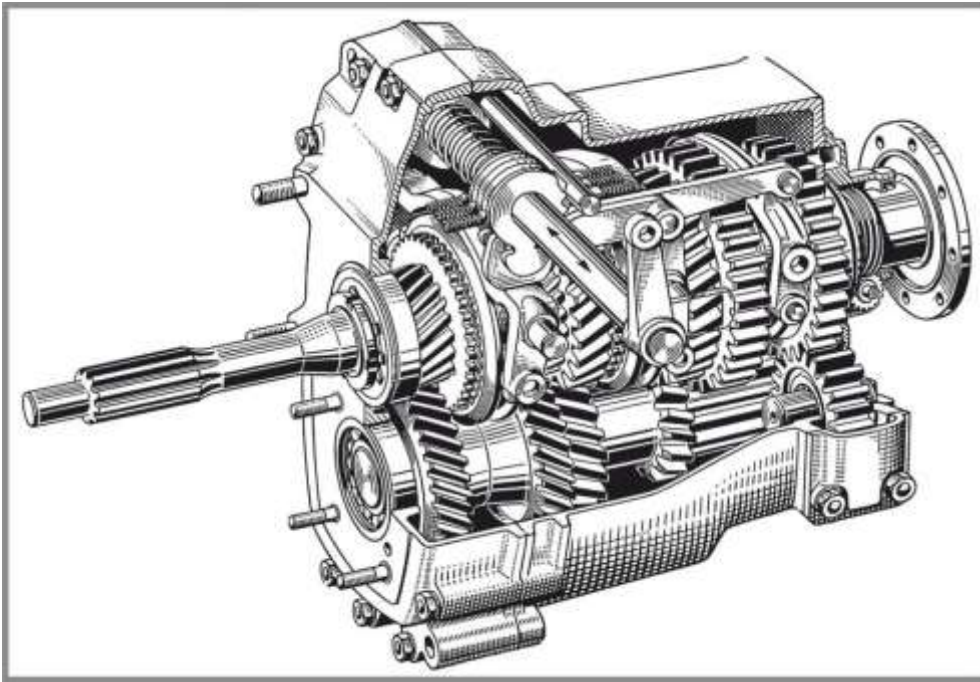


Рис. 3.10. П'ятиступінчаста коробка передач ZF S5-35

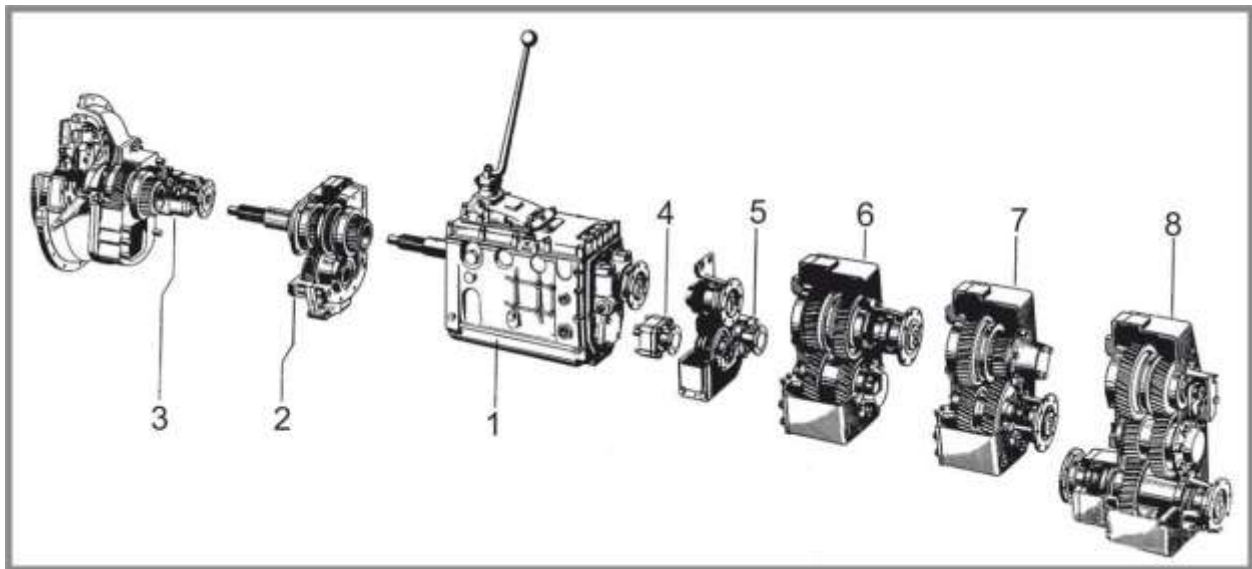


Рис. 3.11. Різні можливості для створення гами уніфікованих коробок передач компанії ZF для вантажних автомобілів: 1 – основний агрегат; 2 – передній дільник; 3, 5 – агрегати відбору потужності; 4 – механізм відбору потужності для насоса; 6, 7 – задні додаткові коробки передач; 8 – роздавальна коробка для повноприводного варіанта

Недоліки коробок передач з одним проміжним валом, обумовлені в основному їх габаритами і надійністю, чого позбавлені коробки передач з двома проміжними валами, розроблені корпорацією EATON (США) (рис. 3.12).

У даній коробці передач шестерня вхідного валу 1 знаходиться в постійному зачепленні з шестернями 2 проміжних валів, передаючи крутний момент  $M_e$  через проміжні вали  $M_n$  і шестерню 3 момент  $M_r$  головному валу 4. Включення передачі здійснюється за допомогою ковзної муфти 4, що входить в зачеплення з внутрішніми зубами шестерень головного валу 4, забезпечуючи надійне з'єднання шестерні вмикаємої передачі і головного валу 4.

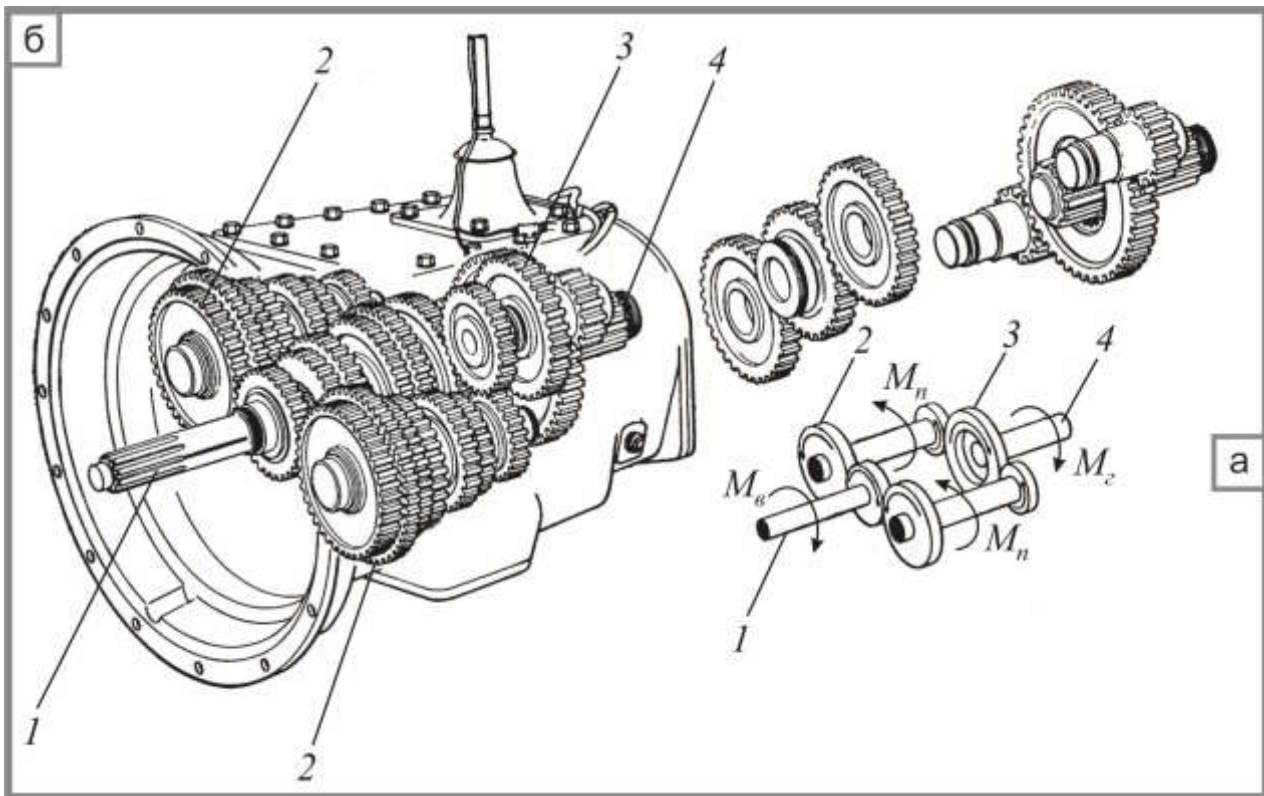


Рис. 3.12. Схема розподілення крутного моменту  $M_e$  (а) вхідного валу і компонування десятиступінчастої коробки передач EATON Fuller тип RT-910 з двома паралельними проміжними валами (б): 1 – вхідний вал з ведучою шестернею; 2 – шестерні проміжних валів; 3 – шестерня головного валу; 4 – головний вал

Розподіл крутного моменту на дві групи шестерень двох проміжних валів дозволяє зменшити ширину всіх зубів приблизно на 40% без підвищення напруги в них. При цьому динамічні навантаження скорочуються до мінімуму, оскільки головний вал разом зі пов'язаними з ним шестернями може вільно переміщатися між шестернями проміжних валів. Це дозволяє зменшити габарити коробки передач без зниження її надійності. В даних коробках передач застосовані циліндричні прямозубі шестірні, профіль зубів яких забезпечує малі напруги в контактi шестерень і знижену шумність в роботі. Зниженню шумності (на 5-7 дБ) сприяє і збільшена зона контакту зубів шестерень шляхом забезпечення контакту більше двох зубів. Такі рішення покращують розподіл навантаження в зачепленні й знижують напруги, що діють на поверхню зубів. При цьому шестерні головного валу не потребують підшипників, втулок або широких маточин, необхідних для протидії вигинаючих моментів, які виникають в косозубих передачах.

Перераховані особливості коробок передач EATON Fuller сприяють збільшенню терміну їх служби, чим можна пояснити їх інтенсивне впровадження на вантажівках з допустимою повною масою від 8,0 до 44,0 т. Найбільш затребуваними світовими виробниками вантажівок коробки передач серії S фірми EATON з двома проміжними валами, синхронізаторами "легкого включення", з алюмінієвим корпусом, системою змащення за допомогою насоса (рис. 3.13).

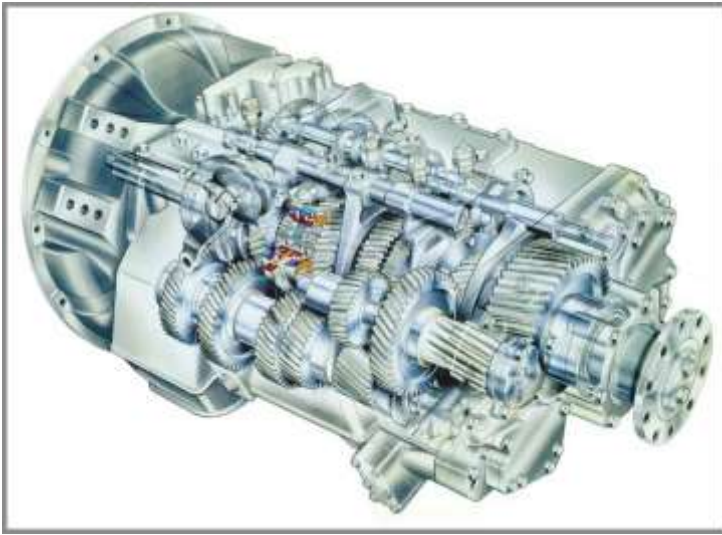


Рис. 3.13. Восьмиступінчаста коробка передач серії S фірми EATON з двома проміжними валами

Намітилася тенденція збільшення числа ступенів коробки передач вантажних автомобілів, яка дозволяє більш ефективно використовувати потужність двигуна і підвищити їх середню швидкість руху в різних дорожніх умовах. Діапазон передавальних чисел магістральних тягачів і вантажних автомобілів підвищеної прохідності варіюється від 10 до 20, вантажних автомобілів з механічними коробками передач – від 5 до 16. Наприклад, вантажний автомо-

біль-самоскид AC 2135 має число передач (вперед + назад)  $16 + 1$ , магістральний тягач MAN TSG 21.440 4x2 BLS – WW – відповідно –  $16 + 2$ .

Одночасно необхідно відзначити, що збільшення числа передач ускладнює і робить важчою коробку передач, збільшуються її розміри і вартість, ускладнюється привід управління коробкою. При механічному приводі швидко і безпомилкове перемикання шести передач прямого ходу здійснити досить важко. Саме така їх кількість в даний час прийнято вважати граничним при ручному перемиканні. Подальше збільшення числа передач вимагає ускладнення привода або установки додаткової коробки зі своїм незалежним приводом, що використовується порівняно рідко – тільки на певних режимах руху автомобіля.

В останні роки виробники вантажівок все більше уваги приділяють автоматизації процесу перемикання передач. На вантажних автомобілях це кардинально покращує умови праці водія і, відповідно, позитивно позначається на безпеці руху. На магістральному транспорті автоматизація перемикання передач ще й підвищує ефективність перевезень, оскільки дозволяє оптимізувати взаємодію двигуна і трансмісії.

Все більшого поширення набувають напівавтоматичні коробки. Вони рятують водія від однієї з найбільш енергоємних операцій, пов'язаних з перемиканням передач: або від вижиму педалі зчеплення, або від власне перемикання, яке зводиться до завдання передачі за допомогою джойстика.

Звичайні механічні КП з автоматичною системою перемикання передач в технічній літературі називають і автоматичними (automatic), і роботизованими (robotic), і напівавтоматичними (semi-automatic), але більш поширена назва «автоматизовані» від англ. Automated Manual Transmission (AMT). Абревіатура AMT від цієї англійської назви широко вживається в технічній літературі.

Приклади сучасних КП цього типу: AS-Tronic від ZF (вантажівки), I-Shift від Volvo (вантажівки і автобуси), AutoShift від Eaton (важкі вантажівки), AGS від Detroit Diesel, Zeroshift від Zeroshift, Ltd, MAN TSG 19.440 4x2 BLS – WW L06 WKG1.

*Автоматизовані коробки передач*

В автоматизованих механічних коробках передач, наприклад на автомобілях Mercedes-Benz Actros 2, встановлюються (серед інших) нові автоматизовані 12- або 16 – ступінчасті коробки передач з автоматичною системою управління Mercedes Power Shift 2 (рис. 3.14).

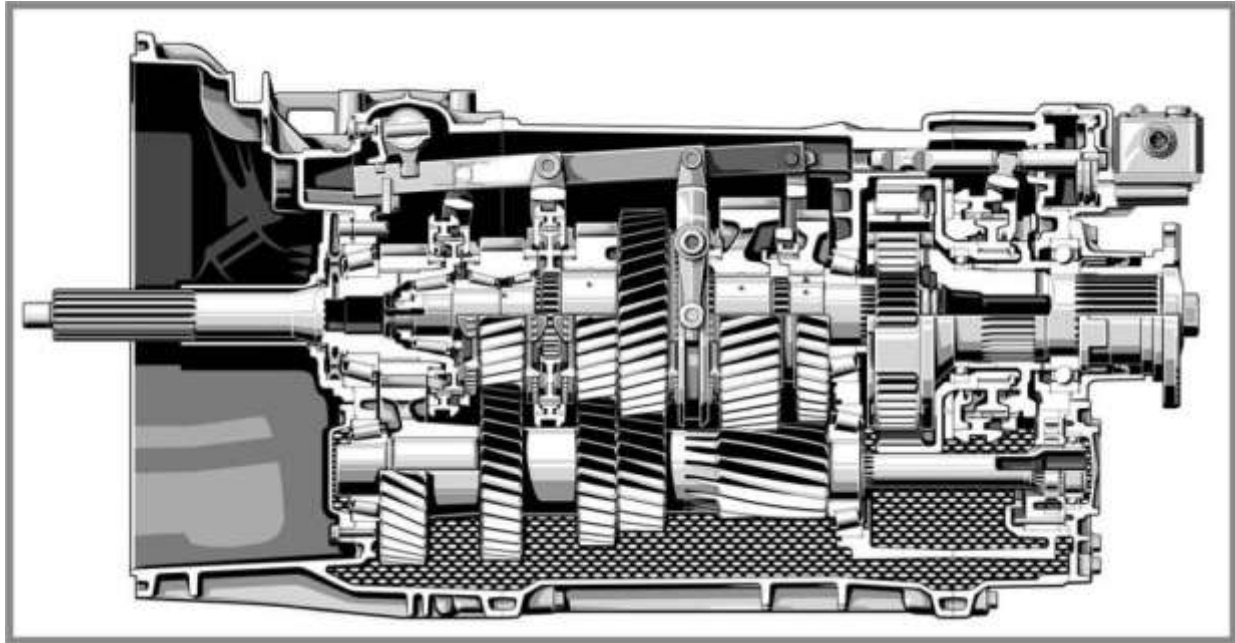


Рис 3.14. Автоматизована коробка передач G 211 16/17,0 - 1,0 (G – коробка передач; 211 – максимальний крутний момент на вході (x 10 = Нм); 16 – число передач для руху вперед; 17,0 – передавальне число на нижчій передачі, 1,0 – передавальне число на вищій передачі)

Дані коробки передач відрізняє оптимізований вибір передач, що відповідає умовам руху автомобіля в найбільш економічному режимі, а також своєчасне, плавне і швидке перемикання передач. Перемикання передач відбувається в середньому на 30 % швидше, ніж у автомобіля зі звичайною механічною коробкою передач.

Отримуючи і аналізуючи інформацію від датчиків поздовжнього (підйом-спуск) і поперечного (косогір) ухилу і порівнюючи її зі швидкістю автомобіля і положенням педалі подачі палива, система управління коробкою передач вибирає необхідну передачу. В результаті забезпечується найбільш раціональний режим управління автомобілем, хороші тягово-динамічні властивості і паливна економічність. Крім того, водій може в будь-який момент втрутитися в управління коробкою передач, вибравши передачу на свій розсуд, не вимикаючи автоматичний режим управління і не включаючи потім його знову.

З коробкою передач Mercedes Power Shift 2 автомобіль отримав деякі нові функції (режими роботи), що підвищують його економічність і полегшують роботу водія:

- підтримка економічного (по паливу) режиму при русі накатом (режим Eco-Roll);
- поліпшення динамічних властивостей автомобіля за допомогою

короткочасного використання повної потужності (режим Power або режим потужності);

– маневрування за допомогою педалі подачі палива за рахунок дуже точного керування зчепленням і переривання потоку потужності (режим маневрування);

– скорочення часу перемикання і спрощення (полегшення для водія) процесу за рахунок прямого перемикання з I передачі в коробці передач на передачу заднього ходу;

– спрощення процесу зрушення з місця в важких дорожніх умовах (режим вільного розгойдування);

– підвищуючу передачу, яка забезпечує найбільш високу швидкість руху заднім ходом;

– режим гістерезисного круїз-контролю, при якому розширився настроюваний діапазон регулювання темпомату, який підтримує швидкість руху по магістралі, і обмежувача швидкості руху по місту.

На дисплеї приладової панелі відображається робочий режим і активна в даний момент програма управління коробкою передач.

*Режим економічного руху накатом (режим Eco-Roll).* Система Eco-Roll – режим управління автомобілем, при якому в залежності від дорожньої ситуації при відсутності затребуваного системою або з боку водія збільшення крутного моменту відбувається переривання силового потоку в коробці передач з метою економії палива.

Функції системи Eco-Roll:

– під час пуску двигуна автомобіля система активізується автоматично і залишається активною тільки в автоматичному режимі управління;

– система активна тільки при включених передачах 7S, 8L і 8S на автомобілях з 16-ступінчастою коробкою передач і тільки при швидкості руху понад 55 км/ год. на автомобілях з 12-ступінчастою коробкою передач;

– активність системи відображається у вигляді індикації, що з'являється або постійної відображається на дисплеї;

– переривання силового потоку відбувається при автоматичному включенні нейтралі в коробці передач;

– система може бути відключена (включена) водієм за допомогою клавіші «Power/викл.», розташованої на модульній панелі перемикачів кабіни.

*Режим потужності* уможливорює короткочасний режим руху з підвищеною потужністю з перемиканням передач на підвищеній частоті обертання колінчастого вала двигуна.

Він активний лише в автоматичному режимі управління і включається водієм за допомогою клавіші «Power/викл.», що відображається у вигляді постійної індикації на дисплеї. Відключення режиму потужності здійснюється або водієм (клавішею «Power/викл.»), або автоматично приблизно через 10 хв. руху для забезпечення економії палива. Він може бути знову включений негайно.

*Режим маневрування* забезпечує можливість акуратного і точного маневрування (максимальна частота обертання колінчастого вала двигуна близько 1100 хв<sup>-1</sup> при 100 % положенні педалі подачі палива).

Режим маневрування включається при нерухомому стані автомобіля і працюючому двигуні.

Коли автомобіль перебуває в режимі ручного управління «М», режим маневрування включається тільки тоді, коли включені передачі *1L* або *R1L*. Коли автомобіль перебуває в автоматичному режимі «А», підготовлена до включення в даний момент передача буде переключена на передачу для маневрування. При включенні режиму маневрування на панелі управління спалахує контрольний світлодіод.

*Режим розгойдування* забезпечує водієві можливість розгойдування автомобіля для зрушення з місця у важких дорожніх умовах.

Після включення режиму розгойдування (включена одна з передач) і відпускання педалі подачі палива зчеплення починає різко включатися і автомобіль отримує можливість переміщення вперед, а потім назад.

Повторне натискання на педаль зчеплення сприяє повторенню процесу.

Функції режиму розгойдування:

- активізація режиму не залежить від режиму управління (ручний або автоматичний);
- режим включається натисканням відповідної клавіші на модульній панелі перемикачів;
- швидкість автомобіля не більше 5 км/год.;
- режим діє тільки на нижньому діапазоні в дільнику передач.

Режим розгойдування вимикається:

- натисканням тієї ж клавіші на модульній панелі перемикачів;
- автоматично при швидкості автомобіля понад 5 км/год.;
- при системній несправності.

Необхідно пам'ятати, що режими розгойдування і маневрування не можуть бути включені одночасно.

*Темпомат* – система автомобіля, розрахована для руху по швидкісних магістралях. Вона автоматично підтримує задану водієм швидкість руху автомобіля, досягнувши яку водій прибирає ногу з педалі подачі палива. При цьому задана швидкість зберігається на підйомах і спусках. Задана швидкість буде показана на дисплеї.

При включенні темпомату швидкість буде регулюватися:

- стандартно – з точністю 4 км/год.;
- при включеній системі Eco-Roll – з точністю 6 км/год.;

Обмежувач швидкості – система, що обмежує задану водієм швидкість руху по місту. На автомобілях з коробкою передач Mercedes Power Shift 2 точність перемикачів може бути відрегульована з кроком в 1 км/год., між 2 км/год. і 15 км/год.

---

### *Гідромеханічні коробки передач (ГМП)*

---

На автомобілях ГМП вперше з'явилася в США: в 1940 р. коробка Hydramatic була встановлена на автомобілях Oldsmobile. Справедливості заради слід зазначити, що ще з початку 1930-х рр. на англійських автобусах

використовувалася гiдромеханiчна трансмiсія Wilson, яка не була автоматичною, але полегшувала роботу водiя. У даний час в США ГМП забезпечуються 90% легкових автомобiлiв, а також всi мiськi автобуси i значна частина вантажних автомобiлiв. В Європi масове застосування ГМП почалося тiльки на початку сiмдесятих рокiв минулого столiття, коли цi передачі знайшли застосування в автомобiлях Mercedes-Benz, Opel, BMW.

Гiдромеханiчна передача включає в себе три основнi частини:

- гiдротрансформатор;
- механiчна коробка передач;
- система управлiння.

У гiдротрансформаторi, винайденому нiмецьким професором Феттiнгером в 1905 р., енергiя вiд колiнчастого вала двигуна  $M_g$  на його вхiдний вал  $M_T$  передається за рахунок динамiчного напору рiдини (рис. 3.15).

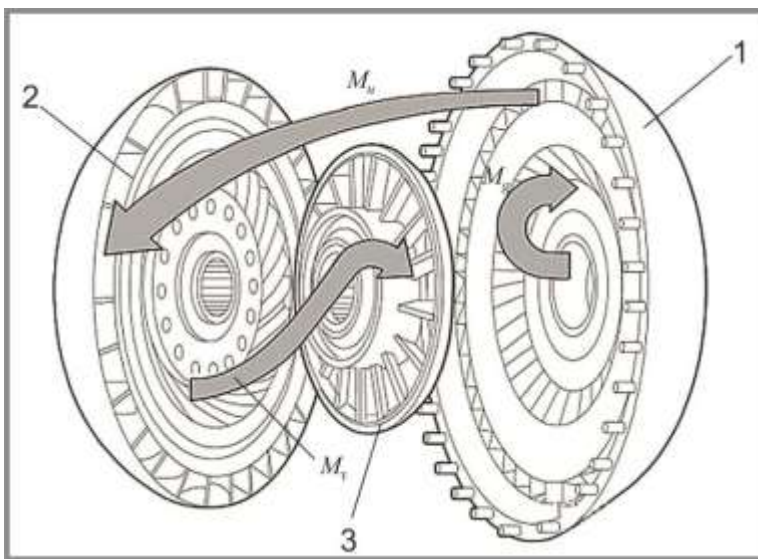


Рис. 3.15. Циркуляція моментiв двигуна  $M_g$ , колеса насоса  $M_n$ , турбiни  $M_T$  в гiдротрансформаторi:  
1, 2, 3 – колеса вiдповiдно насосу, турбiни, реактора

циркуляцiї (як показано стрiлками). Її рух у порожнинi насоса супроводжується накопиченням кiнетичної енергiї. Далi частина цiєї енергiї реалiзується на корисну потужнiсть у лопатках турбiни, сполученої з веденим валом коробки передач, а решта витрачається на подолання опорiв у колi циркуляцiї.

У нерухомому реакторi створюються додатковi опори руху рiдини за рахунок змiни напрямку її потоку. В результатi нерухомий напрямний апарат реактора через рiдину впливає на лопатки турбiни i збiльшує або зменшує крутний момент, що пiдводиться до них вiд насоса. Лопатки реактора встановленi так, щоб струмiнь рiдини за нерухомої турбiни був спрямованим до них пiд невеликим кутом атаки, забезпечував найбільший тиск потоку на реактор i створював на ньому момент  $M_p$ . У свою чергу, рiдина реактивно впливає на лопатки турбiни в напрямку її обертання i збiльшує момент на нiй за рахунок передачі моменту реактора. Отже, за нерухомого колеса турбiни (момент рушання автомобiля з мiсця) момент на його лопатках є сумою моментiв на



насосному  $M_H$  і реакторному  $M_p$  колесах, тобто

$$M_T = M_H + M_p. \quad (3.6)$$

Під час обертання турбінного колеса рідина, що надходить з його лопаток у реактор і має швидкість переносного руху, діє на лопатки реактора під невеликим кутом атаки, зменшує момент реакції  $M_p$  і відповідно  $M_T$ .

Коли швидкість обертання турбінного колеса мала, вектор абсолютної швидкості потоку рідини спрямований паралельно стінкам лопаток реактора (кут атаки дорівнює нулю) і  $M_p = 0$ , а момент на лопатках колеса турбіни  $M_T = M_H$ . Зі збільшенням швидкості обертання колеса турбіни відхилення вектора абсолютної швидкості від попереднього напрямку істотно зростає. Рідина починає тиснути на лопатки колеса реактора в зворотний бік і створювати на ньому момент протилежного напрямку, що зменшує момент на валу турбіни. У цьому разі  $M_T = M_H - M_p$ .

Отже, момент на лопатках колеса турбіни залежно від швидкості його обертання в загальному вигляді визначається рівнянням

$$M_T = M_H \pm M_p \quad (3.7)$$

Весь процес перетворення крутного моменту в гідротрансформаторі відбувається безступінчасто й автоматично залежно від зміни частоти обертання колеса турбіни відносно частоти обертання ротора насоса. Тому гідротрансформатор є саморегульованим агрегатом.

Перетворення моменту гідротрансформатором оцінюють коефіцієнтом трансформації  $K_T$  (силовим передатним числом) – відношенням моменту, отриманого на валу турбіни, до моменту на лопатках колеса насоса:

$$K_T = M_T / M_H = (M_H \pm M_p) / M_H = 1 \pm (M_p / M_H). \quad (3.8)$$

За сталого руху автомобіля момент на валу турбіни дорівнює моменту опору руху машини, зведеному до того самого вала. Зі збільшенням навантаження рівновага порушується і частота обертання турбіни зменшується. Це приводить до таких послідовно зв'язаних явищ, як зменшення відцентрової сили, яка протидіє руху рідини по меридіальному перетину робочої порожнини, і зростання швидкості циркуляції. У результаті момент  $M_T$  автоматично зростає доти, доки не встановиться рівновага між ним і моментом опору.

Енергетичні втрати в гідротрансформаторі оцінюють ККД:

$$\eta_{T \max} = N_T / N_H = M_T \omega_T / M_H \omega_H = K_T i_T, \quad (3.9)$$

де  $N_T, N_H$  – потужності відповідно турбіни і насоса;  $\omega_T, \omega_H$  – частоти обертання відповідно валів турбінного і насосного коліс;  $i_T = \omega_T / \omega_H$  – передатне відношення гідротрансформатора.

Зазвичай  $\eta_{T \max} = 0,85 \dots 0,90$ .

На вантажних автомобілях найбільш популярні коробки передач з гідротрансформаторами фірми Allison, що дозволяють завдяки застосуванню в конструкції планетарних рядів отримати великий діапазон передатних відношень (рис. 3.16).

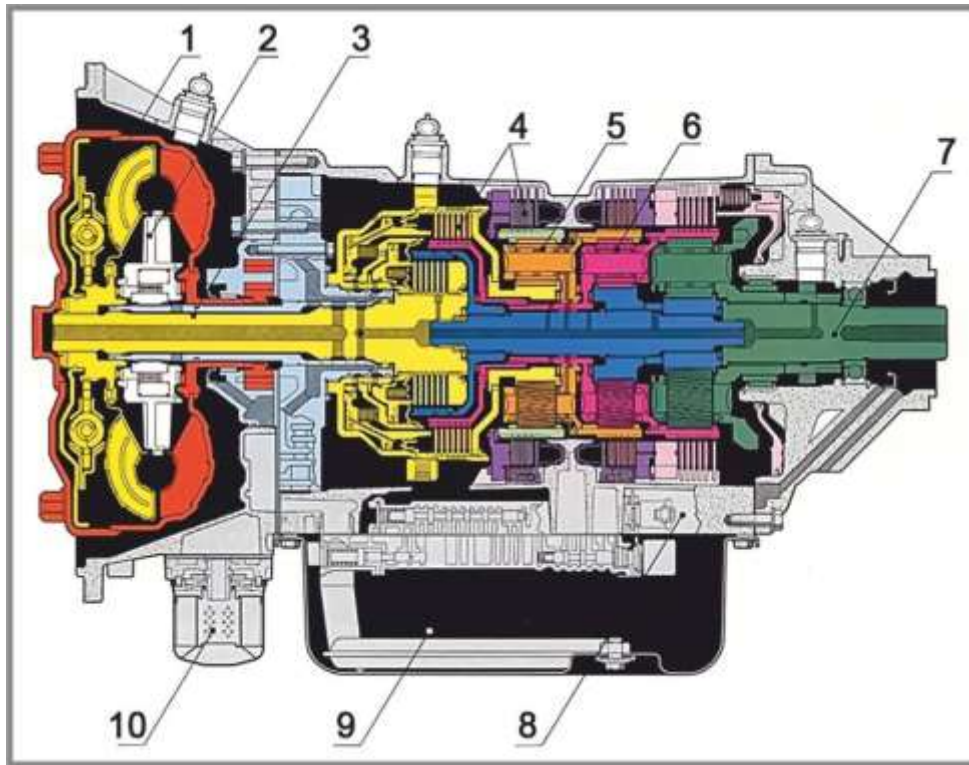


Рис. 3.16. Принципова схема АКП Allison 2000-й серії: 1 – демпфер крутильних коливань; 2 – гідротрансформатор; 3 – первинний вал; 4 – фрикціони; 5 – передня косозуба передача; 6 – планетарні ряди; 7 – вторинний вал; 8 – блок управління; 9 – масляний картер; 10 – масляний фільтр

Один пакет планетарних шестерень в даній коробці передач може забезпечити до семи передавальних відношень. У конструкцію даної коробки передач може входити три пакети планетарних передач, забезпечуючи двадцять одне передавальне відношення. Ще одна перевага планетарних механізмів в тому, що в них не створюється моментів, що вигинають вали, тому розміри підшипників валів менші. У поєднанні з невеликими розмірами самих планетарних механізмів вся конструкція механічної частини коробки передач виходить дуже компактною.

Автоматичній коробці передач, завдяки наявності гідротрансформатора не потрібні зчеплення і пов'язані з ними вузли – пневмогідропідсилювачі й ін., а отже, автоматична коробка передач позбавлена від пробуксовування, підгоряння зчеплення при початку руху і перемиканні передач та інших неприємностей.

До переваг гідротрансформатора належать:

- здатність автоматично змінювати передатне відношення за зміни опору руху, що полегшує керування автомобілем;
- здатність гасити крутильні коливання в трансмісії і зменшувати можливість передачі ударних навантажень; внаслідок установлення гідротрансформатора ресурс двигуна і трансмісії збільшується приблизно вдвічі;
- підвищення прохідності автомобіля у складних дорожніх умовах у результаті безперервного підведення крутного моменту до коліс;
- малі розміри і маса гідротрансформатора;
- підвищення комфортабельності (плавність рушання, відсутність ривків).

Однак гiдротрансформатор має також деякi недолiки, що перешкоджають широкому його застосуванню. До них належать:

- нижчий нiж у ступiнчастих коробках передач ККД, причому високi значення ККД гiдротрансформатора лежать у вузьких межах, внаслiдок чого паливно-економiчнi властивостi автомобiля за певних умов знижуються;
- неможливість автономного використання гiдротрансформатора на автомобiлi через порiвняно малий дiапазон ( $D = 2...3$ ); з цiєї причини гiдротрансформатор завжди застосовують у поєднаннi зi ступiнчастою коробкою передач;
- складнiсть конструкцiї, а отже, вища вартiсть.

В останнiх моделях автоматичних гiдротрансформаторiв для пiдвищення їх ККД впровадили блокувальну муфту, яка на передачах механiчної коробки передач вище другої жорстко з'єднує насосне та турбiнне колесо, виключаючи з роботи гiдротрансформатор i пiдвищуючи ККД гiдромеханiчної передачі.

### ***Тенденцiї вдосконалення конструкцiй коробок передач***

---

Аналізуючи тенденцiї вдосконалення конструкцiй коробок передач вантажiвок, необхідно вiдзначити, що перспективним напрямком пiдвищення їх технiчного рiвня є модульний принцип створення гамма унiфікованих коробок передач для вантажних автомобiлiв, якi базуються на п'ятиступiнчастій коробці передач з двома промiжними валами типу коробки передач ZF55-35 (США). З'єднання даної коробки з додатковими 2-х i 3-х ступiнчастими коробками передач дозволяє отримати рiзні комбiнацiї коробок передач для вантажних автомобiлiв вiдповiдно до їх призначення.

## **§ 24**

### **МОСТИ**

---

#### ***Призначення, вимоги***

*Мости* автомобiля слугують для пiдтримання рами та кузова i передачі вiд них на колеса вертикального навантаження, а також для передачі вiд колiс на раму (кузов) штовхаючих, гальмiвних та бокових зусиль.

Функцiонально мости подiляють на ведучі, керовані та пiдтримувальні.

Ведучі мости призначені для передачі крутного моменту вiд вторинного вала коробки передач до рушiя автомобiля, а також для збiльшення передатного числа трансмiсiї.

Керовані мости слугують для керування напрямком руху автомобiля, а керовані ведучі мости також i для передавання крутного моменту вiд коробки передач до ведучих керованих колiс.

Пiдтримувальні мости використовують як задні чи промiжні з метою пiдвищення вантажопiдйомності автомобiля.

Мости мають задовольняти такi вимоги:

- забезпечувати передатні числа, що відповідають оптимальним тяговим властивостям і паливній економічності автомобіля;
- мати низький рівень шуму;
- не створювати коливань кутової швидкості в трансмісії;
- мати невеликі габаритні розміри для здійснення простого компонування і забезпечення належного дорожнього просвіту;
- керовані мости мають забезпечувати стабілізацію і розвал керованих коліс.

### Типові схеми мостів

---

Ведучі мости автомобілів (рис. 3.17) складаються з головної передачі 4, диференціала 5, валів ведучих коліс 1 і кінцевих передач 2.

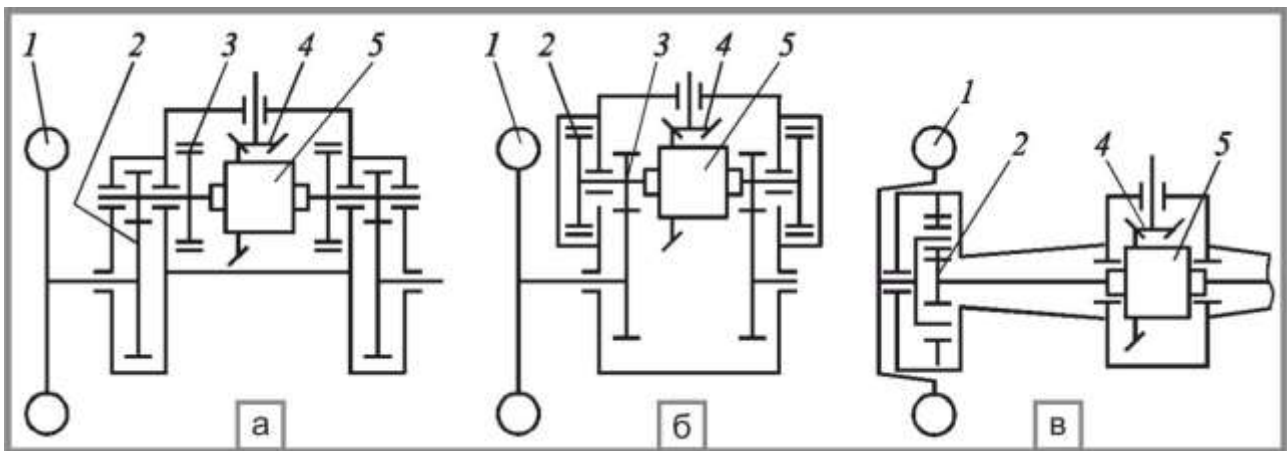


Рис. 3.17. Кінематичні схеми задніх ведучих мостів автомобілів: а – в окремому корпусі; б – у корпусі заднього моста; в – з планетарним редуктором у колесі; 1 – ведуче колесо; 2 – кінцева передача; 3 – гальмо; 4 – головна передача; 5 – міжколiсний диференціал

*Головна передача* призначена для зміни напрямку передачі силового потоку з поздовжнього на поперечний (пари конічних шестерень), зниження частоти обертання і підвищення крутного моменту (знижувальна шестеренна передача).

*Диференціал* забезпечує розподіл крутного моменту між ведучими колесами. Це дає їм змогу обертатися з різними частотами, що потрібно під час руху по криволінійній траєкторії і по нерівному шляху, коли праве і ліве ведучі колеса за однаковий проміжок часу проходять різні відстані, та за різних зношень протекторів і тиску в шинах коліс однієї ведучої осі.

*Кінцева передача* призначена для збільшення загального передатного числа трансмісії і забезпечення потрібного дорожнього просвіту (кліренсу).

### Головна передача

---

Головна передача забезпечує постійне збільшення крутного моменту і передачу його на півосі, розташовані під кутом  $90^\circ$  до поздовжньої осі

автомобiля i далi до ведучих колiс.



Рис. 3.18. Конiчна передача

вершини початкових конусiв ведучої i веденої шестерень лежать в одній точцi.

Сили, що дiють мiж шестернями такої передачі, прагнуть порушити правильність зачеплення конiчних шестерень, i тому необхідно забезпечити достатню жорсткiсть всiх елементiв головної передачі: картера, валiв, пiдшипникових вузлiв. Тут, як правило, застосовуються роликo-вi конiчні пiдшипники, якi встановлюються з попереднiм натягом. Для зменшення впливу точностi зачеплення на роботу зубчастої пари, рiдiус кривизни зуба ведучої шестернi виконується дещо меншим, нiж рiдiус кривизни зуба веденої шестернi.

Конiчна передача має досить високий ККД (0,97 – 0,98), так як мiж зубами невелике тертя ковзання.

У той же час вона має найбільшi габарити i є найгучнiшою з iснуючих передач.

*Гiпоїдна головна передача* (рис. 3.19) з'явилася на автомобiлi в 1925 р. у

За типом основних пар шестерень головнi передачі подiляються на конiчні, гiпоїднi i цилiндричнi.

Якщо головна передача має одну пару шестерень, то її називають одинарною, якщо двi пари – подвiйною.

*Конiчна головна передача* (рис. 3.18) почала широко застосовуватися на автомобiлях з 1913 р., коли фiрма «Гліссон» розробила зачеплення з круговим зубом. Конструктивною особливiстю конiчної передачі є те, що

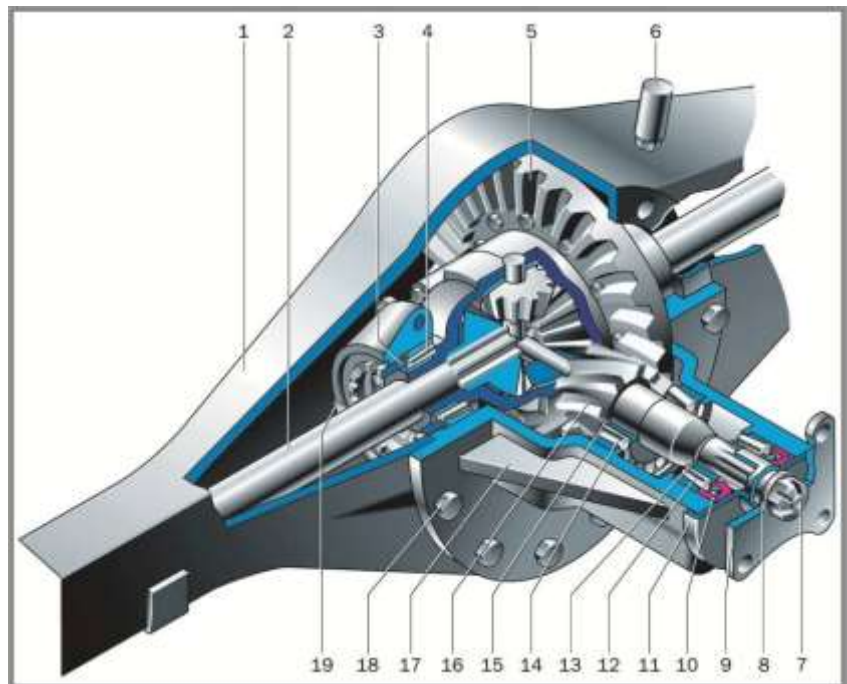


Рис. 3.19. Гiпоїдна головна передача: 1 – картер заднього моста; 2 – пiввiсь; 3 – гайка пiдшипникiв диференцiала; 4 – пiдшипник диференцiала; 5 – ведена шестерня головної передачі; 6 – сапун; 7 – гайка; 8 – шайба; 9 – фланець провiдної шестернi; 10 – манжета; 11 – брудовiдбивач; 12, 14 – пiдшипники ведучої шестернi; 13 – кiльце розпору; 15 – регулювальне кiльце; 16 – ведуча шестерня; 17 – картер редуктора; 18 – болт; 19 – стопорна пластина

результатi прагнення знизити центр мас автомобiлiв. Спочатку її застосовували тiльки на легкових автомобiлях, але, коли проявилися всi переваги гiпоiдної передачі, її стали широко застосовувати i на вантажiвках.

На вiдмiну вiд конiчної в гiпоiдної передачі осi зубчастих колiс не перетинаються. При цьому вiсь провiдної шестернi змiщена щодо осi веденої шестернi, як правило, вниз.

Основною перевагою гiпоiдної передачі є: меншi, в порiвняннi з конiчною, габарити; менше навантаження на зуб i низький рiвень шуму, так як в зачепленнi постiйно знаходиться бiльше, в порiвняннi з конiчною передачею, число зубiв; можливість впливу на компоновку автомобiля (зниження центру мас, зменшення тунелю в пiдлозi кузова, через який проходить карданна передача i т.д.). У той же час наявнiсть змiщення обумовлює присутнiсть в зачепленнi підвищеного тертя ковзання, що знижує ККД до 0,96.

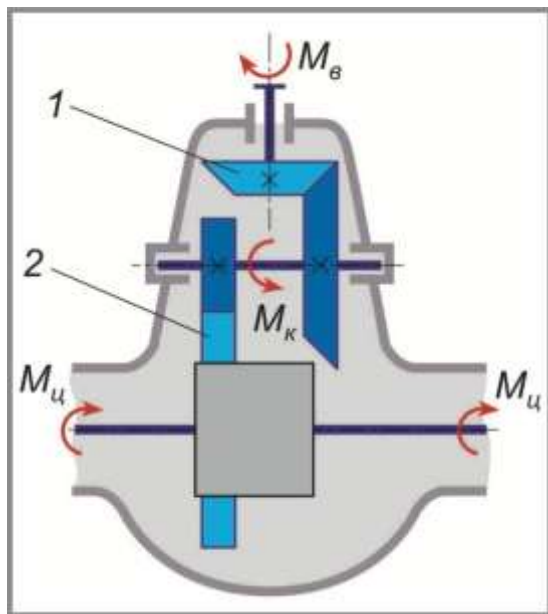


Рис. 3.20. Подвійна головна передача:

1 – конічна (або гiпоiдна) передача;

2 – циліндрична передача

Одночасно необхідно вiдзначити, що специфіка зачеплення шестерень в гiпоiднiй передачі висуває підвищенi вимоги до мастила. Для гiпоiдних головних передач повиннi використовуватися тiльки спеціальнi масла. Вони вiдрiзняються вiд звичайних тим, що завдяки спеціальним добавкам, які мiстить сiрку, хлор або фосфор, забезпечують високу мiцнiсть масляної плiвки, що не руйнується навіть у тих тяжких умовах, які виникають в гiпоiдному зачепленнi. Іншi масла в експлуатації використовувати неприпустимо.

Подвійнi головнi передачі (рис. 3.20) застосовуються на вантажних автомобiлях при необхідностi

отримання великих передавальних чисел. По компонованню вони виконуються центральними i роздiленими. Центральнi подвійнi головнi передачі представляють собою поєднання конiчної або гiпоiдної пари з циліндричною, які об'єднанi в спiльному картерi.

У цiй головнiй передачі момент вiд двигуна  $M_v$  підвищується в конiчної (або гiпоiдної) 1  $M_k$  i циліндричної 2  $M_c$  передачі вiдповiдно до підвищення передавального вiдношення передачі.

### Диференціал

При поворотi автомобiля, всi його колеса проходять рiзний по довжинi шлях, i якщо мiж двома провiдними колесами iснує жорсткий зв'язок, вони

почнуть прослизати. Ковзання колiс при поворотi призводить до підвищеної витрати палива, зносу шин, порушення стійкостi і т.п.

Диференціал дозволяє веденим валами обертатися з різними кутовими швидкостями і виконує функції розподілу крутного моменту, що підводиться до нього, між колесами або ведучими мостами. Диференціали бувають міжколiсними та міжосьовими (в разі установки між кількома провідними мостами).

Вперше диференціал був застосований в 1897 р. на паровому автомобілі. В даний час всі автомобілі мають міжколiсні диференціали на провідних мостах. Найбільш поширеним є конічний симетричний диференціал (рис. 3.21), що включає в себе: корпус, сателіти, вісь сателітів (або хрестовину) і напівосьові шестерні. Зазвичай число сателітів в диференціалах вантажних і позашляхових автомобілів – чотири.

Симетричний диференціал одержав свою назву за здатність розподіляти момент, що підводиться до нього, порівну при будь-якому співвідношенні кутових швидкостей, з'єднаних з ним валів. Застосування міжколiсного диференціала забезпечує стійкість при прямолінійному русі автомобіля, а також при гальмуванні двигуном на слизькій дорозі.

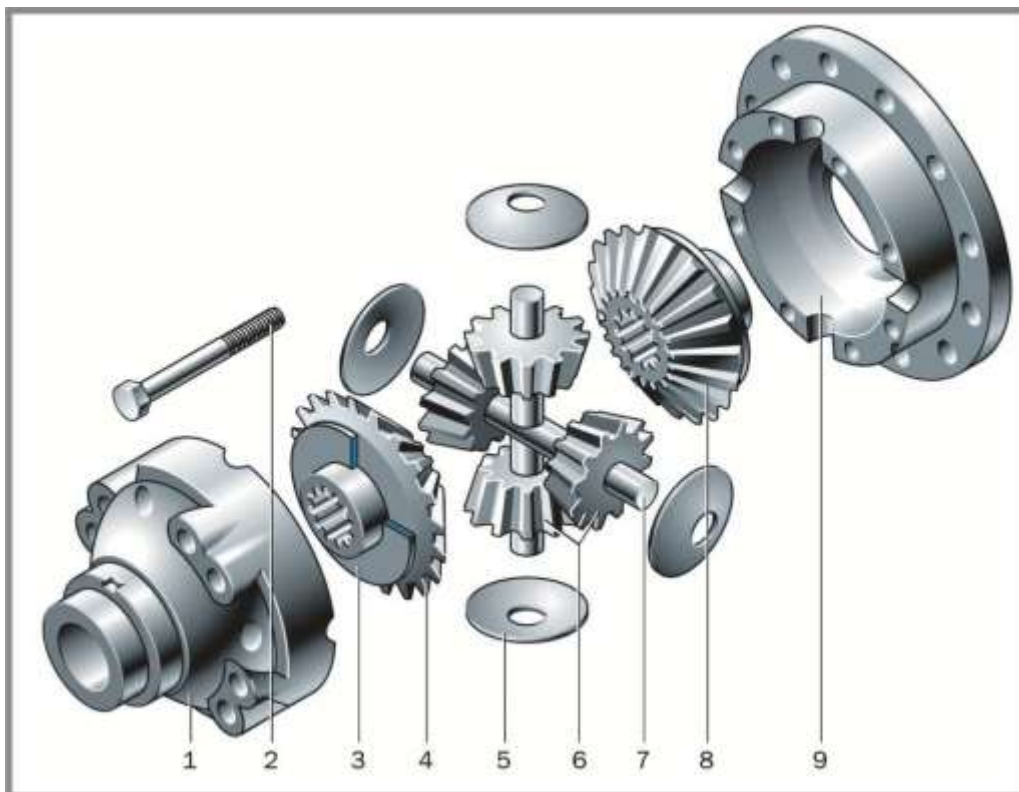


Рис. 3.21. Деталі конічного симетричного диференціала: 1 – права коробка сателітів диференціала; 2 – болт коробки сателітів; 3 – опорна шайба шестерні; 4, 8 – напівосьові шестерні; 5 – опорна шайба сателіта; 6 – сателіти; 7 – вісь сателітів; 9 – ліва коробка сателітів диференціала

Істотним недоліком звичайного диференціала є зниження прохідності автомобіля, якщо одне з його колiс потрапляє в умови малого зчеплення з опорною поверхнею. При цьому на колесо, що знаходиться в нормальних

зчiпних умовах, не можна пiдвести крутний момент, що перевищує той, який може бути реалiзований на колесi, що знаходиться в умовах малого зчеплення (це призводить до пробуксовки колеса). Даний недолiк диференцiала є найбільш важливим для повноприводних автомобiлiв, для яких важливо забезпечити їх рух у разi, якщо одне з колiс втрачає зчеплення з дорогою. При приводi автомобiля на чотири колеса достатньо потрапити одним колесом на слизьку поверхню, щоб позбавити автомобiль здатностi рушити з мiсця. Iснують рiзні способи боротьби з цiєю небажаною властивiстю.

Один з таких способiв – це блокування диференцiала. При заблокованому диференцiалi крутний момент, що пiдводиться до колiс з кращим зчепленням, збiльшується. Необхiдно враховувати, що, якщо вся величина крутного моменту передається в одному напрямку, карданний вал i пiввiсь повиннi бути зробленi бiльш мiцними, щоб виключити можливiсть їх поломки. Позашляховi автомобiлi, що працюють в складних умовах, можуть мати пристрої, якi блокують як мiжосьовий, так i заднiй мiжколiсний диференцiали. Блокування диференцiала передньої осi зазвичай не передбачається через негативний вплив на керованiсть автомобiля.

Iншим поширеним способом полiпшення характеристик трансмiсiй сучасних повноприводних автомобiлiв є застосування рiзних пристроїв пiдвищеного тертя, що застосовуються в якостi мiжосьових i заднiх диференцiалiв. Найпростiший спiсiб полягає в створеннi додаткового тертя при ковзаннi деталей в диференцiалi. Тут, однак, потрiбно обмежити величину проковзування таким чином, щоб воно не чинило надмiрного впливу на можливiсть руху колiс автомобiля з невеликою рiзницею в кутових швидкостях при звичайному поворотi. Таким чином, диференцiали пiдвищеного тертя повиннi бути такими, щоб передавати тiльки частину крутного моменту на колесо з гарним зчепленням.

Слiд пам'ятати що будь-який диференцiал пiдвищеного тертя, незалежно вiд мiсця його розташування (в роздавальнiй коробцi або провiдних мостах) забирає частину механiчної енергiї переводячи її в тепло, а значить збiльшує витрату палива. Пiдвищується також зношування шин i трансмiсiї в цiлому. Тому простi пристрої з фрикцiйними шайбами або кулачковi диференцiали встановлювалися головним чином на вантажiвках пiдвищеної прохiдностi, тобто там, де забезпечення подолання бездорiжжя вважається бiльш важливим завданням нiж забезпечення економiчностi.

### *Кiнцева передача*

---

Прагнення отримати максимальне значення передавального числа кiнцевої передачі вантажного автомобiля за рахунок пiдвищення веденої шестернi в одноступеневому редукторi, вбудованому в маточину ведучого колеса, не завжди можливо, через пiдвищення габаритiв редуктора. В даному випадку виправдовують себе кiнцевi передачі планетарного типу (див. рис. 3.17, в), що забезпечують пiдвищення дорожнього просвiту i компактнiсть ведучих мостiв автомобiля.



Більшість моделей вантажних автомобілів фірми Mercedes-Benz, MAN і т.д. встановлюють рознесені головні передачі, що складаються з центрального редуктора у вигляді конічної або гіпоїдної пари і двох редукторів, розміщених в маточинах колеса (рис. 3.22) або близько до коліс.

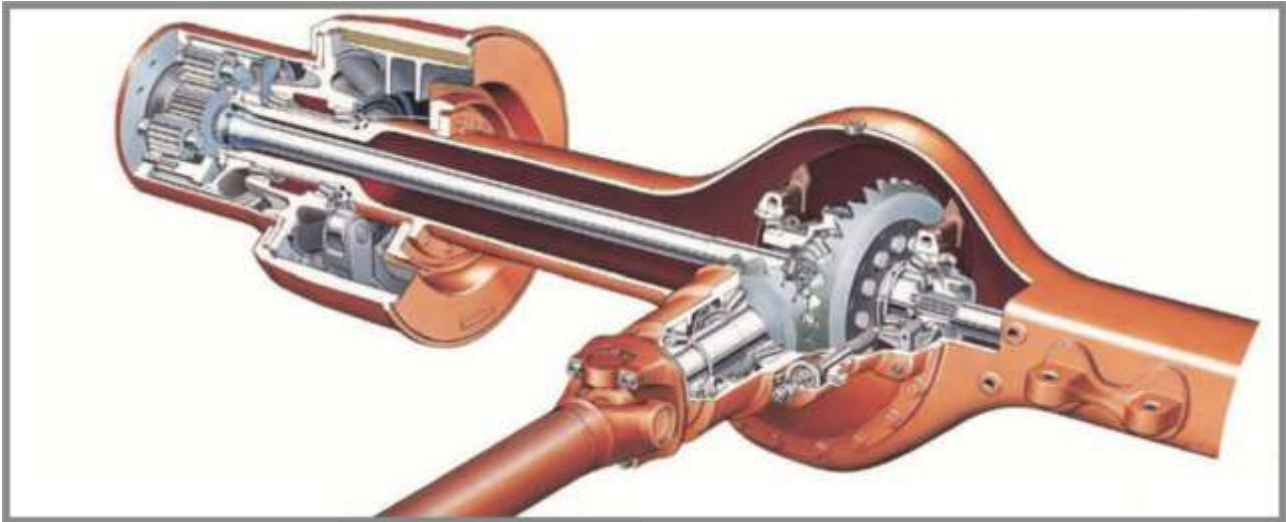


Рис. 3.22 Ведучий міст вантажного автомобіля з рознесеною головною передачею і колісними планетарними редукторами

Двоступеневі рознесені передачі бувають двох типів:

– одноступенева конічна або гіпоїдна передача в картері моста, поєднана з циліндричною передачею зовнішнього зачеплення приводу коліс, яка може розташовуватися в окремому картері між диференціалом і маточиною колеса або навіть в маточині колеса. Передача внутрішнього зачеплення зазвичай розміщується в маточинах коліс;

– одноступенева конічна або гіпоїдна головна передача, поєднана з планетарною передачею, розташована в маточинах коліс. Така конструкція відрізняється рядом переваг: малі розміри конічної або гіпоїдної передачі; планетарна передача розміщена поза гальм; співвісне положення шестерень, що передають крутний момент; поділ переданого моменту між трьома або п'ятьма сателітами; високий ККД та ін.

Двошвидкісні передачі застосовують на магістральних тягачах з одним провідним мостом, створеним на базі звичайних автомобілів. В цьому випадку двошвидкісна передача дозволить збільшити максимальне передавальне число трансмісії (що необхідно в зв'язку зі збільшенням повної маси вантажівки) і число передач, так як різниця між масами навантаженого і не навантаженого автомобіля (особливо в разі сідельного тягача) досить велика. В цьому випадку всі інші механізми вантажівки залишаються незмінними.

На деяких вантажних автомобілях можна зустріти ступінчасті планетарні головні передачі, переважно двошвидкісні, а останнім часом і тришвидкісні. Планетарні ряди сприяють підвищенню компактності вузла, але при цьому підвищують його вартість.

**Тенденції вдосконалення конструкцій ведучих мостів**

---

Удосконалення конструкцій ведучих мостів спрямоване в основному на створення конструкцій головних передач зі зрівноваженими осьовими силами за різних видів зачеплення шестерень і диференціалів з автоматичним блокуванням. При цьому для головних передач вирішують завдання зниження шуму за рахунок підвищення жорсткості картера головної передачі, вдосконалення способів установа валів конічної (гіпоїдної) передачі й змащування зубів конічної пари в зоні зачеплення, циркуляційного змащування підшипників.

У більшості конструкцій систем змащування головних передач використовують ефект конічних роликів підшипників як відцентрових насосів, у яких під дією відцентрових сил рідина перекачується з боку меншого діаметра роликів у бік більшого діаметра. Тому рідину до підшипників ведучого вала конічної шестерні подають у порожнину між підшипниками, тобто в порожнину меншого діаметра роликів.

При вдосконаленні конструкцій диференціалів вирішують завдання усунення істотного недоліку симетричного диференціала щодо недостатньої прохідності автомобілів, якщо одне колесо потрапляє в умови недостатнього зчеплення з опорною поверхнею.

Для цього застосовують різні механізми блокування диференціала: примусове або автоматичне, за допомогою муфт тертя.

Перспективним диференціалом з автоматичним блокуванням автомобілів може бути гідравлічний (рис. 3.23).

Циліндричні півосьові шестерні 1 диференціала, установлені на шліцах півосей 2, входять у зачеплення із сателітами 3. Як одне ціле з останніми виконані також циліндричні шестерні 4 масляного насоса. Під час роботи диференціала й обертання шестерень 3 і 4 масло забирається насосними шестернями з камери 5, а потім повертається в неї ж через калібрований отвір 6. Протитиск масла гальмує обертання сателіта тим сильніше, чим більша різниця частот обертання коліс автомобіля. Для гальмування кожного з коліс слугує окремий насос, тому за великої різниці частот обертання один насос працює за високого тиску масла, а другий подає його в камеру майже без опору.

Перспективним є напрямок вдосконалення управління ведучими мостами автомобіля, що забезпечує подачу до них додаткової енергії при рушанні автомобіля (рис. 3.24).

Даний привод забезпечує оптимальний крутний момент на передньому мосту автомобіля у відповідності з умовами його руху. Для цього передній міст оснащений гідравлічним приводом колісних маточин з гідронасосом, встановленим на задній частині двигуна. Блок управління приводом регулює розподіл крутного моменту між переднім і заднім ведучими мостами автомобіля автоматично без участі водія.

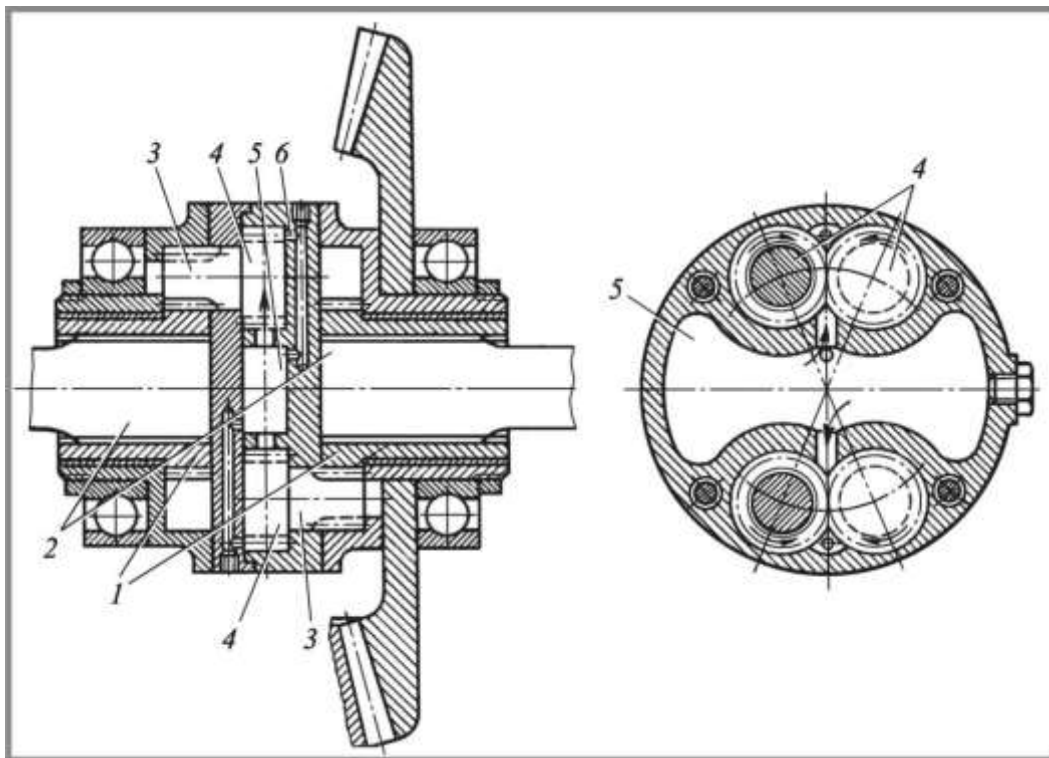


Рис. 3.23. Гiдравлiчний диференцiал: 1 – шестернi пiвосей; 2 – пiвосi; 3 – сателiти; 4 – шестернi масляного насоса; 5 – насосна камера; 6 – калiбрований отвiр

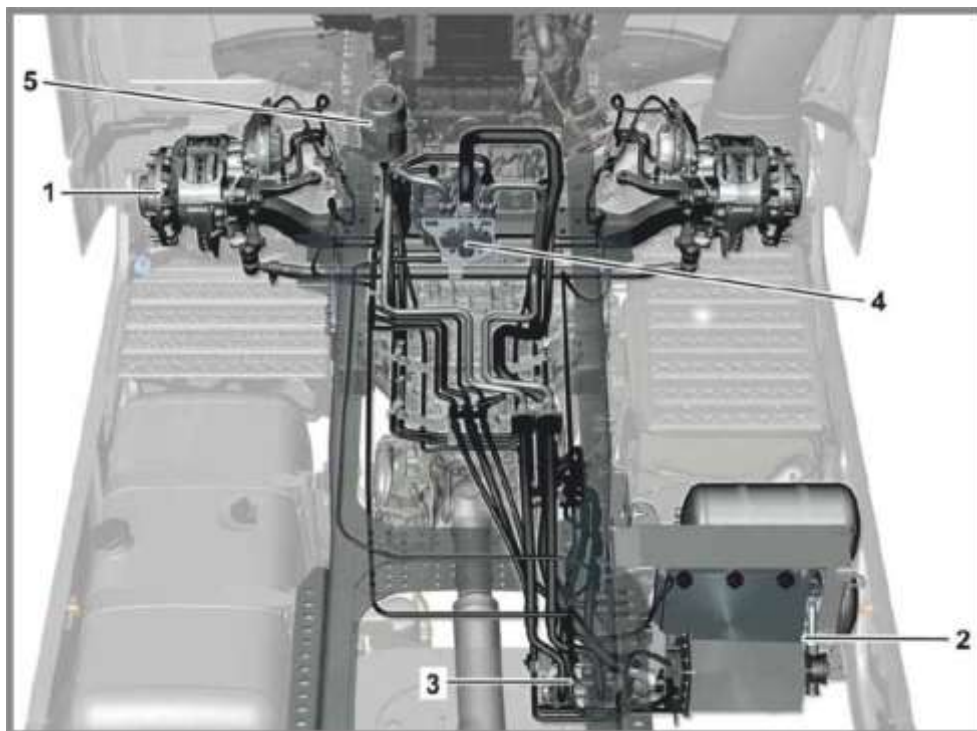


Рис. 3.24. Допомiжний гiдравлiчний привод передньої вiсi автомобiля Mercedes-Benz Actros (Model 964): 1 – передня вiсь; 2 – бiчний модуль; 3 – блок управлiння клапаном; 4 – насос високого тиску; 5 – розширювальний резервуар

Даний привод є допомiжним, вiн забезпечує пiдвищення крутного моменту на ведучих мостах автомобiля при його рушаннi й розгонi до швидкостi 30 км/год. Привод розрахований на загальний час роботи 5% пробiгу автомобiля.

## § 25

## КАРДАННІ ПЕРЕДАЧІ

*Призначення, вимоги*

На автомобілі коробка передач *1* (рис. 3.25) установлена на рамі *6*, а задній міст *4* підвішений до рами на пружних ресорах *5*. Під час руху автомобіля положення заднього моста відносно рами й осі вторинного вала коробки передач постійно змінюється. Момент від коробки передач *1* до ведучого моста *4* передається карданною передачею, що складається з карданних шарнірів *2* і карданного вала *3*. Карданні шарніри забезпечують передачу крутного моменту між валами, осі яких не лежать на одній прямій, а шліцьові з'єднання карданного вала – зміну відстані між шарнірами.

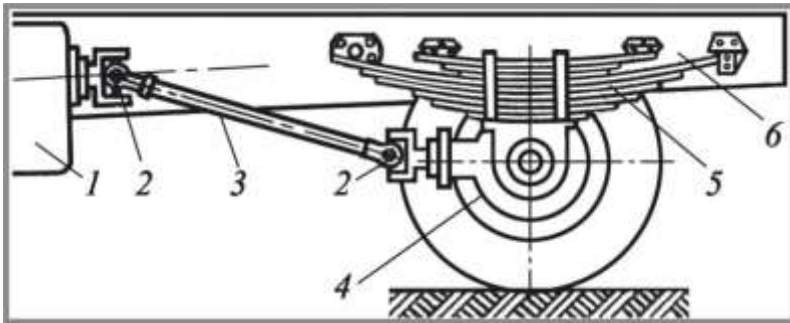


Рис. 3.25. Схема карданної передачі вантажного автомобіля

До карданних передач ставлять такі вимоги:

- передача крутного моменту без створення додаткових навантажень у трансмісії (згинальних, вібраційних, осьових);
- можливість передачі крутного моменту із забезпеченням сталості кутових швидкостей

ведучого і веденого валів незалежно від кута між з'єднаними валами;

- забезпечення високого ККД у всіх з'єднаннях карданної передачі;
- створення умов для надійної роботи передачі з великим періодом технічного обслуговування.

*Принцип роботи*

Основою карданної передачі є карданний шарнір (рис. 3.26) для з'єднання веденого вала коробки передач з валом ведучого моста. Карданні шарніри розподіляють на шарніри рівних та нерівних кутових швидкостей.

Аналіз схеми карданного шарніра нерівних кутових швидкостей показує, що при постійній кутовій швидкості  $\omega_1$  ведучого вала ведений обертається  $\omega_2$  циклічно: за один оборот двічі відстає і двічі обганяє провідний вал. При цьому зі збільшенням кута у між валами нерівномірність обертання інтенсивно зростає. Для того щоб карданна передача з шарнірами нерівних кутових швидкостей передавала синхронне обертання між валами з'єднаних агрегатів, вона повинна складатися з декількох шарнірів, взаємне розташування яких буде компенсувати нерівномірну передачу обертання кожного шарніра. З цієї причини мінімальна кількість шарнірів має дорівнювати 2. При цьому в карданній передачі з двома шарнірами, слід дотримуватись таких

КОМПУНУВАЛЬНИХ ВИМОГ:

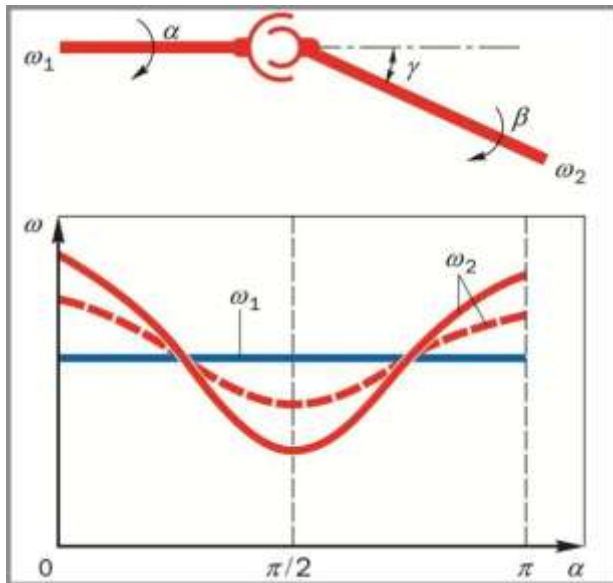


Рис. 3.26. Графік залежності кутових швидкостей карданного шарніра:

$\alpha, \beta$  – кути повороту відповідно ведучого та веденого валів;  $\gamma$  – кут між валами

які забезпечують рівномірне обертання веденого вала за наявності навіть одного шарніра.

В основу всіх конструкцій карданних шарнірів сталих кутових швидкостей покладено єдиний принцип: точки контакту, через які передаються колові сили, знаходяться в бісекторній площині валів.

Для пояснення цього розглянемо найпростішу модель, наведену на рис. 3.27.

Кутова швидкість точки контакту  $O$   $v_O = \omega_1 r_1$ ;  $v_O = \omega_2 r_2$ , звідки  $\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$ . Підставивши в це рівняння значення  $r_1 = AO \sin \alpha$  і  $r_2 = BO \sin \beta$ , отримаємо  $\omega_1 AO \sin \alpha = \omega_2 BO \sin \beta$ . Кутові швидкості ведучого і веденого валів стали, якщо  $AO = BO$ ;  $\alpha = \beta$ .

Легко довести, що в цьому разі точка  $O'$  лежить у бісекторній площині. Це видно з рівності трикутників  $OO'C$  і  $OO'D$ .

– ведучі вилки розташовані під кутом  $90^\circ$  одна відносно одної;

– кути між валами в обох шарнірах  $\gamma_1$  і  $\gamma_2$  рівні між собою;

– всі вали лежать в одній площині.

Для карданних передач, що мають число шарнірів нерівних кутових швидкостей більше трьох, синхронність обертання валів з'єднаних агрегатів досягається певним співвідношенням кутів між валами всіх шарнірів, при цьому співвідношення залежить від числа шарнірів.

Якщо встановлення шарнірів несталих кутових швидкостей неможливе, наприклад у приводі передніх ведучих напрямних коліс автомобілів, використовують карданні шарніри сталих кутових швидкостей,

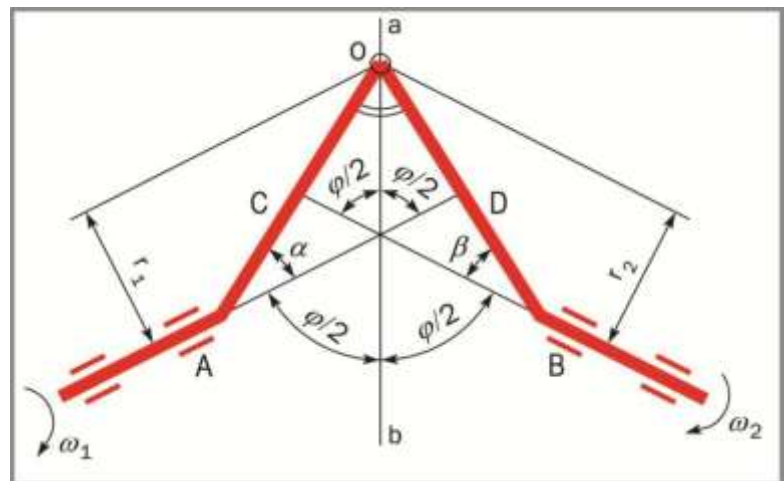


Рис. 3.27. Схема карданного шарніра сталих кутових швидкостей:

$\omega_1, \omega_2$  – кутові швидкості валів 1 і 2 відповідно;  $\alpha, \beta$  – кут шарніра;  $O$  – точка контакту важелів валів 1 і 2;  $r_1, r_2$  – радіуси обертання важелів вала 1 і вала 2 відповідно;  $OO'$  – бісектриса кута  $\phi$

Цю умову можна забезпечити різними способами. Найпростіше рішення – об'єднати два звичайних карданних шарніра нерівних кутових швидкостей так, щоб ведена вилка одного слугувала ведучою вилкою іншого. Така конструкція отримала назву здвоєного карданного шарніра.

Перші конструкції здвоєних шарнірів у 20-х рр. минулого століття були досить громіздкі, не залишали в маточині переднього колеса місця для гальмівного механізму, який доводилося переміщати до картера головної передачі. Однак з часом здвоєні карданні шарніри удосконалювалися, ставали більш компактними і протрималися на легкових автомобілях до 60-х рр. Для здвоєних шарнірів на голчастих підшипниках характерний посилений знос цих підшипників і шипів хрестовини, так як завдяки переважно прямолінійному руху автомобіля голки підшипників не перекочуються, внаслідок чого поверхні деталей, з якими вони стикаються, схильні до брiнелювання, а самі голки іноді сплющуються.

Карданний шарнір неоднакових кутових швидкостей був винайдений в XVI ст. італійським математиком Джироламо Кардано і спочатку знайшов застосування для підвішування ліхтарів в екіпажах. Пізніше англійський учений Роберт Гук дав математичний опис кінематики даного механізму. Обґрунтовані цими вченими залежності щодо вибору параметрів шарнірів нерівних кутових швидкостей до теперішнього часу є основою їх конструктивних розробок.

### ***Карданна передача***

---

Карданна передача складається із карданних валів, карданних шарнірів, проміжних опор та з'єднувальних пристроїв (рис. 3.28).

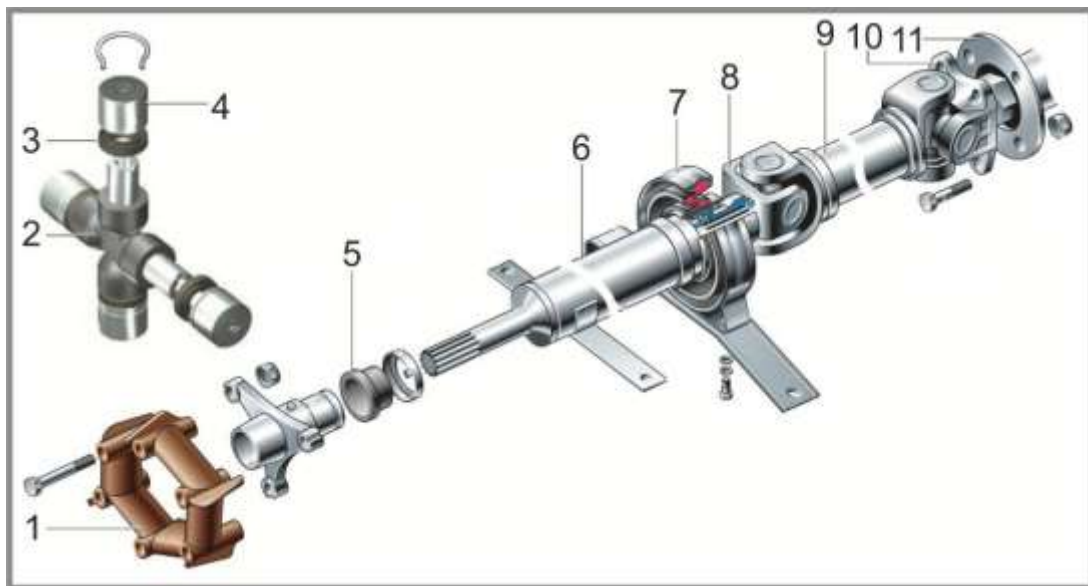


Рис. 3.28. Карданна передача: 1 – еластична муфта; 2 – хрестовина; 3 – сальник; 4 – підшипник хрестовини; 5 – сальник; 6 – передній карданний вал; 7 – проміжна опора; 8 – вилка переднього карданного валу; 9 – задній карданний вал; 10 – вилка заднього карданного валу; 11 – фланець провідної шестерні головної передачі

За допомогою карданної передачі можуть з'єднуватися наступні елементи трансмісії (рис. 3.29):

- коробка передач і роздавальна коробка;
- роздавальна коробка і ведучі мости.

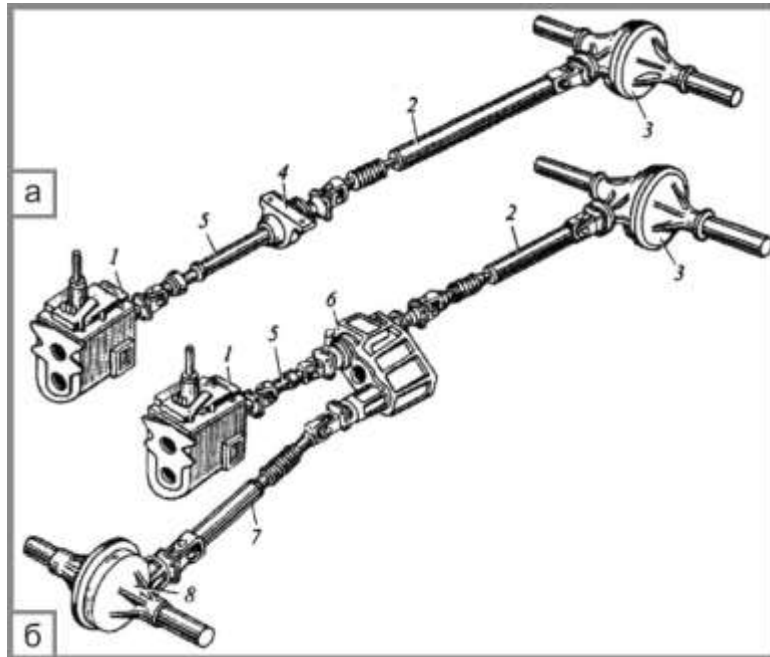


Рис. 3.29. Розміщення карданних передач на вантажному (а) і вантажному підвищеної прохідності (б) автомобілях: 1 – коробка передач; 2, 5, 7 – карданні вали; 3, 8 – задній і передній ведучі мости; 4 – проміжна опора; 6 – роздавальна коробка

За компонованням карданні передачі класифікуються на закриті й відкриті. Закрита карданна передача розміщується всередині труби. Труба може сприймати сили і реакції, що виникають на ведучому мосту, і служити напрямним елементом підвіски. В цій карданній передачі застосовується тільки один шарнір, а нерівномірність обертання карданного валу компенсується його пружністю. Відомі конструкції, в яких роль карданного валу виконує торсіон (пружний вал невеликого діаметра), при цьому карданні шарніри відсутні.

Відкрита передача не має труби і реактивний момент сприймається ресорами або реактивними тягами. Карданна передача повинна мати не менше двох шарнірів і компенсуючу ланку, так як відстань між з'єднаними агрегатами в процесі руху змінюється. На довгобазних автомобілях застосовують карданну передачу, що складається з двох валів. Цим виключається можливість збігу критичної кутової швидкості вала з експлуатаційною. Зменшення довжини вала підвищує його критичну частоту обертання, яка має принаймні в 1,5 рази перевищувати максимально можливу при експлуатації. Конструкція карданної передачі з двома валами вимагає застосування проміжної опори одного з валів.

---

### ***Карданні шарніри***

---

Основою конструкцій карданних передач є карданні шарніри несталіх і сталіх швидкостей (рис. 3.30). На всіх автомобільних приводах крім привода

до ведучих напрямних колiс застосовують шарнiри несталих кутових швидкостей.

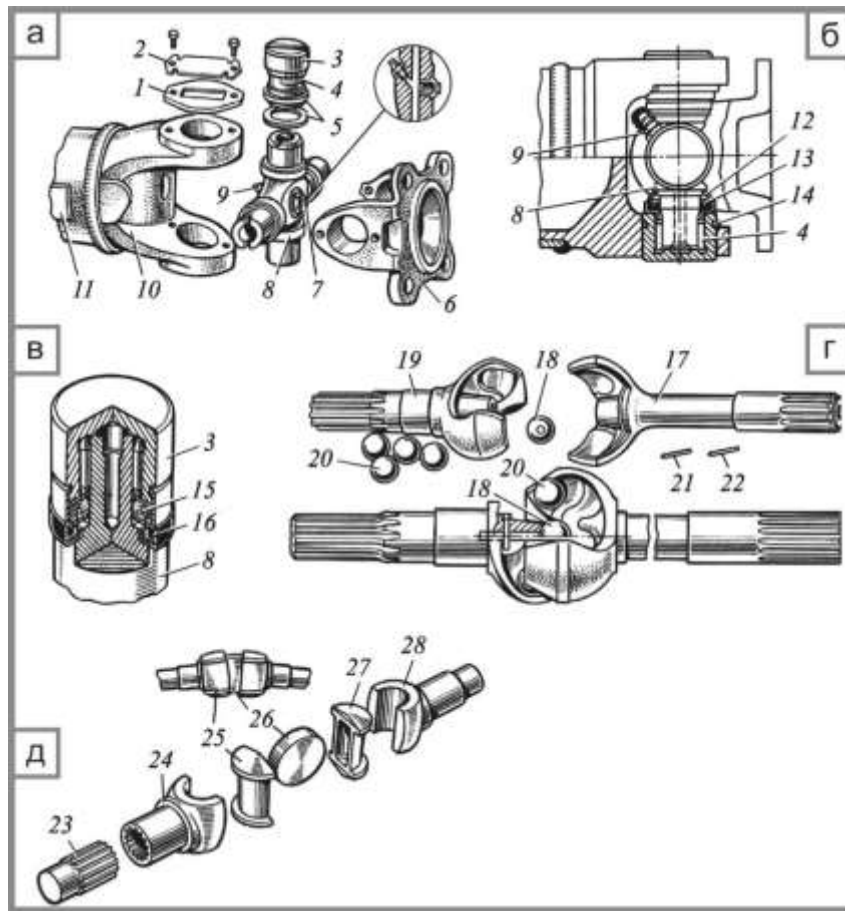


Рис. 3.30. Деталі карданних шарнiрiв несталих (а – в) та сталех (г – д) кутових швидкостей: 1 – кришка; 2 – стопорна пластина; 3 – стакан пiдшипника; 4 – голки; 5 – повстянi манжети; 6, 10, 24, 28 – вилки; 7 – запобiжний клапан; 8 – хрестовина; 9 – маслянка; 11 – карданний вал; 12 – вiдбивач; 13 – самопiдтискна манжета; 14 – стопорне кiльце; 15, 16 – манжети радiального i торцевого ущiльнень; 17 – внутрiшнiй кулак; 18 – центральна кулька; 19 – зовнiшнiй кулак; 20 – ведучi кульки; 21 – штифт; 22 – шпилька; 23 – пiввiсь; 25, 27 – напiвцилiндричнi кулаки; 26 – центральний диск

Такi карданнi шарнiри (рис. 3.30, а-в) складаються iз закрiплених на валах двох сталевих вилок б i 10 та хрестовини 8, що шарнiрно з'єднує її i встановленi у вушках вилки на голчастих пiдшипниках. Пiдшипники, що складаються зi стаканiв 3 i голок 4, встановленi на шлiфованi шини хрестовини 8. Манжети 5 запобiгають витiканню з пiдшипникiв мастильного матерiалу, що надходить крiзь маслянку 9 i канали у хрестовинi.

Для видалення надлишкової кiлькостi мастильного матерiалу слугує запобiжний клапан 7. В iнших карданних шарнiрах iз голчастим пiдшипником для надiйного захисту голчастих пiдшипникiв вiд витiкання мастила встановлюють двi манжети – радiальну i торцеву (рис. 3.30, в).

Розглянутi вище карданнi шарнiри нерiвних кутових швидкостей передають обертання по колу й працюють при невеликих значеннях кутiв мiж валами, що робить в цьому випадку їх застосування проблематичним. У цих умовах знайшли застосування синхроннi кульовi зчленування, званi шарнiрами рiвних кутових швидкостей (рис. 3.30, г-д, рис. 3.31).





Рис. 3.31. Шестикульковий шарнір з ділильними канавками (шарнір «Бірфiльд»)

Шарнір «Бірфiльд» може працювати при куті між валами до  $45^\circ$ . Так як зусилля в такому шарнірі передається всіма шістьма кульками, він забезпечує передачу великого крутного моменту при малих розмірах. Довговічність його досягає 100 – 200 тис. км.

Основною причиною передчасного руйнування шарніра є пошкодження еластичного захисного чохла. З цієї причини автомобілі високої прохідності часто

мають ущільнення у вигляді сталевого ковпака. Однак це призводить до збільшення габаритів шарніра і обмежує кут між валами до  $40^\circ$ . Даний тип шарнірів широко застосовується в карданній передачі передніх керованих і ведучих коліс сучасних автомобілів. Він встановлюється на зовнішньому кінці карданного валу; при цьому на внутрішньому кінці необхідно встановлювати шарнір рівних кутових швидкостей, здатний компенсувати зміну довжини карданного валу при деформації пружного елемента підвіски.

У передньоприводному автомобілі зазвичай використовуються два внутрішніх таких шарніра (пов'язані з коробкою передач) і два зовнішніх (кріпляться до коліс). Будову цих шарнірів можна описати так: в кожному шарнірі є дві головні деталі – корпус і обойма, одна в іншій. У цих деталях виконані канавки з кульками, які, по суті справи, жорстко з'єднують обидві сферичні деталі, через них і передається обертання від двигуна до колеса. У той же час, рухаючись в канавках, кульки дозволяють одній сферичній деталі повертатися щодо іншої і при цьому здійснювати поворот колеса. При всьому різноманітті конструктивних рішень у шарнірах рівних кутових швидкостей повинен витримуватися єдиний принцип: точки контакту, через які передаються окружні сили, повинні перебувати в площині, що проходить через бісектрису кута між валами (в бісекторній площині) (див. рис. 3.27).

Розвиток конструкцій карданних шарнірів нерівних кутових швидкостей йшов шляхом зниження втрат, пов'язаних з обертаннями решт хрестовини в отворах вилок. У конструкціях перших шарнірів кінці хрестовини встановлювалися на підшипниках ковзання. З урахуванням того, що в трансмісії багатовісних автомобілів число шарнірів може перевищувати два десятка, застосування в них підшипників ковзання може істотно знижувати загальний ККД трансмісії. У карданних шарнірах сучасних автомобілів застосовуються тільки голчасті підшипники кочення.

У колишніх конструкціях застосовувалося мастило, яке було необхідно періодично оновлювати через спеціальні масленки. Карданні шарніри сучасних автомобілів зазвичай заправляються високоякісним пластичним мастилом, при складанні й в експлуатації якого не замінюють.

### Проміжна опора

В карданних передачах з двома валами (див. рис. 3.29) застосовується проміжна опора (рис. 3.32), підшипник якої для компенсації можливого осьового переміщення силового агрегату на рамі або кузові автомобіля встановлений в еластичному кільці.

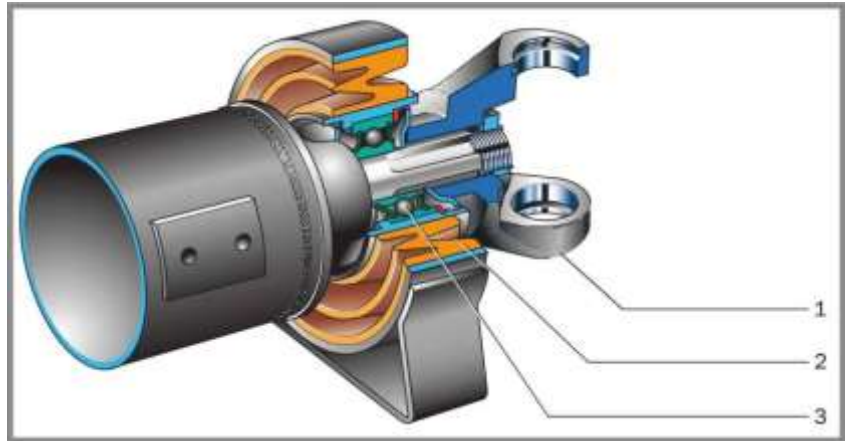


Рис. 3.32. Конструкція проміжної опори: 1 – вилка; 2 – пружна подушка; 3 – підшипник проміжної опори

Дана проміжна опора карданної передачі застосовується на довгобазних автомобілях.

### Тенденції вдосконалення конструкції карданних передач

Розвиток конструкцій карданних шарнірів несталих кутових швидкостей, що в основному застосовуються на вантажних автомобілях, пов'язаний з невпинним поліпшенням їхніх експлуатаційних властивостей: надійності, можливості передачі обертання за підвищеного кута між валами, підвищення ККД.

ККД карданного шарніра залежить від кута між з'єднаними валами, зі збільшенням якого ККД різко знижується. У деяких автомобілях для зменшення цього кута двигун розміщують з нахилом  $2 - 3^\circ$  у поздовжній площині. Однак зменшення кута між валами до нуля неприпустиме, оскільки це може призвести до зниження його надійності.

Хрестовини карданного шарніра точно центрують. Зазор між торцями шипів хрестовини і днищами стаканчиків неприпустимий, тому що це призводить до дисбалансу карданного вала під час його обертання. Водночас надмірне затягування стаканчиків може спричинити появу зазору між торцями шипів і днищем стаканчиків, а також перекошення голок підшипників.

Удосконалення конструкцій карданних передач спрямоване в основному на підвищення їхнього ККД й усунення дисбалансу.

Конструкції карданних передач сталих кутових швидкостей удосконалюють в основному у напрямку збільшення числа кульок карданного шарніра.

Напрямок удосконалення конструкцій карданних передач сталих кутових швидкостей є застосування типових карданних шарнірів типу «Трипод» (рис. 3.33).

Тришипний шарнір складається з циліндричного корпусу 3, виконаного як одне ціле з валом, у якому є три поздовжні пази, маточини 2 із трьома

шипами, закріпленої на внутрішньому кінці карданного валу, трьох роликів 1 на голчастих підшипниках. Шипи і пази розміщені під кутом  $120^\circ$  один відносно одного.

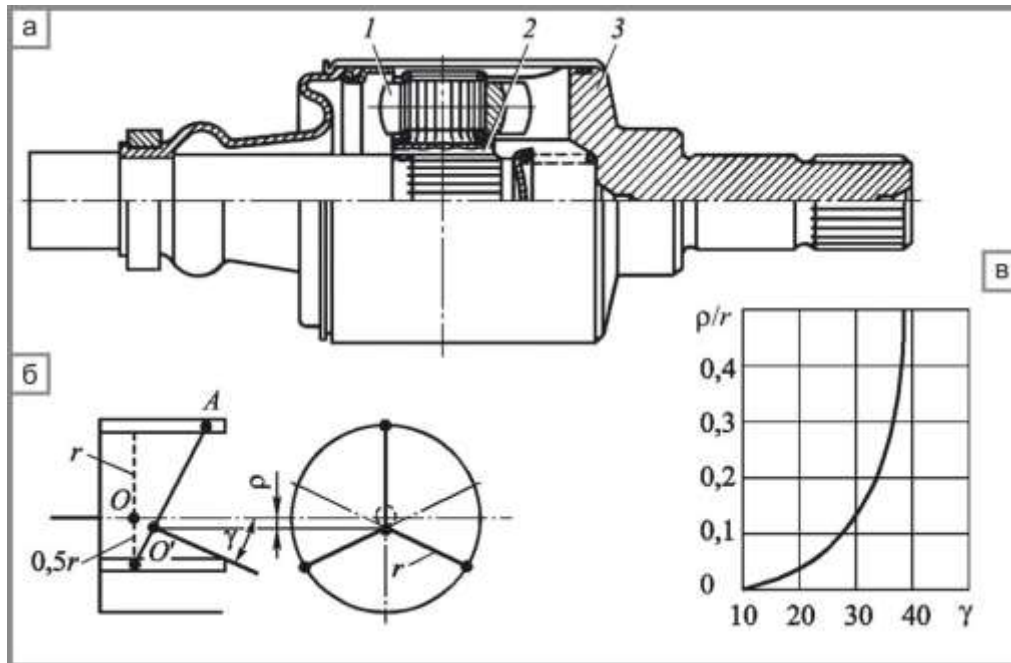


Рис. 3.33. Конструкція (а), схема (б) та характеристики (в) тришипового карданного шарніра (типу «Трипод»): 1 — ролики; 2 — маточина; 3 — корпус

Ролики мають сферичну поверхню такого самого радіуса, як і циліндричний перетин поздовжніх пазів. Під час обертання валів під кутом ролики перекочуються в пазах, провертаючись на голчастих підшипниках, і водночас шипи можуть переміщуватись уздовж роликів підшипників, що забезпечується кінематикою шарнірів. У разі нахилу вала на кут  $\gamma$  відстань  $O'A = r/\cos\gamma$  (рис. 3.33, б). Довжина шарніра збільшується за рахунок ковзання шипа уздовж підшипників.

Під час обертання шарніра центр кінця вала описує коло радіусом  $\rho$ , що є функцією кута  $\gamma$ :

$$\rho = 0,5r(1/\cos\gamma - 1). \quad (3.10)$$

Оскільки положення, наведена на рис. 3.33, б, повторюється через кожен третину оберту шарніра, центр кінця вала тричі за один оберт описує коло радіусом  $\rho$ . У цьому шарнірі сталість кутових швидкостей валів досягається внаслідок зміни положення центра кінця вала. Параметром, що характеризує шарнір, є відношення  $\rho/r$  як функція кута  $\gamma$ . Графічно цю залежність ілюструє рис. 3.33, в. Як видно з графіка, за малих значень  $\gamma$  (до  $12^\circ$ ) радіус  $\rho$  становить менше 1% радіуса  $r$ . Універсальний шарнір такого типу можна використовувати, якщо максимальне значення кута  $\gamma$  не перевищує  $25^\circ$ . Перевагою шарніра є малі втрати за осьового переміщення, оскільки це забезпечується практично тільки коченням, що визначає високий ККД шарніра.

***Контрольні запитання***

---

1. Наведіть основні елементи трансмісії та їх призначення.
2. Які особливості конструкції зчеплення?
3. Які особливості конструкції пневмогідравлічного привода вимкнення зчеплення?
4. Наведіть принцип дії гідромуфти.
5. Яке призначення коробки передач? Які вимоги ставлять до коробок передач та як їх класифікують?
6. Як у коробки передач змінюється крутний момент і частота обертання валів?
7. Наведіть принцип дії модульної коробки передач.
8. Які функції виконує автоматизована коробка передач?
9. Наведіть принцип дії гідротрансформатора.
10. Наведіть принцип дії гіпоїдної головної передачі.
11. Яке призначення карданних передач і проміжних з'єднань?
12. Які особливості конструкції карданних передач шарнірів несталих та сталих кутових швидкостей?
13. Які особливості конструкції симетричного диференціалу?
14. Яке призначення ведучих мостів? Які вимоги ставлять до них та як класифікують?
15. Які сучасні конструкції ведучих мостів?
16. Які тенденції вдосконалення трансмісії?

## РОЗДІЛ

# 4

Системи керування слугують для забезпечення руху автомобіля по заданій траєкторії з потрібною швидкістю. Зміну швидкості автомобіля за напрямком забезпечує рульове керування, а зміну за величиною – гальмівна система і система живлення двигуна.

# СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

## § 26

### РУЛЬОВЕ КЕРУВАННЯ

---

Рульове керування є однією з найважливіших систем управління автомобілем, використовується водієм постійно при русі, має суттєвий вплив на безпеку руху і стомлюваність водія. Основне призначення рульового керування – забезпечувати зміну напрямку руху.

#### *Призначення, вимоги, класифікація*

---

Рульове керування призначене для зміни напрямку руху колісного трактора або автомобіля за допомогою повороту керованих коліс, осей, зчленованих ланок, а також — регулюванням величини і напрямку кутових швидкостей коліс за їх постійного взаємного розміщення.

До рульового керування ставлять такі вимоги:

- якомога менший мінімальний радіус повороту для забезпечення високої маневреності автомобіля;
- мале зусилля на рульовому колесі, що забезпечує м'якість керування;
- силова і кінематична слідкувальна дія, тобто пропорційність зусилля на рульовому колесі й моменті опору повороту керованих коліс;
- задана відповідність між кутом повороту рульового колеса і кутом повороту керованих коліс;
- мінімальне бічне ковзання коліс під час повороту;
- мінімальна передача поштовхів на рульове колесо від удару керованих коліс об нерівність дороги;
- підвищена надійність, оскільки вихід із ладу рульового керування може призвести до аварії.

Рульові керування класифікують за такими ознаками:

- способом повороту — повертанням керованих коліс, складанням напіврам, обертанням коліс одного борту в напрямку, зворотному руху;

- розміщенням керованих коліс на двовісних — першої осі, другої осі, першої і другої осей; тривісних — першої осі, першої і третьої осей; чотиривісних — першої і другої осей, першої і третьої осей, усіх осей;
- розміщенням рульового колеса — справа або зліва.

Розміщення рульового колеса залежить від прийнятого в країні напрямку руху: за лівостороннього руху (Велика Британія, Японія) рульове керування розміщене справа, за правостороннього (європейські країни, США та ін.) — зліва.

**Способи повороту**

Найчастіше поворот автомобілів здійснюється повертанням керованих коліс у горизонтальній площині (рис. 4.1, а). Деякі автомобілі, найчастіше повноприводні, виконують з усіма керованими колесами. Напрямок руху такого автомобіля змінюють двома способами: або передні й задні колеса повертають у різні боки (рис. 4.1, б) і автомобілю рухається по колу, центр  $O$  якого знаходиться на перетині осей обертання коліс; або усі колеса повертають в один бік (рис. 4.1, в).

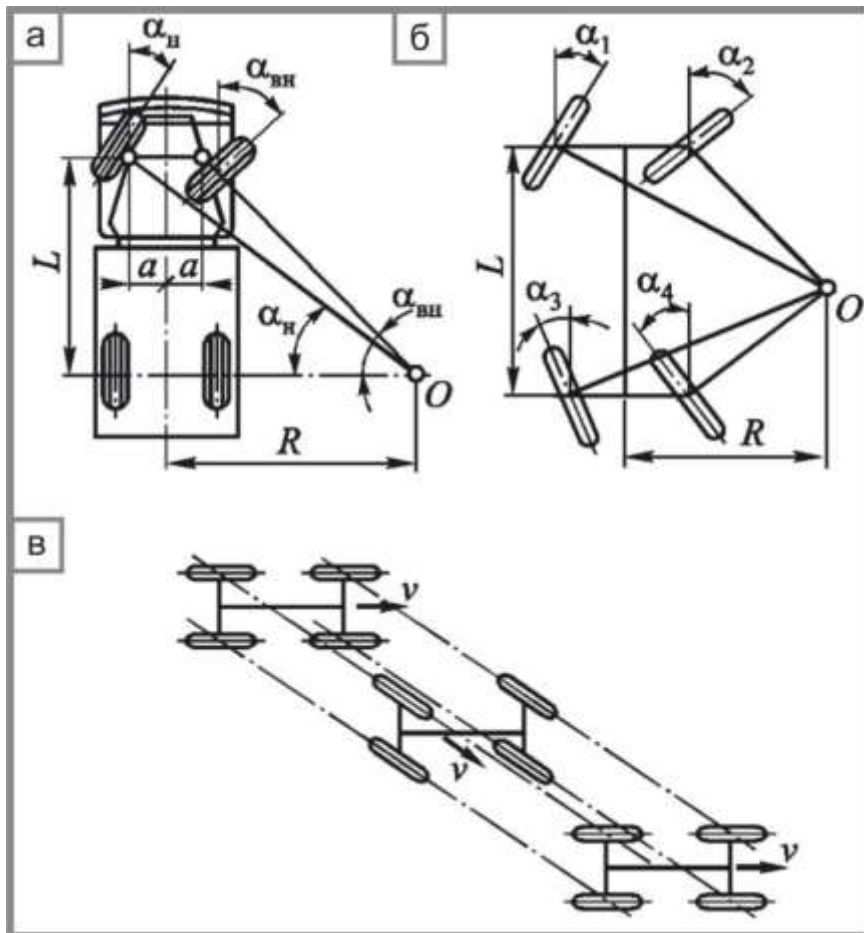


Рис. 4.1. Способи повороту автомобілів: а – повертання керованих коліс у горизонтальній площині; б – повертання передніх і задніх коліс у різні боки; в – повертання усіх коліс в один бік

При повороті автомобіля з двома передніми керованими колесами

необхідно щоб усі колеса на опорній поверхні оберталися без бічного ковзання і деформацій шин. В цьому випадку керовані колеса потрібно повертати відносно нейтрального положення на різні кути, обумовлені такими співвідношеннями:

$$\operatorname{ctg}\alpha_{\text{вн}} = (R - a)/L; \quad \operatorname{ctg}\alpha_{\text{н}} = (R + a)/L$$

де  $\alpha_{\text{вн}}$  і  $\alpha_{\text{н}}$  – кути повороту від нейтрального положення відповідно внутрішнього і зовнішнього коліс відносно центра повороту;  $a$  – половина відстані між осями шворнів поворотних цапф керованих коліс.

Різниця  $\operatorname{ctg}\alpha_{\text{н}} - \operatorname{ctg}\alpha_{\text{вн}} = 2a/L$  стала і незалежна від радіуса повороту. Потрібного співвідношення між кутами  $\alpha_{\text{н}}$  і  $\alpha_{\text{вн}}$  дотримуються застосуванням для повороту керованих коліс спеціального чотириланцюгового механізму, який називають *рульовою трапецією*, яка забезпечує синхронний поворот правого і лівого колеса однієї осі. Рульова трапеція забезпечує поворот правого і лівого коліс на різні кути, що дозволяє їм котитися на повороті з різних радіусів без прослизання.

Одну вісь з керованими колесами можуть мати і тривісні автомобілі, але за умови, що друга і третя некеровані осі зближені. Якщо ці осі рознесені або автомобіль має більше трьох осей, то для запобігання бічного ковзання коліс застосовують кілька осей з керованими колесами. При цьому водій безпосередньо повертає колеса першої осі, колеса інших осей пов'язані з першою віссю за допомогою механічних, гідравлічних або електрогідравлічних передач, які керують їх поворотом. Керовані колеса напівпричепів можуть повертатися в залежності від кута складання між автомобілем-тягачем і напівпричепом або двома частинами автозчипки.

### *Аналіз і оцінка конструкції*

---

Рульове управління сучасних автомобілів з поворотними колесами включає в себе наступні елементи:

- рульове колесо з рульовим валом (рульовою колонкою);
- рульовий механізм;
- рульовий привод (може містити підсилювач і (або) амортизатори).

На вантажних автомобілях застосовують в основному кермові управління з гідропідсилювачем (рис. 4.2).

Рульове колесо знаходиться в кабіні водія і розташоване під таким кутом до вертикалі, який забезпечує найбільш зручне охоплення його обою руками водія. Чим більший діаметр рульового колеса, тим за інших рівних умов менше зусилля на ободі рульового колеса, але при цьому зменшується можливість швидкого повороту керма при виконанні різких маневрів.

Рульовий механізм являє собою редуктор. Його основне завдання – збільшення прикладеного до керма зусилля водія, необхідного для повороту керованих коліс. Рульовий механізм має досить велике передавальне число, тому для повороту керованих коліс на максимальний кут 30-45° необхідно зробити кілька оборотів рульового колеса.

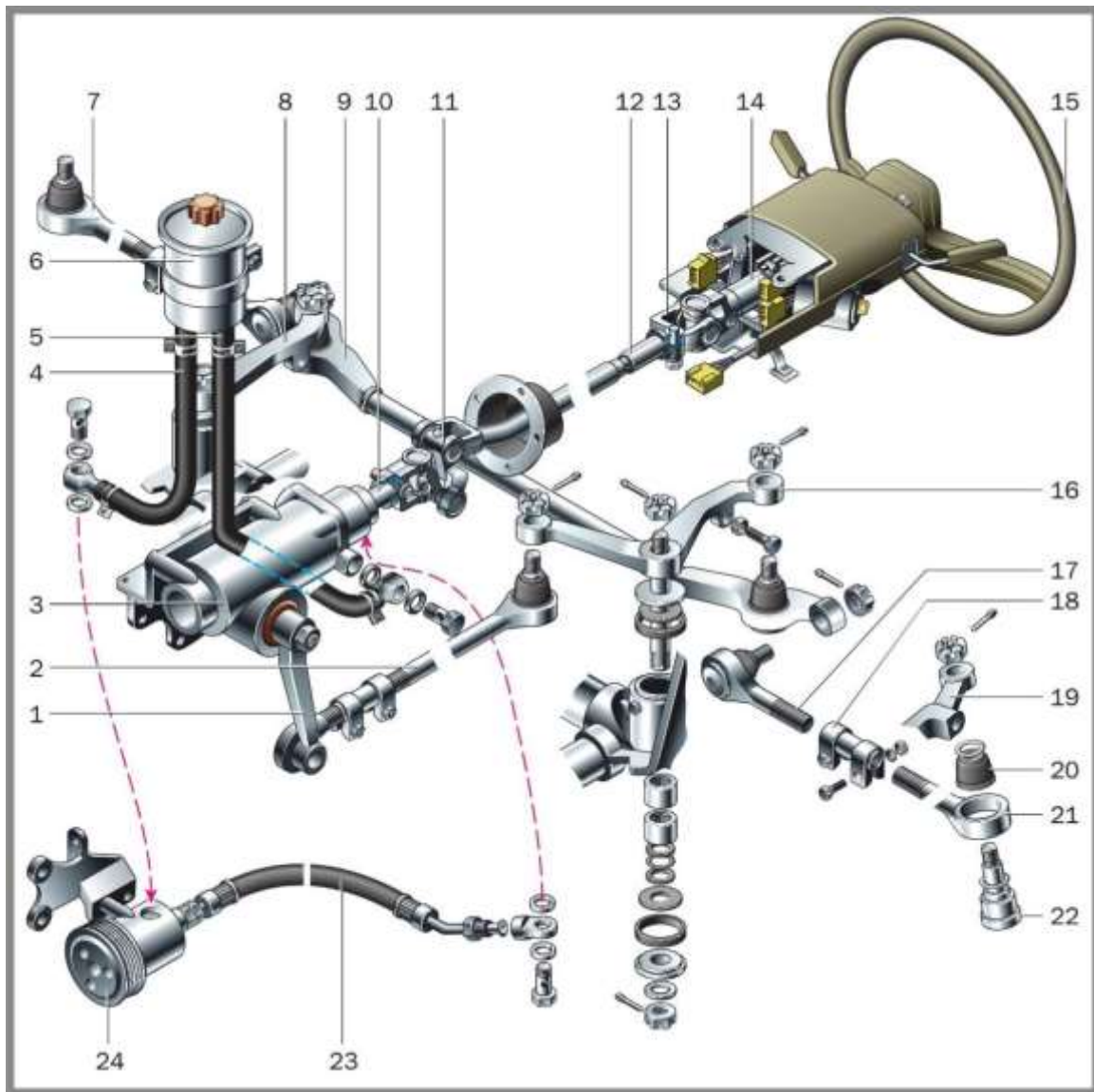


Рис. 4.2. Рульове керування з гідропідсилювачем: 1 – рульова сошка; 2 – поздовжня рульова тяга; 3 – рульовий механізм; 4 – шланг; 5 – зливний шланг; 6 – бачок; 7 – права бічна рульова тяга; 8 – правий маятниковий важіль; 9 – поперечна рульова тяга; 10 – вхідний вал рульового механізму; 11 – нижній карданний шарнір; 12 – карданний вал; 13 – верхній карданний шарнір; 14 – вал рульової колонки; 15 – рульове колесо; 16 – лівий маятниковий важіль; 17, 21 – наконечники лівому тяги; 18 – хомут регулювальної трубки; 19 – лівий важіль рульової трапеції; 20 – чохол шарніра; 22 – шарнір; 23 – нагнітальний шланг; 24 – насос гідропідсилювача

Рульовий вал з'єднує рульове колесо з рульовим механізмом і часто виконується шарнірним, що дозволяє більш раціонально компоувати елементи рульового управління, а для вантажних автомобілів застосовувати кабіну, що відкидається (рис. 4.3).

Крім того, шарнірний рульовий вал підвищує травмобезпеку рульового колеса при аваріях, зменшуючи переміщення рульового колеса всередину салону і можливість травмування грудної клітини водія. З цією ж метою в рульовий вал іноді вбудовують м'яті елементи, а рульове колесо покривають відносно м'яким матеріалом, що не дає при руйнуванні гострих осколків.



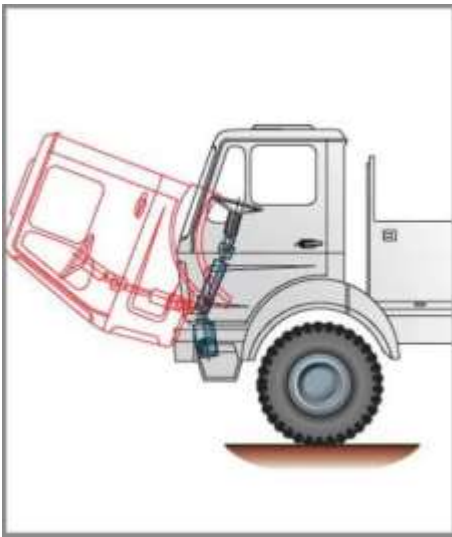


Рис. 4.3. Шарнірний рульовий вал вантажного автомобіля

Рульовий привод являє собою систему тяг і шарнірів, що зв'язують рульовий механізм з керованими колесами. Оскільки рульовий механізм закріплений на несучій системі автомобіля, а керовані колеса при русі переміщуються на підвісці вгору і вниз щодо несучої системи, рульовий привод зобов'язаний забезпечити необхідний кут повороту коліс незалежно від вертикальних переміщень підвіски (узгодженість кінематики кермового привода і підвіски). У зв'язку з цим конструкція рульового привода, а саме кількість і розташування рульових тяг і шарнірів, залежить від типу застосовуваної підвіски автомобіля. Найбільш складний рульовий привод мають автомобілі з декількома керованими мостами.

### ***Рульове керування з додатково керованою віссю автомобіля***

Основна мета додаткового повороту задніх коліс автомобіля – підвищення маневреності, причому задні колеса повинні повертатися в іншому напрямку, ніж передні. Створити механічний рульовий привод, який забезпечував би зазначений характер повороту нескладно, але виявилось, що автотранспортні засоби з таким управлінням схильні до ризику при русі по прямій і погано справляються при вході в швидкісні повороти. Тому в рульовий привод сучасних автомобілів з задніми керованими колесами встановлюють пристрої, які відключають поворот задніх коліс при швидкостях вище 20-30 км/год. У зв'язку з цим привод задніх коліс робиться гідравлічним або електричним (рис. 4.4).

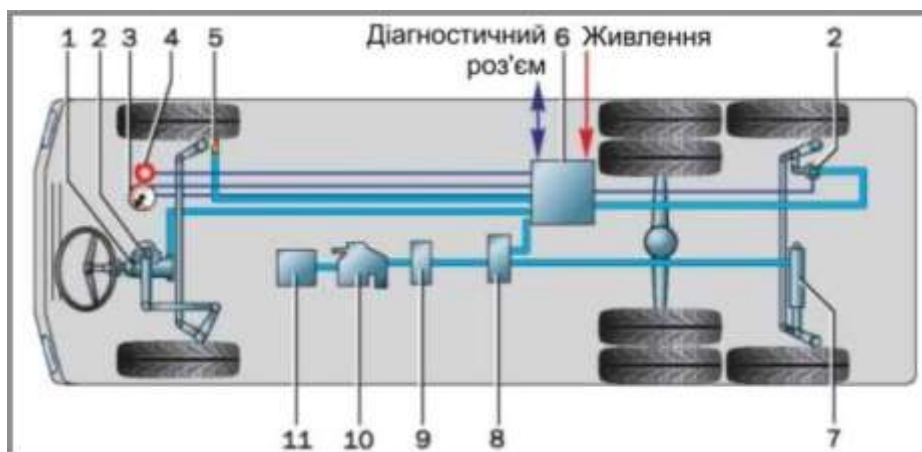


Рис. 4.4. Рульовий привід задніх керованих коліс вантажного автомобіля: 1 – рульовий механізм; 2 – датчик кута повороту коліс; 3 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 4 – аварійна лампа; 5 – датчик частоти обертання колеса; 6 – електронний блок управління; 7 – гідроциліндр; 8 – керуючий клапан; 9 – фільтр; 10 – насос; 11 – масляний бак

Рульове керування з додатковою керованою віссю реалізоване на

автомобілях Mercedes-Benz Actros (Model 964) (рис. 4.5).

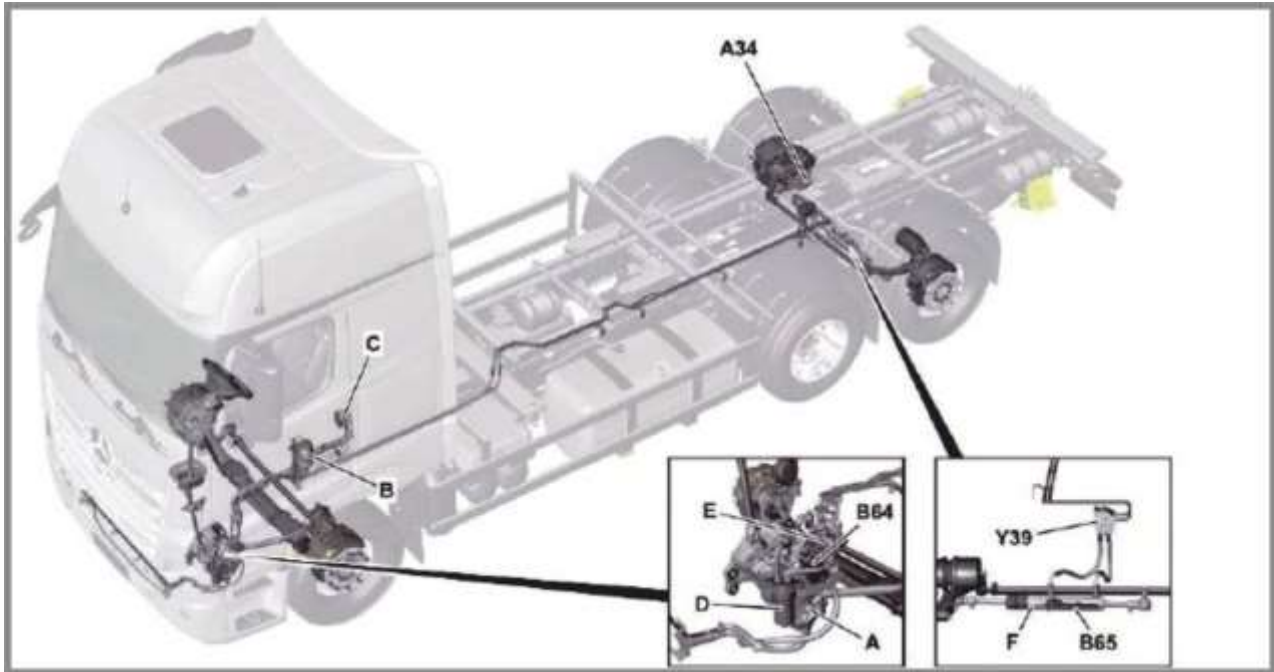


Рис. 4.5. Рульове керування з додатковою керованою віссю автомобіля: 1 – рульовий механізм; 2 – насос гідропідсилювача керма (на двигуні); 3 – резервуар для рідини з гідропідсилювачем; 4 – трубопровід; 5 – рульовий гідроциліндр додаткової керованої осі; 6 – фільтр високого тиску рідини; А34 – додатковий блок управління керованою віссю (АSА); В64 – датчик кута повороту переднього моста; В65 – додатковий датчик кута повороту керованої осі; Y39 – клапанний блок додаткової осі

При впливі водія на рульовий механізм здійснюється поворот переднього моста і додаткової осі, кути повороту яких реєструються датчиками кутів повороту. По різниці даних кутів повороту, запрограмованої для різних умов руху автомобіля, на блоці управління керованою віссю здійснюється відключення / включення додаткової осі. Це забезпечує стійкий рух багатовісного автомобіля в різних умовах руху.

### ***Рульове керування з електрогідравлічним підсилювачем руля***

Електрогідравлічне рульове керування реалізовано на автомобілі Mercedes-Benz Actros (Model 964) в чотириколісному варіанті виконання (рис. 4.6).

Основою даного рульового керування є рульовий механізм ZF, що встановлюється на більшості важких вантажних автомобілів і доповнений електромеханічним пристроєм Servotwin® (рис. 4.7).

Servotwin® складається з кулькового рульового механізму з сервопідсилювачем Servotronic і електродвигуна з блоком управління і черв'ячним механізмом. В даному рульовому керуванні підсумовуються електричний  $M_M$  і гідравлічний  $M_P$  крутні моменти, забезпечуючи оптимальне значення крутного моменту  $M_L$  і легкість управління автомобілем в різних дорожніх умовах.

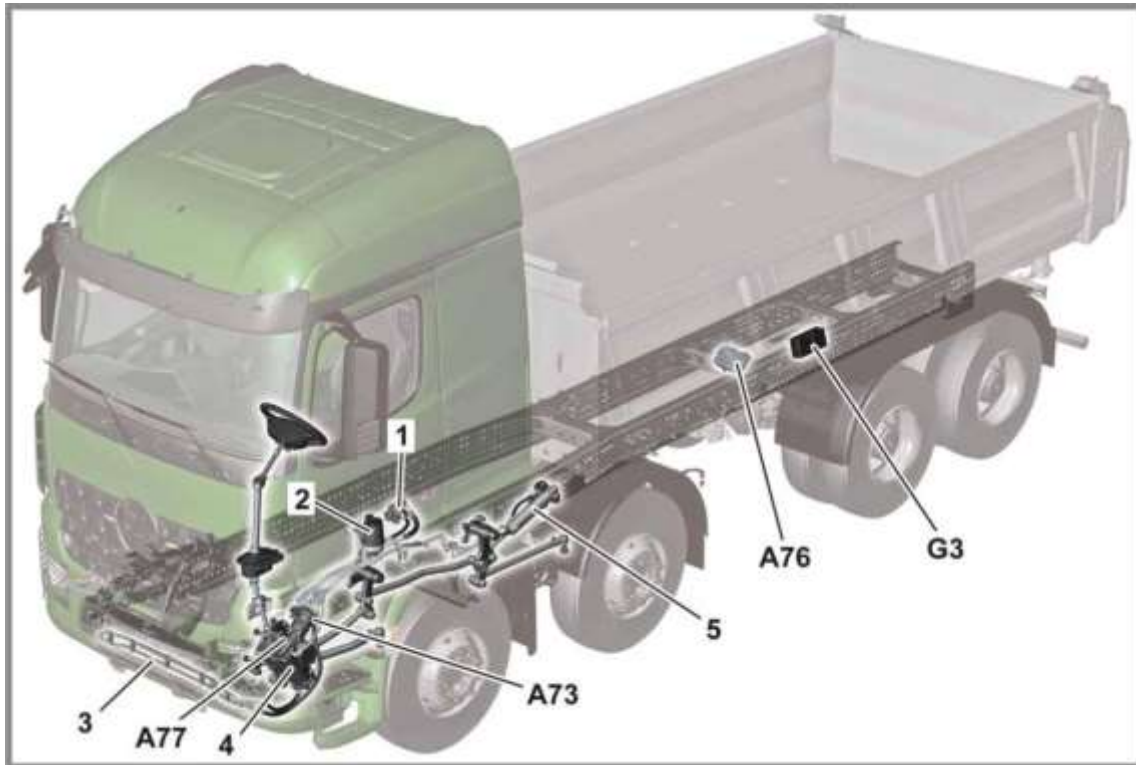


Рис. 4.6. Електрогідравлічне рульове керування: 1 – насос гідропідсилювача; 2 – резервуар для рідини; 3 – радіатор; 4 – рульовий механізм Servotwin®; 5 – гідроциліндр; A73 – блок управління електрогідравлічним підсилювачем керма (APS); A76 – блок управління надлишковим живленням (RPS); A77 – датчик кута повороту рульового колеса; G3 – буферна батарея

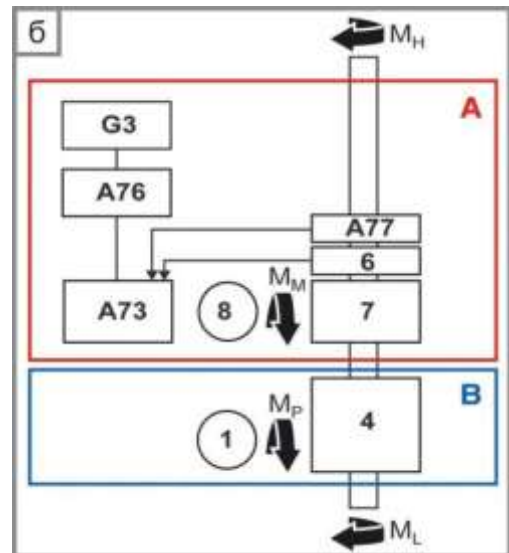
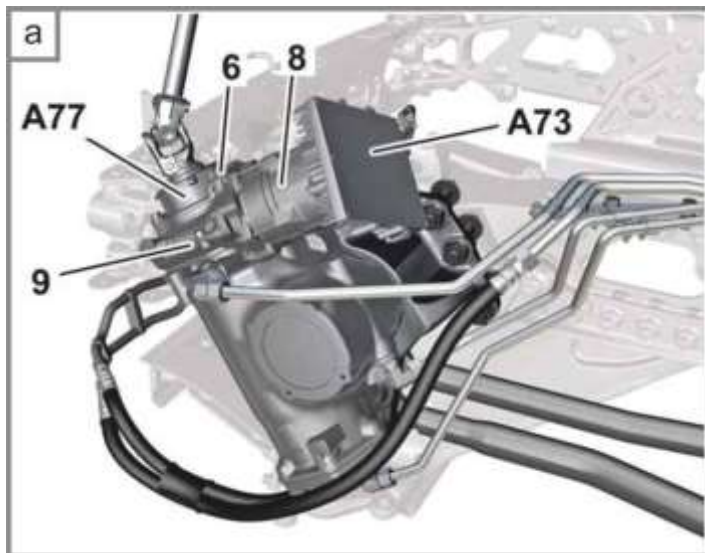


Рис. 4.7. Рульовий механізм ZF з електромеханічним пристроєм Servotwin® (а) електрогідравлічного рульового управління автомобіля і принцип його роботи (б): 1 – насос гідропідсилювача; 4 – рульовий механізм Servotwin®; 6 – торсіон з датчиком крутного моменту; 7 – черв'ячна передача; 8 – електродвигун; 9 – черв'ячний редуктор; A73 – блок управління електрогідравлічним підсилювачем руля (APS); A76 – блок управління надлишковим живленням (RPS); A77 – датчик кута повороту рульового колеса; G3 – буферна батарея;  $M_H$  – крутний момент на рульовому колесі;  $M_L$  – вихідний крутний момент на рульовій передачі;  $M_M$  – електричний крутний момент;  $M_P$  – гідравлічний крутний момент; А – електрична рульова передача; В – гідравлічна рульова передача

Крутний момент на вихідному валу рульового керування  $M_L$  оптимізується блоком управління А73, додаючи або віднімаючи крутний момент  $M_L$ , пристосовуючи автомобіль до конкретних умов руху. У міру збільшення швидкості руху автомобіля рульове управління стає більш жорстким, негативно впливає на водія. Різні навантажувальні та швидкісні режими автомобіля компенсуються системою рульового управління, забезпечуючи оптимальне відчуття водієм рульового колеса.

***Рульове керування підвищеної безпеки***

Випробування автомобілів засвідчує, що рульове колесо, рульові колонки і рульовий механізм є першоджерелами травмування водія в разі фронтального зіткнення. Рульове керування автомобіля вважають безпечним, якщо під час зіткнення на швидкості 48,3 км/год. з нерухою перешкодою верхня частина рульової колонки і рульового вала не переміщуються більш ніж на 127 мм відносно недеформованої точки, а також коли за удару зі швидкістю 24,1 км/год. зусилля на рульовій колонці не перевищує 11,35 кН. Цим вимогам задовольняють рульові керування з облицьованим м'яким матеріалом рульовим колесом, з еластичною муфтою та енергопоглинальним пристроєм рульового вала (рис. 4.8).

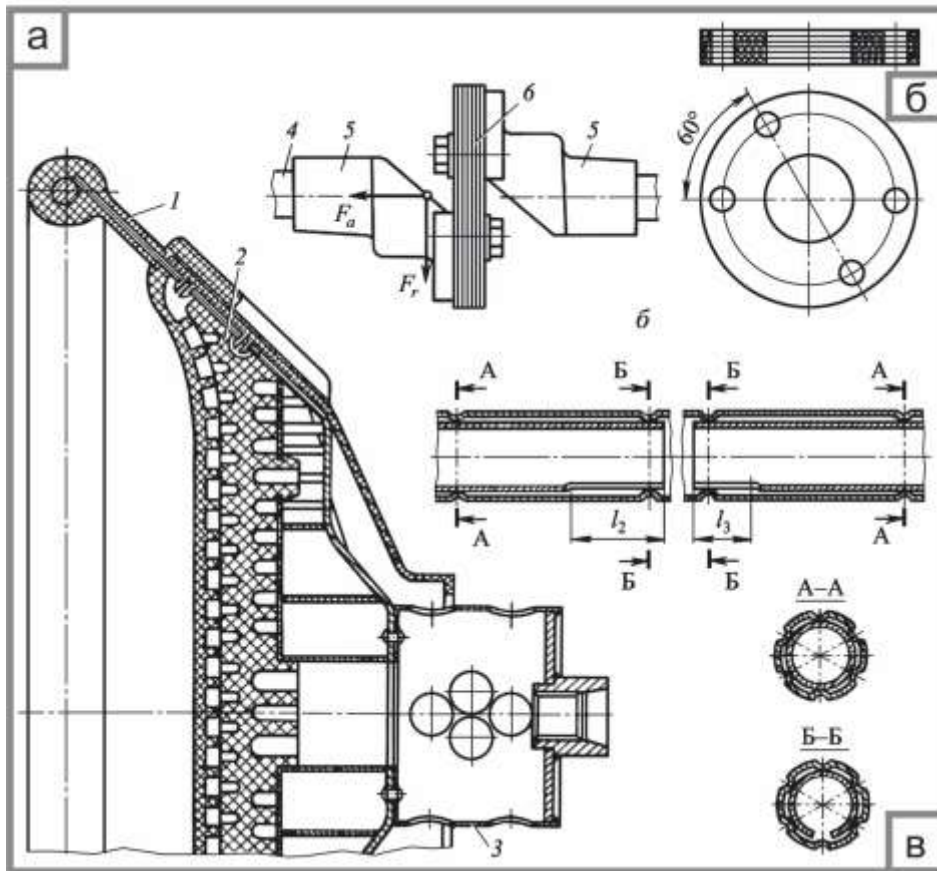


Рис. 4.8. Елементи рульових керувань підвищеної безпеки: *а* – рульове колесо з облицьованим ободом і перфорованим циліндром; *б* – рульовий вал з еластичною муфтою; *в* – рульовий вал з енергопоглинальним пристроєм; *1* – обід; *2* – м'яка прокладка; *3* – перфорований циліндр; *4* – рульовий вал; *5* – фланці; *6* – еластична муфта

У рульових керуваннях з облицьованим м'яким матеріалом обода рульове колесо «тюльпанового» типу з погляду безпеки конструкції має дві спиці, розміщені не діаметрально протилежно, а під кутом  $140 - 160^\circ$  і нахилені до площини обода на кут не менше  $20^\circ$ .

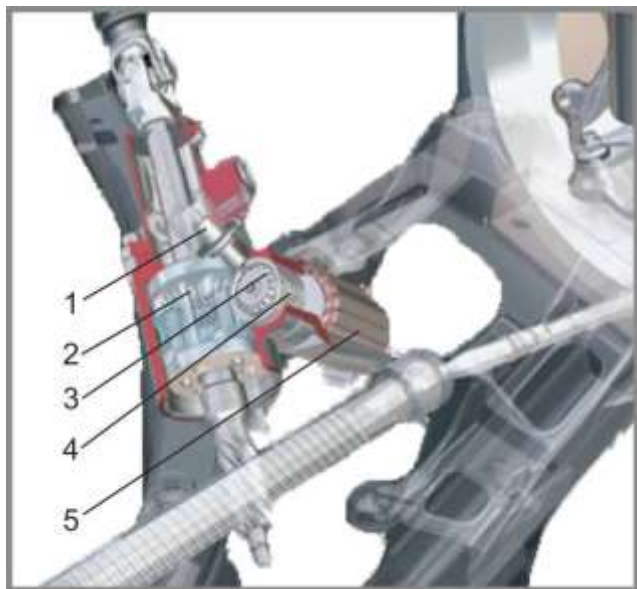
У рульових керуваннях, рульовий вал яких має еластичну муфту, за аварійних навантажень еластична муфта б деформується, зм'якшуючи силовий вплив і забезпечуючи відносне переміщення в межах пружних деформацій сполучених деталей. У разі тяжких аварійних зіткнень у стикання приходять скоси фланців 5.

У рульових керуваннях з енергопоглинальним пристроєм рульова колонка складається з верхньої і нижньої частин, запресованих у трубу, що має по два ряди витиснень з обох боків. За аварійних зіткнень відбувається прокручування вала рульової колонки відносно труби, внаслідок чого відбувається енергопоглинання від зіткнення.

### ***Тенденції вдосконалення конструкції рульових керувань***

---

Поряд з такими традиційними напрямками вдосконалення рульового управління вантажних автомобілів, як підвищення його надійності і зниження вартості виробництва, в останні роки намітилася тенденція розробки електронних пристроїв, що допомагають водієві оптимально управляти траєкторією руху автомобіля. Одна з таких систем – активна система управління передніми колесами AFS (рис. 4.9), що застосовується на легкових автомобілях BMW.



**Рис. 4.9. Активна система управління передніми колесами автомобіля:**

- 1 – блокувач; 2 – планетарна передача;
- 3 – черв'ячне колесо; 4 – черв'ячний привод;
- 5 – електродвигун

Система AFS має розрізний рульовий вал, обидві половини якого з'єднані за допомогою зведеного планетарного редуктора. Корпус редуктора може повертатися з допомогою електродвигуна, який включається по сигналу електронного блоку управління. Таким чином, система AFS, що аналізує параметри криволінійного руху автомобіля в кожен момент часу, може збільшувати або зменшувати кут або кутову швидкість повороту керованих коліс, тим самим допомагаючи водієві оптимально управляти автомобілем.

Фіксування системи AFS виконується блокуванням шляхом його автоматичного введення в черв'ячну передачу при відмові

електроживлення. В даному випадку забезпечується можливість керувати автомобілем через рульову колонку.

Розвиток електроніки дозволяє говорити про можливість в майбутньому перейти на електроуправління повороту коліс автомобіля. У таких системах буде відсутній механічний зв'язок між рульовим колесом і керованими колесами, кожне колесо буде повертатися індивідуальним електродвигуном по сигналу ЕБУ. При впливі водія на орган управління автомобілем генерується електричний сигнал, який поряд з сигналами інших датчиків аналізується блоком управління. У таких системах традиційне рульове колесо стає необов'язковим і може бути замінене, наприклад, джойстиком.

---

## § 27

### ГАЛЬМОВЕ УПРАВЛІННЯ

---

Найважливішою системою автомобіля, що забезпечує безпеку його руху, є гальмове управління. Наявність в гальмовому управлінні засобів автоматизації процесу гальмування визначає ефективність його роботи в різних дорожніх умовах.

#### *Призначення, вимоги, способи гальмування*

---

Гальмова система слугує для зниження швидкості руху і повної зупинки автомобіля, а також для утримання його на місці.

Гальмова система автомобіля може містити у собі чотири системи: робочу, запасну, стоянкову, допоміжну та причепа.

*Робоча гальмова система* призначена для регулювання швидкості автомобілів у будь-яких дорожніх умовах.

*Запасна гальмова система* слугує для зупинки автомобілів у разі відмови робочої гальмової системи.

*Стоянкова гальмова система* слугує для утримання автомобілів нерухомими на дорозі.

*Допоміжна гальмова система* призначена для тривалого підтримання швидкості руху автомобіля сталою або для її регулювання в межах, відмінних від нуля. Її використовують із метою зниження навантаження на робочу гальмову систему за тривалого гальмування, наприклад у разі довгого спуску у гірській місцевості.

У більшості сучасних транспортних засобів роль допоміжної гальмової системи виконує двигун, що працює в гальмовому режимі. На великовантажних автомобілях і автобусах з цією метою застосовують спеціальні гальмові пристрої, які називають сповільнювачами.

*Гальмова система причепа*, що працює у складі автотранспортного поїзда, призначена як для зниження швидкості руху причепа, так і для автоматичного його гальмування у разі аварійного роз'єднання з тягачем.

Крім цих систем на вантажних автомобілях вагою понад 16 т обов'язкове

застосування четвертої гальмівної системи – допоміжної (протизношувальної). Сукупність усіх гальмівних систем називають системою гальмівного управління.

З технічної точки зору вимоги до гальмівних систем наступні:

- забезпечення мінімального гальмівного шляху, максимального сталого уповільнення або гальмівної сили на колесах;
- утримання транспортного засобу на ухилі певної величини на стоянці;
- збереження стійкості при гальмуванні (критеріями стійкості слугують лінійне відхилення, кутове відхилення, кут складання автопоїзда);
- стабільність гальмівних властивостей при неодноразових гальмуваннях, при яких відбувається розігрів гальмівних механізмів;
- мінімальний час спрацьовування гальмівного привода;
- слідкуюча дія гальмівного привода, тобто пропорційність між зусиллям на педалі (важелі) і гальмівним моментом на колесі;
- мала робота управління гальмівними системами (зусилля на педалі гальма, в залежності від призначення автотранспортного засобу, повинно бути не більше 500-700 Н; хід гальмівної педалі 80-180 мм);
- підтримання сталої швидкості при русі на зтяжному спуску (для допоміжної гальмівної системи);
- відсутність повного блокування (юз) коліс;
- не рівномірні дії гальм лівого і правого коліс однієї осі не повинні перевищувати певної величини;
- відсутність дратівливих органолептичних явищ при гальмуванні (скрип, неприсмний запах);
- підвищена надійність всіх елементів гальмівних систем, основні елементи яких не повинні виходити з ладу протягом гарантованого ресурсу.

Повинна бути передбачена сигналізація, яка повідомляє водія про несправності в системі гальмівного управління.

Застосовують наступні способи гальмування автомобіля: гальмівною системою з відокремленим від трансмісії двигуном; двигуном; гальмівною системою і двигуном одночасно.

При першому способі основна складова опору руху – гальмівні механізми автомобіля.

При другому способі – гальмування двигуном (він залишається з'єднаним з трансмісією) – припиняють або значно зменшують подачу палива. Тоді колінчастий вал примусово прокручується від коліс, через що механічні та інші втрати в двигуні різко збільшуються і можуть досягати 55% потужності двигуна при повній подачі палива і тій же швидкості обертання колінчастого вала. Інтенсивність гальмування двигуном залежить від включеної передачі й подачі палива. Гальмування двигуном рекомендується застосовувати при русі на зтяжних спусках і слизькій дорозі.

При третьому способі значно збільшується інтенсивність гальмування, а гальмівний шлях зменшується на 20...25%. При гальмуванні ефективним гальмом сповільнювачем служить система з використанням протитиску на випуску у двигуна. Для створення протитиску випускний трубопровід

перекривають заслінкою і припиняють подачу палива у циліндри двигуна. В результаті гальмівний момент зростає приблизно вдвічі у порівнянні зі звичайним гальмуванням.

Кожний транспортний засіб, від найменших автомобілів вагою 400-450 кг і до великих кар'єрних самоскидів або автопоїздів вагою 500-600 т, має бути обладнано робочою, запасною і паркувальною гальмівними системами. Робоча (основна) гальмівна система забезпечує зменшення швидкості руху аж до повної зупинки автомобіля, запасна гальмівна система – зупинку автомобіля в разі виходу з ладу робочої гальмівної системи, а паркувальна гальмівна – утримання зупиненого автомобіля на місці, необмежено тривалий час. Крім цих систем на вантажних автомобілях вагою понад 16 т і на великих міжміських автобусах обов'язкове застосування четвертої гальмівної системи – допоміжної (протизношувальної).

На причепах і напівпричепах робоча система приводиться в дію по гідравлічному, пневматичному або електричному сигналу, що надходить від гальмівної системи автомобіля-тягача в момент початку його гальмування. Існують також гальмівні системи причепів, в яких робоча система починає спрацьовувати внаслідок набігання (накочування) причепа на гальмуючий тягач, при якому виникає сила стиснення в зчепленні. Така гальмівна система причепа називається гальмом накату.

Робоча гальмівна система, як і паркувальна, і запасна, складається з гальмових механізмів і гальмівного привода.

### *Гальмівні механізми*

---

Гальмівний механізм призначений для створення гальмівного моменту, що перешкоджає обертанню колеса автомобіля або елемента трансмісії, з'єданого з колесом. Найбільш поширеними гальмівними механізмами є фрикційні, принцип дії яких заснований на терті обертових деталей об нерухомі. За формою обертових деталей фрикційні гальмівні механізми діляться на барабанні та дискові. Деталлями барабанних гальм, що не обертаються, можуть бути колодки або стрічки, дискових гальм – тільки колодки.

Гальмівний механізм будь-якого типу повинен створювати максимальний гальмівний момент, мало що залежить від напрямку обертання гальмівного диска або барабана, замаслювання або потрапляння вологи на фрикційні поверхні, їх температури. Зазор між фрикційними поверхнями гальма повинен бути мінімальним для швидкого спрацьовування механізму при гальмуванні. Внаслідок зношування фрикційної поверхні колодки або стрічки зазор в експлуатації неминуче збільшується. Тому будь-який фрикційний гальмівний механізм повинен мати пристрій, що дозволяє автоматично або вручну відновлювати первісний мінімальний зазор.

На вантажних автомобілях застосовуються в основному дискові гальмівні механізми (рис. 4.10), які складаються із диску, що обертається, нерухомих колодок, встановлених по обидва боки диска всередині супорта, закріпленого на



кронштейні цапфи.



Рис. 4.10. Дисковий гальмівний механізм: 1 – колодки; 2 – супорт; 3 – диск

У порівнянні з колодковими гальмами барабанного типу дискові гальмівні механізми мають кращі експлуатаційні властивості, а оскільки передні колеса вимагають при гальмуванні додавання значніших гальмівних зусиль, то комплектування передніх коліс цими дисковими гальмами покращує експлуатаційні якості автомобіля.

Якщо гальмівний привод гідравлічний, то всередині супорта знаходиться один або кілька гідравлічних циліндрів з поршнями. Якщо привод пневматичний, то супорт має клиновий або інший притискний пристрій. При гальмуванні нерухомі колодки притискаються до диска, що обертається, з'являються сила

тертя і гальмівний момент. Дисковий гальмівний механізм добре вписується в колесо, має невелике число елементів і малу масу.

Цей гальмівний механізм володіє високою стабільністю своїх характеристик.

Дискові гальма набувають все більшого поширення в робочих гальмівних системах. Чавунний диск встановлений на маточині колеса. З внутрішньої сторони диск охоплюється супортом, укріпленим на кронштейні поворотної цапфи.

У пазах супорта встановлені робочі циліндри. В оброблених з високою точністю отворах циліндрів розміщені поршні. Тильні частини циліндрів з'єднані трубою між собою і з головним гальмівним циліндром. Супорти бувають з односторонніми або двосторонніми поршнями. Якщо супорт має односторонні поршні, вони розташовуються з внутрішньої сторони, де забезпечується краще охолодження.

При гальмуваннях гальмівний диск, колодки і супорт сильно нагріваються, що може привести до зниження гальмівної ефективності. Охолодження здійснюється потоком приливною повітря. Для кращого відведення тепла в диску колеса іноді роблять отвори, а диск гальмівного механізму виконують з вентильованою внутрішньою поверхнею (рис. 4.11, а). На вантажних автомобілях і причепах з пневматичним приводом гальм найбільш затребувані дискові гальмівні механізми фірми Knorr (рис. 4.11, б).

Перевагами гальмівних механізмів даного типу є: висока уніфікація через модульну систему; підвищений коефіцієнт корисної дії внаслідок невеликої кількості рухомих деталей і зношуваності опорних частин; вбудований автоматичний механізм регулювання, що діє синхронно на обидва робочих циліндра; постійна оцінка зносу гальмівних накладок вбудованими в гальмівний механізм датчиками; відсутність гальмівних валів, зовнішніх важелів і пристроїв регулювання.

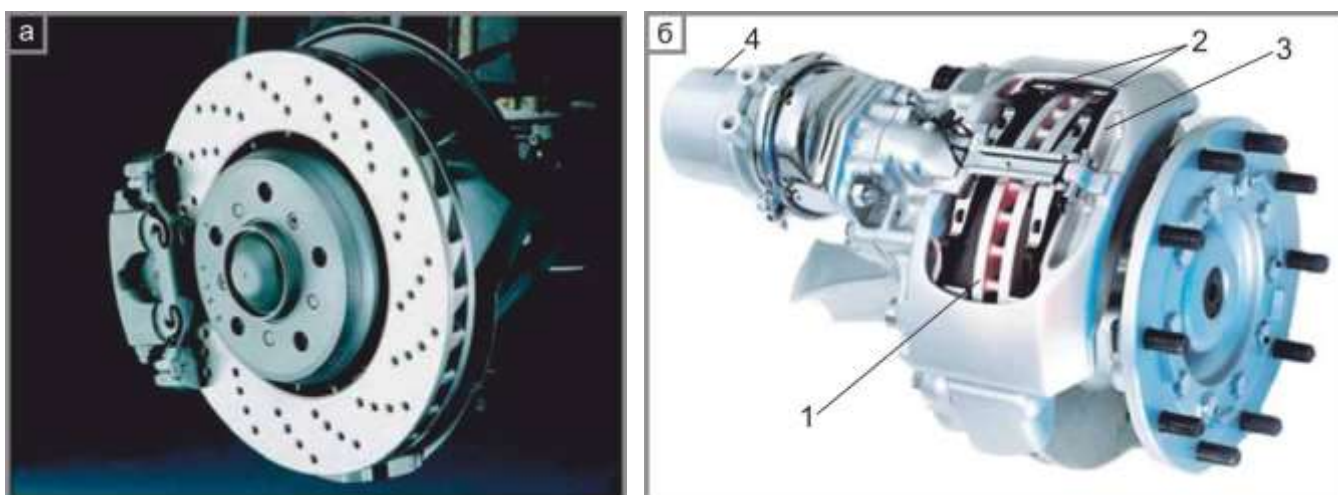


Рис. 4.11. Гальмівний механізм з вентиляльованим диском (а) та пневматичним приводом (б): 1 – диск; 2 – колодки; 3 – супорт; 4 – гальмова камера

### *Гальмівний привод*

Гальмівний привод необхідний для управління гальмівними механізмами, тобто для їх включення, виключення і зміни режиму роботи. На сучасних вантажних автомобілях застосовують в основному електропневматичні гальмівні приводи.

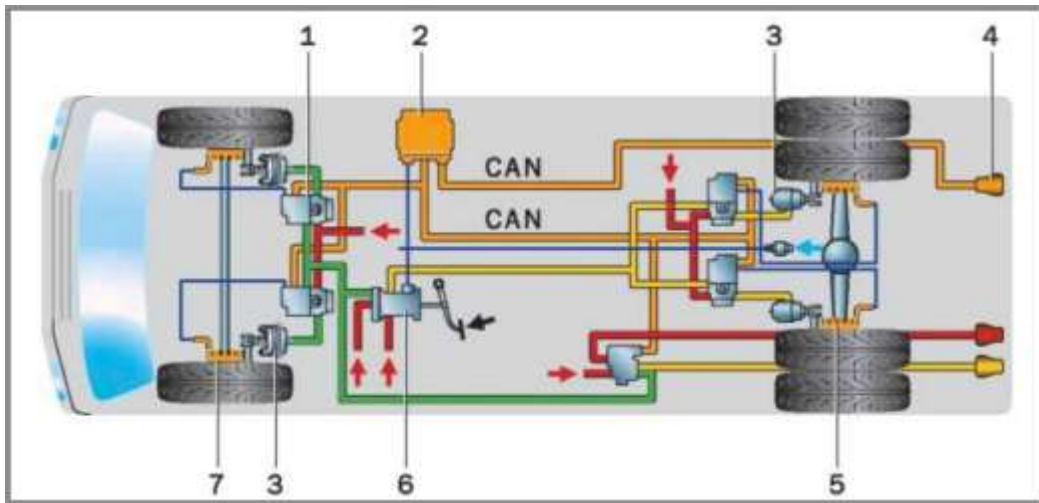
Гальмівний привод повинен забезпечувати легке, швидке і одночасне приведення в дію гальмівних механізмів. Він повинен розподіляти приводне зусилля між механізмами осей або коліс відповідно до зміни вертикального навантаження, що припадає на них. Привод також повинен забезпечувати пропорційність між зусиллям на педалі або важелі і силами, що приводять гальмо в роботу, мати високий ККД, бути нескладним і надійним в експлуатації. Нарешті, привод повинен забезпечувати рух колеса при гальмуванні без повного блокування.

На сучасних вантажних автомобілях застосовують в основному електропневматичні гальмівні приводи (рис. 4.12).

Перевагами електропневмопривода є: зменшення часу спрацьовування особливо віддалених осей причепа або напівпричепа; зменшення гальмівного шляху; оптимальний розподіл гальмівних сил між передніми і задніми колесами автомобіля; зменшення стискаючих зусиль в зчепленні автопоїзда за рахунок одночасності спрацьовування гальм на всіх ланках автопоїзда; збільшення стійкості автопоїзда (зниження ризику складання); безперервний контроль за справністю елементів привода, здійснюваний бортовою діагностикою; можливість подальшої автоматизації управління рухом автомобіля за рахунок використання електронного управління гальмами; спрощення привода, в порівнянні з пневматичним, за рахунок об'єднання функцій декількох апаратів в одному.

Електропневмопривод почав розвиватися з простого використання електроклапана без слідкуючої дії для подачі повітря в гальмівні камери пневмопривода з метою прискорення спрацьовування. Згодом були розроблені

спеціальні комбіновані гальмівні апарати, які отримали управління від електронного блоку управління. У такому вигляді електропневматичний привід почав серійно застосовуватися на важких автомобілях і причепах з середини 90-х рр. Він встановлюється тільки в робочій гальмівній системі.



**Рис. 4.11. Схема електропневматичного гальмівного привода автомобіля-тягача:**

1 – модулятор ЕПП з датчиком тиску повітря; 2 – блок управління; 3 – гальмівна камера; 4 – електричний роз'єм ЕПП; 5 – датчик АБС/ПБС; 6 – комбінований електропневматичний гальмівний кран; 7 – датчик АБС; CAN – мережа контролерів

Апарати підготовки повітря не відрізняються від застосовуваних у пневматичному приводі. Виконавча пневматична частина привода має незалежні пневматичні контури з власними ресиверами, комбінований гальмовий кран, осьовий модулятор, слідкуючий електроклапан, клапан пневматичного дублювання, комбінований клапан керування гальмами причепа. Крім них використані традиційні апарати пневмопривода в паркувальні та допоміжні (на схемі не показана) системах, включаючи гальмівні камери і модулятори АБС на передній осі.

Управляюча електрична частина привода містить джерело струму, електронний блок управління, набір датчиків тиску, зусилля або переміщення повітря і електроклапанів, вбудованих в апарати привода, уніфікований для всіх автомобілів електричний роз'єм для подачі команд на причіп. Блок управління приводом може обмінюватися інформацією з іншими бортовими електронними системами управління. Природно, як й інші типи приводів, електропневматичний привід повинен володіти слідкуючою дією.

При натисканні педалі гальма датчик переміщення подає в блок управління пропорційний сигнал про необхідний тиск повітря в гальмових камерах. Блок управління обробляє цей сигнал, коригує його залежно від ступеня завантаження передньої та задньої осі й подає команди на електроклапани осьового модулятора і слідкуючого електроклапана. Електроклапани відкриваються й повітря з ресиверів заповнює гальмівні камери. Одночасно датчики тиску апаратів подають сигнал зворотного зв'язку в блок управління про величину тиску повітря на виході апаратів. Коли необхідна величина тиску буде досягнута, блок управління подасть команду електроклапанів на утримання даного тиску.

Якщо педаль буде відпущена, то з електроклапанів знімається напруга, повітря з гальмових камер виходить в атмосферу і гальмування припиняється. Точно так же працює комбінований клапан керування гальмами причепа, змінюючи тиск повітря в керуючій магістралі.

Подібна гальмівна система Telligent застосовується на автомобілях Mercedes-Benz Actros 2 (рис. 4.13).

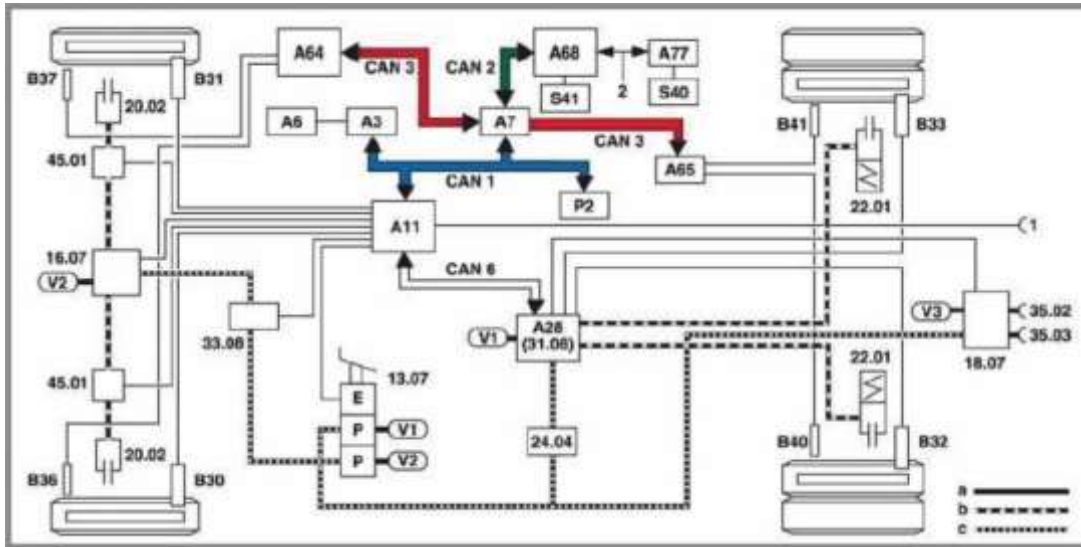


Рис. 4.13. **Схема гальмівної системи автомобіля Mercedes-Benz Actros 2:** 13.07 – головний гальмівний кран; 16.07 – пропорційний релейний клапан; 18.07 – клапан керування причепом; 20.02 – одноконтурна гальмівна камера; 22.01 – енергоакумулятор; 31.08 – модулятор гальмівних сил в гальмівних механізмах коліс заднього моста; 33.08 – клапан надлишкового тиску повітря в магістралі до коліс передньої осі; 33.10 – клапан надлишкового тиску повітря в магістралях до коліс задньої осі; 35.02 – сполучна головка для наповнення системи; 35.03 – сполучна головка для гальмування; 45.01 – електромагнітний клапан ABS; A11 – блок керування гальмовою системою (BS); A64 – передній модуль (FM); A65 – задній модуль (HM); B30 – датчик частоти обертання переднього лівого колеса; B31 – датчик частоти обертання переднього правого колеса; B32 – датчик частоти обертання заднього лівого колеса; B33 – датчик частоти обертання заднього правого колеса; B36 – датчик зносу гальмівних накладок переднього лівого колеса; B37 – датчик зносу гальмівних накладок переднього правого колеса; B40 – датчик зносу гальмівних накладок заднього лівого колеса; B41 – датчик зносу гальмівних накладок заднього правого колеса; I – інтерфейс даних на причіп/напівпричіп; a – тиск наповнення; b – тиск гальмування; c – надлишковий тиск управління; CAN6 – шина CAN гальм; E – електричний компонент; P – пневматичний компонент; V1, V2 і V3 – тиск наповнення

Гальмівна система Telligent® складається з керованої двоконтурної гальмівної системи з тиском повітря 1,0 МПа, пневматичних гальмівних механізмів на всіх осях та антиблокувальної системи ABS.

Гальмівна система Telligent® кожен гальмівний імпульс передає практично зі швидкістю світла – набагато швидше, ніж будь-яка механічна система. Крім того, вона дозує їх настільки точно, що у водія виникає відчуття, ніби він керує легковим автомобілем.

Система екстреного гальмування розпізнає критичну ситуацію негайно – по швидкості натискання водієм педалі гальма – і реагує миттєво: активізується весь наявний потенціал гальмівної системи.

Для експлуатаційних задач, де критичним фактором є вантажопідйомність, більшу безпеку забезпечить моторне гальмо Turbobrake, що розвиває потужність гальмування аж до 450 кВт і на відміну від гальмо-сповільнювача, економить до 80 кг на своїй масі автомобіля.

Крім цього, в гальмівній системі Telligent® гальмівне зусилля автоматично оптимально розподіляється між тягачем і напівпричепом, в залежності від завантаження автопоїзда. А функція вирівнювання гальмівних накладок, інтегрована в гальмівну систему Telligent®, забезпечує рівномірний знос гальмівних накладок.

### *Гальмівні системи з електронним управлінням EBS*

Провідний виробник гальмівних систем з EBS компанія WABCO з 1996 р. постачає системами EBS виробників вантажівок, причепів, напівпричепів, а також автобусів. При установці EBS на транспортний засіб підвищується комфорт і безпека руху.

При використанні даної системи водій задає свої вимоги, натискаючи на педаль. EBS передає цю вимогу за допомогою електроніки всіма компонентами гальмівної системи. Електронне урядування забезпечує зменшення часу реакції і порога чутливості гальмівного циліндра. У той же самий час застосування електроніки дозволяє більш точно дозувати гальмівний момент. Результатом є зручне гальмування незалежно від завантаження транспортного засобу і значне зменшення гальмівного шляху (рис. 4.14).

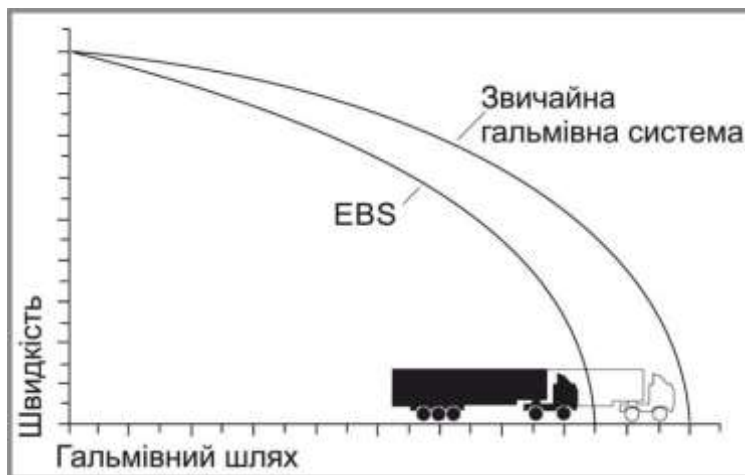


Рис. 4.14. Зменшення гальмівного шляху з системою EBS

Таким чином зусилля в зчепленні автопоїзда під час гальмування буде мінімальним. Контроль тяги здійснюється через вбудований протибуксувальний регулятор буксування. Допомога при рушанні здійснюється через вбудовану протибуксувальну функцію.

Система EBS має можливість постійного контролю за ступенем зносу гальмівних колодок. Тому планове обслуговування і заміна гальмівних колодок можуть бути скоординовані між собою. При цьому всі гальмівні колодки будуть

Функції закладені в систему EBS забезпечують стійкість руху і збереження керованості транспортного засобу під час гальмування. Автоматичний перерозподіл гальмівних сил між передніми і задніми осями в залежності від завантаження відбувається завдяки системі контролю пробуксовки коліс (DSC). Одночасно система DSC забезпечує оптимальну узгодженість з причепом під

замінені при зверненні на СТО для планового обслуговування. Інтеграція з гальмами не схильними до зносу, такими як моторне гальмо або гальмо-сповільнювач, додатково збільшує термін служби гальмівних колодок.

Працездатність всіх компонентів системи EBS постійно перевіряється вбудованою функцією самоконтролю. Водій транспортного засобу негайно інформується через відповідні сповіщувачі, якщо має місце будь-яка несправність або помилка функціонування. Причина проблеми може бути легко визначена за допомогою діагностичного приладу або за допомогою індикаторів, вбудованих в панель приладів транспортного засобу. Завдяки великій кількості функцій вбудованої системи самоконтролю додаткове технічне обслуговування практично не потрібне.

Типовою схемою EBS для вантажівок і автопоїздів є система EBS 1B (рис. 4.15).

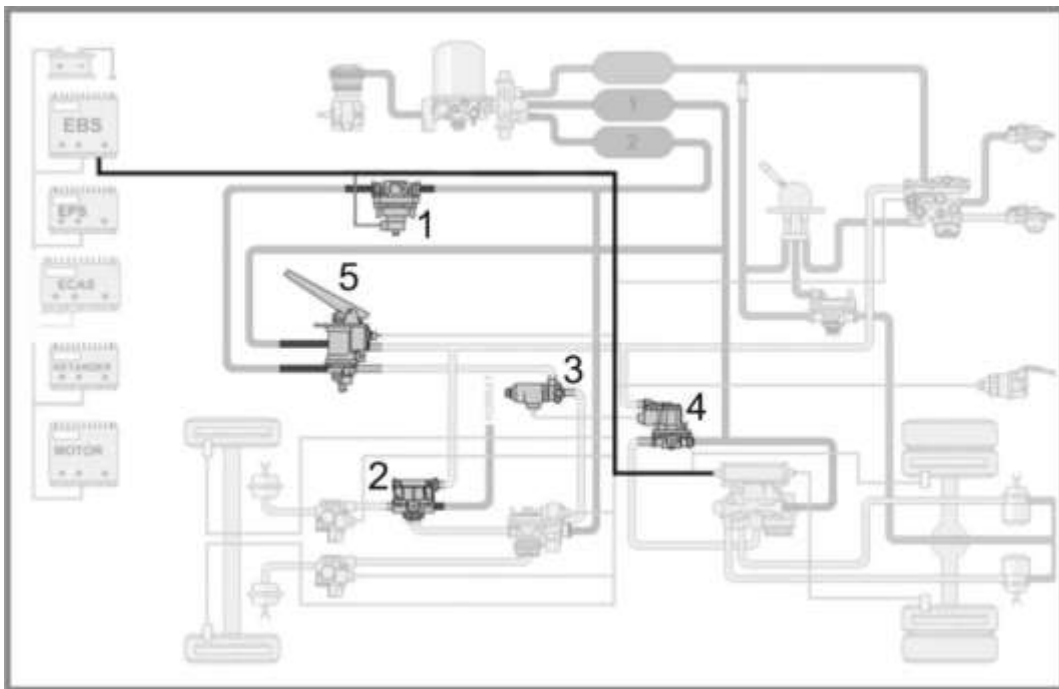


Рис. 4.15. Електронна система гальмівного управління вантажного автомобіля Actros MP: 1 – клапан обмеження тиску; 2 – додатковий гальмівний клапан; 3 – запірний клапан; 4 – клапан задньої осі; 5 – пневматичне під'єднання

У цій версії системи спеціально для Actros MPII застосований гальмівний кран з двома пневматичними лініями управління. Клапан обмеження тиску запобігає блокуванню коліс переднього моста при русі без вантажу. Додатковий гальмівний клапан забезпечує мінімальні гальмівні характеристики при несправності контуру передньої осі. Для підвищення швидкодії спрацьовування гальмівної системи передньої осі застосований прискорювальний запірний клапан. У гальмівній системі і для вантажівки, і для автопоїзда передбачено роз'єднувальний клапан задньої осі, який має тільки одне пневматичне під'єднання. Обмін даними здійснюється по шині стандарту IES. Шина даних автопоїзда може бути з'єднана з блоком електронної системи управління стійкістю ESC, , що має швидкість обміну 500 Кбіт/с.

*Функції електронного управління гальмами*

---

Основні функції гальмівної системи EBS: управління уповільненням (функція регулятора гальмівних сил), розподіл гальмівних сил, контроль зносу гальмівних колодок, правильне комбінування гальмівних систем (постійна інтеграція гальм), екстрене гальмування, противідкатна система (ARB), контроль тяги двигуна, антиблокувальна, протибуксування ведучих коліс (ASR), управління причепом.

*Управління уповільненням.* Управління уповільненням служить для адаптації гальмівного тиску пропорційно зусиллю, яке чиниться водієм на педаль гальма. При однаковому зусиллі на педалі система EBS гарантує, що величина уповільнення транспортного засобу буде однаковою, незалежно від ступеня завантаження. Так, наприклад, якщо гальмівні колодки вологі, то система EBS збільшуватиме тиск до тих пір, поки не буде досягнуто необхідну гальмівну дію. Тому окремий датчик і клапан завантаження транспортного засобу не потрібний.

Однак, дана функція виконується тільки в деяких межах. При занадто значному зносу елементів гальмівних механізмів контроль уповільнення погіршується. Тому водій повинен бути завжди готовим до збільшення гальмівного шляху.

Крім того, управління уповільненням гарантує зменшення впливу гістерезису. Кожен раз при відпусканні педалі гальма програма вибирає таку ступінь гальмування, щоб гальмівна сила відповідала вимогам водія.

*Розподіл гальмівних сил.* Під час гальмування розподіл гальмівних сил між передньою і задньою віссю залежить, крім усього іншого, від порівняння між фактичним і номінальним уповільненням, проведеного програмою "Управління уповільненням". Уповільнене гальмування визначається через зміну швидкості обертання коліс. Оцінка сигналів датчиків показує точне значення прослизання і, отже, питома гальмівне зусилля для кожної осі. Якщо прослизання різні, значить одна вісь має велике питома гальмівне зусилля щодо іншої осі. В результаті цього гальмівні механізми цієї осі матимуть більший знос. Використовуючи диференційний контроль прослизання, система EBS регулює тиск в передній і задній осі для оптимального розподілу гальмівних сил.

*Контроль зносу гальмівних колодок.* Система EBS отримує найбільш точну інформацію про ступінь зносу елементів гальмівних механізмів від аналогових датчиків. Функція контролю стану гальмівних колодок не робить критичного впливу при гальмуванні, а тільки визначає відмінність в ступені зносу колодок передньої і задньої осей. В цьому випадку гальмівний тиск в механізмах осі з великим зносом зменшується, а з меншим зносом пропорційно збільшується на однакову величину до 0,05 МПа. Таким чином, знос колодок регулюється без участі водія.

У разі, якщо на транспортному засобі передбачені не датчики зносу, а індикатори зносу, то система EBS може забезпечити тільки електронний контроль зносу.

*Правильне комбінування гальмівних систем (постійна інтеграція гальм).* Система EBS забезпечує правильне застосування і комбінування доступних

гальмівних пристроїв. Це означає, що такі пристрої як сповільнювач або гірське гальмо забезпечують максимально можливе уповільнення транспортного засобу. Таким чином, виключається перегрів гальм і зниження зносу гальмівних колодок, барабанів і дисків.

*Екстрене гальмування.* Коли водій натискає педаль гальма «в підлогу», система розпізнає екстрене гальмування і в гальмівних циліндрах створюється максимальний тиск. Вимикається режим екстреного гальмування тільки коли водій відпустить педаль гальма.

*Противідкатна система (ARB).* Противідкатна система допомагає водієві почати рух автомобіля, що стоїть на підйомі, запобігаючи його рух назад. Водій може активувати цю функцію, злегка натиснувши на педаль гальма. При цьому система EBS буде продовжувати утримувати тиск в гальмівних механізмах. Ця функція може бути включена або виключена з допомогою вимикача ARB.

*Контроль тяги двигуна.* Контроль тяги здійснюється зміною подачі палива в двигун. Результуючий гальмівний момент, що виникає на провідному колесі при буксуванні, може привести до його блокування та втрати керованості.

Контроль тяги двигуна запобігає подібній ситуації. При виникненні блокування, крутний момент двигуна збільшується, а гальмівний момент на даному колесі зменшується, відповідно до швидкості обертання колеса. Функція управління тягою двигуна перестане працювати, як тільки припиниться ковзання ведучих коліс.

*Антиблокувальна функція (ABS).* Антиблокувальна система (ABS) вбудована в EBS. Індуктивні датчики вимірюють швидкість обертання кожного колеса, щоб заздалегідь визначити момент блокування. Система EBS за допомогою магнітного клапана ABS може відповідно зменшувати, збільшувати або утримувати на одному рівні тиск повітря в гальмових циліндрах передньої осі. Осьовий модулятор виконує ту саму задачу на задній осі відповідно до закладеного в блоці управління алгоритму роботи.

Єдина проблема, яка може відбуватися з транспортними засобами, обладнаними системою ABS, – відхилення від прямолінійного руху під час гальмування при дуже великій різниці зчеплень з дорогою між правими і лівими колесами. На такій ділянці транспортний засіб стає некерованим або важко керованим через велику різницю гальмівних сил. З огляду на, те що задні колеса мають індивідуальне регулювання кожного колеса (IR), а передні колеса мають як правило, взаємозалежні регулювання (MIR). Різниця тисків при цьому типі управління можливе тільки в деяких точках. Таким чином, колеса на стороні з низьким коефіцієнтом зчеплення не блокують і транспортний засіб зберігає керованість. При тривалому гальмуванні має місце тенденція блокування ведучих коліс з втратою стійкості руху транспортного засобу по дорозі з низьким коефіцієнтом зчеплення. В цьому випадку система може бути виключена через шину транспортного засобу, що забезпечить необхідну стабільність руху.

*Функція протибуксування ведучих коліс (ASR).* Якщо від двигуна на ведучі колеса передається більший момент, ніж їх коефіцієнт зчеплення з поверхнею дороги, то може виникнути пробуксовка коліс. Функція ASR розпізнає момент пробуксовки і подає сигнал блоку управління двигуном на зменшення його тяги.



Така дія виконується тільки коли пробуксовують обидва колеса ведучого моста. Якщо виникає пробуксовка тільки одного колеса, то система ASR може за допомогою модулятора осі пригальмувати це колесо. При спрацьовуванні системи на панелі приладів загоряється сигнальний індикатор.

*Управління причепом.* Управління причепом виконується так само, як і тягачем, електричними сигналами через стандартний інтерфейс (ISO 11992) або ж може використовуватися пневматичне управління за допомогою електропневматичного клапана причепа. Для зниження вартості системи датчик зусилля в зчепленні не використовується. На початку гальмування гальмівний коефіцієнт причепа вибирається з середини ЕС діапазону. При синхронному гальмуванні ніяких зусиль в зчепленні автопоїзда не виникає. Якщо ситуація відрізняється від зазначеної вище, то це розпізнається функцією управління уповільненням електронного блоку управління і тиск в гальмівній системі причепа змінюється відповідним чином. Можливі зміни тиску в гальмівній системі причепа можуть бути зроблені в блоці причепа. Тиск на вході в лінії управління причепа на початку гальмування становить приблизно 0,2 МПа. Це значення тиску утримується в системі короткий час так, щоб гальмівні колодки якомога швидше вступили в роботу, після чого система EBS коригує гальмівний тиск згідний необхідного уповільнення.

### ***Основні компоненти гальмівної системи EBS***

---

До основних елементів гальмівної системи EBS (див. рис. 4.13) відносяться: головний гальмівний кран, пропорційний релейний клапан, модулятор гальмівних сил, блок керування гальмовою системою, датчики частоти обертання коліс і зносу гальмівних накладок.

*Гальмівний кран* (рис. 4.16) використовується для формування електричного і пневматичного сигналів, відповідних як потрібне уповільнення, виміряного по зусиллю натиснення педалі гальма.

Гальмівний кран має два електричних і два пневматичних контури.

При натисканні на педаль гальма спочатку формуються два електричних сигнали включення за допомогою двох окремих вимикачів в електричних контурах. Обидва ці вимикачі механічні. Подальший хід педалі відстежується двома датчиками, що виробляють імпульсно-модульований сигнал (PWM).

Пневматична частина гальмівного крана складається з двох з'єднаних послідовно золотникових клапанів. Клапани здійснюють подачу резервних гальмівних тисків в контури 1 і 2. При виході з ладу одного з контурів (пневматичного або електричного) інші контури залишаються працездатними.

На деяких моделях вантажних автомобілів Actros MP II встановлюється *центральный блок гальмуванням CBU* – це скомбінований разом гальмівний кран, пропорційний прискорювальний клапан і центральний електронний блок управління (рис. 4.17).

Блок CBU регулює гальмівне тиск в гальмівних механізмах передньої і задньої осей і аналізує сигнали датчиків.

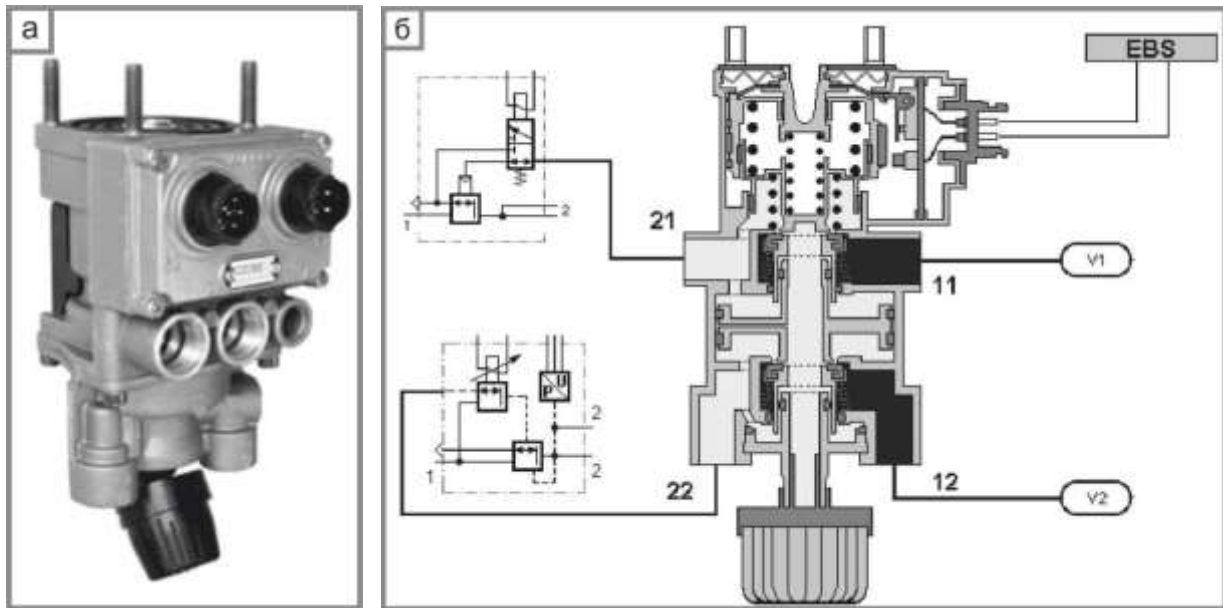


Рис. 4.16. Головний гальмівний кран (а) і принцип його дії (б)

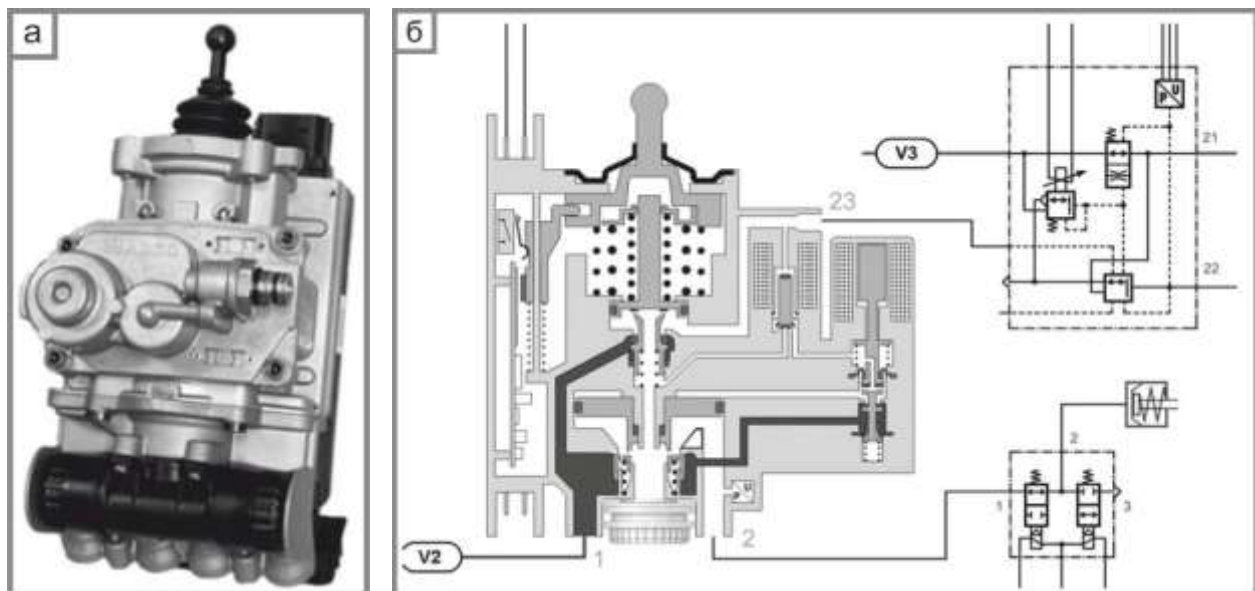


Рис. 4.17. Центральний блок гальмування СВU (а) і принцип його дії (б)

При натисканні на педаль гальма формуються відповідні електричний сигнал і резервний пневматичний сигнал, а також виконується роздільне регулювання гальмівного тиску в передніх гальмівних механізмах.

При виникненні несправності контур передньої осі замикається 3/2 ходовим клапаном, а вбудований в СВU електронний регулятор створює резервний гальмівний тиск в контурі задньої осі.

*Модулятор осі* управляє тиском в гальмівних циліндрах коліс з обох сторін одного або двох мостів. У ньому передбачено два незалежних пневматичних канали управління тиском, кожен з яких має один клапан подачі й один клапан скидання тиску, один датчик гальмівного тиску і загальний електронний контролер-комутатор (рис. 4.18).

Модулятор осі визначає і реєструє швидкості обертання коліс по сигналу

колісних датчиків і посилає сигнали центральному модулю, який визначає необхідний гальмівний тиск. Управління функцією ABS виконується в модуляторі осі. У разі блокування або прослизання колеса модулятор осі змінює відповідним чином гальмівний тиск.

Передбачено підключення двох датчиків зносу гальмівних колодок.

Модулятор осі обладнаний додатковим входом для підключення резервного гальмівного контуру. При роботі резервного контуру через двохмагістральні клапани (по одному на борт) здійснюється подача в гальмівні циліндри підвищеного тиску.

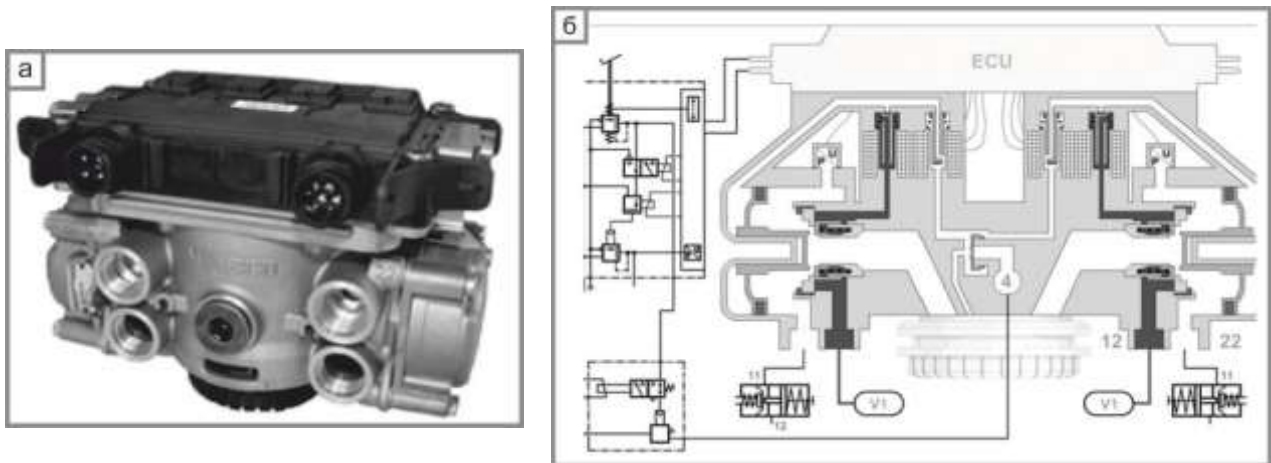


Рис. 4.18. Модулятор осі управління тиском в гальмівних механізмах (а) і принцип його дії (б)

Кран управління гальмами причепа застосовується в електронно-гальмівних системах для регулювання тиску на з'єднувальні головки причепа (рис. 4.19).

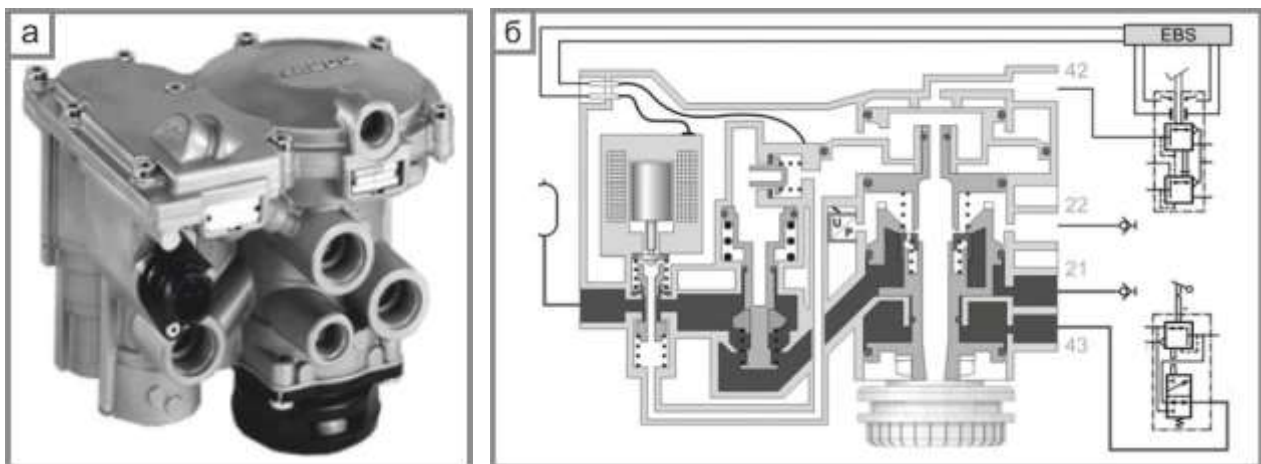


Рис. 4.19. Кран управління гальмом причепа (а) і принцип його дії (б)

Кран управління гальмами причепа складається з пропорційного магнітного клапана, прискорювального клапана, запобіжного клапана, що спрацьовує при обриві магістралі, і датчика гальмівного тиску.

Поданий від електронного блоку струм управління перетворюється за допомогою пропорційного магнітного клапана в тиск управління прискорювальних клапаном.

Пневматичне управління прискорювальним клапаном здійснюється за допомогою тиску в резервному гальмівному контурі від гальмівного крана EBS або вихідного тиску ручного гальмівного крана.

Кран управління гальмами причепа не вимагає будь-якого регулювання.

*Датчик швидкості колеса* (рис. 4.20, а) постійно вимірює швидкість обертання зубчастого вінця, що обертається разом з колесом, і передає дані електронного блоку EBS, який визначає фактичну швидкість обертання кожного колеса і порівнює її з граничними значеннями. При виявленні будь-яких відхилень від нормальних умов система втручається в керування транспортним засобом, впливаючи на гальма і зменшуючи крутний момент двигуна.

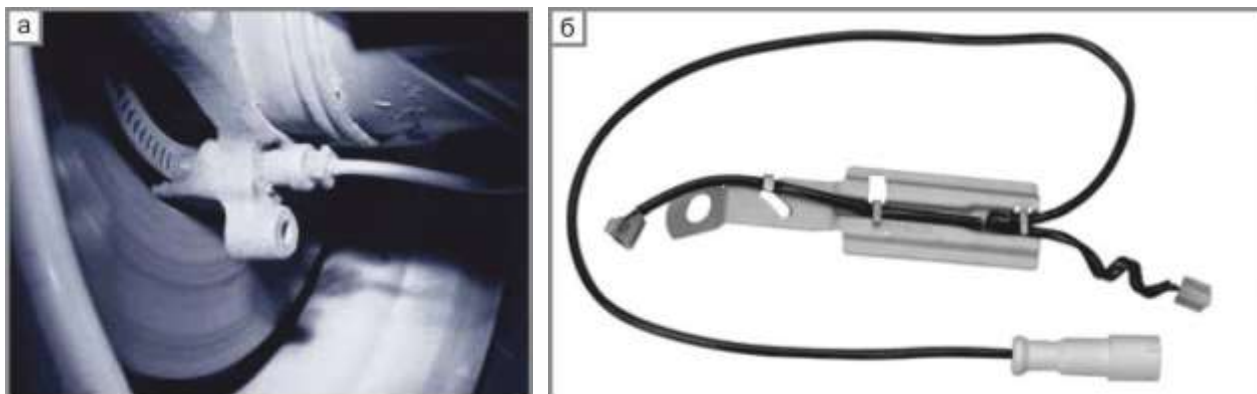


Рис. 4.20. Датчики швидкості колеса (а) і зносу гальмівних колодок (б)

*Датчик зносу гальмівної колодки* (рис. 4.20, б) складається з електричного контакту, що знаходиться всередині гальмівної колодки. При граничному зносу колодки контакт порушується і електричний ланцюг розривається. При цьому на приладовій панелі транспортного засобу спалахує індикатор необхідності заміни гальмівних колодок.

Деякі виробники транспортних засобів встановлюють датчики іншої конструкції, які показують водієві залишкову товщину накладок колодок.

### Електронна система управління стійкістю ESC

Система ESC компанії WABCO є доповненням до електронно-пневматичної гальмівної системи EBS. Система EBS зберігає керуваність транспортного засобу під час гальмування, система ESC підвищує безпеку під час руху. Вона оберігає транспортний засіб, що має високий центр ваги і велику масу, від перекидання, "складання" причепа і занесення, що особливо важливо при зміні смуги, маневруванні й поворотах.

Для роботи системи ESC потрібні такі датчики:

- датчики ABS, що вимірюють швидкість обертання коліс, які також використовуються і системою EBS;
- датчик кута повороту рульового колеса для визначення дій водія;
- електронний блок управління EBS, який аналізує сигнали датчика кута повороту рульового колеса, а також різні функції системи ESC, для визначення їх працездатності;

– електронний блок управління ESC з вбудованими датчиками бокового прискорення і кутової швидкості автомобіля. Цей блок виконує оцінку сигналів датчиків і їх порівняння з критичними значеннями.

Система ESC виконує наступні функції:

*Контроль обертання*

Ненавмисне обертання транспортного засобу навколо вертикальної осі. Датчик кутової швидкості постійно відстежує цей рух. В електронному блоці ESC сигнал датчика порівнюється з граничними значеннями сталого положення транспортного засобу. Перевищення цих значень означає реальну небезпеку втрати керованості та початок обертання.

Тому блок управління ESC посилає сигнал блоку EBS, це свідчить про те, що умови руху близькі до критичних. При цьому знижується швидкість руху транспортного засобу і, при необхідності, виконується коригуюче гальмування одним колесом.

*Контроль перекидання (RSC)*

При русі транспортного засобу по дузі бічне прискорення пропорційне відцентровій силі, яка при несприятливому завантаженні (високому центрі тяжіння) або при дуже високій швидкості може викликати перекидання транспортного засобу. Значення бічного прискорення вимірюється блоком ESC і порівнюється з граничним значенням при даному завантаженні. При перевищенні граничного значення спочатку обмеження тяги двигуна знижується швидкість руху. Якщо збільшення бічного прискорення не може бути припинено тільки обмеженням тяги двигуна, то блок ESC пускає вхід робочу гальмівну систему. Необхідне уповільнення розраховується і регулюється в цьому випадку блоком EBS.

Якщо транспортний засіб обладнано системою EBS, то його легко може бути доповнено системою ESC (рис. 4.21).

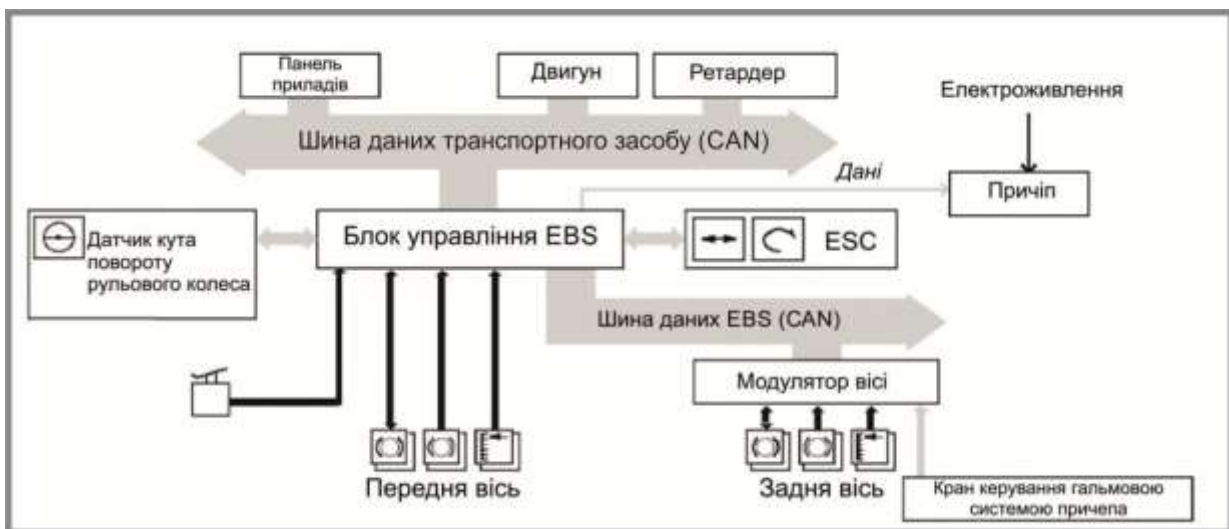


Рис. 4.21. З'єднання системи ESC з електронно-пневматичною гальмівною системою EBS

Необхідні вимоги для монтажу системи ESC наступні: наявність шини CAN, зі швидкістю передачі даних не менше 500 Кбіт/с, і наявність EBS, що допускає установку системи ESC. На додаток до наявних компонентів EBS

потрібен монтаж електронного блоку управління ESC і датчика кута повороту рульового колеса, що передає сигнал пропорційний повороту керма водієм електронного блоку EBS.

Блок управління EBS передає цей сигнал електронного блоку управління ESC. Крім сигналу цього датчика блок електронного управління ESC аналізує всі інші дані, що передаються йому блоком EBS, які необхідні для визначення фактичних умов руху, наприклад, швидкості обертання коліс. Датчики бічного прискорення і кутової швидкості знаходяться всередині блока управління ESC.

### *Антиблокувальні системи*

---

При екстреному гальмуванні (особливо на мокрому дорожньому покритті) значне зусилля на педаль гальма може призвести до блокування коліс. Зчеплення шин з дорожнім покриттям в цьому випадку різко слабшає і керованість падає з виникненням заносу. Це пов'язано з тим, що при блокуванні колеса весь запас по зчепленню колеса з дорогою використовується в поздовжньому напрямку і воно перестає сприймати бічні сили, які утримують автомобіль на заданій траєкторії (рис. 4.22).

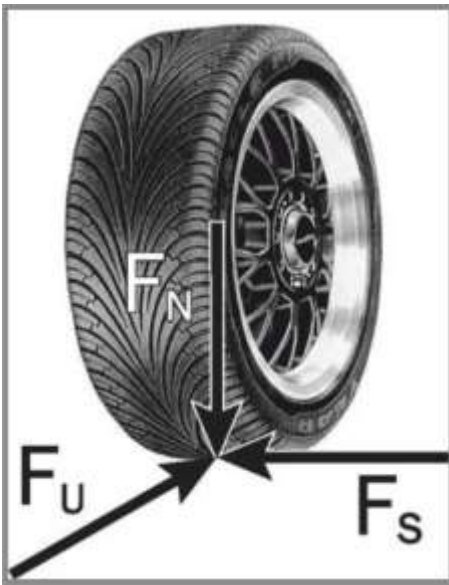


Рис. 4.22. Сили, які діють в контактні колеса з дорогою

Гальмування колеса без блокування дозволяє реалізовувати як поздовжні сили  $F_U$  в контактні колеса з дорогою (гальмування), так і поперечні  $F_S$  (керованість, стійкість), які визначаються вертикальним навантаженням  $F_N$  на колесо. Крім того, колесо, яке котиться, має більший запас по зчепленню, ніж заблоковане.

Перші патенти на антиблокувальні системи (ABS) з'явилися в кінці 20-х рр. Однак лише в 1969 р. почалася серійна установка ABS гальм на легковому автомобілі, а згодом і на вантажному.

Застосування ABS сприяло:

- підвищенню активної безпеки автомобіля, тобто підвищенню гальмівної ефективності (особливо на слизьких поверхнях), поліпшенню стійкості та керованості;

- збільшенню середньої швидкості руху;
- продовженню терміну служби шин.

За існуючим міжнародним нормам сьогодні в обов'язковому порядку повинні бути обладнані антиблокувальною системою такі транспортні засоби:

- вантажні автомобілі вагою більше 3,5 т;
- автобуси вагою більше 5 т;
- причепа та напівпричепа вагою понад 5 т.

Існуючі конструкції ABS мають різний рівень технічної досконалості, тому їх розділили на три категорії (1, 2, 3) для автомобілів, на дві (А, Б) для причепів і пред'являють до них різні вимоги, допускають до установки на конкретні типи

автомобілів. Так, наприклад, міжміські та туристичні автобуси можуть оснащуватися тільки найдосконалішими ABS категорії 1. На інших типах ТЗ можуть застосовуватися відносно дешеві й прості ABS, що встановлюються, наприклад, тільки на задній осі.

ABS повинна забезпечувати:

- мінімальний гальмівний шлях (не менше 75% від максимально можливого);
- стійкість при гальмуванні;
- збереження керованості при гальмуванні;
- пристосовність до мінливих зовнішніх умов, наприклад зчеплення на сухій, мокрій і слизькій дорозі (адаптивність);
- плавне гальмування, без ривків;
- можливість гальмування при виході з ладу ABS;
- мінімальні витрати робочого тіла;
- мінімальне споживання електроенергії;
- стійкість по відношенню до зовнішніх магнітних полів;
- сигналізація при виході з ладу ABS, діагностика несправності;
- загальні вимоги (надійність, низька вартість і т.п.).

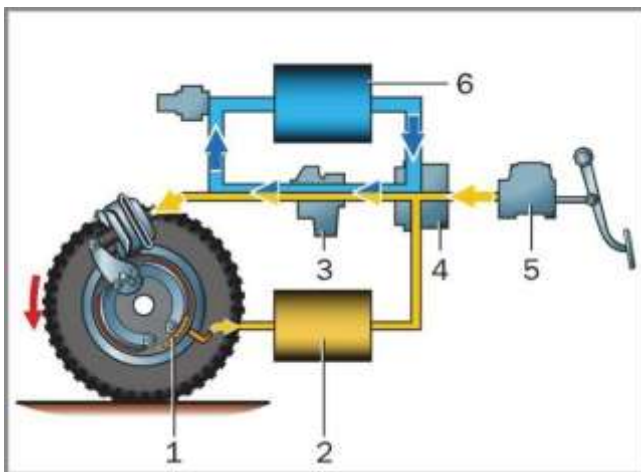


Рис. 4.23. Схема електронної ABS: 1 – датчик; 2 – замір швидкості; 3 – модулятор; 4 – блок управління; 5 – гальмівний циліндр; 6 – замір тиску

До складу електронної антиблокувальної системи входять (рис. 4.23):

- датчики (кутової швидкості колеса, уповільнення і т.д.);
- електронний блок управління, який одержує інформацію від датчиків, обробляє її і подає сигнали на виконавчі механізми та сигнальну лампу;
- виконавчі механізми (модулятори тиску робочого тіла).

Для підтримки необхідного прослизання (пробуксовки) коліс необхідно знати значення лінійної

швидкості автомобіля в кожен момент часу, кутову швидкість гальмуючого колеса, розраховувати ковзання і управляти модуляторами, встановленими в гальмівному приводі. За допомогою модуляторів змінюють гальмівний тиск, що надходить до гальмових камер або робочих циліндрів і тим самим регулюють гальмівні сили на колесах. Кутову швидкість колеса визначають датчиками, встановленими в маточині колеса, або, рідше, в головній передачі. Датчик складається з ротора у вигляді зубчастого диска (або перфорованого кільця), закріпленого на колесі, і котушки індуктивності, встановленої нерухомо з деяким зазором щодо зубців диска.

Лінійну швидкість автомобіля найчастіше визначають непрямым шляхом – перерахуванням значень, отриманих від датчиків кутової швидкості коліс. Іноді,

наприклад, на повнопривідних автомобілях лінійну швидкість розраховують за значенням уповільнення в поздовжньому напрямку, що визначається за допомогою датчика уповільнення. При досягненні величини заданого відносного ковзання (граничного значення) блок управління подає відповідну команду виконавчому механізму.

Існують різні принципи регулювання: за величиною уповільнення гальмуючого колеса; по заданій величині кутової швидкості гальмуючого колеса; по заданій величині відносного ковзання; по тиску робочого тіла і т. д.

У переважній більшості випадків для виконання всіх вимог по адаптивності застосовується регулювання гальмуючого колеса по його уповільненню і ковзанню.

Виконавчі механізми (модулятори) ABS можуть мати різну будову: клапанну, золотникову, діафрагмову, змішану. Модулятори по командам блоку управління змінюють тиск робочого тіла в гальмівних камерах або циліндрах.

Розрізняють модулятори, працюючі по двофазному (збільшення-скидання тиску) і трифазному (скидання-витримка-збільшення тиску) робочим циклом. Сучасні модулятори часто мають ускладнений робочий цикл. Наприклад, фаза збільшення або зменшення тиску складається з декількох етапів, що відрізняються темпом зміни тиску. Від частоти, з якою модулятор може здійснювати робочий цикл, залежить якість роботи ABS. Трифазний модулятор забезпечує дещо менші витрати робочого тіла.

Антиблокувальна система є складовою частиною гальмівної системи вантажного автомобіля (див. рис. 4.13).

Принцип роботи ABS – цикл «гальмування-аналіз-розгальмовування».

Після початку гальмування ABS починає постійне і досить точне визначення кутової швидкості обертання кожного колеса. У разі, якщо одне з коліс починає обертатися з частотою нижчою певного критичного значення (при якому колесо близьке до блокування), блок управління системою на основі сигналу від датчика частоти обертання колеса посилає керуючий сигнал до розподільного клапану для припинення зростання тиску повітря в гальмівному механізмі для запобігання небезпеки блокування. Гальмівне зусилля і тиск повітря в магістралі до цього колеса знижується. Потім тиск знову підвищується, трохи не доходячи до межі, за якою починається блокування колеса, і гальмівне зусилля відновлюється.

Цей цикл повторюється в межах від 10 до 15 разів на секунду (чим частіше, тим ефективніше гальмування).

ABS стежить за тим, щоб те чи інше колесо не блокувалося, порівнює роботу кожного колеса і регулює гальмівні зусилля так, щоб не допустити втрати курсової стійкості автомобіля.

ABS лише запобігає блокуванню коліс гальмівною системою і під час екстреного гальмування дозволяє водієві зберігати можливість здійснення маневрів безпосередньо в процесі гальмування, але зменшення гальмівного шляху не завжди можливе. Так, на сухій асфальтованій дорозі гальмівний шлях автомобіля з ABS може бути навіть більшим ніж у автомобіля без ABS. У деяких інших умовах руху автомобіля робота ABS може сприяти збільшенню



гальмівного шляху. На пухких опорних поверхнях, наприклад на глибокому снігу, піску чи гравію, заблоковані при гальмуванні колеса починають зариватися в поверхню, що дає додаткове уповільнення. Автомобіль з незаблокованими колесами матиме в цих умовах більший гальмівний шлях. Для того щоб можна було здійснювати ефективне гальмування в таких умовах, ABS відключається. Крім того, ABS може мати спеціальний алгоритм гальмування для пухкої опорної поверхні, що призводить до численних короткочасних блокувань коліс. Така техніка гальмування дозволяє досягати ефективного уповільнення без втрати керованості при повному блокуванні коліс. Тип опорної поверхні може бути встановлений водієм вручну або може визначатися системою автоматично шляхом аналізу поведінки автомобіля або за допомогою спеціальних датчиків визначення дорожнього покриття.

**Важливо пам'ятати**, що прийоми водіння автомобіля з ABS і без неї різняться. ABS дає можливість водієві не замислюватися про те, з якою силою натискати на гальмівну педаль. Відомо, що в екстремній ситуації водій може розвинути на педалі гальма зусилля до 490...686 Н, при цьому необхідне для блокування коліс на льоду зусилля на педалі гальма без ABS становить 49...78 Н. За допомогою електроніки зусилля буде оптимізоване і ABS не дозволить колесам почати ковзання, балансуючи величиною гальмівного моменту на межі блокування, ніколи не переходячи цю межу. Таким чином, на автомобілі з ABS водій повинен сміливо натискати на гальмівну педаль (а не «гладити» її) і утримувати її в робочому положенні (утримуючи). ABS то пригальмовує колеса, то знову дозволяє їм обертатися, забезпечуючи переривчасте гальмування. При цьому автомобіль зберігає стійкість і керованість, що дозволяє здійснювати необхідні маневри, а при гальмуванні на слизькій дорозі практично виключити заноси.

Важливо знати особливість гальмування автомобіля, оснащеного ABS, яка полягає в тому, що при гальмуванні педаль гальма необхідно утримувати з постійним зусиллям, відповідним умовам гальмування.

Такий прийом як переривчасте багаторазове гальмування в цьому випадку не допускається, при цьому ефективність ABS дорівнює нулю.

Необхідно відзначити, що на практиці блокування коліс буває вигідним. Наприклад, якщо несподівано виник занос, і автомобіль розгортається поперек дороги. Якщо водій не вживає ніяких дій, то через мить спрацює ABS, колеса відновлять зчеплення з дорогою і потягнуть автомобіль з дороги. Короткочасне блокування коліс в цьому випадку може погасити інтенсивність заносу, а тривале – змусить автомобіль обертатися, зберігши при цьому початковий напрям, тобто автомобіль з заблокованими колесами буде обертатися навколо своєї осі, але рухатися прямо і не йти з дороги.

В ABS також входить система діагностики, яка контролює роботу всіх компонентів ABS за їхніми фізичними параметрами. При несправності ABS під час роботи двигуна на панелі приладів загоряється спеціальний індикатор (світлодіод) з написом «ABS» і записується відповідний код несправності в пам'ять блоку управління. Після визначення несправності даний компонент виключається з роботи системи або ABS перестає працювати, а гальмівна

система продовжує працювати.

Якщо індикатор то горить, то гасне, це вказує на несправність одного з елементів системи. У цьому випадку необхідно провести діагностування системи.

### *Система екстреного гальмування*

---

Це адаптивна система екстреного посилення гальмування, яка допомагає водієві при гальмуванні. Система автоматично встановлює максимальний тиск в гальмівному приводі аж до спрацьовування ABS. Це необхідно, коли в екстремальній ситуації водій натискає на гальмівну педаль з силою, недостатньою для максимально можливого уповільнення автомобіля в даних дорожніх умовах.

Електроніка, яка контролює роботу системи, пов'язана з гальмівною системою і відрізняє екстрене гальмування від звичайного (наприклад, зупинки на світлофорі), порівнюючи величину ходу і швидкість переміщення педалі гальма. Блок управління моментально обчислює реакцію і силу натиснення на педаль, визначає ступінь небезпеки ситуації та за частки секунди передає сигнал на виконавчі механізми, а вони далі – модулятору тиску. ABS активізується і автомобіль екстрено загальмовується.

Система екстреного гальмування забезпечує скорочення гальмівного шляху до 45%, в той час як досвідчені водії можуть скоротити гальмівний шлях не більше ніж на 10%.

### *Активна система гальмування*

---

Активна система гальмування (АВА) є системою, яка в критичних ситуаціях може допомогти водієві запобігти небезпеці попутного зіткнення з попереду рухомим автомобілем, а також знизити наслідки дорожньо-транспортної пригоди. При виникненні критичної дорожньої ситуації дії системи не залежать від дій водія. Вона здатна самостійно зупинити автомобіль, використовуючи всі можливості його гальмівної системи.

Дана система на автомобілі Astros 2 є логічним з'єднанням функцій системи адаптивного круїз-контролю (ART) і власне системи гальмування (ВА).

АВА працює наступним чином: вбудований радар (радіолокаційна система) виявляє попереду автомобіль, що рухається, контролює дистанцію і швидкість руху по відношенню до нього і передає інформацію в блок управління. При цьому сигнал для контролю дистанції подається кожні 50 мілісекунд, а точність вимірювання відносної швидкості становить 0,7 км/год. При скороченні дистанції на початковому етапі система оповіщає про це водія світловим (символом на дисплеї) і звуковим сигналами. Якщо після попередження реакції з боку водія не відбувається, то автомобіль гальмується з гальмівним зусиллям приблизно 30% максимального. Якщо водій, як і раніше, не робить ніяких дій, то АВА збільшує ефективність дії гальмівної системи аж до повної зупинки

автомобіля.

АВА є допоміжною системою, яка допомагає водієві.

Відповідальність за обрану швидкість, своєчасне управління гальмуванням або маневрування, а також підтримання безпечної дистанції завжди лежить на водієві. Система контролює ситуацію тільки щодо автомобіля, який рухається попереду, але не щодо автомобілів, що стоять або рухаються в зустрічному напрямку.

### ***Перспективні напрямки розвитку гальмівних систем***

---

Сучасні антиблокувальні системи ABS поклали початок появи інших електронних систем у гальмівній системі. Стало загальноприйнятим називати такі системи ЕВМ (Electronic Brake Management) – електронне управління гальмами. Іноді застосовується інший термін DBC (Dynamic Brake Control) – динамічний контроль гальмування. Будь-яка система ABS починає працювати після того, як заблокується хоча б одне з коліс. При русі автомобіля відбувається зміна вертикальних навантажень, що припадають на окремі колеса. Чим більше навантаження, тим більше гальмівне зусилля може розвинути гальмуюче колесо. Якщо враховувати перерозподіл вертикальних навантажень, то можна істотно підвищити як ефективність гальмування, так і стійкість автомобіля при гальмуванні. Для цього автомобіль повинен мати надійні датчики, що визначають розподіл вертикальних навантажень по осях і бортах автомобіля, комп'ютер і відповідне програмне забезпечення. Як виконавчий пристрій можуть використовуватися вже існуючі сьогодні модулятори ABS.

Іншим напрямком удосконалення гальмівної системи є застосування систем ЕВА (Electronic Brake Assist) – електронна система допомоги гальмуванню. Система ЕВА вперше була представлена на автомобілях Mercedes, а пізніше з'явилася і на автомобілях інших фірм. Ця система забезпечує максимально можливу ефективність при екстремому гальмуванні.

Нарівні з такими системами, що стали вже звичними ABS – антиблокувальною системою, DSC – системою підтримки стійкості і ETS – протибуксувальною системою, ще є додаткові:

– HDC (Hill Descent Control) – система автоматичного пригальмовування на спуску;

– EBD (Electronic Brake Distribution) – електронний розподіл гальмівних сил по осях автомобіля;

– CBC (Cornering Brake Control) – система розподілу гальмівних сил по бортах автомобіля на поворотах;

– ЕВА (Electronic Brake Assist) – система для екстремого гальмування;

– АВА (Active Brake Assist) – активна система гальмування.

Роботою додаткових систем управляє один електронний блок, з'єднаний комунікаційними лініями з блоками ABS, DSC і ETS.

Гальмівні системи автомобілів можуть стати ще більш досконалішими при широкому застосуванні так званих систем гальмування по дротах (BBW – Brake

By Wire). У такій системі механічний зв'язок між гальмівною педаллю і виконавчими пристроями відсутній, а командний сигнал від водія передається по кабелю. Система ВВW може бути повністю електричною, з електромеханічними гальмівними механізмами або комбінованою, в якій використовуються електрогідравлічні пристрої.

Автомобілі з повністю електричною системою ВВW мають цілий ряд переваг:

- зменшення гальмівного шляху;
  - регульована гальмівна педаль (можна регулювати її положення під конкретного водія);
  - відсутність вібрацій на педалі;
  - безшумність роботи;
  - відсутність гідравліки;
  - менша кількість деталей, компактність;
  - зниження ушкоджень при аварії;
  - простота зборки;
  - здатність забезпечити виконання всіх функцій найбільш досконалих систем ABS, DSC, ETS, HDS, EBA і т.д.;
  - електронне гальмо стоянки та ін.
  - добре поєднується з перспективними системами управління транспортом.
- Окремо слід зупинитися на двох останніх пунктах.

Стоянкові системи з електронним управлінням вже не є справою майбутнього. Деякі виробники випускають такі пристрої і вони можуть бути встановлені на існуючі автомобілі.

Такі системи бувають двох типів – прості та автоматичні АРВ. У першому випадку виконавчий агрегат, що складається з електродвигуна, редуктора і блоку управління, вбудовується в привод управління гальмівної системи, і водій керує його роботою за допомогою кнопки. При автоматичній роботі паркувальна система включається при кожній зупинці автомобіля і вимикається, коли водій натискає педаль «газу». Такі стоянкові системи вже серійно встановлюються на деяких моделях легкових автомобілів.

Використання систем ВВW дає можливість легко поєднувати їх з системами управління транспортом, що розробляються, в яких може використовуватися «інтелектуальний» круїз-контроль, коли система сама підтримує безпечну відстань в потоці транспорту і втручається в роботу гальмівної системи, забезпечуючи при необхідності повну зупинку автомобіля.

---

## § 28

### **НЕЗВИЧАЙНІ ГАЛЬМА: МОТОРНЕ ГАЛЬМО, ГАЛЬМО- СПОВІЛЬНЮВАЧ, РЕТАРДЕР**

---

Автомобіль при руху під ухил починає поступово розганятися, досягаючи швидкості, небезпечної з точки зору водія для безпечного руху. Водій

пригальмовує, використовуючи робочу гальмівну систему, знижуючи швидкість до безпечної. Через деякий час автомобіль знову розганяється і цикл пригальмовування повторюється. При русі автомобіля на ухилі цикли пригальмовування робочої системою багаторазово повторюються. Це супроводжується зносом шин, гальмівних колодок і, найголовніше, збільшенням температури гальмівних механізмів, в першу чергу гальмівних колодок. При розігріві колодок гальмівних механізмів знижується коефіцієнт тертя колодок о диск, а отже і гальмівна ефективність гальмівного механізму. В результаті ефективність гальмування автомобіля на початку спуску з гори і в кінці, при інших рівних умовах, абсолютно різна. Різке погіршення гальмівних властивостей автомобіля з гарячими гальмівними механізмами може призвести до дорожньо-транспортної пригоди з тяжкими наслідками.

Тому для важких автомобілів і автопоїздів була розроблена така гальмівна система, яка забезпечує тривалий рух на спуску з невеликою постійною швидкістю без використання (і розігріву) механізмів робочої гальмівної системи. Останні мають залишатися в холодному стані й готовності виконати в будь-який момент гальмування з максимальною ефективністю.

Такою системою є допоміжна (друга назва – зносостійка) гальмівна система. Допоміжна система не може знизити швидкість автомобіля до нуля. За нормативними документами ефективність допоміжної гальмівної системи вважається достатньою, якщо на ухилі в 7% довжиною 7 км швидкість автомобіля підтримується на рівні  $(30 \pm 5)$  км/год.

Конструктивно допоміжна гальмівна система зараз виконується трьома способами: моторне гальмо, гідравлічне гальмо-сповільнювач і електричне гальмо-сповільнювач. Слід мати на увазі, що в якості гальма-сповільнювач на кожному автомобілі можна використовувати двигун, що працює в режимі холостого ходу (так зване гальмування двигуном). Гальмівний момент, створюваний в цьому випадку двигуном, збільшується при включенні нижчих передач в коробці. Однак гальмівний момент, що розвивається двигуном, який працює на холостих обертах, невеликий і не забезпечує необхідного уповільнення автомобіля великої маси.

*Моторне гальмо (гірське гальмо)* являє собою двигун автомобіля, обладнаний додатковими пристроями вимикання подачі палива і повороту заслінок у випускному трубопроводі, що створюють додатковий опір.

При гальмуванні водій за допомогою пневматичного привода повертає заслінку в трубці глушника у закрите положення і переміщує рейку паливного насоса високого тиску в положення нульової подачі палива в двигун. Внаслідок цих дій двигун автомобіля глушиться (але обертання колінчастого вала не припиняється) і стає неможливим випуск повітря з циліндрів через випускний тракт. У такті випуску поршень прагне виштовхнути повітря через випускний трубопровід. При цьому поршень відчуває опір, багаторазово стискаючи повітря. Наслідком цього опору переміщенню поршня є уповільнення обертання колінчастого вала і, отже, передача від нього через трансмісію гальмівного моменту до ведучих коліс автомобіля.

Конструктивно заслінка виконана таким чином, щоб забезпечити розмір

залишкового зазору достатнім для того, щоб занадто великий протитиск не заважав нормальній роботі випускного клапана (точніше – виключалося його неконтрольоване відкриття під впливом відпрацьованих газів з сусідніх циліндрів). Це одна з особливостей, яка обмежує максимальний гальмівний момент такого гальма-сповільнювача.

Американські моторобудівники вже не перше десятиліття застосовують гальмо Jake Brake, вбудоване в газорозподільний механізм. Принцип його роботи заснований на скиданні тиску в циліндрі після такту стиснення за допомогою штатного випускного клапана. Для цього між штовхачем і стрижнем клапана встановлюється проміжна ланка – плунжер, що змінює довжину під дією керуючої гідросистеми. Активна фаза гальмування триває і на такті розширення, коли після закриття клапана в циліндрі створюється розрядження. Дане гальмо фахівці називають декомпресійним.

Фірма MAN створила моторне гальмо з використання заслінки у випускному колекторі й модернізованого газорозподільного механізму: маленький плунжер, вбудований в коромисло, йде слідом за клапаном вниз, а моторне масло (воно починає надходити через окремий канал) тисне на плунжер і утримує клапан у відкритому положенні. Протягом всіх тактів, крім впуску, випускний клапан відкритий – а значить, що двигун працює як звичайний компресор, засмоктуючи повітря і нагнітаючи його в закриту заслінкою випускную систему. В результаті протитиску вихлопних газів зростає настільки, що істотно гальмує поршень і в кінцевому підсумку ведучі колеса автомобіля.



Рис. 4.24. Гідралічне гальмо-сповільнювач: С – статор; Р – ротор; В – циркуляція рідини; Т – трансмісія

*Гальмо-сповільнювач, ретардер (англ. retarder)* – пристрій, призначений для зниження швидкості автомобіля без задіяння основної гальмівної системи. На вантажних автомобілях застосовуються в основному гідравлічні й електромагнітні гальма-сповільнювачі.

Гідравлічне гальмо-сповільнювач являє собою пристрій з дволопатемих коліс: нерухомого статора (С) і рухомого (Р) ротора з приводом від трансмісії (Т) автомобіля (рис. 4.24).

Дане гальмо-сповільнювач (ретардер) працює за принципом

гідромуфти, але в якості робочого тіла використовується не масло, а охолоджуюча рідина двигуна. Гальмо встановлюється спереду двигуна і з'єднане з його колінчастим валом. При непрацюючому ретардері (педаць гальма не натиснута) потік рідини направляється помпою в систему охолодження двигуна. При включенні ретардера (педаць гальма натиснута) потік рідини спрямовується в корпус ретардера, забезпечуючи обертання його ротора і, відповідно, циркуляцію рідини між ротором і статором. Гальмівний момент ретардера є

наслідком динамічного напору циркулюючої рідини між статором і ротором.

При пневматичному приводі управління гальмом-сповільнювачем інтенсивність гальмування автомобіля забезпечується блоком управління привода. При цьому оцінюються: швидкість автомобіля, частота обертання привода насоса і температура охолоджуючої рідини, частота обертання вихідного вала трансмісії і колінчастого вала двигуна.

На основі цієї інформації, блок керування гальмом-сповільнювачем розраховує оптимальні характеристики гальмівного моменту, що реалізується пневматичним приводом включення гальма-сповільнювача.

На вантажних автомобілях малої та середньої вантажопідйомності застосовують *акватардери*, наприклад фірми Voith (рис. 4.25).

Даний акватардер працює за тим же принципом що і гідродинамічний, але замість робочого тіла він використовує не масло, а охолоджуючу рідину двигуна. Акватардер встановлений спереду двигуна і жорстко закріплений з його колінчастим валом. Він відноситься до класу первинних ретардерів. Під час простою роботи (педаць гальма не натиснута) потік рідини направляєтья помпоу в систему



Рис. 4.25. Акватардер фірми Voith

охолодження двигуна, минаючи акватардер. Будь-яке гальмування активує перемикаючий клапан, який спрямовує за допомогою помпи весь потік охолоджуючої рідини в контур ретардера. Далі цю функцію бере на себе сам сповільнювач, діючи як потужний насос. Щоб з такою потужністю нагнітання отримати бажаний гальмівний момент, сповільнювач повинен опиратися вихідному опору. Цим дроселем є встановлений на виході акватардера пневматичний регулювальний клапан, який служить безступінчатим регулюванням гальмівного моменту. При виключенні акватардера обидва клапана вентиляються і повертаються до свого попереднього стану. До недоліків конструкції відноситься мала потужність – близько 1800 Нм, менше, ніж у ретардерів, що працюють на маслі (від 2000 до 3200 Нм); до переваг – мала вага, всього 32 кг, і простота конструкції, так як немає необхідності його охолодження.

На важких вантажних автомобілях, наприклад тягачах Mercedes-Benz Actros SLT та Agocs SLT, застосовують турборетардери, які найбільш ефективні при рушанні з місця важкого вантажу (у межах 250 тонн). Але ще важче почати рух з таким вантажем. Турборетардер, крім своєї основної функції виконує роль гідромуфти на початку руху. Перевагою такого способу передачі зусилля є швидке і плавне силове замикання з високим прослизанням при повному крутному моменті двигуна до 3000 Нм без зносу вузлів.

При натисканні на педаць акселератора за допомогою стиснутого повітря

масло закачується в зчеплення з турборетардером, це створює силове замикання двигуна і первинного вала коробки передач. Кількість масла регулюється натисканням на акселератор. Безпосередньо після початку руху зчеплення з турборетардером замикається і масло видаляється з корпусу під впливом відцентрової сили. Замикання між двигуном і коробкою передач здійснюється стандартним способом з найвищим ККД за допомогою фрикційного зчеплення. Залежно від навантаження, підйому і обраної програми руху тягач починає рух на першій або другій передачі.

Оскільки зрушення з місця з прослизуючим зчепленням не потрібне, на тягачі SLT воно виконане як однодискове сухе зчеплення.

При гальмуванні турбінне колесо зупиняється і масло повторно закачується в корпус, у цьому випадку зчеплення з турборетардером бере на себе функцію потужного первинного ретардера.

Так само, водій може маневрувати на дуже малих швидкостях, контролюючи швидкість педаллю газу, як на звичайній автоматичній коробці передач з гідротрансформатором. Рушити на підйомі з сотнею тонн вантажу, теж труднощів не складе.

Недоліком гідродинамічного гальма-сповільнювача є неможливість забезпечення необхідного гальмівного моменту при малих обертах ротора, тобто колінчастого вала двигуна. Цього недоліку позбавлені електродинамічні гальма-сповільнювачі, що включають нерухомий статор і пару роторів, жорстко з'єднаний з обертовим їх приводним валом. Статор і ротори встановлені коаксіально (щоб збігалися центральні осі) один навпроти одного і розділені невеликим повітряним зазором, щоб уникнути будь-якого тертя. Статор грає роль індуктора. Він складається з послідовно з'єднаної пари електромагнітів, які при безперервному протіканні електричного струму через обмотки статора створюють електромагнітне поле, необхідне для виникнення струмів Фуко в матеріалі роторів. Ротори грають роль якоря. Вони виготовлені зі спеціального провідного матеріалу і вихрові струми в роторах виникають тільки при обертанні роторів за допомогою приводного вала в магнітному полі, створеному статором. Поява струмів Фуко в матеріалі ротора призводить до виникнення сил, що діють в напрямку, протилежному обертанню ротора. В результаті цього створюється гальмівний момент, що діє на приводний вал і уповільнює таким чином рух автомобіля. Токи Фуко є причиною інтенсивного підвищення температури роторів, тепло від яких відводиться в атмосферу за допомогою системи вентиляції. Незважаючи на те, що електродинамічні гальма-сповільнювачі важчі гідродинамічних, вони мають суттєву перевагу – починають ефективно працювати практично з холостих обертів колінчастого вала двигуна. Слабка сторона – знижений ресурс. Електродинамічні гальма-сповільнювачі можуть бути встановлені безпосередньо на вторинний вал трансмісії або на задній міст автомобіля (рис. 4.26).

Гальма-сповільнювачі поділяються на первинні та вторинні ретардери (рис. 4.27).

Первинний ретардер 1 встановлюється спереду двигуна з приводом від колінчастого вала двигуна, вторинні на головній передачі 2 або на задньому



мосту, на вторинному валу коробки передач 3 або об'єднаний з нею 4.

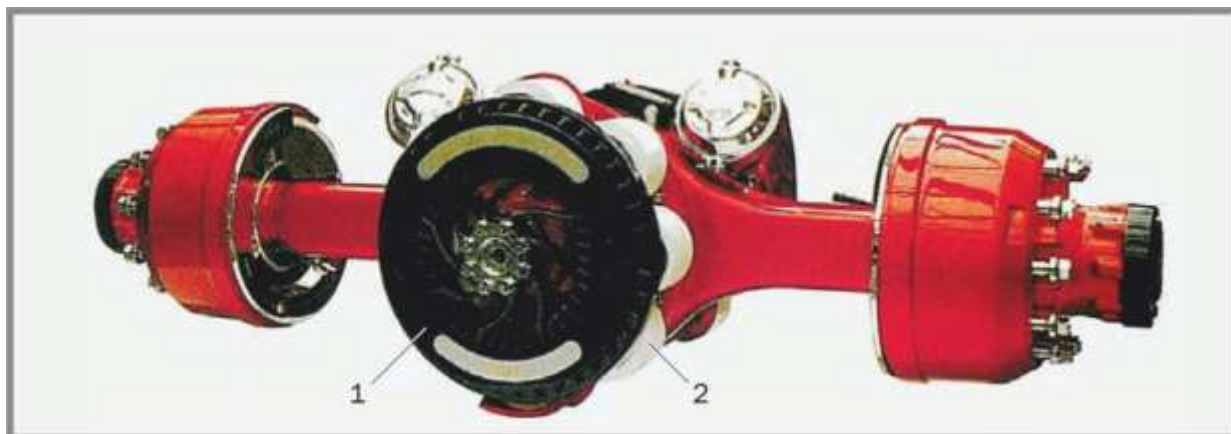


Рис. 4.26. Установка електродинамічного гальма-сповільнювача на задньому мосту автомобіля: 1 – ротор; 2 – статор

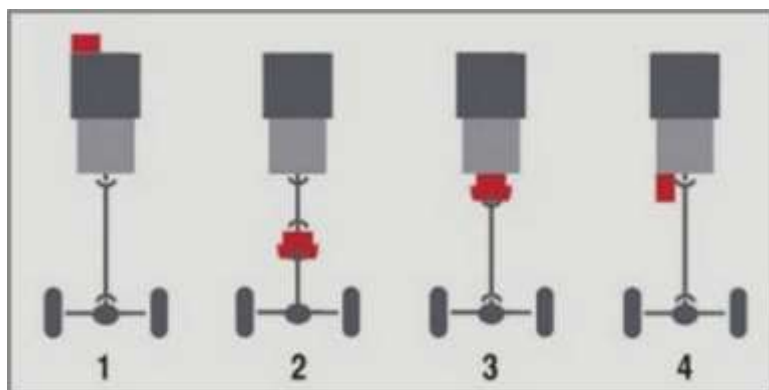


Рис. 4.27. Схема установки ретардера у вантажному автомобілі: 1 – первинний ретардер; 2-4 – вторинні ретардери

Недолік первинного ретардера полягає в тому, що при перемиканні передач відбувається розрив його гальмівного моменту.

Найбільш поширеним способом є установка ретардера за коробкою передач. Він з'єднується з вторинним валом не безпосередньо, а через пару шестерень з передавальним відношенням приблизно 1:2,

тому швидкість обертання ротора тут в два рази вища (що дозволяє поліпшити характеристики гальмівного моменту на малих швидкостях руху автомобіля).

### Контрольні запитання

---

1. Яке призначення рульового керування? Які вимоги ставлять до рульових керувань та як їх класифікують?
2. Порівняйте різні способи повороту вантажних автомобілів. Які переваги та недоліки має кожен з них?
3. Поясніть, як працює рульове керування автомобіля з гідропідсилювачем.
4. Які особливості конструкції електрогідравлічного рульового керування?
5. Наведіть особливості будови рульового керування автомобіля з додатковою керуваною віссю автомобіля.
6. Яка особливість будови рульового керування підвищеної безпеки?
7. Для чого призначені гальмові системи? Які вимоги ставлять до них та як їх класифікують?
8. Перелічіть типи гальмових механізмів та поясніть принцип їх роботи.

9. Наведіть роботу електропневматичного гальмівного привода вантажного автомобіля.

10. Які основні функції електронного управління гальмами?

11. Які основні компоненти гальмівної системи з електронним управлінням?

12. Наведіть особливості будови електропневматичної гальмівної системи управління стійкістю автомобіля.

13. Наведіть призначення і роботу антиблокувальної системи гальма.

14. Яке призначення незвичайних гальм вантажного автомобіля? Поясніть, як працює моторне гальмо.

15. Наведіть роботу ретардера гальмівної системи вантажного автомобіля.

16. Які перспективні напрямки розвитку гальмівних систем вантажних автомобілів?

РОЗДІЛ

5

Несучі системи автомобілів є основою машини, на них кріпляться двигун, агрегати трансмісії, системи керування, ходова частина, кабіна, кузов та ін. Гасіння коливань кузова здійснюється підвіскою і колесами. При цьому колеса забезпечують зв'язок автомобіля з дорогою при різних режимах його руху.

НЕСУЧА СИСТЕМА,  
ПІДВІСКА,  
КОЛЕСА

§ 29

НЕСУЧІ СИСТЕМИ

*Призначення, вимоги*

Якщо несучою системою автомобіля є рама, то додатково на неї встановлюється кузов або кабіна для розміщення водія, пасажирів і вантажів.

Рама виконує функції каркаса автомобіля: крім з'єднання всіх вузлів і агрегатів в єдине ціле вона додатково додає жорсткість і міцність всій конструкції, що дозволяє сприймати різні зовнішні та внутрішні навантаження при русі.

Кузов служить для розміщення вантажу і його захисту від зовнішніх та внутрішніх несприятливих факторів (погодні умови: сніг, вітер, дощ; дорога; шум, пил, вібрація), а також забезпечує захист у разі аварії. Конструкція кузова впливає на експлуатаційні властивості автомобіля і визначає його зовнішній вигляд.

Конструкція несучої системи має забезпечувати:

- максимальну плавність ходу при відсутності значних взаємних зсувів підресорених і невідресорених частин автомобіля;
- мінімальний просвіт між кузовом і осями;
- стабільне взаємне положення механізмів автомобіля;
- добру технологічність – виробничу і ремонтну;
- задані міцність і надійність за мінімальної маси;
- у разі прогинів і закручування елементів рами не повинні порушуватись кінематична узгодженість механізмів та їх працездатність;
- мінімальні витрати на поточний ремонт і достатню довговічність, що перевищує довговічність механізмів автомобіля.

**Рама**

На вантажних автомобілях майже завжди застосовують рами східчастого типу (рис. 5.1).

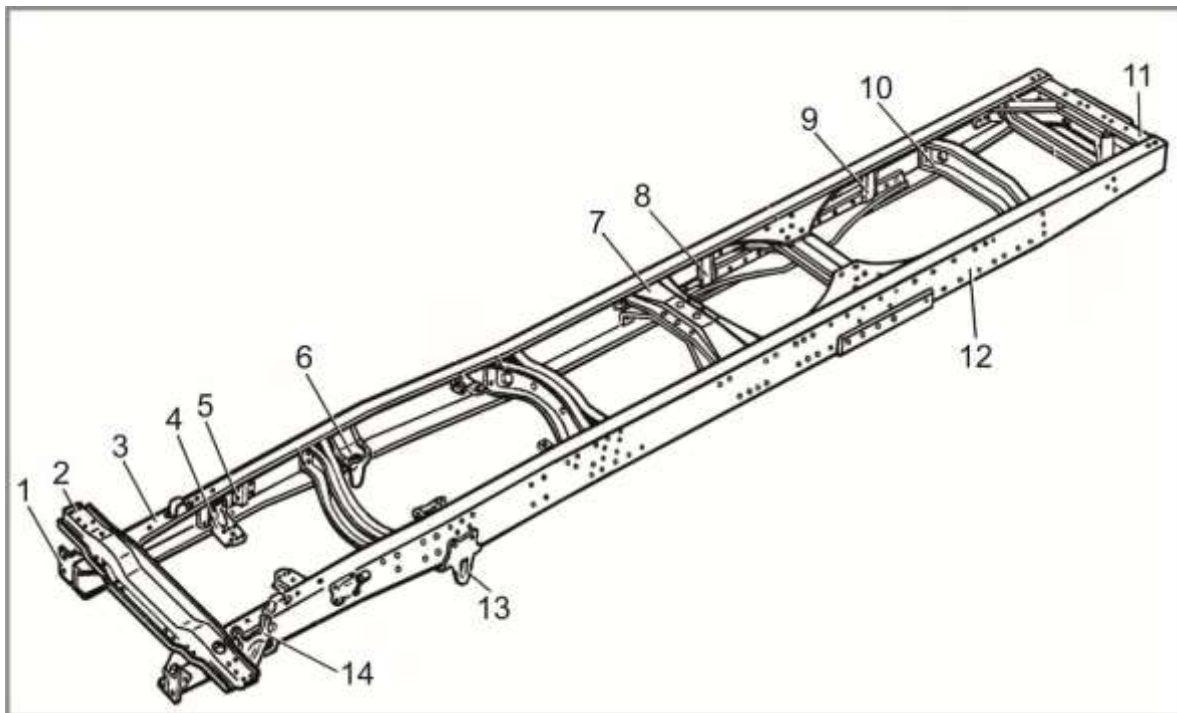


Рис. 5.1. **Рама вантажного автомобіля:** 1 – кронштейн кріплення переднього буфера; 2, 7, 10 – відповідно перша, четверта і шоста поперечки; 3, 12 – правий і лівий лонжерони; 4, 6 – кронштейни передньої і задньої опор двигуна; 5, 8, 9 – підсилювальні вставки лонжерона відповідно переднього, проміжного і заднього моста; 11 – задня поперечка; 13 – задній кронштейн передньої підвіски; 14 – передній кронштейн підвіски

Рама вантажного автомобіля штампована, клепана і складається з двох лонжеронів, з'єднаних поперечками. Для встановлення силового агрегату рама в передній частині розширена.

Лонжерони 3 і 12 швелерного профілю виготовлені з листової сталі й з'єднані між собою сімома поперечками. Висота і профіль лонжеронів по довжині несталі, найбільший перетин між другою і п'ятою поперечками, а до кінців лонжерона він зменшується. Передні кінці лонжеронів опущені вниз, а нижня полиця лонжеронів, крім того, має спеціальний вигин, що забезпечує зручніше розміщення передньої підвіски.

Усі поперечки рами штамповані, як елементи їхнього кріплення і підсилення, за винятком п'ятої і задньої поперечок.

Для запобігання прогину нижніх полиць лонжеронів при «пробоях» підвіски в зоні встановлення передньої осі, середнього і заднього мостів усередині лонжеронів передбачено додаткові вставки 5, 8 і 9.

Права і ліва вставки лонжеронів передньої осі взаємозамінні між собою, а вставки середнього і заднього мостів – між собою.

Перша поперечка спеціального профілю призначена для з'єднання

лонжеронів і встановлення передніх опор кабіни. Вона розміщена в передній частині лонжеронів та приклепана до їхніх верхніх горизонтальних полиць.

### *Кабіна і вантажний кузов*

Кабіна являє собою жорстку зварену суцільнометалеву конструкцію, що складається з каркаса, даху, задньої і бічних панелей. Кабіна останніх моделей вантажних автомобілів має аеродинамічну ефективну форму каркаса (рис. 5.2).

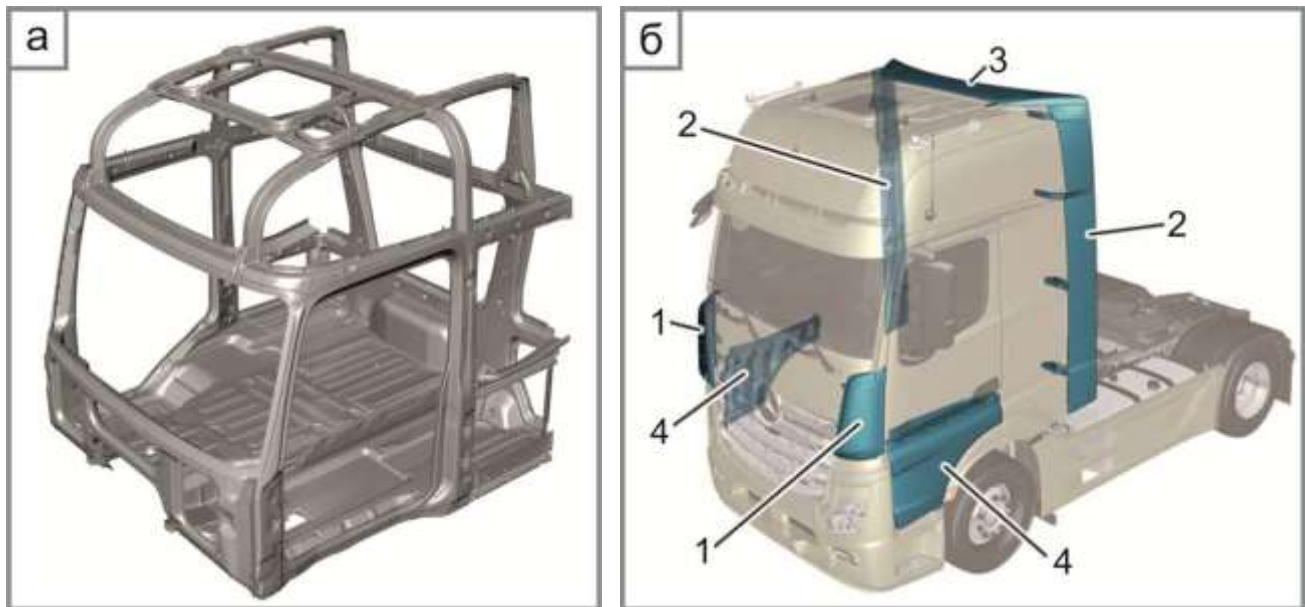


Рис. 5.2. Каркас кабіни (а) та її аеродинаміка (б) автомобіля Mercedes-Benz Actros (Model 963): 1 – передній повітропровід; 2 – бічний повітропровід; 3 – повітряні спрямовувачі даху; 4 – розширення дверей

Корпус кабіни базується на каркасній конструкції (рис. 5.2, а), що складається з підлоги, суцільної рами даху, опор задніх панелей крил та передньої опори. Панелі для окремих функціональних груп, такі як дах, задня панель, бічні стінки та передня панель, приварені до каркасу. Концепція рами кабіни розроблена таким чином, що каркасна конструкція в основному складається із стандартної висоти до рами даху, а різні висоти кабіни реалізуються за допомогою відповідних бокових панелей та панелей над рамкою даху.

Нова властивість «підлогового» складання – це внутрішні та зовнішні поздовжні елементи з гарячою обробкою, які відповідають підвищеним вимогам до міцності при дотриманні необхідних допусків. У порівнянні з кабіною моделі попередника зовнішні поздовжні елементи мають значно жорсткішу конструкцію.

Кабіни вантажних автомобілів бувають капотного і безкапотного типу, що різняться між собою розміщенням двигуна і кабіни. У капотних автомобілів двигун знаходиться над переднім мостом, кабіна – за двигуном; у безкапотних автомобілів кабіна розміщена над двигуном, а двигун – над переднім мостом (див. рис. 1.5).

Кабіни, розташовані над двигуном, часто роблять з можливістю відкидатися на передніх шарнірних опорах. Це полегшує доступ до двигуна й інших агрегатів. При відкинутій кабіні її маса врівноважується пружинами, які розташовані під передньою частиною кабіни і впираються в поперечину рами автомобіля. У задній частині кабіни встановлено запірний механізм, який виключає самовільне відкидання кабіни під час руху. Часто для підйому кабіни використовується гідроциліндр, тиск в якому створюється насосом з ручним приводом.

Кабіни сучасних вантажних автомобілів мають власну систему підресорювання, тобто кріпляться до рами не жорстко, а за допомогою пружних елементів: гумових подушок, пружин, амортизаторів. Така конструкція дозволяє поліпшити умови роботи водія (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Система підресорювання кабіни вантажного автомобіля Mercedes-Benz Actros (Model 963): 1 – пневмобалони; 2, 3 – стійка та втулка стабілізатора; 4 – гумовий підшипник ковзання; 5 – поперечна ручка управління; 6 – стопор

Кабіни сучасних вантажних автомобілів, наприклад Mercedes-Benz (рис. 5.3), мають аеродинамічну форму каркаса кузова. Каркас кабіни заснований на рамній конструкції, що складається із збірної підлоги, суцільної рами даху, опор, тилкових панелей, крил і передньої опори. Панелі для окремих функціональних груп, таких як дах, задня панель, бічні стінки і передній кінець, приварені до цієї структури рами. Концепція каркаса кузова спроектована таким чином, щоб каркасна конструкція в основному мала стандартну висоту до рами даху, а різні висоти кабіни реалізуються за допомогою відповідних бічних кронштейнів і панелей над рамою даху.

Нова особливість збірки від підлоги – це внутрішні й зовнішні гарячекатані поздовжні елементи, які відповідають підвищеним вимогам до

міцності при дотриманні необхідних допусків, що дозволяє значно зміцнити конструкцію та зменшити масу. Весь каркас кузова піддається катодному фарбуванню для запобігання корозії.

Вантажний кузов може виконуватися у вигляді бортової платформи (автомобілі загального призначення), самоскидом, у вигляді фургона, цистерни і т.д. (спеціалізовані автомобілі) (див. рис. 1.2). Іноді на місце вантажного кузова встановлюється технологічне обладнання: підйомний кран, пожежна драбина, компресор і т.д. (спеціальні автомобілі).

Бортова платформа складається з основи, підлоги та бортів. Основа включає поздовжні та поперечні балки, до яких прикріплено підлогу, нерухомий передній борт, а також відкидні бічні й задні борти. Відкидні борти з'єднані з основою платформи за допомогою петель, а передній борт – нерухомими стійками. У піднятому положенні відкидні борти утримуються спеціальними запорами, розташованими в кутах з'єднання бортів. Бортова платформа в зборі прикріплена до рами автомобіля.

Бортові платформи обладнуються додатковими пристроями, які забезпечують можливість нарощування висоти бортів і установку тенту.

### ***Тенденції вдосконалення несучих систем***

---

Несучі системи автомобілів зазнають значних навантажень, тому в процесі їх експлуатації можуть виникати небажані деформації, що значно знижують ресурс автомобіля. Тому перспективні несучі системи створюють такими, щоб за мінімальної маси та заданих міцності й надійності вони забезпечували стабільне взаємне положення механізмів і агрегатів автомобіля, мали добру технологічність у процесі виробництва й ремонту. При цьому довговічність несучих систем має перевищувати довговічність інших механізмів.



**Рис. 5.4. Випробування автомобіля Mercedes-Benz Actros (Model 963) у аеродинамічному тунелі**

В умовах жорсткої конкуренції на світовому ринку вантажних автомобілів при їх створенні, в останній час, звертається істотна увага на аеродинаміку.

Аеродинаміка вантажних автомобілів гірша, ніж у легкових, що пояснюється неможливістю принципово змінити форму кузова: для оптимального розміщення вантажів основа кузова повинна наближатися до прямокутного паралелепіпеда. Правда, і вплив аеродинаміки на експлуатаційні властивості таких автомобілів

менший, що пов'язано з більш низькими швидкостями руху вантажівок.

Проте в останні роки кабіни і кузови названих транспортних засобів

проектуються з урахуванням аеродинамічних вимог. Це проявляється в доданні кабінам більш округлих форм, збільшенні кута нахилу вітрового скла, встановленні між кабіною і кузовом аеродинамічних обтічників і закрилків.

Оптимальна форма кабіни автомобіля досягається при його випробуваннях у аеродинамічному тунелі (рис. 5.4).

Забрудненість поверхонь кузова визначається його формою, розташуванням виступаючих деталей і враховується конструктором при проектуванні кузова. Іноді для зниження забрудненості бічних або задніх стекол на кузові встановлюють додаткові аеродинамічні пристрої, повітряний потік від яких відкидає бруд.

---

## § 30

### ПІДВІСКА

---

#### *Призначення, вимоги, класифікація*

---

*Підвіскою* називають сукупність пристроїв, що забезпечують пружний зв'язок між несучою системою і мостами або колесами автомобіля, зменшення динамічних навантажень на несучу систему і колеса, гасіння їхніх коливань, а також регулювання положення кузова автомобіля під час руху.

Якби автомобіль не мав підвіски водій, пасажир і вантаж піддавалися б постійним впливам від нерівностей дороги, відчували б постійні поштовхи, удари і вібрації, що виникають при русі автомобіля. Таким чином, підвіска автомобіля забезпечує необхідний комфорт водію, пасажирам і збереження вантажів. Підвіска знижує величину силового впливу на елементи конструкції автомобіля від дороги, зменшуючи тим самим ймовірність поломок, і забезпечує постійний контакт коліс з дорогою. Від конструкції підвіски в значній мірі залежить поведінка автомобіля на дорозі, можливість досягнення високих швидкостей і безпека при здійсненні маневрів.

Досвід експлуатування вантажних автомобілів показує, що на нерівних дорогах середня швидкість руху знижується на 35-40 %, витрата палива збільшується на 50-70 %, міжремонтний пробіг зменшується на 35-40 %. При цьому продуктивність автотранспорту знижується на 32-36 %, а вартість перевезень зростає на 50-60 %. До цього слід додати втрати, які обумовлені перевитратою металу, палива, гуми та додатковими витратами робочої сили. Для зменшення цих втрат можна або покращувати дороги, що дороге, або удосконалювати підвіски автомобіля, що ще дорожче, але в перерахунку на тисячі автомобілів виявляється дешевше.

До підвіски ставлять такі вимоги:

- забезпечення плавності ходу;
- забезпечення руху по нерівних дорогах без ударів об обмежник;
- обмеження поперечного крену;
- кінематичне узгодження переміщень напрямних коліс, що виключає їх коливання відносно осі повороту;



- забезпечення гасіння коливань кузова і коліс;
- сталість колії, кутів нахилу коліс і положення осі їх повороту;
- надійна передача від коліс до кузова поздовжніх і поперечних сил;
- зниження маси непідресорених частин;
- забезпечення мінімальних розмірів і маси, простота будови й обслуговування, технологічність, ремонтпридатність, низький рівень шуму.

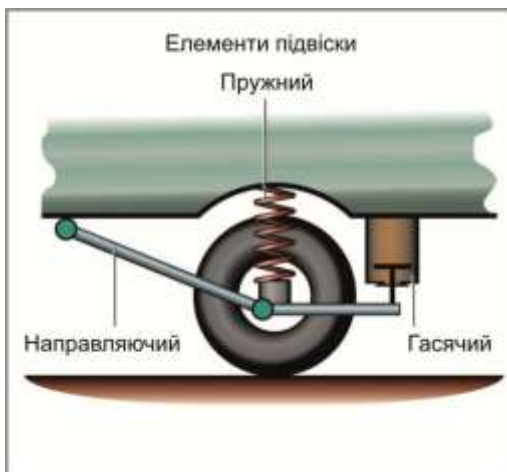
*Підвіски автомобілів класифікують за такими ознаками:*

- типом характеристики – сталої чи змінної жорсткості;
- типом напрямних пристроїв – незалежна і залежна, автономна або залежна балансірна;
- типом пружного елемента – металева ресорна, пружинна, торсійна, комбінована; неметалева пневматична, гідропневматична, гумова, комбінована;
- наявністю шворня – шворнева і безшворнева;
- способом передачі сил і моментів – ресорна, штангова, одно- чи двоважільна;
- типом гасильного елемента (амортизатора) – із важільним механічним чи гідравлічним, із телескопічним одно- або двотрубним амортизатором (гідравлічним, механічним).

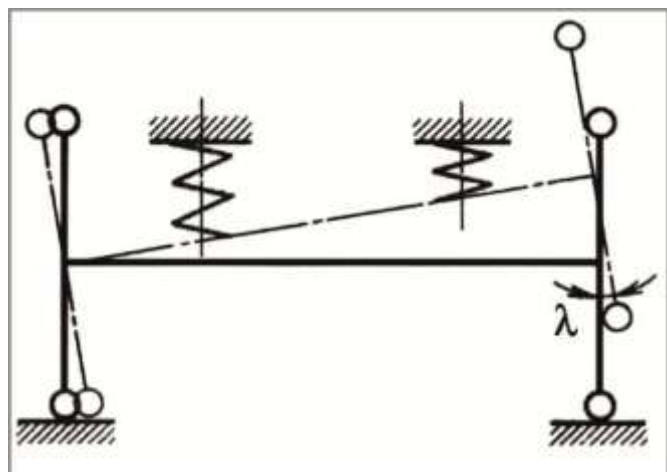
### ***Принцип роботи, кінематичні схеми***

---

Підвіска кожного автомобіля складається з направляючого, пружного, гасячого пристроїв і елементів кріплення (рис. 5.5), які реалізуються у вантажних автомобілях в основному залежною підвіскою (рис. 5.6).



**5.5. Будова підвіски автомобіля**



**Рис. 5.6. Кінематична схема залежної підвіски**

За допомогою направляючого пристрою підвіски колесо автомобіля з'єднується з кузовом або рамою автомобіля. Через елементи направляючого пристрою на кузов автомобіля передаються всі сили, що виникають в контакті колеса з дорогою. Крім того, направляючий пристрій визначає характер переміщення коліс щодо кузова автомобіля.

При наїзді колеса на нерівність дороги воно піднімається і це переміщення сприймається пружним пристроєм підвіски, яке деформується і тим самим

накопичує отриману енергію. Потім накопичена енергія передається кузову автомобіля, який, в свою чергу, піднімається на деяку висоту, а потім починає опускатися.

За рахунок пружних властивостей підвіски виключається повторення кузовом автомобіля дорожніх нерівностей і суттєво покращується плавність ходу автомобіля. Втрата енергії при роботі пружного елемента незначна і тому виникають коливання кузова, які можуть тривати досить довго, що несприятливо позначається на комфортабельності руху. Для зменшення амплітуди коливань застосовують гасячі пристрої – амортизатори, які ефективно розсіюють енергію і призводять до швидкого загасання коливань. На самопочуття людини впливає не тільки амплітуда коливань кузова, але і їх частота. Тому при конструюванні підвіски за допомогою підбору пружних і гасячих пристроїв розробники прагнуть забезпечити необхідні характеристики.

У залежній підвісці є жорстка балка, яка жорстко з'єднує протилежні колеса. Коли одне колесо змінює своє положення, становище змінюється і у другого колеса. Залежний тип підвіски давно використовується в галузі автомобілебудування. Спочатку в такому типі підвісок замість пружних елементів використовувалися ресори, тепер вони частіше замінюються на важелі. У залежного типу підвіски є кілька важливих переваг.

По-перше, такий тип підвіски має малу вагу, з таким типом підвіски зручно пересуватися по дорозі з коліями. По-друге, залежний тип підвіски має високий поперечний центр. Для такого типу підвіски характерно те, що вона дозволяє з комфортом пересуватися по будь-якому типу дороги. Однак на поворотах з залежною підвіскою важко уникнути заносів.

Якщо під час руху на автомобілі з залежною підвіскою перешкода з'являється тільки перед одним колесом, то зчеплення з дорожнім полотном падає. Залежну підвіску в задній частині автомобіля можна найчастіше зустріти на позашляховиках і вантажівках. А для незалежної підвіски характерна більш складна конструкція. Взаємозв'язку між колісною базою і кузовом при наявності незалежної підвіски немає. У такій підвісці зустрічаються поздовжні важелі.

Колесо автомобіля кріпиться до важеля, важелі кріпляться до шарнірів, а вони, в свою чергу кріпляться до кузова автомобіля. При цьому ефект паралельності коліс досягається за рахунок міцного поздовжнього важеля. Втулки в підвіски гасять удари і автомобіль на поворотах нахилиється разом з колесами.

При цьому центр крену знаходиться паралельно дорозі. При використанні в автомобілі такого типу підвіски можна долати будь-які перешкоди, однак перед поворотами рекомендується знижувати швидкість.

### ***Пружна характеристика підвісок***

---

У процесі руху автомобіля в підвісці виникають коливання, що характеризуються частотами, амплітудами, швидкістю, прискореннями і швидкістю зміни прискорень. Оскільки людина не має спеціального органа

сприйняття коливань, то вона оцінює їх дії комплексом психофізіологічних сигналів, що формуються вестибулярним апаратом, зором, шкірними рецепторами.

Для людини найбільш звичними коливаннями є близькі до тих, які вона отримує при ходьбі. Взявши в середньому крок пішохода  $S = 0,75$  м, можна визначити частоту коливань людини  $K$ , що йде, наприклад, зі швидкістю  $v_1 = 3$  км/год. і  $v_2 = 4$  км/год., за формулою

$$K = \frac{v \cdot 1000}{S \cdot 60} \quad (5.1)$$

$$\text{Тоді } K_1 = \frac{3 \cdot 1000}{0,75 \cdot 60} = 67 \text{ кол./хв.}; K_2 = \frac{4 \cdot 1000}{0,75 \cdot 60} = 89 \text{ кол./хв.}$$

Прийнято вважати, що частоту близько 80 кол./хв. людина сприймає безболісно. Нижча частота може спричинити заколисування до нудоти, а вища – до 400 – 600 кол./хв., сприймається болісно, як трясіння.

Особливо неприємним для людини в процесі коливань є прискорення, тобто наростання чи зменшення швидкості. Мізерно мале вертикальне прискорення – 0,11 – 0,12 м/с<sup>2</sup> людина відчуває, прискорення понад 2 м/с<sup>2</sup> викликає неприємні відчуття.

Щоб задовольнити вимоги плавності ходу, підвіска має забезпечувати певний закон зміни вертикальної реакції на колесо  $R_z$  залежно від прогину (рис. 5.7). Цю залежність називають *пружною характеристикою підвіски*.

У деякому діапазоні зміни навантажень, близькому до статичних  $R_{z \text{ ст}}$ , характеристики підвіски мають забезпечувати оптимальну частоту коливань: для вантажних автомобілів 1,2 – 1,9 Гц, що відповідає рівню коливань людини при ходьбі. Частота власних коливань  $\Omega$  підресореної маси залежить від статичного прогину підвіски  $f_{\text{ст}}$ :

$$\Omega = (1/2\pi)\sqrt{g/f_{\text{ст}}}. \quad (5.2)$$

Під час руху по нерівних дорогах зі збільшенням амплітуди коливань підвіски відносно статичного положення для запобігання ударам об обмежник жорсткість підвіски потрібно збільшувати. При цьому динамічне навантаження  $R_{z \text{ д}} = (2,5 \dots 3,0)R_{z \text{ ст}}$ . Відношення  $R_{z \text{ д}}$  до  $R_{z \text{ ст}}$  характеризує коефіцієнт динамічності:  $K_{\text{д}} = R_{z \text{ д}}/R_{z \text{ ст}}$ .

Площа під кривою пружної характеристики визначає динамічну енергоємність підвіски, яка еквівалентна роботі, що потрібна для повної

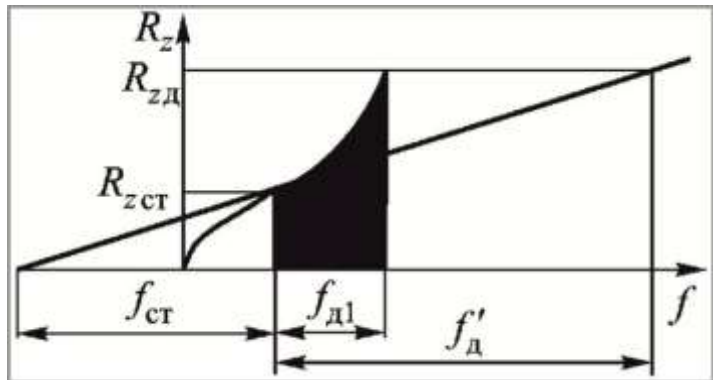


Рис. 5.7. Пружна характеристика підвіски

деформації пружного елемента. Для збільшення динамічної енергоємності пружна характеристика підвіски має бути прогресивною, тобто забезпечувати прогресивне зростання реакції  $R_{z\text{д}}$  за меншого прогину. Такий самий коефіцієнт динамічності можна отримати за лінійної характеристики, але при цьому динамічний прогин  $f'_{\text{д}}$  надмірно збільшується, що важко забезпечити конструктивно.

Зі зміною корисного навантаження автомобіля від мінімуму до максимуму навантаження від підресореної частини, що визначає  $f_{\text{ст}}$ , коливається на передній підвісці в межах 10 – 30 %, на задній підвісці вантажних автомобілів – 250 – 400 %. Для збереження оптимальної частоти власних коливань кузова за змінного навантаження потрібно підтримувати сталість статичного прогину підвіски, змінювати її жорсткість пропорційно навантаженню, що припадає на неї.

### ***Конструкційні особливості листових підвісок***

---

При створенні вантажного автомобіля підвісці приділяється все більша увага. Адже від її досконалості залежать не тільки плавність ходу, але і прохідність автомобіля, безпека руху, стійкість, надійність, довговічність вантажівки і навіть витрата палива.

Як відомо, вантажні автомобілі працюють на дорогах різних категорій від магістральних автострад до ґрунтових доріг, не кажучи вже про бездоріжжя. Залежно від конкретних умов конструктор вибирає величину дорожнього просвіту автомобіля між поверхнею дороги і нижніми точками ходової частини та її органів. Чим гірші умови, в яких доведеться працювати автомобілю, тим просвіт повинен бути більшим, не дивлячись на деякі негативні наслідки, а саме підвищення центру ваги, зниження стійкості й т.д.

У вантажних автомобілях найбільш розповсюджені листові ресори та пневматичні підвіски.

В конструкції більшості вантажних автомобілів та причепів застосовуються залежні підвіски на поздовжніх напівеліптичних листових ресорах (рис. 5.8).

У вантажних автомобілях навантаження на задній міст може змінюватися в значних межах залежно від маси вантажу, що перевозиться. Тому на ресорах заднього моста, крім основної ресори, міститься додаткова – підресорник. Основна ресора середньою частиною кріпиться за допомогою спеціальних хомутів – стрем'янок – до балки моста. Кінці ресори кріпляться до рами автомобіля за допомогою спеціальних кронштейнів. Оскільки довжина ресори при її прогині змінюється, один з кінців ресори повинен мати можливість поздовжнього переміщення щодо рами. З цією метою застосовують спеціальні кронштейни з хитною сережкою, ковзаючі та еластичні опори.

Підресорник має менше число листів, ніж основна ресора. У середній частині він також кріпиться до балки моста, зазвичай зверху основної ресори, а його кінці не кріпляться до рами. На рамі навпаки, плоских кінців

підресорника, встановлюють упорні кронштейни. Коли автомобіль не навантажений, працює тільки основна ресора. При певному навантаженні основна ресора прогинається так, що кінці підресорника впираються в кронштейни і ресори починають працювати спільно. При цьому сумарна жорсткість підвіски збільшується.

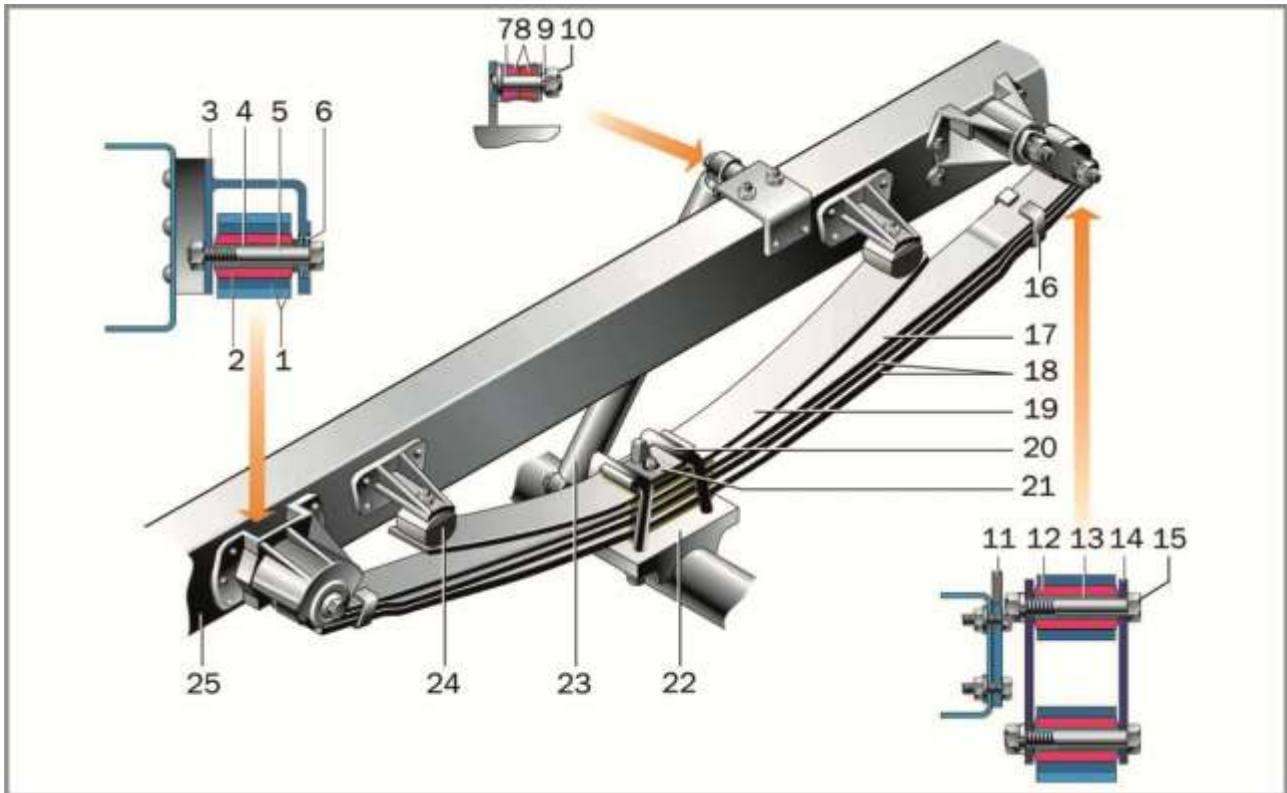


Рис. 5.8. **Задня ресора вантажного автомобіля:** 1 – вушко ресори; 2 – гумова втулка; 3 – кронштейн; 4 – втулка; 5 – болт; 6 – шайба; 7 – палець; 8 – гумові втулки; 9 – шайба пружинна; 10 – гайка; 11 – кронштейн; 12 – втулка гумова; 13 – втулка; 14 – пластина серезки; 15 – болт; 16 – хомут; 17 – корінний лист; 18 – листи ресори; 19 – додаткова ресора; 20 – драбина; 21 – накладка; 22 – задній міст; 23 – амортизатор; 24 – гумова подушка; 25 – лонжерон рами

Одночасно виробники вантажівок прагнуть конструктивно і технологічно скоротити кількість листів ресори із збереженням їх характеристик. Наприклад, ресори заднього моста вантажного автомобіля фірми Renault за рахунок зміни технології виготовлення листів ресори досягли скорочення їх кількості з 14 до 3 листів (рис. 5.9).

Три ресори заднього моста вантажного автомобіля фірми Renault мають однакові характеристиками, але різні за конструкцією (довжина ресор 1650 мм, жорсткість – 200 н/мм): а – звичайна, з обрізаними кінцями ресор: 14 листів, висота пакета 140 мм, маса – 122 кг; б – вдосконалена з розкатаними кінцями листів і пластмасовими прокладками: 9 листів, висота пакета 127 мм, маса 94 кг; в – параболічна з розкатаними кінцями листів і пластмасовими прокладками: 3 листа, висота пакета 64 мм, маса 61 кг.

Дана зміна технології виготовлення листів дозволила зменшити вартість ресори за рахунок скорочення кількості листів. Листи для ресор виготовляють з

дорогої, високоміцної сталі, що містить кремній і марганець (55ГС, 55С2, 60С2), а також хром і нікель (50ХГ). Щоб ресори могли витримувати високі, багаторазово повторювані напруги, що виникають під час прогину, на поверхні листів після термообробки не повинно бути знеуглецьованих ділянок, тріщин та інших дефектів, а цього можна досягти тільки при досить дорогому технологічному процесі. Межа плинності сталі, що йде для виготовлення листів ресори, повинна бути не менше  $1150 \text{ Н/см}^2$ . Звідси і висока вартість ресори.

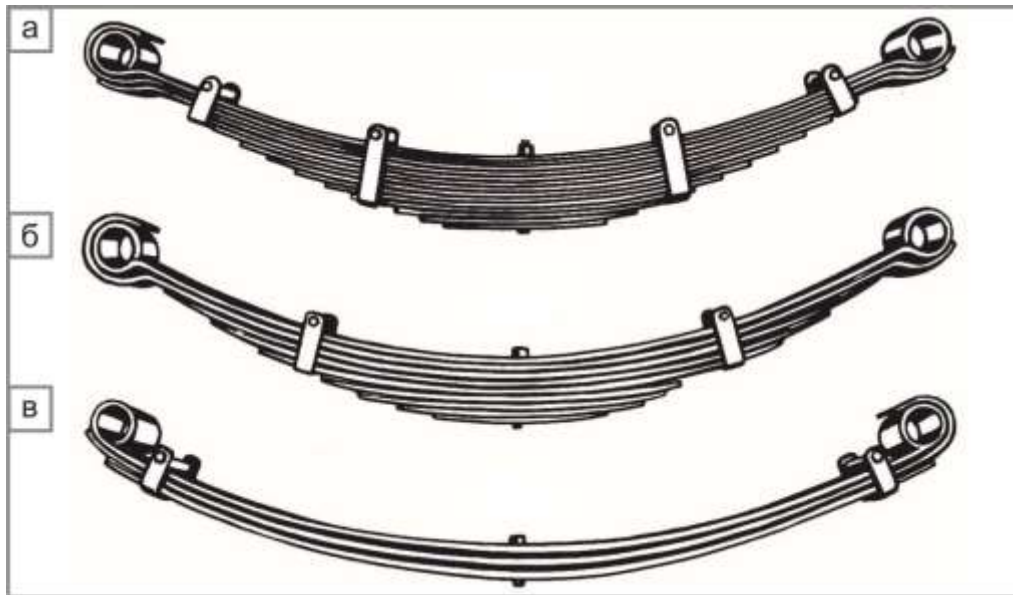


Рис. 5.9. Ресори заднього моста вантажного автомобіля

Деякі фірми-виробники вантажних автомобілів за рахунок зміни матеріалу листів ресори прагнуть скоротити їх кількість до мінімуму. Наприклад, фірма Ford в задньому мосту вантажівки Concept Cargo застосувала однолистову ресору із пластмаси, армованої скловолокном (рис. 5.10).



Рис. 5.10. Однолистова ресора заднього моста вантажного автомобіля Concept Cargo фірми Ford:

1, 2 – основний і додатковий лист ресори;  
3 – кронштейн; 4 – проставка

до яких відносяться:

– розвантаження ресори від деяких діючих сил. Для зменшення

скручування ресори кінці її закладають в гумові опорні подушки, а введенням додаткового упору обмежують вигинаючий момент, діючий на ресору при гальмуванні. Додаткові тяги (з'єднують міст і раму) в даний час встановлюються на більшості ресорних передніх підвісок, кінці ресор при цьому кріплять до кузова двома стрем'янками;

– *зменшення напруги в ресорі*. Це досягається обмеженням середніх амплітуд коливань колеса щодо кузова введенням додатково пружних елементів (наприклад, гумових, які працюють на старті) і достатнього збільшення опору амортизаторів. Напруження можуть бути зменшені зміною форми поперечного перерізу листів, що викликає перерозподіл нормальних напруг.

У напруженій ресорі верхня частина розрізу працює на розтяг, нижня – на стиск. При прямокутному перерізі ресори відстань від нейтральної лінії до найбільш віддалених точок (верхніх і нижніх) однакова, тому однакові й найбільші робочі напруги – розтягують і стискають. Поломки ресор найчастіше бувають втомного походження. При змінних напругах межі витривалості сталі стають різними: меншими при розтягуванні та більшими при стисненні. У зв'язку з цим запропоновано перетин листів, при яких найбільші напруги розтягнення менші, ніж найбільші напруги стиснення. Якщо перетин має кромки або одну канавку, то нейтральна лінія зміщується вгору, відстань до найбільш віддалених точок перетину зменшується, відповідно падають напруги відстані;

– *зміцнення ресори*. Втомні руйнування ресорного листа починаються з осередків, які виникають на поверхні, що відчуває напруження розтягу, або в кутах перетину. У зв'язку з цим широкого застосування отримало поверхнєве зміцнення дробоструменною обробкою часто одного корінного листа з боку, що відчуває розтягнення. Міжлисто́ве тертя призводить до появи зон з високими контактними напруженнями, що в умовах коливань викликає задири на поверхні листів і в кінцевому рахунку поява осередків загального руйнування. Це явище послаблюється при введенні міжлистових прокладок.

Корозія ресори в процесі експлуатації автомобіля значно послаблює ефект поверхнєвого зміцнення. Термін служби ресорної підвіски обмежується у великій мірі зносом шарнірів. Застосування гумових і пластмасових втулок, що встановлюються в шарнірах, здатне цю проблему зняти, але тільки для вантажівок, зазвичай повної маси до 6 т.

Недоліком зміни жорсткості лінійних ресор є їх лінійна характеристика жорсткості (тобто прогин пропорційний прикладеному зусиллю), в той час як бажано мати прогресивне збільшення жорсткості в міру прогину. Деякої зміни жорсткості ресори можна досягти установкою сережки з нахилом (на легких і середніх вантажівках) або за рахунок циліндричної задньої опори (на важких вантажівках). Але обидва способи дозволяють реалізувати нелінійність лише в дуже малих межах.

Зміни жорсткості ресорної підвіски найчастіше досягають введенням підресорника або нижньої додаткової (іноді однолистової) ресори, що робить характеристику підвіски прогресивною (жорсткість поступово збільшується

при ході колеса вгору).

Тертя в ресорі в минулому дозволяло обходитися без спеціальних амортизаторів у підвісці вантажних автомобілів, що здешевлювало машину і спрощувало догляд за нею. В даний час швидкості руху вантажівок виросли настільки, що для забезпечення безпеки руху і плавності ходу установка амортизаторів стала необхідна, так само, як і боротьба з тертям в листах ресор. Причин дві: несприятливий закон зміни тертя, нестабільність величини тертя при експлуатації. При малих поштовхах, коли сила, що передається через ресору, менша сили тертя між листами, ресора «блокується», нерівності компенсуються тільки шинами і плавність ходу значно погіршується. Ті ж сили тертя при коливаннях велика амплітуди не сприяють достатньому їх затуханню. У ресор, що працюють без змащення, сила тертя може досягати 25% від пружної сили ресори. Для забезпечення гарної плавності ходу автомобіля сила тертя не повинна перевищувати 5 – 8%. Помічено, що у вантажних автомобілях з високою посадкою водія сили міжлистового тертя викликають вкрай неприємні коливання голови водія уздовж поздовжньої осі машини.

Для зменшення міжлистового тертя виробники застосовують малолістові ресори (в тому числі однолистові змінної товщини і ширини), листи спеціальної форми, вводять змащення і вставки між листами.

### *Пневматичні підвіски*

---

Аналіз конструкцій автомобілів показує, що ваговий коефіцієнт використання автомобіля, який визначається відношенням корисного навантаження до власної ваги, безперервно збільшується. Прагнення до зменшення власної ваги, збільшення вагового коефіцієнта використання автомобіля і максимальної комфортності призводить до того, що підвіски зі сталевими ресорами вже не завжди здатні вписуватися у вимоги до них. У багатьох випадках підвіска повинна забезпечувати:

- максимальну плавність ходу при відсутності значних взаємних зсувів підресорених і непідресорених частин автомобіля;
- мінімальний просвіт між кузовом і осями;
- сталість висоти підніжки або рівня підлоги при зміні навантаження.

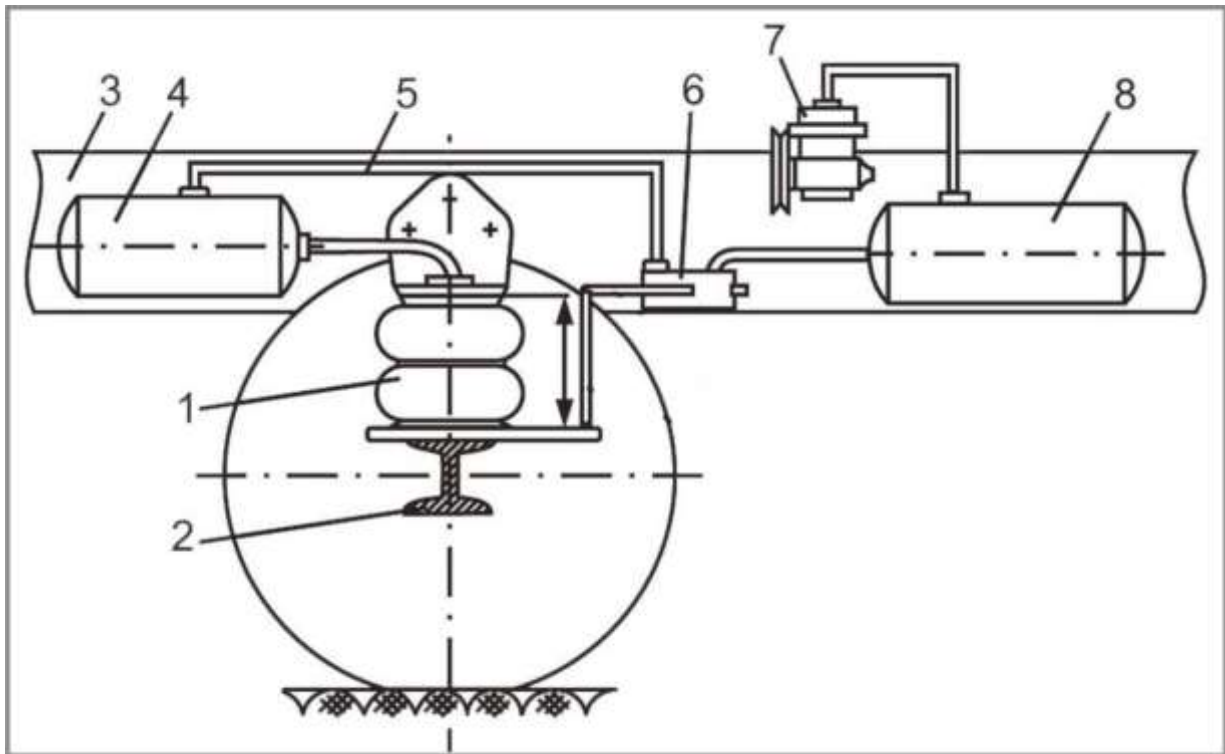
При лінійних характеристиках традиційних пружних елементів не вдається домогтися прийнятної частоти власних коливань ( $90\text{--}120\text{ хв}^{-1}$ ), що змушує конструкторів звертатися до пружних елементів з нелінійною характеристикою (пневматичним або гідропневматичним), що володіє цілим рядом переваг (рис. 5.11).

При русі автомобіля по нерівним шляхам його коливання через вісь передається на пружні елементи (за рис. 5.11 подвійний пневмобалон), що змінює за допомогою регулятора положення кузова їх жорсткість та забезпечує плавність ходу автомобіля.

Переваги пневматичних підвісок:



– пружні пневмоелементи мають більшу енергоємність в основному робочому діапазоні й при великих прогинах, а значить, забезпечують зниження амплітуди коливань, зменшення кількості енергії, що поглинається амортизаторами, спрощують регулювання. При цьому в підвісках зі сталевими пружними елементами нелінійна характеристика досягається тільки за рахунок сильного ускладнення конструкції;



**Рис. 5.11. Принципова схема пневматичної підвіски з гумово-кордними пружними елементами і автоматичним регулюванням положення кузова:** 1 – пружний елемент; 2 – вісь автомобіля; 3 – рама автомобіля; 4 – додатковий повітряний резервуар; 5 – повітровід; 6 – регулятор положення кузова; 7 – компресор; 8 – резервуар

– легкість автоматичного регулювання жорсткості та динамічного ходу підвіски відповідно до умов навантаження, що дозволяє отримати велику плавність ходу і поліпшити інші експлуатаційні якості;

– при однакових розмірах пружного елемента підвіска дозволяє мати високий ступінь уніфікації для автомобілів різної вантажопідйомності зі значною різницею у величині підресорених мас;

– пневмоелементи мають надзвичайно високу довговічність, недосягну для сталевих пружних елементів. Наприклад, балони автобусів GMC виходжують до 1 млн. км;

– постійне положення кузова полегшує забезпечення правильної кінематики підвіски і рульового привода, знижується центр ваги автомобіля і, отже, підвищується його стійкість. При будь-якому навантаженні забезпечується належне положення фар, що підвищує безпеку руху в нічний час;

– для поліпшення стійкості автомобіля при гальмуванні на пневмопідвіску часто покладається ще одна функція: точно регулювати гальмівні зусилля на

колесах в залежності від зміни навантажень на них. Практично пневмопідвіска робить це більш точно, ніж механічні системи регулювання гальмівного тиску і не володіє недоліком електронних систем, що допускають збої у роботі в умовах підвищеної вологості;

– завдяки пневмопідвісці збільшується термін служби автомобіля в цілому.

Найбільше поширення на вантажних автомобілях отримали гумово-кордні подвійні пневмобалони, які підрозділяються на два основних типи: рукавні (телескопічні поршневі пневморесори або пневмобалони) та балонні (рис. 5.12).

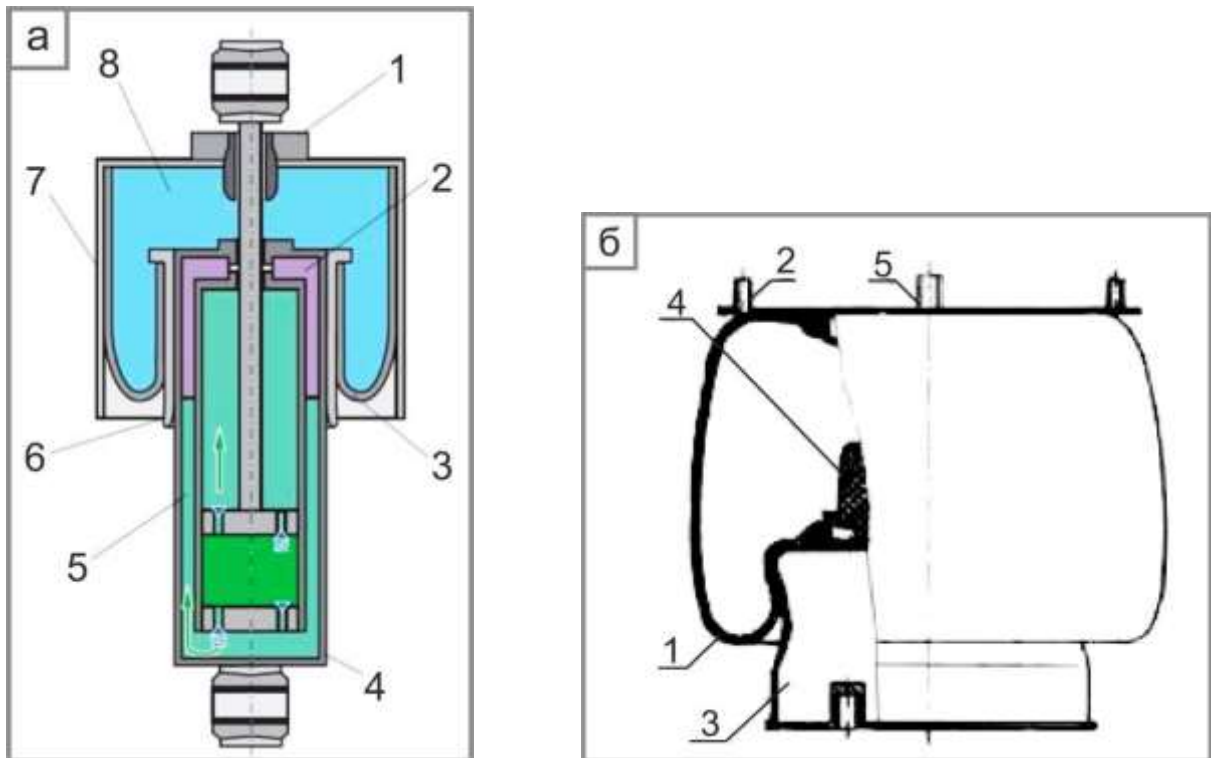


Рис. 5.12. Пневматичні пружні елементи: *а* - з вбудованим амортизатором (пневморесора): 1 – корпус; 2 – газова порожнина амортизатора; 3 – манжета (рукав); 4 – двотрубний газонаповнений амортизатор; 5 – компенсаційна порожнина амортизатора; *б* – поршень; 7 – напрямна корпусу; 8 – повітряна порожнина; *б* – пневмобалон: 1 – гумово-кордна оболонка; 2 – верхній фланець; 3 – поршень; 4 – гумовий буфер; 5 – штуцер для підведення стисненого повітря

Пневморесори конструктивно об'єднують амортизатор та пневмобалон, корпуса яких взаємопов'язані. Це дозволяє забезпечити плавність ходу автомобіля на нерівних дорогах. Найбільшого поширення набули двосекційні пневмобалони, які складаються з оболонки з двома бортами по краях, посиленими сталевими дротяними кільцями. Пневмобалон приєднується до опорних фланців за допомогою сталевих фасонних притискних кілець з болтами. У середній частині оболонка перетягнена сталевим розділовим (бандажним) кільцем, яке обмежує радіальне розширення пневмобалону, забезпечує правильне складання оболонок при стисненні, сприяє підвищенню його несучої властивості та зносостійкості. В одному з опорних фланців є штуцер для підключення подачі повітря із пневмосистеми автомобіля.

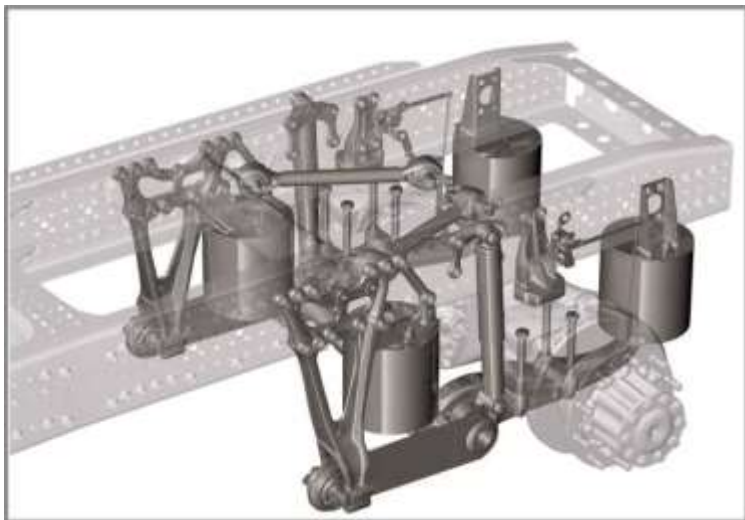
Власна частота коливань при збільшенні статичного навантаження трохи

зменшується, тим повільніше, чим вище тиск газу, а тому плавність ходу порожнього і навантаженого автомобіля не може бути однаковою.

Довговічність балонів визначається не тільки їх власною конструкцією і якістю поліамідних матеріалів та гуми, але також і конструкцією направляючого апарату підвіски. Його кінематика повинна бути такою, щоб балони працювали тільки на стиск. Число шарів корду (зазвичай це нейлон і капрон) дорівнює двом – чотирьом. Внутрішній шар гуми повинен бути не тільки повітронепроникним, але і маслостійким. Зовнішній шар повинен опиратися впливу променів сонця, озону, бензину (для нього застосовують неопрен). Таким чином, пневмобалон складається з декількох шарів прогумованої кордної тканини (каркас) з внутрішнім герметизуючим і зовнішнім захисним шарами.

Пневматичний пружний елемент доцільно застосовувати в двох випадках: коли підресорена маса при завантаженні автомобіля змінюється в широких межах (задні підвіски вантажних автомобілів, в тому числі сідельних магістральних тягачів, автобусів, причепів), або коли до плавності ходу пред'являються особливі вимоги, для виконання яких необхідне регулювання характеристики підвісок. У цьому випадку паралельно пневмобалонам часто встановлюють додаткові пневморезервуари, що забезпечують більш пологою характеристику пружного елемента, наприклад пневморесори.

Мала різниця між площею поперечного перерізу оболонки і ефективною площею дозволить створювати пневморесори великої вантажопідйомності з відносно малими, в порівнянні з пневмобалонами поперечними розмірами.



**Рис. 5.13. Задній міст з пневматичною підвіскою автомобіля Mercedes-Benz Actros (Model 963)**

Останнім часом пневмопідвіска в комбінації з системою електронного контролю за рівнем підлоги вантажної платформи (ELC) допомагає водієві й вантажникам при вантажно-розвантажувальних роботах. Вона дозволяє підняти передок трьохосної вантажівки або його опустити. Пневмобалони задньої осі здатні підняти кузов над звичайним рівнем відносно дороги і опустити його. Подібне «горизонтування»

автомобіля, кероване з виносного пульта, вирішує проблему стикування висот підлог вантажної платформи і складу, дозволяючи візкам, автокарам та навантажувачам безперешкодно в'їжджати прямо в кузов вантажівки.

Загальним недоліком пневматичних пружних елементів балонного і рукавного типів є необхідність включення в конструкцію підвіски спеціальних, як правило, громіздких обмежувачів ходу стиснення і відбою, а також пристрої,

що гасять вертикальні коливання.

У більшості вантажних автомобілів підвищеної вантажопідйомності, наприклад Mercedes-Benz Actros (Model 963) (див. рис. 5.13), пневматична підвіска працює спільно з телескопічним амортизатором.

### *Амортизатори*

Для швидкого гасіння коливань кузова автомобіля, що виникають в результаті деформації ресор, застосовуються амортизатори. Крім того амортизатор знижує швидкість вертикального переміщення колеса відносно кузова. У підвісках сучасних вантажних автомобілів застосовуються телескопічні гідравлічні амортизатори (рис. 5.14).

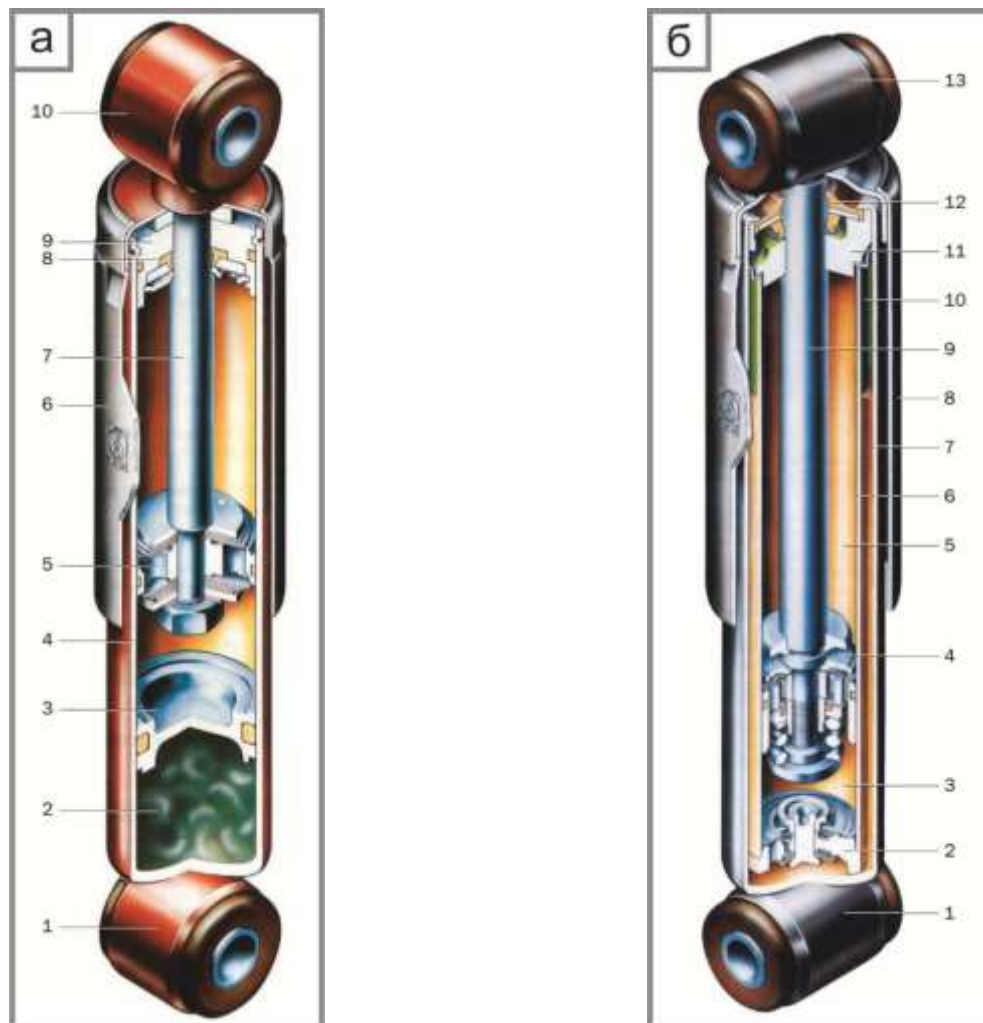


Рис. 5.14. Конструкція (а) телескопічного однострубіного амортизатора: 1 – нижня провушина; 2 – газ; 3 – плаваючий поршень; 4 – робочий циліндр; 5 – поршень; 6 – корпус; 7 – шток поршня; 8 – сальник штока; 9 – напрямна штока; 10 – верхня провушина; і (б) телескопічного двотрубіного амортизатора: 1 – нижня провушина; 2 – донний клапан; 3, 5 – робоча порожнина; 4 – поршень; 6 – робочий циліндр; 7 – корпус резервуара; 8 – корпус; 9 – шток поршня; 10 – повітря; 11 – напрямна штока; 12 – сальник штока; 13 – верхня провушина

Дія такого амортизатора заснована на використанні гідравлічного опору,

що виникає при перетіканні рідини з однієї порожнини циліндра в іншу через отвори, перекриті клапанами стиснення і віддачі.

Телескопічний амортизатор складається з герметичного циліндра, всередині якого переміщується поршень, з'єднаний зі штоком. Циліндр заповнений рідиною. У поршні є отвори певного діаметру, які закриваються пружними клапанами. Один клапан встановлений зверху поршня, інший – знизу. Оскільки рідина є нестискаємою, то при переміщенні поршня в одній з порожнин циліндра підвищується тиск, який відкриває відповідний клапан, і рідина перетікає через отвори з однієї порожнини циліндра в іншу. Ефективність дії амортизатора пропорційна швидкості руху поршня в циліндрі. Швидкість перетікання рідини з однієї порожнини циліндра в іншу залежить від діаметрів отворів і різниці тисків у порожнинах. Сучасні телескопічні амортизатори зазвичай двосторонні, тобто вони чинять опір як при стисненні, так і при розтягуванні (віддачі). Зазвичай опір при розтягуванні більший, ніж при стисканні. Будь-який телескопічний амортизатор повинен мати пристрій для компенсації зміни об'єму рідини. Справа в тому, що при стисненні амортизатора витісняється об'єм більше, ніж звільняється з іншого боку поршня, тому що тут частину об'єму циліндра займає шток.

У амортизаторі застосовується спеціальна пневмокамера, заповнена стисненим газом, яка ізольована від основної частини циліндра плаваючим поршнем. При ході стиснення амортизатора об'єм пневмокамери зменшується, а при ході віддачі – збільшується. Наявність пневмокамери забезпечує також компенсацію зміни об'єму робочої рідини при зміні температури. Амортизатори такого типу називають однотрубними газонаповненими. Двотрубні амортизатори відрізняються наявністю ще одного циліндра, всередині якого знаходиться робочий циліндр.

Додаткова порожнина, що знаходиться між внутрішнім і зовнішнім циліндрами, називається компенсаційною. Компенсаційна порожнина ізольована від атмосфери, але сполучається з внутрішньою порожниною робочого циліндра. При ході стиснення амортизатора надлишки рідини з робочого циліндра перетікають в компенсаційну порожнину і знаходяться там – повітря стискається. При ході віддачі амортизатора стиснене повітря витісняє рідину назад в робочий циліндр. При однакових робочих ходах однотрубний амортизатор розглянутого типу матиме більшу довжину ніж двотрубний, через наявність в циліндрі пневмокамери. Незважаючи на цей недолік, в даний час найбільш поширенні однотрубні амортизатори, які краще охолоджуються, оскільки не мають подвійних стінок. Двотрубні амортизатори також бувають газонаповненими. У таких амортизаторах в компенсаційній порожнині газ знаходиться під тиском. Особливістю газонаповнених амортизаторів є те, що у вільному стані шток амортизатора виходить з циліндра під дією тиску газу. Конструкція будь-якого амортизатора повинна забезпечувати герметичність. При порушенні герметичності з'являються стуки під час роботи підвіски і втрачається ефективність амортизатора, що вимагає його заміни. Шток амортизатора оброблений до високого ступеня чистоти поверхні, а між штоком і внутрішньою частиною циліндра встановлюється спеціальне надійне

ущільнення.

Таким же надійним має бути ущільнення плаваючого поршня в однотрубному амортизаторі. При порушенні герметичності газ змішується з рідиною, утворюється стислива суміш, ефективність роботи амортизатора знижується, з'являються сторонні стуки. Робоча поверхня штока захищена від пошкоджень захисним кожухом. На кінці штока і на циліндрі є кріплення для з'єднання амортизатора з важелями підвіски і кузовом автомобіля. Кріплення амортизаторів здійснюється за допомогою пружних елементів.

### *Тенденції вдосконалення амортизаторів*

---

Деякі виробники, наприклад фірма KONI, виготовляють амортизатори, в яких перепусковий клапан можна регулювати вручну. Таке регулювання необхідно проводити перед установкою амортизатора на автомобіль для отримання необхідної ефективності.

Зовсім інший принцип був запропонований постачальником автомобільних систем Delphi в його конструкції амортизатора Magneride.

У ній використовується властивість деяких в'язких рідин бути чутливими до впливу електромагнітних полів; в'язкість рідини збільшується з посиленням поля, молекули шикуються в ланцюжки і створюють більший опір.

Компанія Delphi продемонструвала автомобілі, обладнані амортизаторами, де звичайні отвори замінені вузькими проходами, в яких рідина протікає між електромагнітними котушками. Система Magneride має величезну перевагу, що полягає в тому, що в'язкість рідини, а отже, і ступінь демпфірування можуть змінюватися в залежності від зміни напруженості електромагнітного поля, яка управляється мікропроцесором.

## **§ 31**

---

### **АВТОМОБІЛЬНІ КОЛЕСА**

---

Колеса здійснюють зв'язок автомобіля з дорогою. Вони забезпечують рух, поворот, передають вертикальні навантаження від автомобіля на дорогу, сприймають удари і коливання, що передаються від дороги.

Перші колеса з'явилися ще в глибокій старовині. Напевно, до ідеї колеса людина прийшла, підкладаючи колоди під переміщувані вантажі. Потім з'явилися перші вози з дерев'яними колесами. Спочатку використовувалися колісні пари, в яких два колеса жорстко кріпилися на одній осі, а оберталася лише ця вісь. Недолік такої конструкції полягав в тому, що при русі на поворотах і нерівній дорозі, скріплені між собою колеса не можуть проходити різні шляхи і тому прослизують і швидко зношуються. Вихід знайшовся у вільній установці коліс на нерухомій осі, яку жорстко з'єднували з візком. Згодом перші примітивні колеса, виготовлені суцільно дерев'яними, були вдосконалені. Для полегшення коліс стали застосовуватися спиці, в центрі колеса з'явилося потовщення – маточина, а бігову частину колеса зміцнювали

сталевою смугою – шиною. Колеса перших автомобілів були ще дерев'яними, хоча маточини вже виготовляли з металу. Такі колеса обмежували швидкісні можливості автомобіля, не забезпечуючи безпеку і комфорт при їзді. Великим досягненням був винахід пневматичної шини.

Залежно від виконуваних функцій автомобільні колеса поділяються на ведучі, керовані, комбіновані (одночасно ведучі та керовані) і підтримуючі.

Ведучі колеса приводяться в обертання від трансмісії автомобіля і створюють тягове зусилля в контактні колеса з дорогою. Керовані колеса можуть повертатися по команді водія, при цьому в контактні колеса з дорогою виникають бічні зусилля, які дають можливість автомобілю змінити напрямок руху. Підтримуючі колеса не надають рух автомобілю і не повертаються, а тільки сприймають частину навантаження автомобіля, що зменшує сумарний тиск на опорну поверхню дороги.

***Взаємодія колеса з опорною поверхнею***

В залежності від режиму руху автомобіля розрізняють режими кочення його колеса: ведучий, вільний, нейтральний, ведений і гальмівний (рис. 5.15).

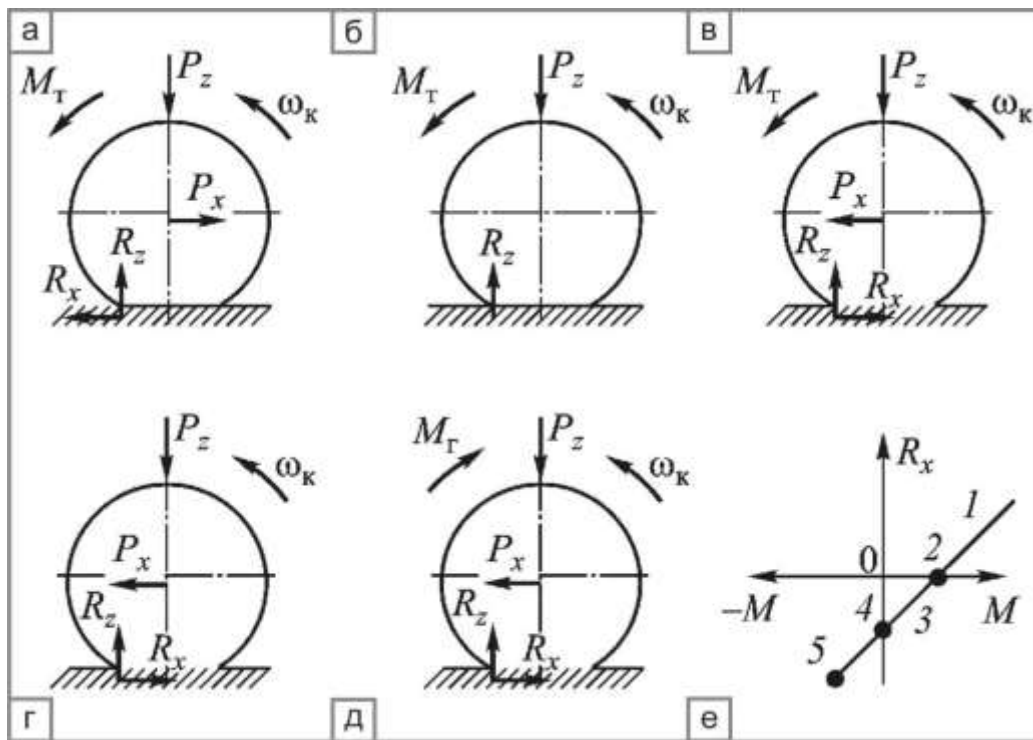


Рис. 5.15. Схема сил, що діють на колесо за різних режимів кочення: а — ведучий; б — вільний; в — нейтральний; г — ведений; д — гальмівний; е — залежність дотичної реакції від моменту

За ведучого режиму кочення колеса (рис. 5.15, а) поздовжня реакція  $R_x$  поверхні дороги спрямована в напрямку руху, тобто  $R_x > 0$  (відрізок 1 на рис. 5.15, е). На колесо діє ведучий момент  $M_T$ , що за напрямком збігається з кутовою швидкістю  $\omega_k$  колеса. З боку колеса на автомобіль діє сила тяги  $P_T$ , що збігається з напрямком руху, а з боку автомобіля на колесо діє така сама за

величиною, але спрямована протилежно сила  $P_x$ .

За *вільного режиму* кочення колеса (рис. 5.15, б)  $R_x = 0$  (точка 2 на рис. 5.15, е). Для цього режиму  $P_T = 0$  за  $M_T > 0$ .

За *нейтрального режиму* кочення колеса (рис. 5.15, в) при  $M_T > 0$  маємо  $R_x < 0$  (відрізок 3 на рис. 5.15, е). З боку автомобіля за цього режиму на колесо діє сила  $R_x$  в напрямку руху.

За *веденого режиму* кочення колеса (рис. 5.15, г)  $M_T = 0$  (точка 4 на рис. 5.15, е). Для цього випадку руху колеса сила  $R_x$  спрямована у бік, протилежний руху.

За *гальмівного режиму* кочення (рис. 5.15, д) до колеса підводиться гальмівний момент  $M_T$ , спрямований у бік, протилежний  $\omega_k$  (відрізок 5 на рис. 5.15, е). Таке колесо називають *гальмівним*.

Колесо автомобіля складається з пневматичної шини, власне колеса (обода, з'єднувального елемента – диска) і маточини (рис. 5.16).

Залежно від конструкції обода і з'єднувального елемента колеса можуть бути розбірними і нерозбірними, дисковими і бездисковими. Маточина колеса забезпечує його вільну установку на осі автомобіля.

### *Будова автомобільного колеса*

---

Обід служить для з'єднання шини з колесом. З цією метою йому надається спеціальна форма. Колесо в зборі має бути збалансоване, балансувальні вантажі кріпляться до обода за допомогою пружинних затискачів або клею. На більшості вантажних автомобілів невеликої вантажопідйомності використовуються **глибокі, нерозбірні ободи** (рис. 5.17).

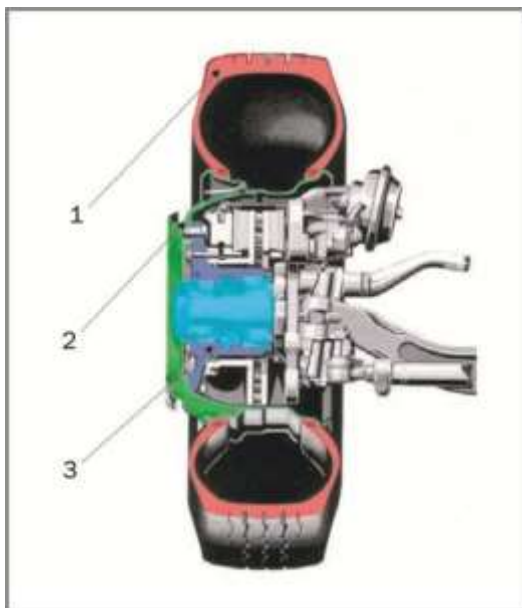


Рис. 5.16. Будова автомобільного колеса:  
1 – шина; 2 – обід колеса; 3 – маточина



Рис. 5.17. Нерозбірне колесо з глибоким ободом

Глибокий обід жорстко з'єднується з диском, який служить для кріплення



колеса до маточини за допомогою болтів або гайок зі шпильками. Полки глибокого обода мають конусну форму для щільної посадки шини на обід. Кут нахилу полиць складає, як правило  $(5 \pm 1)^\circ$ . Полки обода закінчуються закраїнами, що мають певну форму і слугують бічними упорами для шини. Відстань між закраїнами називається шириною профілю обода. У середній частині обода є поглиблення, необхідне для полегшення монтажу і демонтажу шини на обід. Це поглиблення може бути розташоване симетрично відносно площини колеса або зі зміщенням.

Розміри і профіль обода регламентовані відповідними стандартами. На кожен обід наноситься відповідне маркування, з якого можна дізнатися розміри і профіль. Основні розміри обода, ширину профілю і діаметр, як правило, всі виробники вказують в дюймах, за винятком компанії Michelin, яка застосовує для цього міліметри.

Приклад маркування: **5J × 13H2 ET 30**, де: **5** – ширина обода в дюймах; **13** – діаметр обода в дюймах; **J** і **H2** – конструктивні особливості профілю обода; **ET30** – виліт (від німецького слова Einpresstiefe – **ET**) 30 мм.

Виліт колеса (виступ) є важливим параметром. Будь-яке колесо має «охоплювати» маточину, до якої воно кріпиться, тому що центр плями контакту шини з дорогою зміщується щодо вертикальної осі, що проходить через центр маточини на невелику величину (рис. 5.18), яка розраховується при конструюванні підвіски і рульового управління автомобіля.

Величина виступу особливо важлива для керованих коліс, тому що положення плями контакту щодо осі повороту колеса грає важливу роль у визначенні характеристик повороту автомобіля.

Нерозбірні колеса з глибоким ободом зазвичай центруються на маточині за допомогою центрального отвору. Якщо діаметр центрального отвору більший, ніж у посадковій частині маточини, то центрування здійснюється по конічним (або сферичним) поверхням в отворах диска, призначеним для кріплення болтами або гайками. Іноді для кращого центрування і полегшення монтажу використовують пластмасові кільця, які встановлюються перед монтажем колеса на маточину в центральний отвір диска.

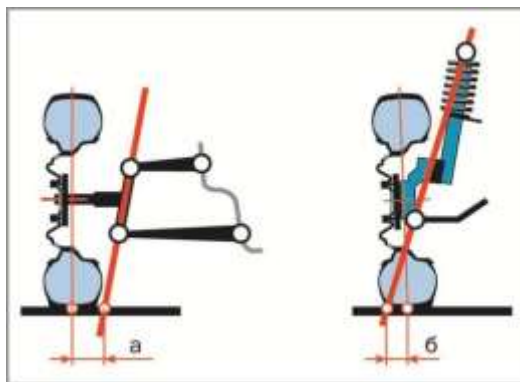


Рис. 5.18. Позитивне (а) і негативне (б) плече обкату керованого колеса

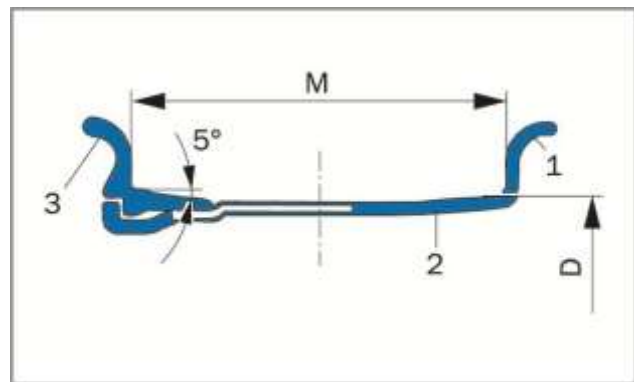


Рис. 5.19. Конструкція розбірного обода вантажного автомобіля: 1 – закраїна; 2 – обід; 3 – розрізна частина обода;  $M$  – ширина обода;  $D$  – діаметр обода

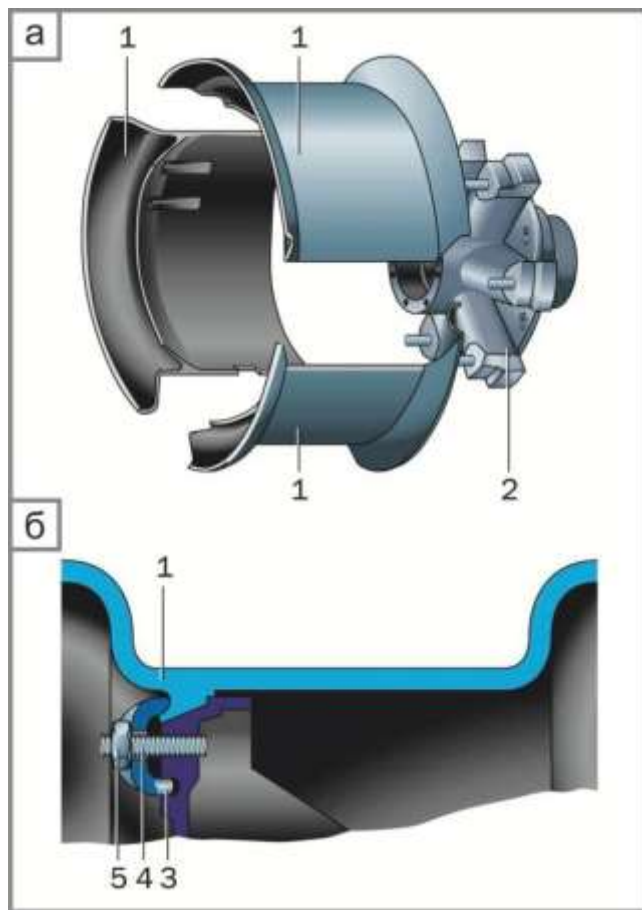


Рис. 5.20. Бездискове колесо, його загальний вигляд (а) і кріплення колеса (б): 1 – сектори колеса; 2 – маточина; 3 – кріплення; 4 – шпилька; 5 – гайка

Маточини коліс виготовляють зі сталі або ковкого чавуну. До них кріпляться елементи гальмівних механізмів, диски і барабани. Маточина встановлюється на підшипниках, які повинні сприймати не тільки радіальні, але і осьові зусилля від дії бічних сил. У маточинах встановлюють конічні роликові або кулькові радіально-упорні підшипники.

В підшипники коліс закладається мастило, що витримує високі температури. Для запобігання витікання мастила і потрапляння бруду підшипники ущільнюються сальниками.

### Пневматичні шини

Минуло понад 170 років з тих пір, як винайшли шину. Винахід шини, можливо, було викликано історичною необхідністю, проте факт залишається фактом: у пневматичної шини мінімум "два батька". Першим був Роберт Вільям Томсон з Міддлекса (Англія), який винайшов і запатентував пневматичну шину в 1845 році. Другим був Джон Бойд Данлоп з Белфаста (Ірландія), який в 1888 році не знав про винахід шини Томпсона повторно винайшов шину, поклавши початок сучасної світової шинної промисловості. Данлоп зайняв помітне місце в історії створення пневматичної шини, оскільки поставив їх виготовлення на комерційну основу.

Пневматична шина, що є одним з найбільш важливих елементів автомобіля, складається з покриття і камери, розташованих на ободі колеса. Шина сприймає вертикальне навантаження від ваги автомобіля і всі зусилля, що виникають в зоні контакту шини з дорогою при прискоренні, гальмуванні й повороті автомобіля. Шина також поглинає і пом'якшує удари, що виникають при русі автомобіля по дорозі. Під час руху автомобіля еластична пневматична шина в нижній частині деформується, дрібні нерівності дороги поглинаються за рахунок деформації шини, а великі викликають плавне переміщення осі колеса. Така здатність шини згладжує нерівності дороги, це обумовлено пружними властивостями стисненого повітря, яким заповнена шина. При деформації шини неминуче виникають втрати енергії, обумовлені внутрішнім тертям в матеріалі шини. Внутрішнє тертя підвищує температуру шини, що несприятливо позначається на її довговічності. Чим більша деформація шини, тим більші витрати енергії на внутрішні втрати і тим більша потужність витрачається на рух автомобіля. Властивості та працездатність шини в значній мірі залежать від її конструкції (рис. 5.21).



**Рис. 5.21. Конструкція пневматичної шини:**  
1 – двошаровий протектор (червоним виділена м'яка гума); 2 – спеціальна форма бортового кільця; 3 – плечові частини, стійкі до порізів; 4 – захисний бортовий шар

з смоли дерев – каучуконосів. Синтетичний каучук був вперше отриманий академіком С.В. Лебедевим, який в 1931-1932 р вперше в світі розробив технологію виробництва синтетичного каучуку. Для того щоб еластичний каучук з наповнювачами перетворився в пружну гуму, він повинен пройти процес вулканізації (з'єднання сірки з каучуком, яке відбувається при підвищеній температурі). Шини вулканізуються в спеціальних прес-формах, внутрішня поверхня яких відповідає зовнішній поверхні шини. Перед тим, як шина потрапляє в прес-форму, вона збирається зі складових її елементів на спеціальних верстатах.

Покриття конструктивно складається з каркаса, брекера, протектора, боковини і борта.

Основним матеріалом для виготовлення шини служить гума і спеціальна тканина – корд. Якщо виготовити шину тільки з гуми, то при заповненні її повітрям, вона буде значно змінювати свої розміри і форму. Гума, що використовується для виробництва шини, виготовляється з каучуку (натурального і синтетичного), до якого в процесі виробництва додаються різні наповнювачі: сірка, сажа, смоли та ін.

При виготовленні пневматичних шин для перших автомобілів використовувався тільки натуральний каучук, який отримували

Каркас шини виготовляється з декількох шарів прогумованого корду, що представляє собою тканину, яка складається з близько розташованих одне до одного поздовжніх і розташованих рідкіше поперечних ниток. Чим міцніше нитки корду, тим довговічніша шина. В якості ниток для виготовлення корду в даний час застосовують синтетичне волокно, скловолокно та сталеві нитки (металокорд). Зі збільшенням шарів корду в каркасі збільшується міцність шини, але одночасно зростає її маса і збільшується опір коченню.

Борт шини має певну форму, необхідну для щільної посадки її на обід колеса. Борти шини не повинні розтягуватися, щоб забезпечити щільну посадку шини на ободі й запобігти можливості зіскакування шини з обода. З цією метою всередині бортів шини вставляють розрізні або нерозрізні бортові кільця, виготовлені з декількох шарів міцного сталевих дроту. Зовні борту вони покриті прогумованим кордом і тонким шаром гуми.

Боковина шини являє собою нанесений на каркас тонкий шар еластичної і міцної гуми. Вона оберігає шину від бічних пошкоджень і впливу вологи.

Протектор шини забезпечує зчеплення шини з дорогою і запобігає пошкодженню каркаса. Для його виготовлення використовується міцна, зносостійка гума. Зовнішня частина протектора виконується у вигляді чіткого малюнка, під яким знаходиться так званий, підканавочний шар. Малюнок протектора визначається типом і призначенням шини.

Брекер – це спеціальний пояс, виконаний з декількох шарів прогумованого корду, який знаходиться між каркасом і протектором. Від конструкції брекера в значній мірі залежить форма плями контакту шини з дорогою. Брекер оберігає каркас від поштовхів і ударів та передає зусилля різних частин шини.

Безкамерні шини зовні мало відрізняються від камерних (рис. 5.22).

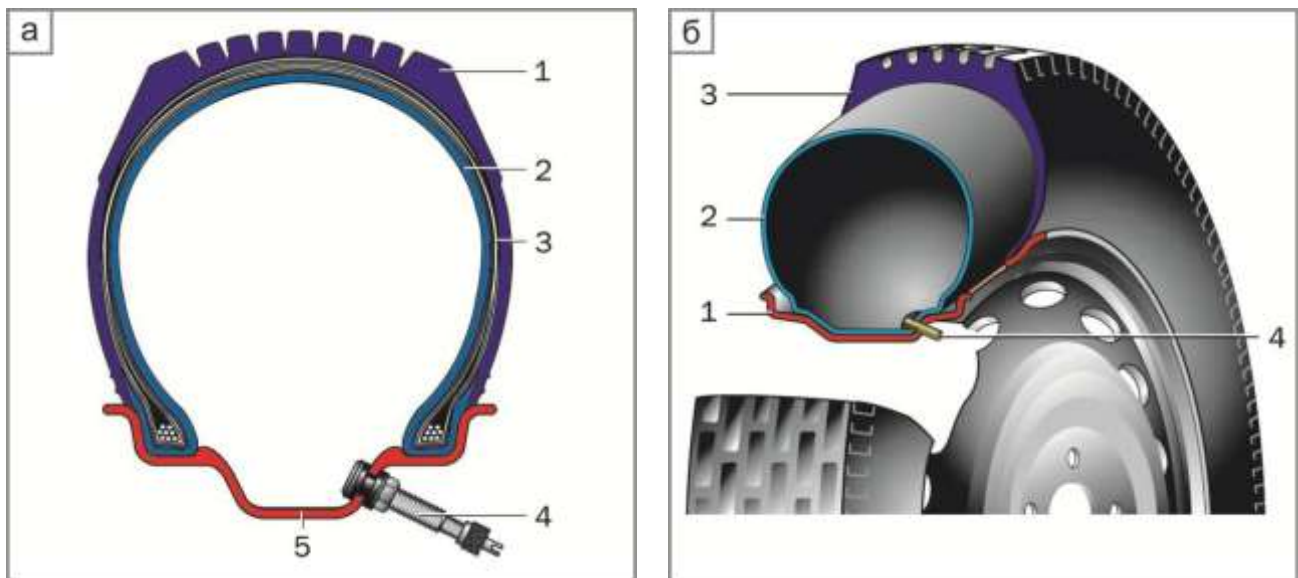


Рис. 5.22. Конструкція колеса (а) з безкамерною шиною: 1 – протектор; 2 – герметизуючий повітронепроникний гумовий шар; 3 – каркас; 4 – вентиль колеса; 5 – обід; (б) з камерної шиною: 1 – обід колеса; 2 – камера; 3 – шина (покришка); 4 – вентиль

Внутрішнє покриття такої шини має бути виготовлене з шару повітронепроникної гуми товщиною 2-3 мм, а на зовнішню поверхню борту

наносять еластичну гуму, яка забезпечує герметичність при посадці шини на обід. Вентиль безкамерної шини утворює герметичне з'єднання при установці його в отвір обода колеса. При проколі безкамерної шини невеликим предметом цей предмет розтягує герметичний внутрішній шар гуми безкамерної шини і обволікається нею. При цьому повітря з безкамерної шини виходить дуже повільно, на відміну від камерної, в якій камера знаходиться в розтягнутому стані, й, отже, будь-яке її пошкодження викликає збільшення отвору. Тому безкамерні шини безпечніші.

Ремонт невеликих ушкоджень безкамерних шин можна здійснювати без зняття шини з обода, герметизуючи отвір спеціальним матеріалом.

Важливою перевагою безкамерних шин в порівнянні з камерними є менша маса і нагрів при русі. Останній обумовлений відсутністю тертя камери об шину і кращим охолодженням. Так як знос шин в значній мірі залежить від робочої температури, безкамерні шини довговічніші. Не рекомендується встановлювати в безкамерні шини камери, оскільки при накачуванні камери між шиною і камерою можуть утворитися повітряні подушки, які будуть заважати відведенню тепла і приведуть до місцевого перегріву шини. До недоліків безкамерних шин слід віднести велику складність ремонту в дорозі у разі сильних пошкоджень, а також необхідність у високій чистоті та гладкості закраїни обода для забезпечення герметичності.

За призначенням автомобільні шини ділять на дві групи: для легкових і вантажних автомобілів. Шини, призначені для легкових автомобілів, можуть застосовуватися на вантажних автомобілях невеликої вантажопідйомності і відповідних причепах. Конструкція шин визначається розташуванням ниток корду в каркасі. Розрізняють два конструктивних типи автомобільних шин: діагональні та радіальні (рис. 5.23).

Довгий час на автомобілях застосовували тільки діагональні шини, поки в 1947 р. фірма Michelin не розробила радіальну конструкцію шини. В даний час більшість автомобілів комплектується радіальними шинами. У каркасі діагональної шини шари корду розташовують під кутом до радіусу колеса. Нитки сусідніх шарів каркаса перехрещуються. У каркасі має бути тільки парне число шарів корду. У радіальної шини нитки корду в каркасі розташовані по найкоротшій відстані між бортами уздовж радіусу колеса. Число шарів в каркасі може бути непарним.

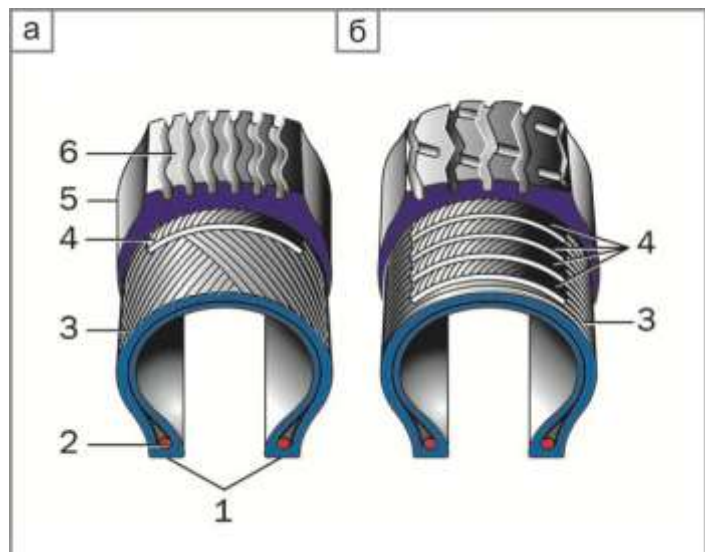


Рис. 5.23. Конструкція діагональної (а) і радіальної (б) шини: 1 – борта; 2 – бортовий дріт; 3 – каркас; 4 – брекер; 5 – боковина; 6 – протектор

Розташування ниток в радіальній шині забезпечує кращу сталість форми плями контакту шини з дорогою, менші переміщення елементів протектора і, як наслідок, такі шини менше нагріваються і зношуються. Цей фактор став вирішальним при переході від діагональних шин до радіальних. Крім того, сучасні радіальні шини мають менший опір коченню і забезпечують кращу стійкість і керованість автомобіля.

Вантажні шини є невід'ємною частиною сучасного вантажного транспорту. Широке різноманіття комерційного вантажного транспорту і різні умови його експлуатації вимагають шин, здатних забезпечити ефективні характеристики і високий рівень безпеки. Правильно підібрані шини дозволяють значною мірою підвищити технічні параметри автомобіля, скоротити витрату палива і забезпечити тривалий термін служби елементів підвіски автомобіля. Належність шини до умов експлуатації визначається за рисунком протектора (рис. 5.24).



Рис. 5.24. Класифікація вантажних шин до умов експлуатування: *A* – магістральні перевезення; *U* – регіональні та магістральні перевезення; *N* – зимні шини; *E* – для міських шляхів та передмістя; *H* – для будівельної техніки; *Y* – для лісової місцевості

### ***Маркування вантажних шин***

---

На боковинах сучасних вантажних шин нанесене буквене, цифрове та інше маркування, яке несе необхідну інформацію (рис. 5.25).

Місце, де розташовується колесо, на яке буде одягнена нова покришка, має велике значення, тому виробники використовують загальноприйняте скорочення, яким марковані всі вантажні шини: рульові колеса символ F, колеса ведучої осі D, шини для причепів T, інші Z.

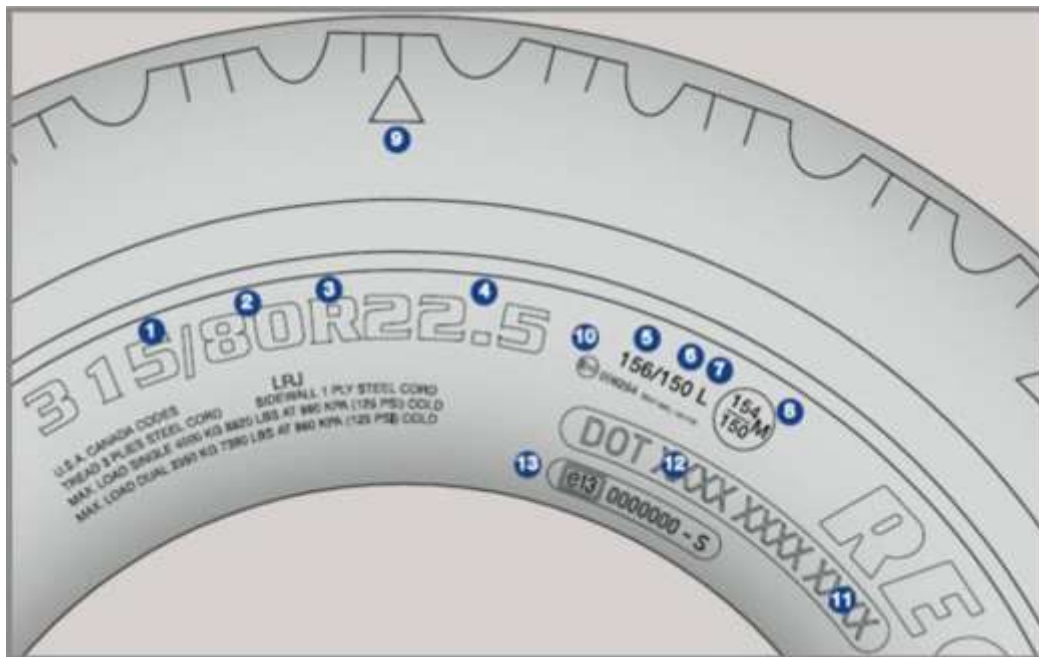


Рис. 5.25. Маркування вантажних шин за європейськими стандартами: 1 – ширина профілю шини (мм або дюйми); 2 – висота профілю шини (% від ширини профілю); 3 – ширина радіальна (R = радіальна); 4 – діаметр обода (дюйми); 5 – індекс навантаження (максимальне навантаження на шину при одинарній установці); 6 – індекс навантаження (максимальне навантаження на шину при здвоєній установці); 7 – індекс швидкості (L = 120 км/год.); 8 – показник альтернативного навантаження (для альтернативної швидкості); 9 – індикатор зносу протектора; 10 – номер ЄСЕ (європейський стандарт); 11 – дата виробництва шини (тиждень, рік); 12 – код виробника – DOT; 13 – рівень шуму за стандартом ЄСЕ

Незважаючи на незаперечні переваги вантажних шин для передньої (рульової) осі і задньої (ведучої) осі, багато хто воліє встановлювати на свої автомобілі універсальні шини. В основному це робиться з економічних міркувань. Шини просто міняють місцями або встановлені на рульовій осі покришки після закінчення певного пробігу переставляються на задні осі, а передні ставлять на їх місце.

Дуже важливим є напис, нанесений великими символами, який вказує на розмірність шини, наприклад: 315/80 R22.5.

Перша цифра в розмірності шини вказує на ширину профілю шини (виняток становлять широкопрофільні шини, у яких перша цифра позначає зовнішній діаметр шини). У наведеному прикладі 315 – це ширина профілю, виражена в міліметрах. Цей параметр перевіряється на шині, накачаній до номінального тиску.

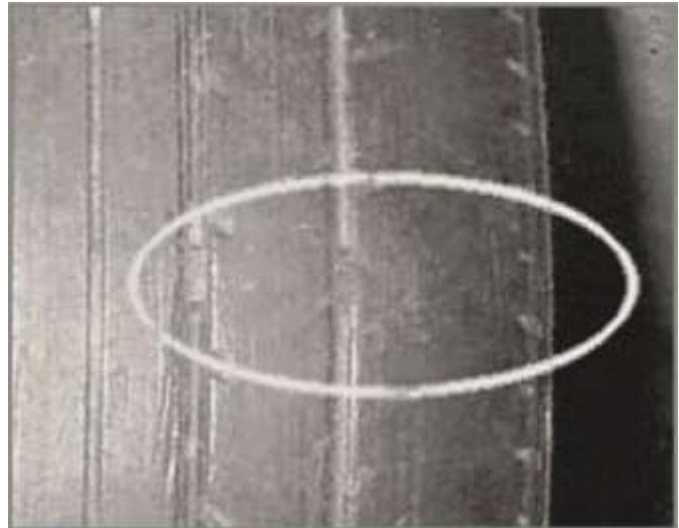
Якщо шина низькопрофільна або дуже низькопрофільна, то через косу риску вказана цифра, яка вказує відношення висоти профілю до ширини, виражене у відсотках (в нашому прикладі 80). Цю цифру називають серією шини. Якщо в позначенні шини відсутня серія, то шина має звичайний профіль і відношення висоти профілю до ширини складає 80-82%.

Буква R вказує, що шина має радіальну конструкцію. Якщо букви R немає – шина діагональна.

Наступна цифра (в нашому випадку 22.5) вказує посадковий внутрішній діаметр шини, тобто відповідає діаметру обода колеса. Посадковий діаметр виражається в дюймах. Один дюйм дорівнює 25,4 мм, значить, в наведеному прикладі посадковий діаметр дорівнює:  $22.5 \times 25,4 = 571,5$  мм.

### *Індикатори зносу шини*

Великий вплив на рух автомобіля і його поведінку на дорозі надає тип малюнка протектора шини. Якби автомобіль завжди їздив по сухим дорогам з твердим покриттям, то шина без малюнка протектора забезпечила б найменший шум і більший пробіг до повного зносу. Головна задача малюнка протектора – видаляти воду з плями контакту. Якщо шина гладка, то при певній швидкості на мокрій дорозі настає явище, яке називається акваплануванням. При цьому явищі вода не встигає витіснитися з плями контакту і шина як би спливає над дорогою, втрачаючи з нею контакт. Автомобіль при цьому втрачає керованість, що може привести до аварії. Ось чому не допускається експлуатувати автомобіль, якщо протектор зношений більше певної величини.



**Рис. 5.26. Індикатор зносу шини. Виступи в канавках протектора свідчать про повне зношення шини**



**Рис. 5.27. Розміщення датчику 1 тиску повітря у шині на ободі колеса**

Всі сучасні шини мають індикатори зносу (рис. 5.26) – невеликі виступи в канавках протектора. При зносі протектора до рівня цих виступів вони з'являються на поверхні протектора, що свідчить про непридатність шини до подальшої експлуатації. Деякі зимові шини мають два різних індикатора зносу – один для літньої експлуатації, а другий для зимової.

Окремі виробники застосовують особливі індикатори зносу. Наприклад, у деяких шин Nokian в міру зносу на протекторі проявляються цифри, що вказують на залишкову величину протектора, виражену в міліметрах.

Підвищити безпеку руху автомобіля і зберегти шини можна забезпеченням



стабільного тиску повітря в шині, для чого розробляються й виготовляються різні пристрої для контролю тиску повітря й підкачки шин. Для вантажних автомобілів вважається найбільш перспективною система контролю тиску повітря в шинах, розроблена фірмою Mercedes-Benz.

Датчики тиску повітря в шині пригвинчуються до обода колеса (рис. 5.27) з позначенням кольоровим кільцем на золотниковому клапані.

Дані датчики встановлюються на всіх колесах автомобіля з передачею інформації від антен передньої осі та ведучих задніх осей (рис. 5.28).

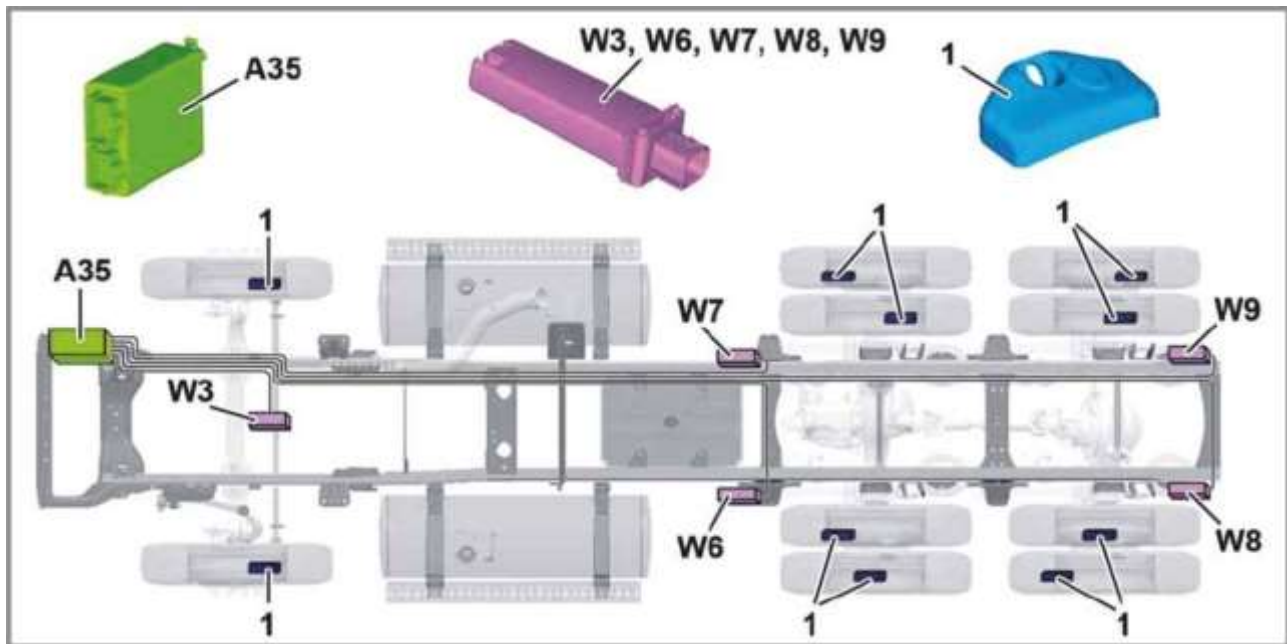


Рис. 5.28. Система контролю тиску повітря у шинах вантажного автомобіля Mercedes-Benz Actros (модель 964): 1 – колісні датчики; А-35 – блок контролю тиску в шинах; W3 – антена передньої осі; W6, W7 – ліва та права антена 1-ї ведучої задньої осі; W8, W9 – ліва та права антена 2-ї ведучої задньої осі

Інформація про тиск повітря в шинах автомобіля за допомогою антен передається на блок контролю тиску повітря, встановленим в кабіні водія. При відхиленні тиску повітря від нормативів у одній або декількох шинах звукова та світлова сигналізація інформує водія.

Системи постійної підкачки шин успішно використовуються на вантажних автомобілях в основному підвищеної прохідності, але вони мають досить складний пристрій і вимагають наявності постійно працюючого компресора.

Фірма Sycloid виготовляє невеликі насоси (рис. 5.29), які встановлюються на маточину колеса і з'єднуються шлангом з вентилем шини. Такий насос приводиться від обертової маточини колеса і при цьому гарантовано підтримує постійний тиск повітря в шині.

Для роботи насоса потрібне тільки обертання колеса. Автомобілебудівники прогнозують інтенсивне застосування даних насосів на вантажних автомобілях.

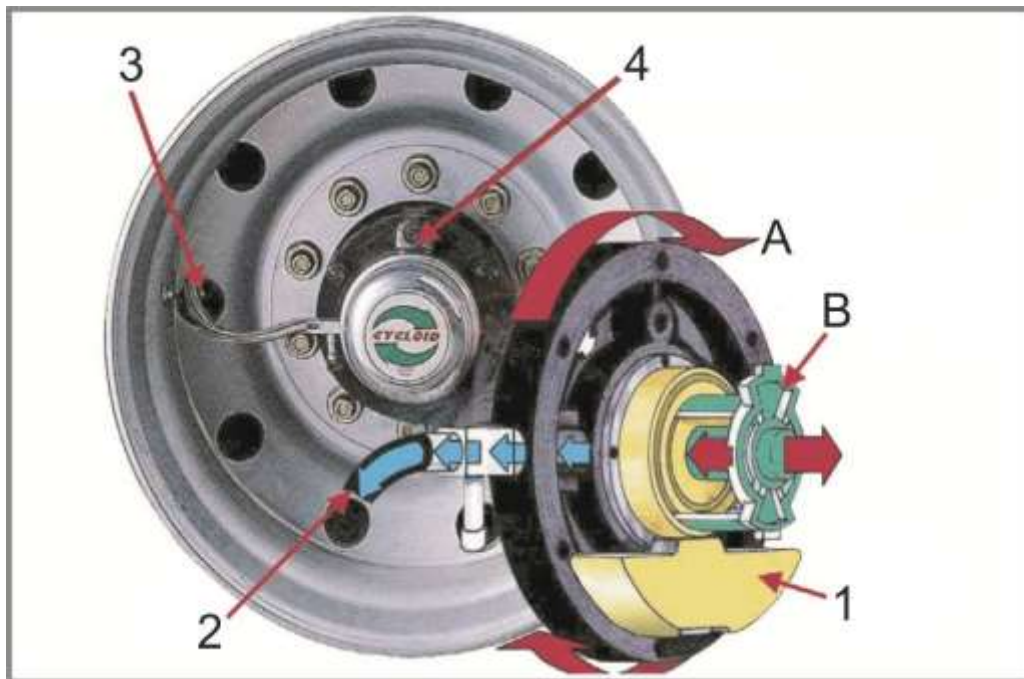


Рис. 5.29. Насос фірми Cycloid постійного підкачування шин: 1 – нерухома противага і куліса; 2 – вихід повітря; 3 – з'єднання з вентилям шини; 4 – кріплення до маточини; А – корпус насоса обертається разом з колесом; В – поршень, обертаючись, рухається вперед-назад вздовж прорізів куліси

### Тенденції вдосконалення шин автомобіля

Світові виробники автомобільних шин в даний час інтенсивно працюють над створенням шин для бездоріжжя, герметизації проколів, а також броньованих шин автомобілів спеціального призначення.

Найбільш затребувані власниками позашляховиків, пікапів і вантажних автомобілів малої і середньої вантажопідйомності, експлуатованих в аграрному секторі, шини для бездоріжжя MUD TERRAIN T/A (рис. 5.30).



Рис. 5.30. Шина для бездоріжжя MUD TERRAIN T/A

Рисунок протектора з масивними ґрунтозацепами, зміщеними на бокову частину шини, дозволяє ефективно долати грязьові ділянки.

Особливий склад гумової суміші дозволяє збільшити стійкість протектора до розривів, порізів та інших ушкоджень, які можуть виникнути під час руху по кам'янистим, гравійним й іншим агресивним покриттям.

Збільшені, в порівнянні з шиною попереднього покоління нитки каркаса надійно захищають боковину шини від пошкоджень при контактах з гілками і корінням дерев, гострими краями

каменів, при попаданні в яму.

Особливість конструкції каркаса даної шини дозволяє знизити тиск повітря в шині. Подібна операція збільшує прохідність шини на м'яких покриттях: в пісках, в болоті, на пухкому ґрунті. Однак варто пам'ятати, що в цих умовах необхідно рухатися на гранично низькій швидкості, а після подолання складної ділянки тиск в шині має бути негайно відновлено.

На деяких моделях сучасних вантажних автомобілях реалізована нова технологія захисту протектора від проколів MICHELIN Selfseal (рис. 5.31).

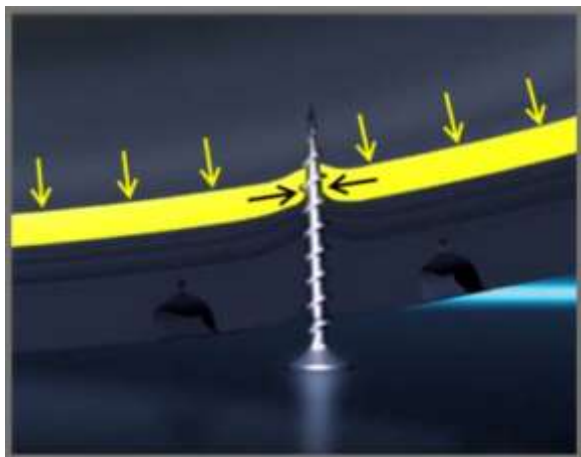


Рис. 5.31. Захист протектора шини від проколів (технологія MICHELIN Selfseal)

Матеріал внутрішнього шару шини, що складається з 50% натурального каучуку, дуже еластичний. При наскрізному пошкодженні шини він деформується і обволікає чужорідний предмет, знижуючи можливість втрати внутрішнього тиску. При видаленні предмета з шини клейка основа тягнеться, створюючи свого роду «пробку», яка запечатує місце проколу.

На деяких автомобілях спеціального призначення, наприклад броньованих автомобілях, застосовують шини MICHELIN, виконані за

технологією PAX (рис. 5.32).

Шина MICHELIN для броньованих автомобілів складається з чотирьох елементів:

- шина зі спеціальною конструкцією борта, що виключає зрив з обода;
- асиметричний диск, який має різний зовнішній і внутрішній діаметр;
- спеціальна вставка, спираючись на яку і їде автомобіль в разі пошкодження з подальшою втратою тиску;
- система контролю тиску, яка передає на приладову панель інформацію про тиск і температуру всередині шини.

Однією з особливостей даного типу шини є підвищений індекс навантаження, так як будь-яке бронювання автомобіля веде за собою збільшення маси автомобіля, а значить, і збільшення навантаження на кожну з шин. Шини броньованого автомобіля також повинні бути здатні



Рис. 5.32. Шина броньованого автомобіля

продовжувати рух навіть при пошкодженні шини.

Шина MICHELIN з технологією RAX здатна проїхати 200 км зі швидкістю 80 км/год. при нульовому тиску, при цьому зберігши повний контроль над поведінкою автомобіля.

Через складність конструкції будь-які операції з шинами RAX повинні здійснюватися в сервісах, які були сертифіковані відповідним автовиробником (тобто є спеціальне обладнання і підйомники, а також підготовлений персонал). В іншому випадку велика ймовірність пошкодження шини в процесі монтажу, що призведе до її руйнування в процесі експлуатації.

### *Перспективні колеса автомобіля*

---

При всій своїй зручності пневматичні шини мають ряд недоліків – це і необхідність постійно стежити за рівнем тиску повітря в колесах, і вразливість його перед проколами. Крім того, колеса з недостатнім тиском всередині різко знижують ступінь керованості автомобілем. Компанія Michelin запропонувала рішення даної проблеми, застосувавши гібрид шини та колеса. Ця конструкція являє собою жорстку маточину, з'єднану з зовнішнім ободом еластичними деформуючими спицями з поліуретану, а також гумовою стрічкою на ободі. Така конструкція дозволяє краще витримувати різні навантаження. Її конструктивні особливості:

- обід з декількома шарами брекера відмінно передає навантаження до плями контакту;
- еластичні поліуретанові спиці витримують підвищене навантаження, володіючи відмінною амортизацією.

Великою перевагою таких шин в порівнянні з пневматичними шинами, є їх надійність і підвищений термін служби. Слід відзначити, що дослідний зразок даної Michelin X Tweel приблизно в двадцять разів легше звичайної шини і володіє в двадцять разів меншим опором коченню.

Все більший сегмент ринку автомобільних шин займають виробники з Кореї, Японії і Китаю. Південнокорейський виробник Hankook розробив концептуальні шини Hankook eMembrane, які здатні змінювати свій профіль, трансформуючи внутрішню структуру, адаптуючись до різних дорожніх умов.

Hankook eMembrane за рахунок зміни внутрішньої структури здатна забезпечувати найкращу паливну економічність або гарантувати максимальне зчеплення з дорогою, згідно завдання змінюючи площу зіткнення з поверхнею і робочі сектори протектора.

При великій швидкості руху центральна секція протектора висувається, збільшуючи зону контакту і посилюючи зчеплення. На низькій швидкості центральна секція протектора стискається, знижуючи опір коченню і, відповідно, витрату палива.

Крім істотних позитивних якостей, безповітряні шини в даний час мають і ряд негативних моментів:

- сильні вібрації кузова транспортного засобу при пересуванні на високих швидкостях;
- високий шумовий ефект;

– можливість перегріву. При подоланні великих відстаней виникає перегрів шин.

Таким чином, в даний час існують системи, які забезпечують контроль стану пневматичних шин і їх протиаварійні властивості. Розвиток конструкцій автомобільних шин призвів до створення безповітряних шин, які виключають багато недоліків пневматичних шин, проте в силу своєї недосконалості мають обмежені сфери застосування.

### ***Контрольні запитання***

---

1. Наведіть призначення, вимоги до несучих систем вантажного автомобіля.
2. Які конструктивні особливості рами, кабіни вантажного автомобіля?
3. Наведіть особливості конструкції підресорювання кабіни вантажного автомобіля.
4. Охарактеризуйте аеродинаміку вантажного автомобіля та методи її оцінки.
5. Які вимоги ставлять до підвісок та як їх класифікують?
6. Які основи розрахунку пружної характеристики підвіски?
7. Які пружні елементи використовують у підвісках? Які з них найбільшою мірою задовольняють вимогам плавності ходу?
8. Перелічіть елементи, з яких складаються ресорна та пружна підвіски. Як вони працюють?
9. Назвіть переваги гідрогазових пружних пристроїв. Як вони працюють?
10. Для чого призначені амортизатори стиску (плавного і різного) та віддачі (пвної і різкої)?
11. Як однотрубний газонаповнений амортизатор гасить коливання в підвісці?
12. Які тенденції вдосконалення амортизаторів?
13. Які вимоги ставлять до колісних рушіїв та як їх класифікують?
14. Яку будову має пневматична шина? Як класифікують шини?
15. Порівняйте будову діагональних і радіальних шин. За рахунок чого в радіальних шинах зменшене число шарів корду?
16. Які переваги мають безкамерні шини порівняно з камерними?
17. Як маркують шини й ободи? Які додаткові позначення наносять на шину?
18. Наведіть будову індикаторів зносу шини?
19. Наведіть тенденцію вдосконалення шин автомобілів.

## РОЗДІЛ

# 6

Комфортність кабіни автомобіля – це сукупність сприятливих умов навколишнього середовища, при яких психічні та фізіологічні функції водія знаходяться у стані найменшої напруги.

Безпека руху автомобіля – це сума факторів, які сприяють запобіганню аварії.

# КОМФОРТНІСТЬ КАБІНИ ТА БЕЗПЕКА РУХУ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

## § 32

### КОМФОРТНІСТЬ КАБІНИ

---

Комфортність кабіни автомобіля – комплекс властивостей середовища всередині кабіни, що визначає рівень комфортабельності й естетичності робочого місця водія. Раціональна організація робочого місця водія має велике значення для безпеки руху, підвищення продуктивності його праці і збереження здоров'я. Вона полягає в оснащенні, обладнанні та плануванні робочого місця відповідно до психофізіологічних і антропометричних характеристик людини. Оселеність є однією з властивостей, що визначає безпеку автомобіля, і характеризується мікрокліматом, ергономікою, шумом і вібраціями, загазованістю та плавністю ходу.

#### *Комфорт для роботи та відпочинку водія*

---

Комфортабельність кабіни вантажного автомобіля оцінюється перш за все забезпеченням ергономічності та естетичністю робочого місця водія.

Положення рук водія на органах керування автомобілем, в першу чергу на рульовому колесі, в значній мірі формує посадку водія і визначає можливість управління рульовим колесом.

Оптимальне положення рук на рульовому колесі для лівої руки – в секторі 9-10 годин (по аналогії з годинниковим циферблатом), для правої руки – в секторі 2-3 годин. Оптимальне положення рук на рульовому колесі забезпечує максимальний, в будь-яку сторону, кут повороту рульового колеса при управлінні як двома руками, так і однією рукою в разі маніпулювання іншими органами управління автомобілем. Дана умова реалізована на вантажному автомобілі Mercedes-Benz Actros (рис. 6.1).

Автомобіль в базовій комплектації оснащується multifunkційним рульовим колесом з регулюванням по висоті та нахилу, за допомогою кнопок

якого можна управляти телефоном, автомагнітолою та інформаційною системою.



Рис. 6.1. Органи керування автомобілем Mercedes-Benz Actros: 1 – інструментальна панель приладів з багатофункціональним дисплеєм; 2 – багатофункціональне рульове колесо; 3 – панель перемикачів; 4 – радар; 5 – джойстик керування коробкою передач

Приладова панель з хромованою окантовкою й інтуїтивно зрозумілим меню оснащена графічним дисплеєм. На дисплеї виводяться важливі дані про стан автомобіля. Підсвічування оптимального діапазону частоти обертання двигуна зеленим світлом дозволяє економити паливо (в моделях з механічною коробкою передач).

Адаптивний круїз-контроль в базовій комплектації знімає навантаження з водія. Функції збільшення швидкості та гальмування об'єднані в єдиному функціональному елементі.

Зручність користування органами управління, хороша оглядовість, найменша стомлюваність водія забезпечуються його правильною посадкою. Посадка водія визначається положенням його тіла, рук і ніг щодо органів управління. Спина повинна повністю прилягати до спинки сидіння, ноги вільно діставати до педаль, а руки – до рульового колеса й інших органів управління. Така посадка у водіїв вважається основною. Основна посадка забезпечується регулюваннями сидіння і його спинки.

Багатофункціональне рульове колесо дозволяє водієві керувати автомобілем і запитувати різні системи (в залежності від типу і виконання). Положення рульового колеса регулюється по висоті до 66 мм і нахилу до вертикалі від 10° до 42°. У поєднанні з регулюванням сидіння водій може вибрати найбільш зручне робоче положення. При мінімальному куті нахилу рульового колеса полегшується посадка водія і вихід з автомобіля, а також прохід на місце пасажирів.

Все що знаходяться в розпорядженні функції зібране в системі FIS (інформаційна система водія). Для запиту функцій є такі пункти меню:

«Контрольна інформація», наприклад, для запиту температури охолоджуючої рідини або рівня масла в двигуні;

«Звук» – для регулювання гучності в динаміках, для управління аудіоапаратурою;

«Техобслуговування» – для запиту розрахункового терміну проведення сервісного обслуговування;

«Телефон»;

«Мета поїздки» – для управління навігаційною системою;

«Лічильник поїздки»;

«Налаштування», наприклад, для настройки годинника.

*Комфортні сидіння* водія і пасажирів забезпечені пневматичною демпфуючою підвіскою. Сидіння водія (рис. 6.2), для забезпечення зручного робочого положення, має регулювання висоти щодо підлоги кабіни і поздовжнє регулювання з функцією пам'яті, регулювання кута нахилу спинки (плавне) і глибини посадки подушки, а також регульований по висоті ремінь безпеки. Сидіння пасажирів має відкидну подушку і має можливість нахилити спинку.

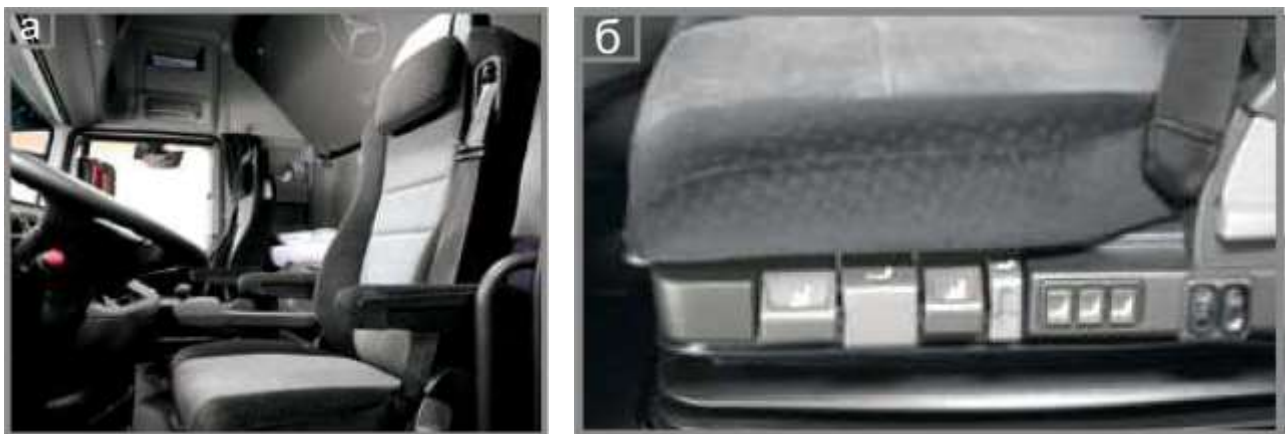


Рис. 6.2. Сидіння водія (а) і система управління його положенням (б)

Висота кабіни і розташування крісла пасажирів біля задньої стінки дозволяють людині стояти в повний зріст, а також надає великий простір для ніг.

На дверній панелі управління (рис. 6.3) розташовані перемикачі для регулювання електросклопідйомників, положення і обігріву дзеркал, а також центрального блокування замків. Напівсферичний дефлектор з різними можливостями налаштування підвищує безпеку і комфорт, наприклад, запобігає запотіванню бічних стекол.

Внутрішнє освітлення: дві регульовані по яскравості лампи, вбудовані в облицювання стелі кабіни, висвітлюють її певні зони. Окремо включається підсвічування робочої зони водія і зелене нічне підсвічування, кабіна оснащена радіо і телефоном.

Серед доступних варіантів аудіосистеми з вбудованою підтримкою Bluetooth для гучного зв'язку можна знайти крім радіоприймача і CD-плеєра з



підтримкою всіх популярних музичних форматів, також інтерфейси для підключення MP3-плеєрів і телевізорів.



Рис. 6.3. Дверна панель управління

Через вбудований пристрій гучного зв'язку за допомогою бездротового інтерфейсу Bluetooth можна звертатися до записів, що зберігаються на SIM-карті вашого мобільного телефону, за умови, що він буде володіти сумісною версією інтерфейсу Bluetooth. За допомогою кнопок на рульовому колесі можна безпосередньо оперувати цими записами. Для мобільного телефону встановлюється тримач з вбудованою

зарядкою і виведенням на антену.

Для відпочинку водія в кабіні автомобіля Mercedes-Benz Actros передбачені зручні спальні місця, сидіння для відпочинку та просторі речові ящики і відсіки, в одному з яких розміщується холодильник (рис. 6.4).



Рис. 6.4. Спальні місця (а, в) та холодильник (б) у кабіні

Внизу за спинками сидінь розташоване спальне місце (рис. 6.4, а), під яким розміщені три речові відсіки, середній з яких може бути використаний під холодильник об'ємом 25 л (рис. 6.4, б). Кабіна також може оснащуватися другим, розташованим над нижнім, спальним місцем (рис. 6.4, в) або багажною полицею.



Рис. 6.5. Відкидний столик

підсвічуванням, доступне як зсередини, так і зовні. У ньому легко розміщуються стандартні ящики з напоями. На двох рушникотримачах, що

В кабіні Actros 2 на кожній зі сторін прямо під доступним зовні речовим відділенням розташовується зовні місткий інструментальний відсік, в якому може зберігатися комплект інструментів до автомобіля, знак аварійної зупинки, вогнегасник і аптечка. В кабіні даного автомобіля передбачено речове відділення з

встановлюються під стелею кабіни, можна сушити в дорозі практично будь-які речі. У правому верхньому відділенні в кабіні встановлюється дзеркало для гоління, яке можна повертати, відкидати і встановлювати всередину.

Відкидний столик (рис. 6.5) швидко монтується і також швидко забирається. У водія з'являється можливість з комфортом приймати їжу або працювати, перебуваючи на правій стороні кабіни. Столик має зносостійку поверхню, в кабіні його можна зберігати у задньому речовому відсіку або центральному відсіку, розташованому над лобовим склом.

Надзвичайно практична річ, за оцінками водіїв, – пневматичний пістолет для подачі стисненого повітря від роз'єму на підставі сидіння водія (рис. 6.6). Даний пістолет використовується для чищення кабіни, полових килимків і т.д.



**Рис. 6.6. Пневматичний пістолет стиснутого повітря**

Створення комфортних умов роботи і відпочинку водіїв вантажних автомобілів є неодмінною умовою

підвищення властивостей населеності кабіни. При цьому істотне значення має обладнання кабіни автомобілів кліматичними установками.

### ***Опалення, кондиціонування кабіни***

---

Опалення та кондиціонування кабіни автомобіля забезпечують оптимальний мікроклімат, що оцінюється за температурою, вологістю і швидкістю руху повітря.

Оптимальною температурою повітря в кабіні автомобіля вважається 18...24 °С. Її зниження або підвищення позначається на психофізіологічних характеристиках водія, призводить до уповільнення реакції та розумової діяльності, до фізичного стомлення і, як результат, до зниження продуктивності праці й безпеки руху.

Вологість і швидкість повітря в значній мірі впливають на терморегуляцію організму. При низькій температурі та високій вологості підвищується тепловіддача і організм піддається більш інтенсивному охолодженню. При високій температурі й вологості тепловіддача різко знижується, що веде до перегріву організму.

Загазованість характеризується концентрацією відпрацьованих газів, парів палива та інших шкідливих домішок в повітрі. Основними шкідливими компонентами в кабіні автомобіля є чадний (CO) та вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), оксиди азоту (NO) і вуглеводні (CH). Особливу небезпеку для водія являє окис вуглецю CO – газ без кольору і запаху. Потрапляючи в кров людини через легені, він позбавляє її здатності доставляти кисень клітинам організму.

Отруєння відбувається непомітно і людина гине від задухи, нічого не відчуючи і не розуміючи, що з нею відбувається.

У зв'язку з цим водій повинен уважно стежити за герметичністю системи випуску відпрацьованих газів двигуна.

Істотної шкоди здоров'ю водія надають шум і вібрація в кабіні автомобілі.

Природа шуму і вібрацій одна й та ж – механічні коливання елементів автомобіля. Шум – це комплекс звуків, різних за силою і частотою. Джерелами шуму в автомобілі є двигун, трансмісія, система випуску відпрацьованих газів і підвіска. Дія шуму на водія є причиною збільшення його часу реакції, тимчасового погіршення характеристик зору, зниження уваги, порушення координації рухів і функцій вестибулярного апарату. Вітчизняні та міжнародні нормативні документи встановлюють гранично допустимий рівень шуму на робочому місці водія в межах 80 ... 85 дБ.

На відміну від шуму, що сприймається вухом, вібрації сприймаються тілом водія. Так само, як і шум, вібрації завдають великої шкоди стану водія, а при постійному впливі протягом тривалого часу можуть погіршити його стан здоров'я.

На сучасних вантажних автомобілях шум усувається в основному застосуванням шумопоглинаючих матеріалів при облицюванні внутрішніх поверхонь кабіни, вібрація – шляхом підресорювання кріплень кабіни до рами автомобіля (див. рис. 5.3), демпфіруванням сидіння водія і т.д.

### ***Обігрівання, вентиляція повітря у кабіні***

---

Перші рідинні опалювачі з'явилися в 1926 році, широке застосування вони отримали в 1950-і роки. Для забезпечення нормального мікроклімату кабіни сучасний вантажний автомобіль обладнується кліматичною установкою циркуляції повітря (рис. 6.8).



**Рис. 6.8. Циркуляція повітря в кабіні автомобіля Mercedes-Benz Actros 2**

При включеній системі автоматичного клімат-контролю самостійно регулюється інтенсивність обдування, температура і розподіл повітря. При

цьому система контролю якості повітря автоматично перемикає кліматичну установку в режим рециркуляції. Можливе обладнання кабіни на замовлення додатковим обігрівачем і кліматичною установкою незалежної дії. Сферичні дефлектори, розташовані в облицюванні дверей, підвищують безпеку і комфорт, запобігаючи запотіванню та замерзанню стекол, а також підтримуючи оптимальний розподіл повітря по кабіні.

В даний час практично всі автомобілі обладнуються опалювачами, які змішують потоки гарячого і холодного повітря. Великі безшумні та багатошвидкісні вентилятори замінили повітрязабірники нагнітального типу, зменшивши залежність роботи систем опалення та вентиляції від швидкості руху автомобіля. Набувають все більшого поширення терморегулятори з електронним управлінням, що підтримують заданий рівень температури в салоні. Для скорочення небажаного сонячного нагрівання через вікна і особливо через вітрове скло використовують тоновані стекла і відбиваючі металізовані покриття.

Системи вентиляції багатьох автомобілів комплектуються ефективними фільтрами. Крім фільтрів, які затримують пил і тверді частинки, використовуються фільтри з активованим вугіллям, що вловлюють забруднюючі речовини й запахи.

### *Кондиціонери та кліматичні установки*

---

Кондиціонування повітря в кабіні вантажного автомобіля забезпечує створення найбільш комфортного мікроклімату. Для охолодження повітря використовуються відомі фізичні принципи, відповідно до яких при швидкому розширенні рідини або газу, що знаходиться під тиском, відбувається падіння температури, оскільки зниження тиску супроводжується поглинанням теплоти з навколишнього середовища. Іншим джерелом холоду можуть служити витрати тепла на випаровування рідини. Якщо капнути на руку будь-яку летку рідину (спирт, ефір), вона почне випаровуватися і в цьому місці відчується холод. У кондиціонерах використовуються обидва цих явища.

У найпростішому кондиціонері (рис. 6.9) є балон (ресивер), в якому під тиском знаходиться рідкий холодоагент з температурою охолоджувального середовища.

Холодоагент виходить з ресивера по трубопроводу і через редуктор тиску надходить у випарник. Випарник прискорює процес випаровування. Для цього він має велику поверхню і є теплообмінником між холодоагентом і навколишнім повітрям. Для прискорення проходження повітря через випарник використовується вентилятор, який може продувати повітря, що надходить зовні автомобіля або циркулює всередині салону. Холодоагент, пройшовши через редуктор, поступово випаровується всередині змійовика випарника і охолоджується, віддаючи холод повітрю, що проходить через випарник. З випарника холодоагент виходить в газоподібному стані при низькому тиску. Для того щоб цикл охолодження відбувався постійно, необхідно стиснути газ і перевести його в рідкий стан. З цією метою використовують компресор і

конденсатор. Газоподібний холодоагент по трубопроводу надходить у компресор, який приводиться в дію від вала двигуна. Компресор стискає газ до високого тиску. Для охолодження стисненого газу використовується ще один теплообмінник – конденсатор, який встановлюється перед радіатором системи охолодження двигуна. Стиснутий холодоагент охолоджується в конденсаторі, продувається повітрям і переходить в рідку фазу, після чого повертається в ресивер, і цикл може повторюватися.

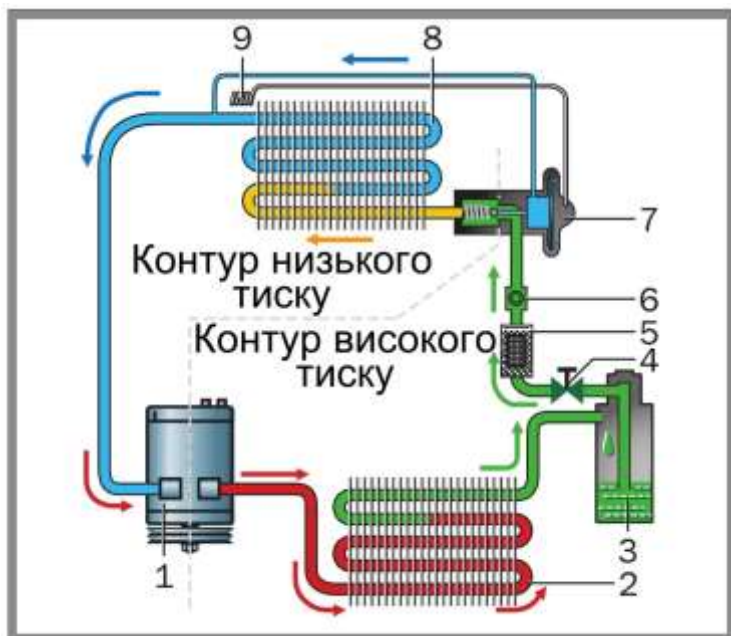


Рис. 6.9. Принципова схема кондиціонера:  
1 – компресор з електромагнітною муфтою;  
2 – конденсатор; 3 – ресивер; 4 – кран;  
5 – фільтр; 6 – оглядове вікно; 7 – редукційний клапан; 8 – випарник; 9 – датчик температури

В даний час в кондиціонерах використовується в основному холодоагент R134a. Цей холодоагент відноситься до класу ідрофторвуглеців (HFC), не містить хлору і не дуже шкідливий. Однак для ефективної роботи автомобільних кондиціонерів, що використовують R134a, необхідно становлювати більш високий обочий тиск.

Ресивер кондиціонера не тільки забезпечує зберігання холодоагенту, але й фільтрує його, видаляючи вологу (іноді фільтр встановлюється окремо від ресивера). Волога видаляється за допомогою спеціального адсорбенту, який має обмежений термін служби.

Ресивер не ремонтується і підлягає заміні в разі виходу з ладу. Попадання повітря в систему призводить непрацездатного ресивера.

Редуктор знижує тиск рідкого холодоагенту і управляє його витратою в залежності від температури на виході з випарника. У редукторі є терморегулятор, який зменшує подачу рідкого холодоагенту, якщо з випарника холодоагенту температура виходить дуже низька, що, в свою чергу, вказує на неповне його випаровування.

Випарник виконаний у вигляді декількох змійовиків, виготовлених з алюмінієвих трубок (для R134a). При роботі кондиціонера на трубках випарника конденсується волога, що міститься в повітрі. Краплі вологи збираються в піддоні й видаляються через трубопровід під автомобіль. Вода, що збирається під автомобілем з працюючим кондиціонером, не є наслідком несправності його агрегатів.

## § 33

### БЕЗПЕКА РУХУ

Коли заводять мову про величезну кількість дорожньо-транспортних пригод на дорогах нашої країни, в першу чергу їх причинами вважають поганий стан дорожнього полотна і низьку дисципліну водіїв. В умовах, коли зчеплення колеса автомобіля з опорною поверхнею далеко не оптимальне (при нашому кліматі такий стан можна вважати нормою), водієві необхідно постійно контролювати і управляти режимами руху автомобіля.

#### *Контрольно-вимірювальні прилади*

Водій, що знаходиться за кермом автомобіля, постійно повинен стежити за показниками приладів, що знаходяться на приладовому щитку. Деякий час назад вважалось, що чим більше приладів має автомобіль, тим краще. Стрілочні прилади дозволяли дізнаватися про тиск і температуру масла, температуру охолоджуючої рідини, напругу і силу струму в електричній мережі й т.п. Сьогодні спостерігається інша тенденція – забезпечувати водія тільки необхіднішою інформацією. Практично основною і необхідною водієві інформацією є дані про швидкість руху, кількість палива в баку, температуру охолоджуючої рідини і частоту обертання колінчастого вала (рис. 6.10).



Рис. 6.10. Панель приладів у кабіні автомобіля



Рис. 6.11. Багатофункціональний дисплей контрольно-вимірювальних приладів

Основну інформацію про роботу окремих елементів автомобіля, режими їх роботи, і технічний стан і т.д. водій отримує за допомогою дисплеїв, які є невід'ємною частиною контрольно-вимірювальних приладів сучасного автомобіля. Наприклад, багатофункціональний дисплей автомобіля Mercedes-Benz Actros 2 (рис. 6.11) розділений на фіксовані ділянки: 1 – керівництво користувача, 2 – налаштована основна картинка, наприклад, індикація швидкості, 3 – стан системи регулювання рівня рами, 4 – індикація включеної передачі, 5 – поле подій для індикації відмов і несправностей, 6 – віконце індикації блокувань, відбору потужності, підтримка осей спереду і ззаду й системи полегшення рушання з місця, 7 – віконце індикації функції темпомат, а також системи адаптивного круїз-контролю (ART).

### *Допоміжні системи*

---

На ринку зараз пропонується багато систем, які забезпечують водія навігаційною інформацією: показують поточне місце розташування автомобіля на вулично-дорожній сітці і пропонують більш зручний маршрут для поїздки до місця призначення.

Принципи автоматичної навігації добре розроблені, а конкуруючі системи відрізняються одна від одної тільки в деталях апаратних засобів ЕОМ і програмного забезпечення. Географічна інформація зберігається на CD і DVD, що дає можливість оперативного оновлення і дозволяє використовувати одну навігаційну систему для різних місцевостей. Положення транспортного засобу визначається за допомогою супутникових даних Глобальної системи позиціонування (GPS – Global Positioning System). Система GPS повинна постійно перераховувати положення автомобіля після потрапляння в «мертві точки» (наприклад, тунелі або області «зони відсутності сигналу» у великих містах).



Рис. 6.12. Дисплей навігаційної системи

В даний час активно розробляються і впроваджуються потужні системи, здатні сприймати інформацію в реальному масштабі часу від інформаційних систем руху. Вони попереджають водія про пробки на дорогах, місця стоянки і відпочинку, заправні станції й дозволяють навігаційній системі автоматично повторно обчислювати найкоротший маршрут, якщо на раніше розрахованому маршруті виникають транспортні затори і затримки руху.

Для відображення інформації використовуються дисплеї з яскравим і чітким екраном (рис. 6.12).

У найбільш сучасних системах використовується мовне управління з синтезаторами мови, що дає можливість водієві керувати різними пристроями за допомогою власного голосу, а також отримувати інформацію у вигляді голосового супроводу, не відволікаючись від управління автомобілем. Використовуючи такі пристрої водій через голосовий зв'язок «спілкується» з автомобілем, змушуючи його виконати певну операцію. В даний час, щоб користуватися такою системою, водій повинен вивчити невеликий список стандартних фраз.

### *Оглядовість із кабіни*

---

Оглядовість автомобіля за визначенням нормативних документів – це конструктивна властивість автомобіля, що характеризує об'єктивну можливість і

умови сприйняття водієм візуальної інформації, необхідної для безпечного і ефективного управління автомобілем.

Оглядовість автомобіля – величина простору перед автомобілем, збоку і ззаду нього, що добре проглядається. Оглядовість з місця водія вгору визначається граничного відстанню видимості точки, що знаходиться на висоті 5 м від рівня проїзної частини.

Передня оглядовість – оглядовість через переднє і бічні вікна кабіни, обмежена полем зору водія рівним  $180^\circ$  в горизонтальній площині при направленні лінії погляду з місця водія паралельно середньої поздовжньої площини автомобіля. Характеризується нормативним полем огляду, непроглядаємими зонами в нормативному полі огляду, а також непроглядаємими зонами, створюваними стійками переднього вікна.

Для поліпшення оглядовості сучасні вантажні автомобілі обладнані дзеркалами переднього та заднього виду з підігрівом, які одночасно захищають бічні стекла кабіни від забризкування під час дощу, ефективною системою захисту переднього і бічних стекол кабіни від обмерзання й запотівання та системою очищення зовнішньої поверхні передніх стекол від забруднення і вологи .

Дзеркала заднього виду повинні бути правильно відрегульовані. Праве зовнішнє дзеркало повинне забезпечувати можливість видимості, починаючи з відстані не більше 30 м позаду водія, частини пласкої й горизонтальної дороги шириною не менше 3,5 м і лінії горизонту. На відстані менше 30 м допускається поступове зменшення ширини видимої частини дороги до 0,75 м на відстані не більше 4 м позаду водія. Ліве зовнішнє дзеркало повинне забезпечувати можливість видимості, починаючи з відстані не більше 10 м позаду водія, частини пласкої й горизонтальної дороги шириною не менше 2,5 м і лінію горизонту. Скло дзеркал особливою сферичної форми значно зменшує розмір «мертвих зон». Геометрія зовнішніх дзеркал сприяє зменшенню їх вібрації та перешкоджає забрудненню їх бічних сторін.

Для більш ефективного освітлення проїжджої частини і підвищення безпеки фари більшості сучасних вантажних автомобілів виконані в біксеноновому варіанті (рис. 6.13).



Рис. 6.13. Освітлення дороги біксеноновими фарами автомобіля Actros

---

Ближнє світло таких фар буде «працювати» на відрізку до 65 м, а дальнє



світло пошириться на відстань до 180 м, що в умовах темряви забезпечує відмінну, близьку до денної, освітленість, а значить, і підвищує безпеку дорожнього руху.

Додатковою перевагою є те, що при пошкодженні корпусу фари замінюється тільки він сам, а не весь блок, що скорочує час ремонту і витрати.

На оглядовість з кабіни автомобіля істотно впливає робота склоочисників.

Зараз вже важко уявити, що колись були автомобілі, які не мали склоочисників. З моменту їх появи було випробувано багато різних методів очищення скла від дощу, включаючи обробку скла спеціальним складом, який майже повністю усуває поверхневий натяг, так щоб вода на вітровому склі скочувалася краплями, не погіршуючи оглядовість. Проте основним пристроєм для очищення скла залишаються механічні щітки.

Використовуються різні методи поліпшення якості механічного очищення скла. Деякі виробники застосовують складні приводи щітки склоочисника в спробі очистити «сліпі» зони, що залишаються після роботи звичайного склоочисника, що рухається по дузі. У деяких автомобілях використовується одна щітка склоочисника. Під час роботи пристрій висуває щітку до верхніх кутів вітрового скла, очищаючи більшу його область, ніж дві звичайних щітки.

Фірми Bosch і Valeo пропонують використовувати для кожної щітки склоочисника індивідуальні електродвигуни замість одного двигуна зі складною і громіздкою кінематикою. Роботою цих двигунів може керувати електроніка, що забезпечує не тільки синхронну роботу склоочисника, а й можливість видалення щіток з поля зору водія після закінчення очищення скла. Датчики дощу (рис. 6.14), що здатні «бачити» краплі води на склі й включати склоочисники автоматично, тепер починають з'являтися на автомобілях масового виробництва.

Датчик дощу і освітлення з п'ятиступінчастим регулюванням підвищує безпеку й комфорт: автоматично включає склоочисник з першими краплями дощу, а при в'їзді в тунель ще й фари головного освітлення.

Несправності пристроїв оглядовості з робочого місця водія за ступенем небезпеки для руху знаходяться на другому місці після несправностей гальмівних систем. У зв'язку з цим, безпека руху в значній мірі залежить від ефективності використання зовнішніх дзеркал заднього виду, тобто від технічного стану систем підігріву самих дзеркал, очищення переднього скла від забруднення і вологи (склоочисник, склоомивач і елементи їх приводу), обмерзання і запотівання (обігрівач

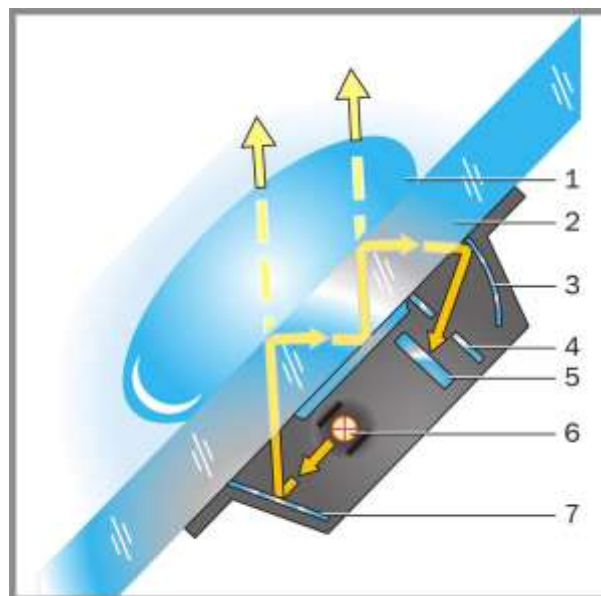


Рис. 6.14. Схема датчика дощу:  
1 – крапля дощу; 2 – вітрове скло;  
3 – дзеркало; 4 – діафрагма;  
5 – фотодатчик; 6 – джерело світла;  
7 – дзеркало

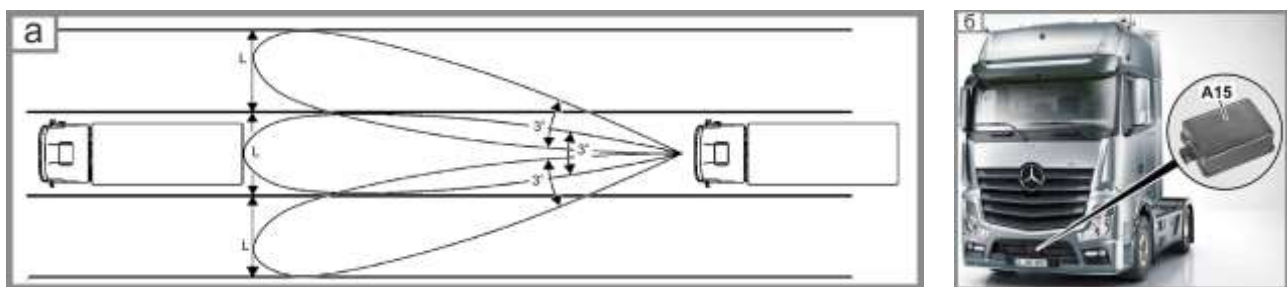
кабіни).

На автомобілі з кузовом-фургоном можуть бути встановлені відеокамери заднього і бічного огляду. Вони забезпечують повний огляд в будь-яких ситуаціях, в тому числі при русі заднім ходом і не тільки, полегшують можливість паркування, й гарантують безпеку оточуючим учасникам дорожнього руху. Камери бездротові, тому дозволяють отримати якісне зображення, на відміну від парктроніків, робота яких обмежується подачею звукового сигналу. У темряві камери "бачать" набагато краще водія. Робоча температура від  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+65^{\circ}\text{C}$  дозволяє експлуатувати камери в досить важких температурних умовах.

### ***Система підтримання безпечної відстані***

---

Контроль відстані до автомобіля, що йде попереду це – одне з найважливіших правил безпечного руху. На сучасних вантажних автомобілях встановлюється адаптивна система круїз-контролю, яка не тільки автоматично підтримує задану водієм швидкість руху автомобіля, але і знижує ризик виникнення дорожньо-транспортної пригоди, забезпечуючи безпечну дистанцію до автомобіля, що рухається попереду (рис. 6.15).



**Рис. 6.15. Зони відправлення та приймання сигналу радара (а) та його фронтальне розташування (б) на автомобілі Mercedes-Benz Actros (Model 963)**

Система працює наступним чином: радар посилає електромагнітні сигнали з частотою 77 ГГц і отримує відбиті від перешкод сигнали. Ширина охоплення складає близько 150 м. Від отриманих сигналів на підставі часу їх затримки блок управління системи проектування визначає відносну швидкість руху автомобілів і дистанцію до автомобіля, що рухається попереду, реєструючи її (функція розпізнавання).

Сигнали утворюють три зони відправки і прийому в формі конусів з кутом розсіювання близько  $3^{\circ}$ , які частково перекриваються.

Отримані сигнали обробляються і відправляються на блок управління системи, звідки надходять на дисплей. На дисплеї відображається дистанція до автомобіля, що рухається попереду, і краща швидкість руху автомобіля. При гальмуванні автомобіля попереду система попереджає водія світловим (символом на дисплеї) і звуковим сигналами, автоматично знижуючи швидкість руху автомобіля.

Система орієнтується тільки щодо автомобіля, який рухається попереду,

але не реагує на автомобілі, що стоять на сусідній смузі, і не розпізнає рухомі в зустрічному напрямку автомобілі.

### *Безпека руху автопоїздів*

---

Автопоїздом є транспортний засіб для перевезення вантажів або спеціального обладнання, що включає вантажний автомобіль, причіп або напівпричіп, який буксується. Безпека руху автопоїздів визначається в основному необхідністю усунення можливості їх складання, занесення причепа і перекидання. Рух автопоїзда по слизькому покриттю (рис. 6.16) вимагає постійних безпомилкових дій водія, найменша помилка якого призводить до аварії.



Рис. 6.16. Рух автопоїзда по слизькому покриттю

Автопоїзд повинен мати хорошу курсову стійкість руху, яка визначається його динамічною стабілізацією. З цієї причини європейське законодавство з 2011 року вимагає введення системи динамічної стабілізації (ESP) для вантажівок понад 7,5 т.

Модель даної системи реалізує крім трьох ступенів свободи руху автопоїзда (поздовжня, поперечна і навколо вертикальної осі) додатково

кут зчленування між тягачем і причепом (додатковий ступінь свободи). Порівнюючи поточні значення координат руху автопоїзда з номінальними значеннями електронна система гальмівного управління (ESP) сучасного вантажного автомобіля пригальмовує окремі колеса причепа (рис. 6.17).

Поріг перекидання (порогове поперечне прискорення) автомобіля залежить не тільки від висоти центру ваги, але і від систем шасі (підвіска, стабілізатори, пружини і т.д.) й типу корисного навантаження (фіксоване або рухоме). Поріг перекидання коригується залежно від ситуації руху. Наприклад, поріг перекидання при високій швидкості руху зменшується, щоб забезпечити раннє втручання системи. І навпаки, при дуже повільних маневрах (проходженні крутих поворотів) він підвищується, щоб запобігти непотрібного втручання ESP.

Для забезпечення динамічної стабілізації, навіть в разі сильних відхилень від прийнятної ситуації (наприклад, дуже високе розташування центру тяжіння), ESP додатково виявляє можливий відрив коліс від поверхні дороги на внутрішньому радіусі повороту. За необхідності весь автопоїзд інтенсивно гальмується.

Як датчики ESP у вантажівках використовується комбінований датчик швидкості обертання навколо вертикальної осі поперечного прискорення і датчик кута повороту рульового колеса. Кожен з цих датчиків з'єднують

контролером з інтерфейсом CAN для аналізу і безпечної передачі даних вимірювань.

Широкі можливості втручання ESP в характеристики управління автопоїздом вимагають наявності комплексної системи безпеки для забезпечення нормального функціонування системи. Це відноситься не тільки до базової системи ABS, але і до додаткових компонентів ESP, включаючи всі датчики та інтерфейси.

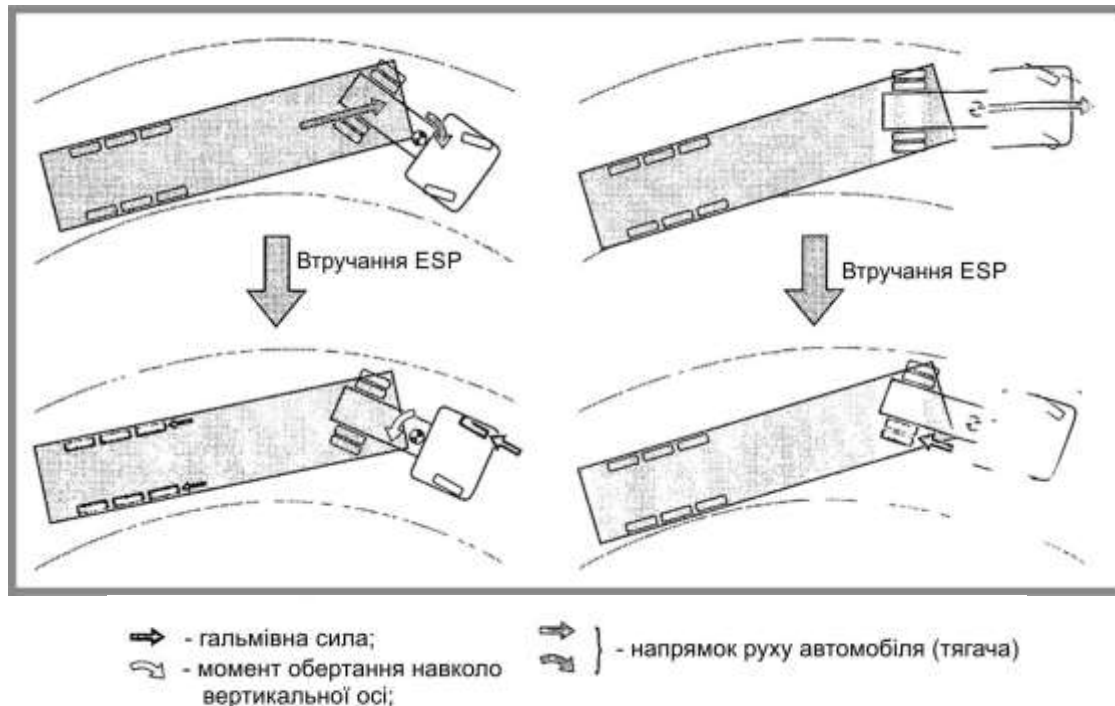


Рис. 6.17. Пригальмовування коліс напівпричепа за допомогою ESP: а, б – автомобіль відповідно з надлишковою і недостатньою повертаємстю

Виникнення несправностей, в залежності від їх характеру і значущості, призводить до різних наслідків – від виключення окремих функціональних груп до повного переходу на резервний режим, коли управління гальмами здійснюється чисто пневматично. Це запобігає неправдоподібному і потенційно небезпечному стану при гальмуванні через некоректні сигнали датчиків.

Виникнення несправності сигналізується водієві, наприклад, сигналізатором або повідомленням на дисплеї. Крім того, будь-які виникаючі несправності отримують в блоці управління позначку часу і зберігаються в блоці пам'яті несправностей. Фахівці СТО можуть проаналізувати їх за допомогою діагностичної системи.

### ***Перспективні напрямки підвищення безпеки автомобілів***

Безпека автомобілів повинна відповідати Правилам Комітету з транспорту Європейської економічної комісії Організації Об'єднаних Націй (ЄЕК ООН).

Після спеціальних випробувань на відповідність міжнародним правилам

безпеки на вузлах (стеклах, шинах, дзеркалах заднього виду та ін.), світлотехнічних приладах, на фірмовій табличці автомобіля наноситься буква «Е» в окружності. Цифра поряд з буквою «Е» вказує на країну, в якій проводилися випробування: 1 – ФРН, 2 – Франція, 3 – Італія і т.д.

У забезпеченні безпеки автомобіля за останні роки були досягнуті великі успіхи. У результаті останніх розробок з'явилися такі нововведення, як дублювання гальм, рульова колонка, яка руйнується, приладова панель з оббивкою, безпечні дзеркала, подвійні інерційні ремені безпеки. Енергопоглинаючі кузов і бампери при дорожньо-транспортних пригодах поглинають енергію удару, зберігаючи заданий простір салону. Безпеці сприяє установка пластмасового паливного бака і бічні протиударні лонжерони дверей, а також «подушки безпеки» в салоні автомобіля.

### ***Контрольні запитання***

---

1. Які показники враховують при оцінюванні якості комфорту водія вантажного автомобіля?
2. Наведіть принцип роботи кондиціонера кабіни вантажного автомобіля.
3. Які основні контрольно-вимірювальні прилади безпеки руху вантажного автомобіля?
4. Який взаємозв'язок оглядовості із кабіни та безпеки руху вантажного автомобіля?
5. Наведіть принцип роботи системи підтримання безпечної відстані автомобіля.
6. Які системи вантажного автомобіля забезпечують його безпечний рух?

РОЗДІЛ

7

Інтелект – це властивість адаптуватися до нових ситуацій.  
Бортові інтелектуальні системи автомобіля забезпечують його керування, безпеку водіння, сервісний супровід та ефективність технічної експлуатації.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ  
СИСТЕМИ  
ВАНТАЖНИХ  
АВТОМОБІЛІВ

§ 34

ОСНОВНІ СТРУКТУРНІ  
КОМПОНЕНТИ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

Високий рівень мехатронізації сучасних автомобілів забезпечив створення бортових систем внутрішньої та зовнішньої телематики. Передача телематичних даних від внутрішніх до зовнішніх систем – між автомобілем та інформаційним простором – забезпечує функціонування інтелектуальних транспортних технологій керування рухом автомобіля: інформування водія, збирання та передача інформації, контроль за технічним станом, безпечно й ефективно керування дорожнім рухом.

*Мехатронні системи*

**Мехатронна система** складається з механічного об'єкта керування та електронної (мікропроцесорної) системи керування. Система керування, у свою чергу, містить інформаційні датчики (Д) та виконавчі пристрої (ВП), пов'язані через електронний блок керування (ЕБК). Узагальнену структуру мехатронної системи в автоматичному режимі на рівні апаратних елементів та параметрів їх контролю можна продемонструвати схемою на рис. 7.1.

Призначення та застосування датчиків: функціональне (розімкнуті й замкнуті ланцюги керування), безпека та підтримка, контроль та отримання інформації.

Як правило, у більшості випадків використовуються датчики з описаними далі типами сигналів.

Вихідний сигнал пропорційний:

- амплітуді, величині струму або напруги, частоті або періоду;
- тривалості імпульсу (коефіцієнту заповнення імпульсів).

Дискретний вихідний сигнал:

- дворівневий (двійковий);
- багаторівневий (нерівномірне градування);
- багаторівневий (рівномірний) або цифровий.

Чим більше датчиків, тим більші можливості пристроїв. Датчики та виконавчі механізми – це периферійні пристрої лінії зв'язку між транспортним засобом з його складним приводом, гальмами, шасі та роботою агрегатів загальноцільового використання, включно з навігаційними пристроями та блоками керування, що обробляють отримувані сигнали. Перехідні пристрої (адаптери) звичайно використовуються для перетворення сигналів датчика у стандартну форму, необхідну для передачі на блок керування. Крім того, на роботу системи можуть впливати сигнали датчиків з інших елементів, які обробляють, і/або вимикачі, якими маніпулює водій.

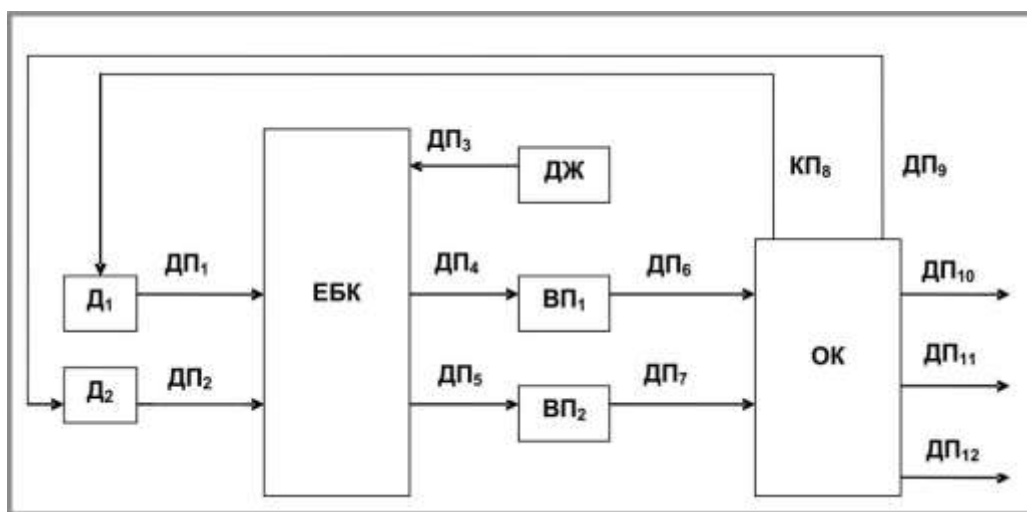


Рис. 7.1. Узагальнена структура мехатронної системи: *Д* – датчики; *ВП* – виконавчі пристрої; *ДЖ* – джерело живлення; *ОК* – об'єкт керування; *ЕБК* – електронний блок керування; *ДП<sub>1</sub>-ДП<sub>9</sub>* – структурні параметри мехатронної системи (*ДП<sub>1</sub>-ДП<sub>5</sub>* – електричні параметри; *ДП<sub>6</sub>-ДП<sub>9</sub>* – неелектричні параметри); *ДП<sub>10</sub>-ДП<sub>12</sub>* – вихідні параметри мехатронної системи (неелектричні)

За умовами експлуатації та вимогами, що до них висуваються, датчики транспортних засобів поділяють на три класи надійності залежно від розміщення:

- рульове керування, гальмове керування, захист пасажирів;
- двигун, трансмісія, підвіска, шини;
- комфорт, інформація/діагностика, протиугінний захист.

Системи керування розвиваються від локальних електронних схем обробки сигналів з гібридними і монолітними вбудованими датчиками до комплексних цифрових схем з аналого-цифровими перетворювачами та мікрокомп'ютерами (мехатроніка), що повністю використовують прецизійні можливості датчика (рис. 7.2).

**Система обробки інформації.** Сучасний електронний пристрій, що керує та регулює роботу будь-якого автомобільного агрегату, системи або вузла, називається електронним блоком керування (ЕБК). Його також називають

контролером або комп'ютером.

В ЕБК входять такі основні складові:

- перетворювач неелектричних величин в аналогові електричні сигнали;
- число-імпульсні перетворювачі (ЧІП) аналогових сигналів у цифрові (АЦП);

- мікропроцесор (МП), що включає мікрокомп'ютер та її вихідні каскади.

На інтегральну схему МП передається інформація з постійного запам'ятовуючого пристрою (ПЗП) і відбувається обмін інформацією з оперативним запам'ятовуючим пристроєм (ОЗП);

- комутатори, що підсилюють вихідні керівні сигнали, які подаються на органи керування.

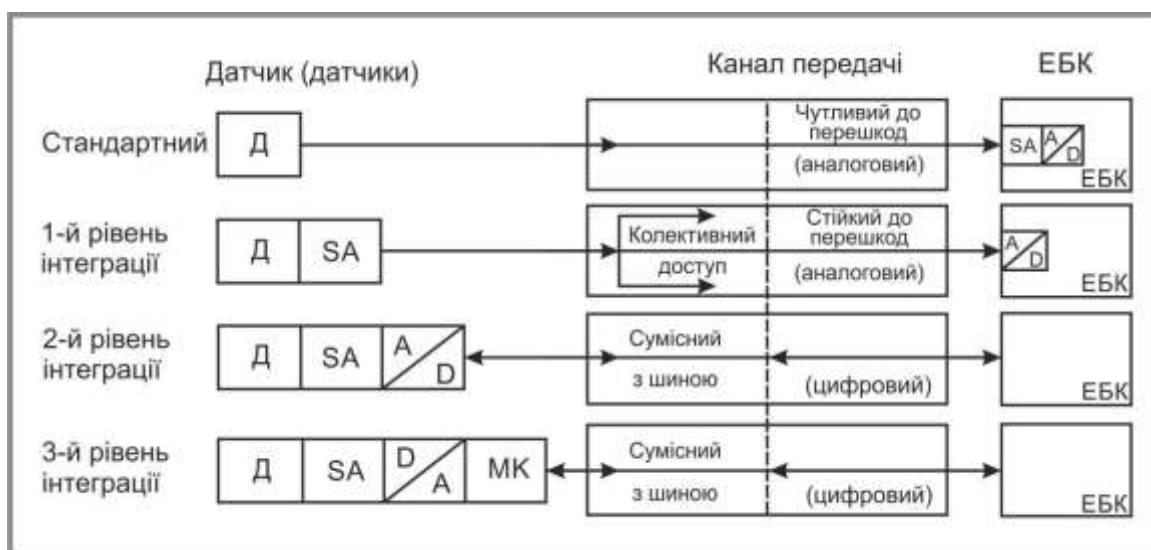


Рис. 7.1. Рівень інтеграції датчиків: Д – датчик; SA – обробка сигналу (аналогова); AD – перетворювач цифрового сигналу у аналоговий; ЕБК – електронний блок керування; МК – мікрокомп'ютер

Основою ЕБК, наприклад, двигуна автомобіля Ford, являється центральний процесор або мікрокомп'ютер. Серцем мікрокомп'ютера є спеціалізований 16-розрядний мікропроцесор 8061 фірми Intel, розроблений разом з фірмою Ford.

Програма роботи МП для всіх можливих режимів і умов експлуатації двигунів записана в комірки мікросхеми пам'яті ПЗП. Крім цього в ПЗП зберігаються всілякі матриці, таблиці, значення поправочних коефіцієнтів та інші дані, необхідні процесору для розрахунків тривалості керівних імпульсів форсунок, кута випередження запалювання (КВЗ) тощо. Постійний запам'ятовуючий пристрій є енергонезалежним: уся записана в нього інформація зберігається після відключення живлення необмежений час.

Для зберігання результатів проміжних розрахунків, сигналів, що надходять з датчиків та деяких інших даних використовується мікросхема ОЗП. У разі знеструмлення ЕБК (вимкненні запалювання) уся інформація, записана на даний момент в ОЗП, втрачається.

Для зберігання діагностичної інформації (коди виникнення помилок і відмов), а також адаптивних рівнів використовується ОЗП, що має постійне (що



не відключається) живлення від акумуляторної батареї. У сервісній документації фірми FORD цей тип пам'яті називається КАМ (Keep Alive Memory). Інформація, що зберігається в мікросхемі КАМ, зберігається при вимкненому запалюванні, але втрачається у разі відключення акумуляторної батареї. Деякі виробники використовують енергонезалежні ОЗП.

Вхідні сигнали, що надходять від різних датчиків, обробляються спеціальними формувачами або перетворюються в цифрову форму вхідними АЦП і тільки після цього використовуються центральним процесором для розрахунку тривалості імпульсів упорскування, КВЗ та інших параметрів роботи ДВЗ.

Після формування керівних сигналів з необхідними параметрами (частота, шпаруватість, тривалість тощо) вони надходять на вихідні ключі (драйвери), які здійснюють підсилення по струму та безпосереднє керування різними виконавчими елементами (форсунки, реле, соленоїди, котушки запалювання і т. д.).

ЕБК забезпечує односторонній або двосторонній обмін інформацією між об'єктом та керуючим пристроєм в процесі вирішення функціональних завдань.

У системі «автомобіль-водій-дорога» автомобіль розглядається як об'єкт керування і в поєднанні з електронною системою керування є телематичною системою, що функціонує в напівавтоматичному режимі під контролем водія (рис. 7.3).

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

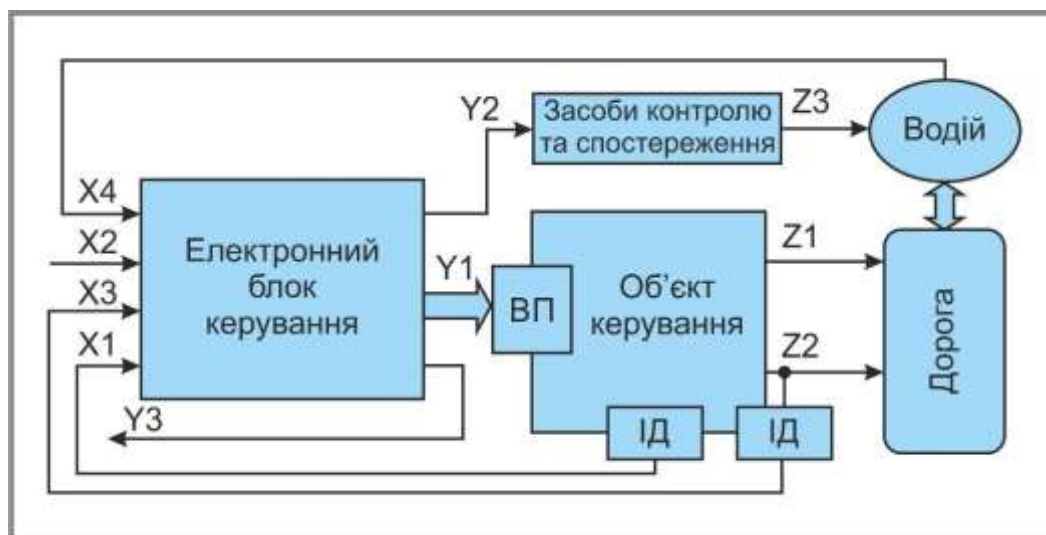


Рис. 7.3. Узагальнена функціональна схема системи «автомобіль-водій-дорога»: X – вхідні сигнали електронного блоку керування (ЕБК) системи керування; Y – вихідні сигнали ЕБК системи керування; Z – вихідні характеристики (параметри) автомобіля (агрегатів). Вхідні сигнали окремої системи керування надходять з: датчиків структурних (режимних) параметрів об'єкта керування  $X_1$ , датчиків інших мехатронних або інформаційно-вимірювальних систем автомобіля  $X_2$ , датчиків вихідних параметрів об'єкта керування  $X_3$ , датчиків органів керування  $X_4$

Вихідні характеристики мехатронної системи можуть не контролюватися  $Z_1$  (розімкнуті системи) або контролюватися  $Z_2$  (замкнуті системи) датчиками вихідних параметрів. При цьому реалізуються, відповідно, жорсткі (без зворотних зв'язків) або гнучкі (зі зворотними зв'язками) алгоритми керування.

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

### ***Склад телематичних бортових систем автомобіля та їх зв'язок із зовнішніми пристроями***

---

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

Загальна схема бортових систем інтелектуального автомобіля приведена на рис. 7.4.

Бортова система поділена на три групи:

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

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

**Структура телематичних систем.** Більшість традиційних систем телематики мають у своєму складі телематичний блок і вбудовані бортові системи адаптивного керування робочими процесами. Система телематики отримує дані від датчиків автомобіля. Блок телематики має порт для аналізу технічного стану, а дані, збережені у ньому, можуть передаватися на персональний комп'ютер або до іншого зовнішнього телепатичного модуля супутникової навігації.

Система телематики містить додаткове джерело живлення та блок, який, у

свою чергу, має пристрій зв'язку, що вибірково забезпечує двосторонній зв'язок між телематичним блоком та персональним комп'ютером. Крім того, ще є контролер, який керує електроживленням приладів та обладнання автомобіля з метою запобігання перевантажень акумуляторної батареї.



Рис. 7.4. Класифікація бортових систем інтелектуального автомобіля

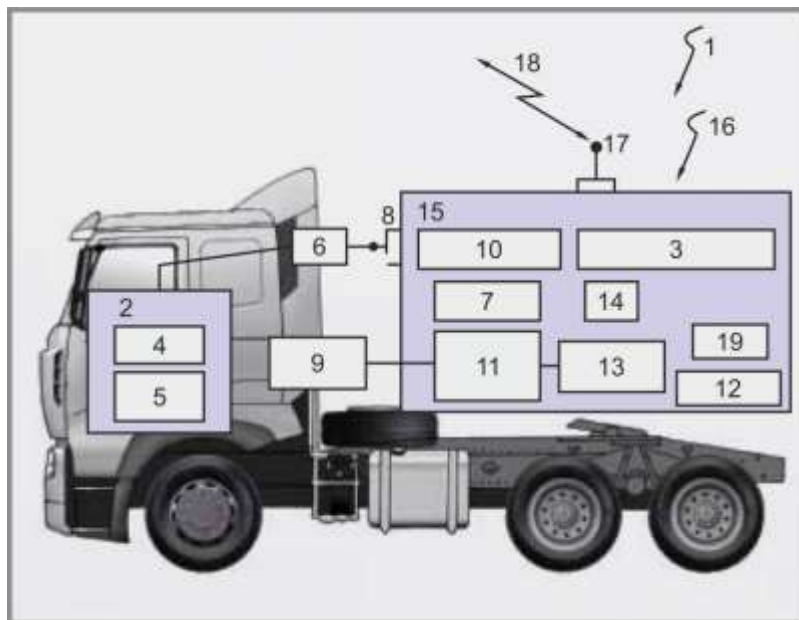
Схематично систему телематики сучасного автомобіля наведено на рис. 7.5. Автомобіль із системою телематики 16 складається з однієї або кількох підсистем. Наприклад, підсистема 2 (двигун) має датчик 4 відповідного типу (акселерометр, датчик витрати палива, датчик тиску, датчик світла, вольтметр тощо) може бути використана для виявлення несправностей двигуна.

Підсистема 2 і датчик 4 можуть перебувати у з'єднанні з електронним блоком керування двигуном (ЕБК) 6. Так, ЕБК може отримувати інформацію про стан систем автомобіля від підсистеми 2.

Система телематики 16 збирає різну інформацію з автомобіля і підтримує зв'язок із зовнішнім пристроєм (наприклад, комп'ютер, локальна точка доступу та/або сервер тощо), щоб додатково опрацьовувати інформацію про автомобіль. Її можна використати для моніторингу автомобіля, визначення страхових тарифів, управління автопарком, розслідування нещасних випадків тощо. Крім того, система телематики використовує унікальний засіб і спосіб керування потужністю для зв'язку із зовнішнім пристроєм 18.

Блок телематики 15 містить рознімач телематики 8. У показаному варіанті з'єднувач телематики 8 має електричний зв'язок з блоком управління 6. У

деяких варіантах конструкцій рознімач телематики 8 є інтерфейсом бортової діагностики, зокрема інтерфейс OBD-II. В інших варіантах з'єднувач телематики 8 використовує автономний мікроконтролер для автоматичного визначення, який зі стандартних інтерфейсів автомобіля під'єднаний. Рознімач телематики забезпечує зв'язок з ЕБК 16, щоб відновити інформацію про автомобіль з підсистеми 2.



**Рис. 7.5. Структурна схема системи телематики автомобіля**

Блок телематики 15 може містити систему глобального позиціонування (GPS) 14. GPS використовується для визначення місця знаходження автомобіля. У деяких варіантах конструкцій GPS може мати зовнішню антену, яка взаємодіє із зовнішньою системою GPS. Крім того, цей блок може мати у своєму складі акселерометр 3, який виявляє прискорення й уповільнення автомобіля, час його руху.

Система телематики містить і систему керування електроживленням 11 автомобіля. Ця система вибірково викликає телематичний блок 15 для живлення щонайменше з одного основного джерела живлення 9 або допоміжного 13. У деяких варіантах конструкцій систем телематики блок телематики 15 містить таймер 12, який записує тривалість часу, оскільки телематичний блок знаходиться у режимі очікування, і як тільки заданий час очікування пройшов (визначається за допомогою таймера 12), то блок телематики збільшує енергоспоживання. Цей блок за інформацією від таймера підраховує кількість невдалих спроб його встановлення бездротового зв'язку із зовнішнім пристроєм 18.

### ***Основні підсистеми інтелектуальних автомобілів***

В основу адаптивного керування сучасного автомобіля покладено

інформаційний обмін даними (з допомогою шини CAN) між усіма блоками технічних систем автомобіля. Це дало можливість керувати режимами роботи автомобіля, його рухом, удосконалити функціональні алгоритми і програмне забезпечення.

Експлуатаційні властивості автомобіля базуються на його мехатронних та телематичних системах керування (ESP, ABS, EBS, EDS, ASP, MSR, ESBS та ін.) та телематичних комплексах, які надають найоперативнішу інформацію про технічний стан автомобіля, дорожнього середовища та дають можливість взаємодіяти з учасниками дорожнього руху. За допомогою телематичних систем забезпечується навігація, можна виконувати планування, аналіз, організацію транспортного руху. Високий інтелектуальний рівень виробництва автомобілів дає можливість підвищити ресурс, технічну й екологічну безпеку та надійність автомобіля, контролювати дії водія, коригувати періодичність та норми ТО.

Сучасний інтелектуальний автомобіль має такі бортові телематичні системи:

**1. Мехатронні та телематичні системи керування рухом автомобіля:**

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

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

цілеспрямовано компенсує порушення курсової стійкості автомобіля.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Система HAS** (англ. Hill Assist Start) допомагає водію почати рух на

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

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

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

### **2. Телематичні системи інформування водія про:**

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

### **3. Телематичні системи збору й передачі інформації:**

- чорний ящик;
- тахограф;
- передача інформації про аварії;
- електронна ідентифікація автомобіля (вантаж);
- позиціонування автомобіля, інформація про його місцезнаходження.

### **4. Телематичні системи безпечного й ефективного керування транспортними потоками:**

- надають водію допомогу в передбаченні дорожньої обстановки;
- спонукають водія до дій щодо попередження небезпечної ситуації;

– знижують утомленість водія, беручи частину навантаження з керування автомобілем на себе;

– автоматично беруть керування автомобілем на себе, якщо водій самостійно не зміг виконати необхідні дії щодо попередження ДТП, або зменшують тяжкість її наслідків;

– дають можливість ідентифікувати транспортний засіб, параметри його роботи та технічного стану;

– переспрямовують транспортні потоки;

– видає рекомендації щодо вибору швидкості руху;

– SOS сервіс;

– попереджають про туман;

– попереджають про слизьку дорогу та небезпечну ділянку дороги;

– попереджають про можливе зіткнення на перехресті.

### **5. Телематичні системи контролю технічного стану:**

– система самодіагностування;

– система дистанційного діагностування;

– системи попередження і рекомендації по технічному обслуговуванню.

Вбудовані бортові системи самодіагностики автомобілів мають багаторівневі алгоритми діагностування компонентів. Блок керування автомобіля слідкує за станом електричних блоків і передає результати в пам'ять несправностей. Інформація про результати самодіагностування зберігається у спеціально зарезервованих комірках пам'яті блока керування, звідки вона може бути виведена на контрольну лампу, на діагностичний рознімач. Зчитування інформації з діагностичного рознімача може здійснюватися з допомогою діагностичного сканера або тестера.

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

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



зв'язків як всередині автомобіля, так і поза ним.

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

### *Функціональне призначення бортових систем*

---

Функціональна класифікація інтелектуальних бортових транспортних систем (ІБТС) автотранспортних засобів (АТЗ) складається з п'яти груп:

1. Системи допомоги водію, які підвищують активну безпеку АТЗ: АБС, системи стабілізації курсової стійкості контролювання «мертвої зони», попередження перекидання й утримання АТЗ під час руху на будь-якій траєкторії, адаптивний круїз контроль і т. д.

2. Системи контролю та забезпечення безпеки водіння: системи контролю, накопичення інформації й сповіщення про режими праці, втомлюваність водія, якість водіння (кількість екстрених гальмувань, спрацювань АБС та систем стабілізації курсового руху, стійкості і т. д.).

3. Системи контролю безпеки технічного стану АТЗ: системи автоматизованого контролю й оповіщення про ефективність та стійкість гальмування АТЗ, сумісності ланок автопоїздів, контролю та підтримання нормативного тиску в шинах, пневматичної підвіски та ін.

4. Системи контролю та підвищення екологічної безпеки АТЗ: системи бортового моніторингу, витрати пального і токсичності вихлопних газів, автоматизації набору передач залежно від дорожньої ситуації та підтримання економного режиму руху тощо.

5. Системи контролю дорожньої ситуації та транспортної роботи АТЗ: системи контролю й оповіщення про дорожню ситуацію та місце знаходження АТЗ, водія та роботодавця, а також накопичення інформації та сповіщення роботодавця про параметри транспортної роботи.

Основна концепція інтелектуального транспортного засобу полягає у його здатності постійно контролювати дії водія, автомобіль та довкілля, допомагати водію найбільш ефективно й безпечно керувати автомобілем у складних ситуаціях. Останнім часом основна увага була зосереджена на удосконаленні технічних можливостей автомобіля. Зараз велику увагу приділяють проблемі керування водія автомобілем.

Мехатронні системи транспортних засобів сьогодні, в основному, виконують функцію «закритих» систем. Системи отримують інформацію від різних датчиків ТЗ, аналізують її з допомогою відповідних програм і виробляють в електронному блоці керування (ЕБК) відповідні команди виконавчим пристроям з метою підвищення безпеки руху, зручності керування, підвищення ефективності функціонування транспортного засобу та зниження навантаження на довкілля.

Разом з тим сигнали від деяких телематичних систем можуть бути

використані як «відкриті» для передачі їх назовні: інформаційним центрам, дорожньо-транспортній інфраструктурі та іншим учасникам руху. ТЗ може не тільки передавати інформацію від внутрішніх систем, але й отримувати її від зовнішніх джерел, а також використовувати її для більш безпечного, ефективного і навіть автоматичного керування.

Структура бортових інтелектуальних систем автотранспортного засобу складається з різних блоків.

1. Система керування автомобілем, яка складається з таких підсистем:

1.1. Отримання інформації:

а) від датчиків автотранспортного засобу (АТЗ);

б) від датчиків та зовнішніх джерел «автомобіль-інфраструктура», «автомобіль-автомобіль».

1.2. Обробки інформації.

1.3. Автоматичного керування автомобілем.

2. Система інформування водія:

2.1. Підсистема отримання інформації.

2.2. Підсистема обробки інформації.

2.3. Підсистема відображення інформації для водія.

3. Система збирання та передачі інформації:

3.1. Підсистема збирання інформації.

3.2. Підсистема зберігання інформації.

3.3. Підсистема передачі інформації зовнішнім споживачам «автомобіль-інфраструктура», «автомобіль-автомобіль».

---

## § 35

### **БОРТОВІ КОНТРОЛЕРИ ЗВ'ЯЗКУ БЛОКІВ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ**

---

#### *Система передачі інформації*

---

Бортові мехатронні та телематичні системи сучасного автомобіля у своєму складі мають велику кількість виконавчих та керуючих пристроїв. До них належать різноманітні датчики, контролери та інші пристрої та механізми. А кількість ЕБК автомобіля досягає кількох десятків.

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

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

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

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

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

- обмін даними між блоками керування відбувається на уніфікованій базі, яку називають протоколом. Шина CAN служить мовби магістраллю для передачі даних;

- системи, що діють незалежно, наприклад, система курсової стабілізації ESP, можуть бути реалізовані з меншими затратами;

- спрощується підключення додаткового обладнання;

- шина даних CAN є відкритою системою, до якої можуть бути підключені як мідні проводи, так і скловолоконні провідники;

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

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

Найчастіше шина CAN – це скручені (звиті) пари проводів (по 30 витків на один погонний метр) із розгалужувачами для підключення ЕБК та кінцевими резисторами-термінаторами з номінальним опором 120 Ом на кінцях шини (рис. 7.6).

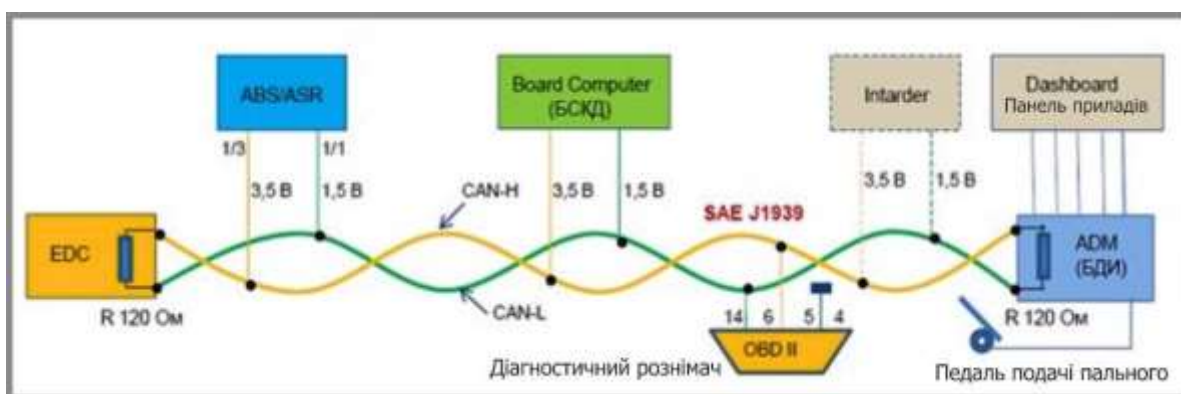


Рис. 7.6. Підключення пристроїв до шини CAN

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

швидкість передачі даних.

Будь-який вузол мережі CAN надсилає повідомлення по мережі й кожен з вузлів системи вирішує, чи відноситься до нього це повідомлення. Для вирішення цього завдання в CAN є апаратна реалізація фільтрації повідомлень. Контролери CAN з'єднуються з допомогою диференціальної шини, що має дві лінії, з високим CAN-H (Can-High) і низьким CAN-L (Can-Low) рівнями, якими передаються сигнали (рис. 7.7). Високі або низькі провідники CAN визначаються мультиметром або осцилографом.

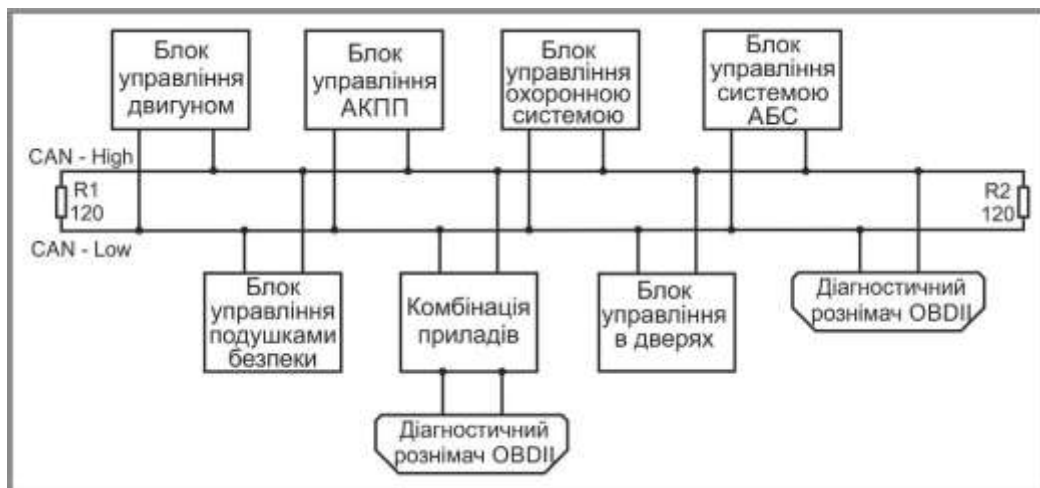


Рис. 7.7. Типова схема шини CAN

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

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

На останніх моделях автомобілів Mercedes-Benz S-класу встановлені три шини (цифрові мережі) з різною швидкодією.

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

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

CAN Class A – до нього відносяться найменш значні блоки і швидкість передачі складає до 10 кбіт/с. У більшості випадків застосування CAN описаних швидкостей цілком вистачає для забезпечення повноцінного

функціонування автомобільних електронних систем. Усі абоненти шини своєчасно отримують і обробляють інформацію, що надходить. Вони адекватно взаємодіють один з одним і тому автовласник не відчуває ніяких незручностей в процесі руху, й що найголовніше, – в аварійній ситуації вчасно спрацьовують подушки безпеки, натягуються ремені безпеки тощо. Тобто всі блоки діють злагоджено, а контролюючі пристрої забезпечують безперебійне функціонування всієї системи в цілому.

Використання оптичних об'єднувальних плат зв'язку дало можливість значно зменшити кількість кіл і з'єднань, полегшити пошук несправностей та зробити більш надійним зв'язок між усіма системами автомобіля, а також забезпечити інформацією одночасно до восьми різних модулів із загальною швидкістю, яка в 1000 раз перевищує швидкість передачі даних у звичайному «мерседесовському» волоконно-оптичному тракті. Нова конструкція не така чутлива до вібрацій або ударів і порівняно з оптичними волокнами менше боїться бруду.

До бортової мережі, як правило, входить кілька шин, до кожної з яких підключений один блок, що задає, і кілька підлеглих. Найбільш високошвидкісною признана шина CAN: передача даних відбувається зі швидкістю більше 250 КБ/с.

### *Компоненти шини CAN*

---

Шина CAN складається з таких компонентів:

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

Усі вузли шини даних вбудовані у блоки керування, за винятком проводів шини даних.

Компоненти системи показані на рис. 7.8. Контролер шини CAN отримує дані від мікрокомп'ютера блока керування. Він обробляє їх і передає трансиверу шини CAN. Аналогічно контролер приймає сигнали від трансивера шини CAN, обробляє їх і передає мікрокомп'ютеру блока керування.

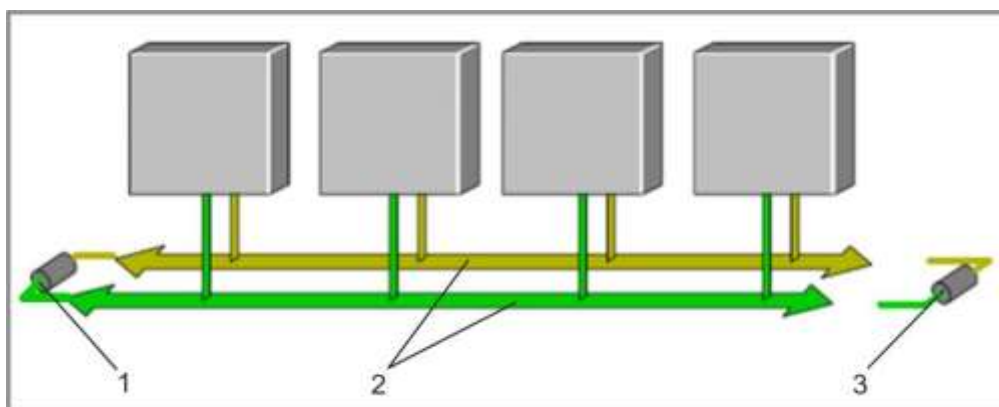
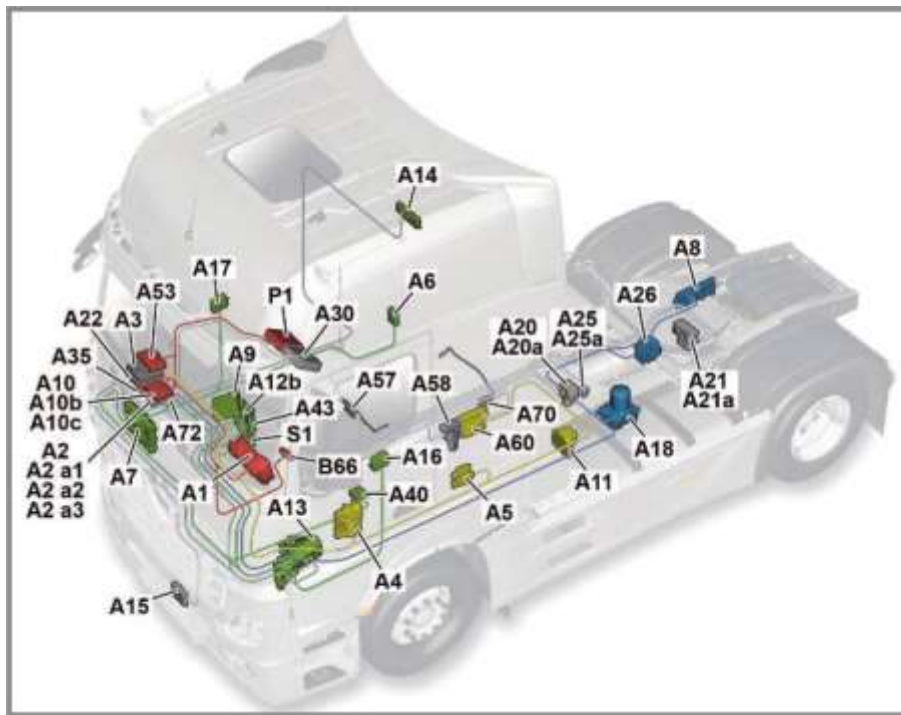


Рис. 7.8. Компоненти шини даних: 1 – термінал шини даних; 2 – провід шини даних; 3 – термінал шини даних



**Рис. 7.9. Розташування компонентів системи керування автомобілем:** A1 – блок керування панеллю приладів (ICUC); A2 – блок керування центральною шиною (CGW); A2a1 – центральна пам'ять даних (CDS); A2a2 – блок керування інтерфейсом зв'язку (COM); A2a3 – блок керування системою обслуговування (MS); A3 – блок керування приводом (CPC); A4 – блок керування двигуном (MCM); A5 – блок керування трансмісією (TCM); A6 – блок керування протиугінною системою (ATA); A7 – модуль датчика і привода кабіни (SCA); A8 – модуль датчика і привода рами (SCH); A9 – центр керування вантажними автомобілями (TCC); A10 – блок керування антиблокувальною системою гальм (ABS), 4-канальною; A10b – блок керування електронною системою гальмування (EBS); A10c – блок керування електронною системою гальмування (EBS); A11 – блок керування сповільнювачем (RCM); A12b – блок керування нагрівачем, вентилятором та кондиціонером (HVAC); A13 – блок керування додатковим нагрівачем (ITH); A14 – блок керування стаціонарним кондиціонером (IAC); A15 – блок керування переднім радаром (RDF); A16 – блок керування модулем дверей водія (DCMD); A17 – блок керування модулем передніх дверей пасажирів (DCMP); A18 – блок керування блоком обробки повітря (EAPU); A20 – осьовий модулятор передньої осі (Wabco); A20a – осьовий модулятор передньої осі (Knorr); A21 – осьовий модулятор задньої осі (Wabco); A21a – осьовий модулятор задньої осі (Knorr); A22 – блок керування спеціальним модулем, що може бути параметризований (PSM); A25 – електронна система курсової стійкості (протизаносна система – (ESP<sup>®</sup>) (Wabco); A25a – електронна система курсової стійкості (протизаносна система – (ESP<sup>®</sup>) (Knorr); A26 – блок керування рівнем (CLCS); A30 – блок керування системою FleetBoard<sup>®</sup>; A35 – блок керування системою контролю тиску в шинах (TPM); A40 – блок керування системою підтримання (SRS); A43 – блок керування панеллю модульних перемикачів (MSF); A53 – блок керування системою допомоги водію (VRDU); A57 – блок керування датчиком NO<sub>x</sub> перед дизельним каталітичним нейтралізатором; A58 – блок керування SCR (Selective Catalytic Reduction – вибіркова каталітична нейтралізація); A60 – блок керування системою нейтралізації ВГ (ACM); A70 – блок керування датчиком NO<sub>x</sub> після каталітичного нейтралізатора; A72 – камера системи контролю дотримання смуги (LAC); B66 – датчик кута нахилу рульового колеса (SAS); P1 – тахограф (TCO); S1 – електронний замок запалювання (EIS)

передається по шині даних і, як правило, приймається та аналізується усіма компонентами відповідно до протоколу.

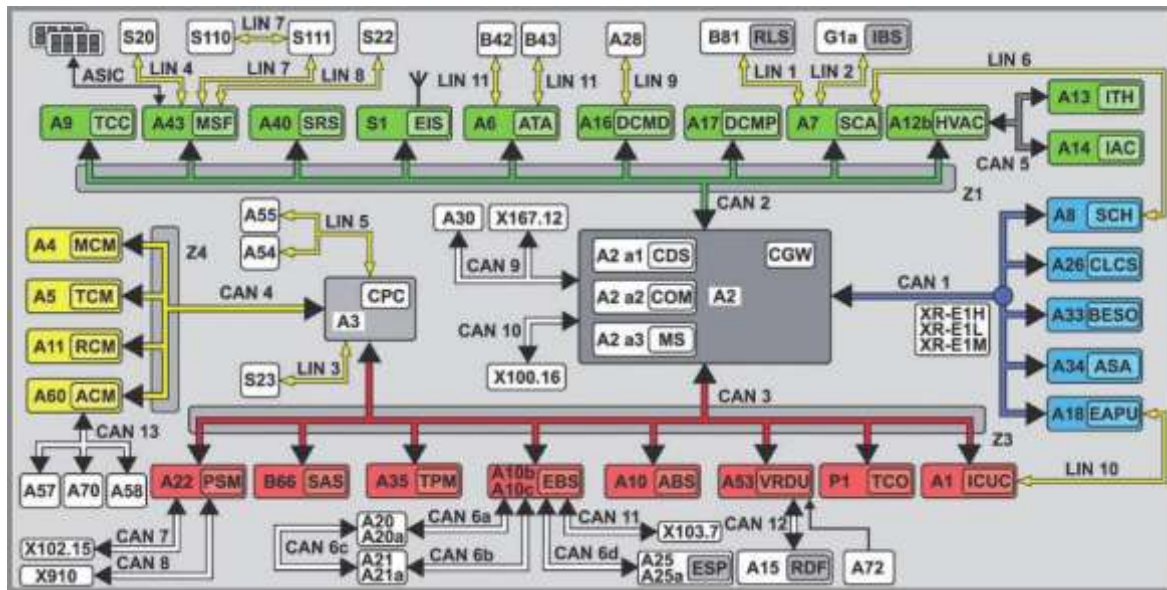


Рис. 7.10. Загальна мережа шин CAN: A1, A2, A2a1, A2a2, A2a3, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10, A10b, A10c, A11, A12b, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A20, A20a, A21, A21a, A22, A25, A25a, A26, A30, A35, A40, A43, A53, A57, A58, A60, A70, A72, B66, P1, S1 – див. рис. 7.9; A28 – група перемикачів водія; A33 – блок керування вимикачем з’єднання з батареєю (BESO); A34 – блок керування додатковим рульовим мостом (ASA); A54 – блок керування нижніми заслінками радіатора; A55 – блок керування верхніми заслінками радіатора; ASIC – Application System Integrated Circuit data bus – шина даних інтегральної схеми прикладної системи; B42 – сирена тривожної сигналізації; B43 – датчик внутрішнього захисту; B81 – датчик дощу та світла (RLS); CAN1 – зовнішня шина; CAN2 – внутрішня шина; CAN3 – шина рами; CAN4 – шина привода; CAN5 – шина клімат-контролю; CAN6a – шина гальм передньої осі; CAN6b – шина гальм задньої осі; CAN6c – шина резервних гальм; CAN6d – шина гальм ESP®; CAN7 – шина причепа (PSM); CAN8 – шина основи (PSM); CAN9 – шина телематики; CAN10 – шина діагностики; CAN11 – шина причепа (EBS); CAN12 – шина радара; CAN13 – шина нейтралізатора NO<sub>x</sub>; LIN – Local Interconnect Network – локальна комутаційна мережа – однопроводова шина; LIN1 – шина датчика дощу/світла; LIN2 – шина датчика батареї; LIN3 – шина правого багатофункціонального важеля керування; LIN4 – шина лівого багатофункціонального важеля керування; LIN5 – шина заслінок радіатора; LIN6 – шина резервних приводів кабіни та рами (SCA/SCH); LIN7 – шина групи кнопок; LIN8 – шина контролю рівня; LIN9 – шина панелі перемикачів водія; LIN10 – шина блока обробки повітря EAPU; LIN11 – шина протиугінної системи АТА; G1a – датчик батареї (IBS); S20 – лівий багатофункціональний важіль керування; S22 – блок керування рівнем; S23 – правий багатофункціональний важіль керування; S110 – ліва група багатофункціональних кнопок рульового колеса; S111 – права група багатофункціональних кнопок рульового колеса; X100.16 – діагностичний рознімач; X102.15 – 15-контактний діагностичний рознімач причепа; X103.7 – 7-контактний діагностичний рознімач ABS причепа; X167.12 – електричний рознімач; X910 – електричний рознімач; XR-E1H – точка зварювання кабелю зовні CAN-H; XR-E1L – точка зварювання кабелю зовні CAN-L; XR-E1M – точка зварювання кабелю зовні CAN-заземлення

**Трансивер шини CAN** – це приймач і передавач, об’єднані в один

пристрій. Він служить для перетворення даних від контролера шини CAN в електричні сигнали і передачі їх по проводам. Аналогічно він також приймає дані та перетворює їх для контролера шини CAN.

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

Процес передачі даних складається з таких етапів:

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

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

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

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

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

Розташування датчиків і блоків керування на прикладі автомобіля Mercedes-Benz Actros показано на рис. 7.9.

Фізичні значення величин, що видають датчики, спочатку перетворюються, обробляються, аналізуються і надають електронному блоку керування інформацію про стан підсистеми. На основі цього мікропроцесор обчислює відхилення від заданого нормативного значення (стану) і видає необхідні керуючі дії виконавчим елементам керування робочими процесами, режимами роботи автомобіля та щодо контролю його технічного стану.

Компоненти шини CAN передачі даних між блоками керування показані на рис. 7.10.

---

## § 36

### **ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЕРОВАНОСТІ, ТЕХНІЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЯ**

---

*Системи, параметри та способи забезпечення  
керованості та транспортної безпеки  
автомобіля*

---

Безпекою руху називається властивість автомобіля рухатися з найменшою ймовірністю виникнення ДТП. Це комплексна експлуатаційна властивість



автомобіля, пов'язана з керованістю, повертальністю, маневреністю, стійкістю та гальмівними якостями (рис. 7.11, рис. 7.12). Це найважливіша експлуатаційна властивість, від якої залежать життя і здоров'я людей, збереженість автомобіля, вантажів та інших матеріальних цінностей.



Рис. 7.11. Спрощена схема експлуатаційних властивостей інтелектуального автомобіля



Рис. 7.12. Зв'язок експлуатаційних властивостей з системами і механізмами автомобіля

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

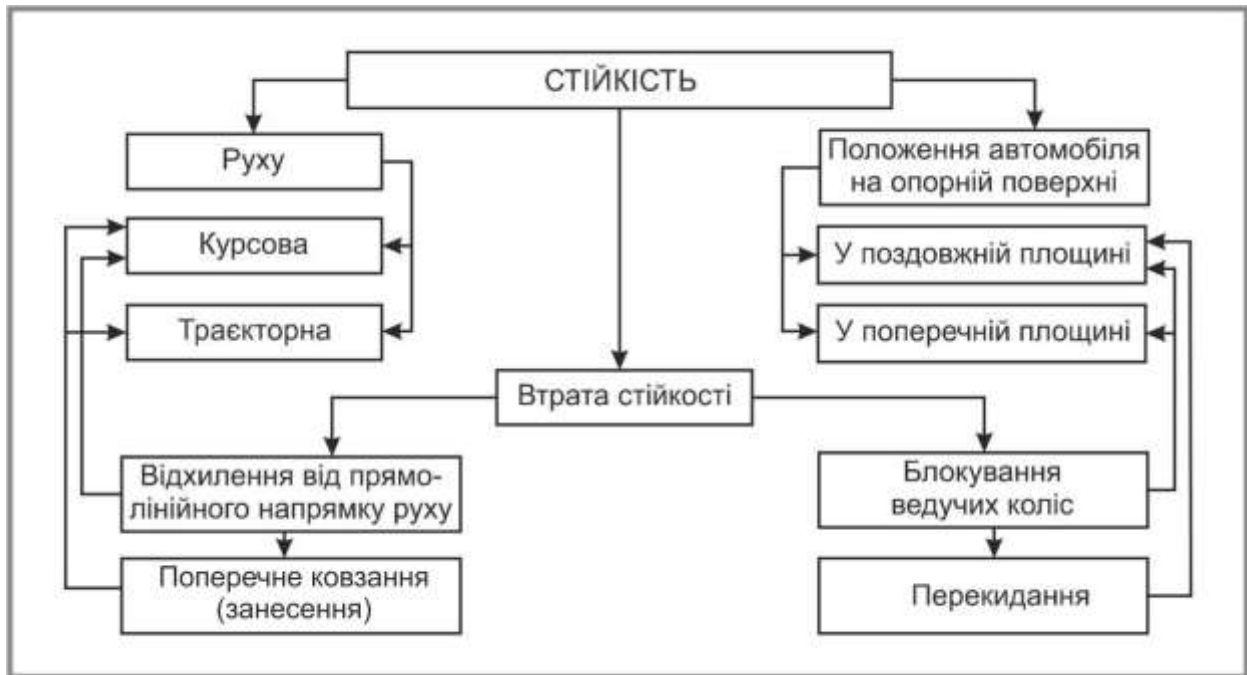


Рис. 7.13. Способи забезпечення стійкості автомобіля



Рис. 7.14. Способи забезпечення стійкості автомобіля під час руху

Основними складовими забезпечення безпеки транспортних засобів є:

конструктивна безпека (рис. 7.11), яка забезпечується досконалістю синергетичного поєднання таких елементів: телематичні системи керування двигуном, підвіскою, трансмісією, гальмами, поворотом рульового колеса (4, рис. 7.11); життєвий простір салону; технічний стан транспорту; кваліфікація водія; стан дороги і середовища (умови експлуатації). Для підвищення рівня внутрішньої і зовнішньої безпеки використовуються конструктивні та експлуатаційні рішення, приведені на рис. 7.13, 7.14, які зменшують імовірність ДТП, тяжкість їх наслідків і негативного впливу на довкілля. Мехатронний і телематичний зв'язок між системами і механізмами автомобіля показаний на рис. 7.1.

Способи забезпечення стійкості руху автомобіля наведені на рис. 7.14. Способи забезпечення статичної та динамічної стійкості проти занесення наведені на рис. 7.15.



**Рис. 7.15. Експлуатаційні чинники та чинники технічного стану, які забезпечують стійкість автомобіля проти занесення**

Конструктивні та експлуатаційні чинники автомобіля, що створюють передумови для появи занесення під час гальмування:

- експлуатаційні параметри: поздовжній і поперечний профілі дороги, нерівномірність коефіцієнта зчеплення окремих коліс з дорогою, наявність нерівностей, боковий вітер, несиметричне розташування вантажу в кузові тощо;
- конструктивні параметри автомобіля: положення центру мас; розподіл гальмівних сил між осями, бортами та окремими колесами; тип і конструкція підвіски; мехатронні системи керування підвіскою, гальмами, поворотом рульового колеса тощо (ESP, ABS, EBV, EDS, ASR, ESBS тощо).

Розвиток і впровадження різноманітних телематичних керованих систем визначалися рівнем створення нових вузлів та деталей автомобіля.

Стратегічний напрям у розвитку інтелектуалізації автомобіля – це подальше впровадження сучасної мехатроніки, телематики та інтелектуалізації

моніторингу умов руху автомобілів, поєднання активних і пасивних систем безпеки у єдину інтегровану систему АРІА (Active-Passive Integration Approach).

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

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

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

На сьогодні створені потужні телематичні й інформаційно-обчислювальні системи високого рівня безпеки автомобілів. Так, сучасний автомобіль фірми «Мерседес Бенц» має близько сорока керуючих блоків усіма системами автомобіля. Вони об'єднані з допомогою цифрової шини передачі даних (CAN) в одну велику мережу, по якій передається 850 різних *типів* даних і виконується керування 170 різними функціями бортових пристроїв.

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

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

### *Інтелектуальні системи круїз-контролю*

---

Круїз-контроль – це пристрій, що підтримує постійну швидкість автомобіля. Адаптивний круїз-контроль (Adaptive Cruise Control – ACC) –

пристрій, який автоматично підтримує стабільну необхідну швидкість руху, дотримуючи задану дистанцію від транспортного засобу, що рухається попереду. Для використання функції адаптивного круїз-контролю необхідно увімкнути круїз-контроль і задати швидкість більшу, ніж у транспортного засобу, що рухається попереду. У разі необхідності АСС вмикає гальмівну підсистему. Встановлюється як на автомобілі з автоматичною коробкою передач, так і на автомобілі з механічною коробкою передач. У деяких АСС також присутня система попередження скочування автомобіля на підйомі НЛА (Hill Launch Assist).

АСС залежить від систем безпеки автомобіля ABS, ASR та ESP: якщо будь-яка з них несправна АСС вимикається. Обмін інформацією між блоками керування гальмівною системою, двигуном, трансмісією та системою стабілізації руху (ESP) здійснюється через шину CAN (рис. 7.16).

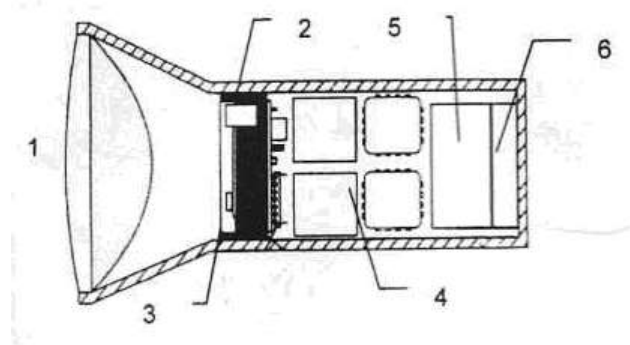


Рис. 7.16. Датчик швидкості: 1 – лінза; 2 – генератор випромінювання; 3 – прийомопередавач; 4 – схема обробки сигналу; 5 – блок керування; 6 – CAN-інтерфейс

Під час роботи адаптивного круїз-контролю водій отримує таку інформацію:

- індикація заданої швидкості;
- індикація стану системи;
- індикація бажаного часу інтервалу руху, вибраного водієм;
- індикація режиму «переслідування», що інформує водія, чи дійсно система контролює відстань до виявленого об'єкта.

Система адаптивного круїз-контролю не тільки покращує комфорт водія, автоматично підтримуючи задану водієм швидкість руху автомобіля, але й утримує витрату пального на мінімальному рівні, знижує ризик виникнення ДТП завдяки постійній підтримки безпечної відстані до транспортного засобу, що рухається попереду. Потрібна відстань до транспортного засобу, що рухається попереду, регулюється залежно від швидкості руху.

Працює круїз-контроль таким чином. Розігнавши автомобіль до потрібної швидкості, водій вмикає систему і знімає ногу з педалі акселератора. Отримавши інформацію від датчиків трансмісії або двигуна, ЕБК запам'ятовує фактичну швидкість автомобіля і бере під контроль частоту обертання колінчастого вала двигуна. У разі зміни занесених до пам'яті ЕБК величин (подолання підйому або спуску) від віддає команду приводу: педаль акселератора йде донизу або, навпаки, рухається догори. При переході на нижчу передачу або при підйомі вгору система круїз-контролю ніколи не допустить «перекрутки» або перевантаження двигуна відповідно.

Для розпізнавання транспортного засобу, що рухається попереду на тій же смузі, використовуються відбиті електромагнітні сигнали радара, встановленого в передній частині автомобіля (рис. 7.17). Ширина охоплення (4,

5, 6 рис. 7.17) складає приблизно 150 м, а для сучасних радарних датчиків значно більше. Від отриманих сигналів на підставі часу їх затримки блок керування визначає відносну швидкість руху автомобілів і дистанцію до автомобіля, що рухається попереду, і реєструє його (функція розпізнавання). Швидкість автомобіля до потрібної величини (чи необхідності гальмування) регулює контролер за допомогою органа керування системи круїз-контролю ACC (ART). Ця система працює тільки тоді, коли водій сидить на сидінні. Це постійно перевіряється з допомогою датчика зайнятості сидіння.

Система адаптивного круїз-контролю в автомобілях Volvo FH суміщена з системами попередження лобового зіткнення та екстреного гальмування.

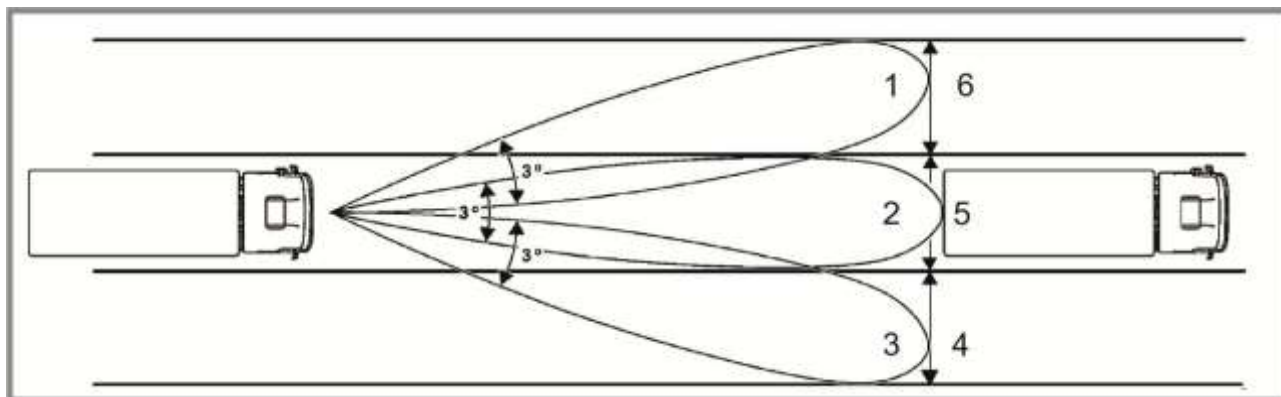


Рис. 7.17. Зони (1, 2, 3) відправки та прийому сигналів радара

Отримані сигнали обробляються і відправляються на блок керування, а з нього потрапляють на дисплей. На дисплеї відображається дистанція до автомобіля, що рухається попереду, і краща швидкість руху автомобіля. У разі різкого гальмування автомобіля, що рухається попереду, (скороченні дистанції) система попереджає водія світловим на дисплеї та звуковим сигналами.

Якщо гальмування двигуном недостатньо, то використовуються гальма. Для цього автомобіль повинен мати модуль електронної системи стабілізації руху (ESP), яка може задіяти гальма. Для комерційного транспорту достатньо мати електронну гальмівну систему (EBS). Звичайно також використовуються наявні засоби зниження швидкості або гальмування двигуном для зменшення спрацьованості гальмівних механізмів.

Часовий інтервал до автомобіля, що рухається попереду, розраховується за сигналом від радара і порівнюється з часовим інтервалом, що заданий водієм (1-2 с). Якщо заданий часовий інтервал перевищено, автомобіль прискорюється до тих пір, поки не буде досягнута швидкість автомобіля, що рухається попереду, або швидкість задана водієм.

Система орієнтується тільки на автомобіль, що рухається попереду, і не реагує на автомобілі, що стоять на сусідній смузі, й не розпізнає ті, що рухаються назустріч.

З розвитком електроніки удосконалювались і системи круїз-контролю. Вона не тільки підтримує задану швидкість, але й радаром сканує простір перед автомобілем на відстані 150 м. Якщо автомобіль, що рухається попереду, зменшує швидкість, Distronic також зменшує швидкість, а у разі необхідності

гальмує. Як тільки з поля зору радара зникають перешкоди (водій їх бачить на дисплеї), автомобіль знову набирає початкову швидкість.

Система адаптивного круїз-контролю «ACC plus» обладнана радарним і лазерним (лідар) датчиками з більш широким кутовим покриттям, ніж показано на рис. 7.17 ( $\pm 15^\circ$ ), та покращеними здатностями щодо виявлення об'єктів, особливо в погану погоду (туман, дощ, сніг тощо). Тому вона працює і під час гальмування до зупинки та рушанні з місця під керуванням водія. Щоб знову активувати таку систему, достатньо натиснути на педаль акселератора протягом заданого інтервалу часу.

Завдяки своїй більшій гнучкості та хорошій здатності виявляти об'єкти на близькій відстані, така система адаптивного круїз-контролю може використовуватися також і в дорожніх заторах.

Система адаптивного круїз-контролю «ACC LSF» (LSF) з відслідковуванням за малими швидкостями створена на основі системи адаптивного круїз-контролю «ACC plus». Дані від датчика радара далекої дії у поєднанні з даними від датчиків середньої та малої дальності (датчиків радара ближньої дії та ультразвукових датчиків) використовуються для забезпечення більшої надійності виявлення об'єктів перед автомобілем по всій його ширині. Система адаптивного круїз-контролю автомобілів MAN використовується на швидкостях від 5 км/год., а система «ACC LSF» працює в діапазоні швидкостей 0-200 км/год., може загальмувати автомобіль до повної зупинки й автоматично вмикається знову через заданий проміжок часу.

Адаптивний круїз-контроль ACC та його удосконалена версія ACC Stop & Go присутні у 4% нових автомобілів. Прискорення та гальмування автомобіля відбуваються автоматично залежно від швидкості руху навколишнього потоку транспорту. При цьому їзда відрізняється плавністю й економічністю. Більш прогресивна версія Stop & Go може функціонувати навіть в умовах дорожніх заторів, зменшуючи швидкість аж до повної зупинки. У разі наявності в автомобілі автоматичної коробки передач система ACC Stop & Go буде готова продовжувати рух, як тільки навколишні автомобілі знову поїдуть вперед. По суті водій звільняється від багатьох утомних завдань і довше зберігає пильність під час руху.

Поєднання системи адаптивного круїз-контролю з системою навігації ґрунтується на базі цифрових карт, коли можливий прогноз поворотів дороги. У даному разі можна, наприклад, визначити завдання «через 50 м поворот», використовуючи процеси інтерполяції на основі існуючих точок даних. При цьому можуть виникнути проблеми, спричинені неточністю самих цифрових карт, або якщо карта не відповідає фактичному місцеположенню на дорозі. Однак, якість оцифрування карт постійно підвищується. У майбутньому додаткові функції стануть можливими з додаванням додаткової інформації (такої, як кількість смуг або тип дороги).

Поєднання даних від датчиків з даними від відеокамери допомагає виявляти й класифікувати об'єкти. Це дає можливість керувати автомобілем, орієнтуючись також і на нерухомі об'єкти.

Поєднуючи можливості системи адаптивного круїз-контролю «ACC LSF» з

---

відеотехнологіями, стане можливим забезпечувати повну лінійну маршрутизацію у всіх діапазонах швидкостей, а також в умовах руху містом (FSR: повний діапазон швидкостей).

Переваги круїз-контролю:

– у разі тривалих поїздок нога водія, що керує педаллю подачі пального, менше рухається, що, відповідно, позитивно впливає на його фізичний стан і, в першу чергу, на спинний відділ;

– зменшується витрата пального на 5-10% за рахунок того, що немає різких перепадів частоти обертання колінчастого вала двигуна;

– двигун використовується ефективніше, знижується навантаження на агрегати трансмісії, тим самим збільшується їх ресурс.

Недоліками круїз-контролю є те, що його неможливо використовувати на дорогах з частими поворотами і спусками, на слизьких дорогах, в населених пунктах з інтенсивним рухом. При кожному натисканні на педаль гальма функція круїз-контролю збивається і її потрібно налаштувати знову. При частому використанні може вийти з ладу сервопривод.

### ***Системи керування рухом, контролю перетинання розмітки, бокової та мертвої зони***

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

Пристрій контролю руху смугою звичайно містить телекамери і блок керування. Система розпізнавання налаштована так, що в ідеалі лінії розмітки справа та зліва від автомобіля повинні знаходитися на однаковій від нього відстані (рис. 7.18, а). Якщо автомобіль відхиляється від осі смуги та перетинає лінію розмітки, а водій не увімкнув перед цим покажчик повороту, Lane Assist попереджує його звуковим, світловим сигналами або вібратором, що вбудований у спинці або подушці сидіння.

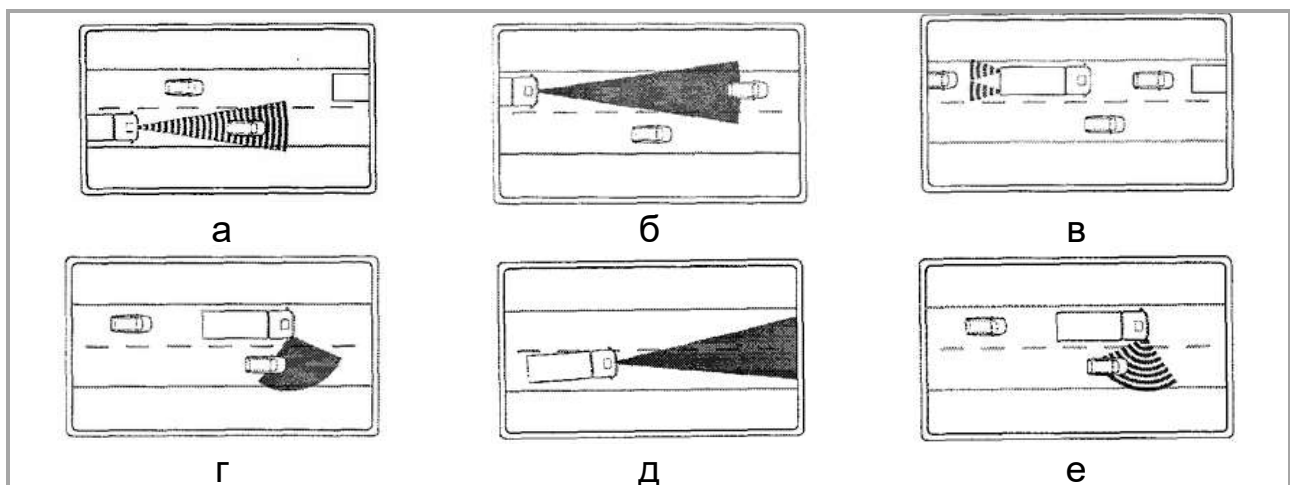
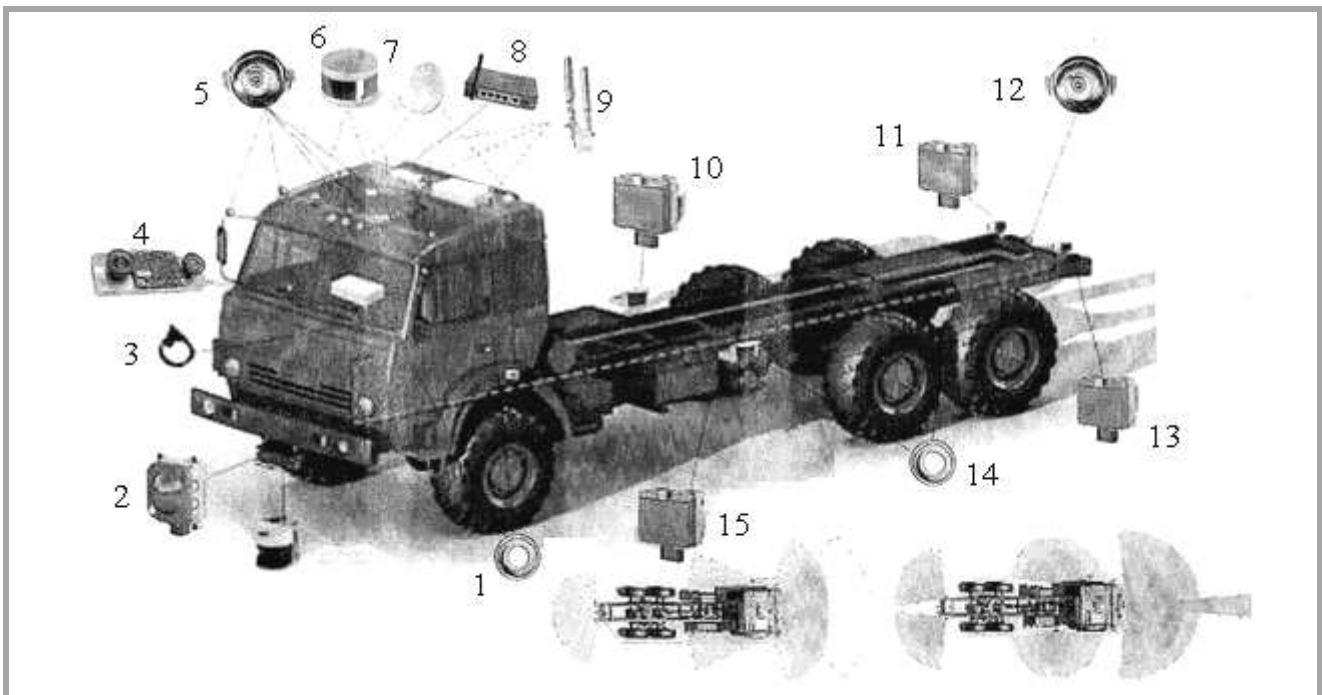


Рис. 7.18. Схематична ілюстрація слідування за дорогою



Система сповіщення про перетинання з допомогою камери слідкує за розміткою дороги і попереджає водія про ненавмисне перетинання автомобілем роздільної смуги (рис. 7.18, б). Якщо різко натиснути на педаль гальма, стоп-сигнали швидко блимають, попереджаючи водіїв, що їдуть за цим автомобілем (рис. 7.18, в). Це простий спосіб уникнути зіткнення з автомобілем, що їде позаду. Камера повороту автомобіля вмикається тоді, коли задіяний покажчик повороту, і передає зображення на додатковий інформаційний дисплей (рис. 7.18, з). Система попередження водія відслідковує рух автомобіля й у разі виходу зі смуги руху видає сигналом водію попередження з видачею повідомлення на дисплей (рис. 7.18, д). Система підтримки при зміні смуги руху автомобіля, обладнаного радаром, слідкує за цією зоною при увімкненні покажчика повороту (рис. 7.18, е). Якщо у мертвій зоні знаходиться об'єкт, то водій отримує повідомлення з допомогою звукового сигналу та блимаючого значка на дзеркалі.

Телематичне обладнання автоматичного керування інтелектуального автомобіля приведене на рис. 7.19.



**Рис. 7.19. Компоненти систем керування рухом інтелектуального автомобіля:**  
1, 14 – сонари; 2 – радар далекого діапазону дії; 3 – рульове керування; 4 – стереокамера;  
5, 12 – камери дистанційного контролю; 6 – лідар; 7 – супутникова антена; 8 – модуль;  
9 – антена Wi-Fi та GSM; 10, 11, 13, 15 – радари середнього діапазону дії

У подальшому припускають широке застосування активних систем, здатних самостійно повертати автомобіль на смугу руху. Таку здатність, наприклад, має вантажний автомобіль американської фірми Freightliner (рис. 7.19, 7.20).

Радар, що контролює простір перед автомобілем, дає можливість реалізувати і режим доаварійної підготовки. Якщо зіткнення неминуче, електронний блок керування дасть команду на увімкнення натягувачів ременів

безпеки і навіть автоматично від'єднає акумуляторну батарею після аварії, щоб уникнути короткого замикання в мережі. У разі незначного зіткнення, якщо ризику короткого замикання немає, система безпеки дає можливість продовжити рух. Це вже застосовується на легкових автомобілях.

Зони огляду інтелектуального автомобіля здійснюються за допомогою лідарів, радарів та відеокамер.

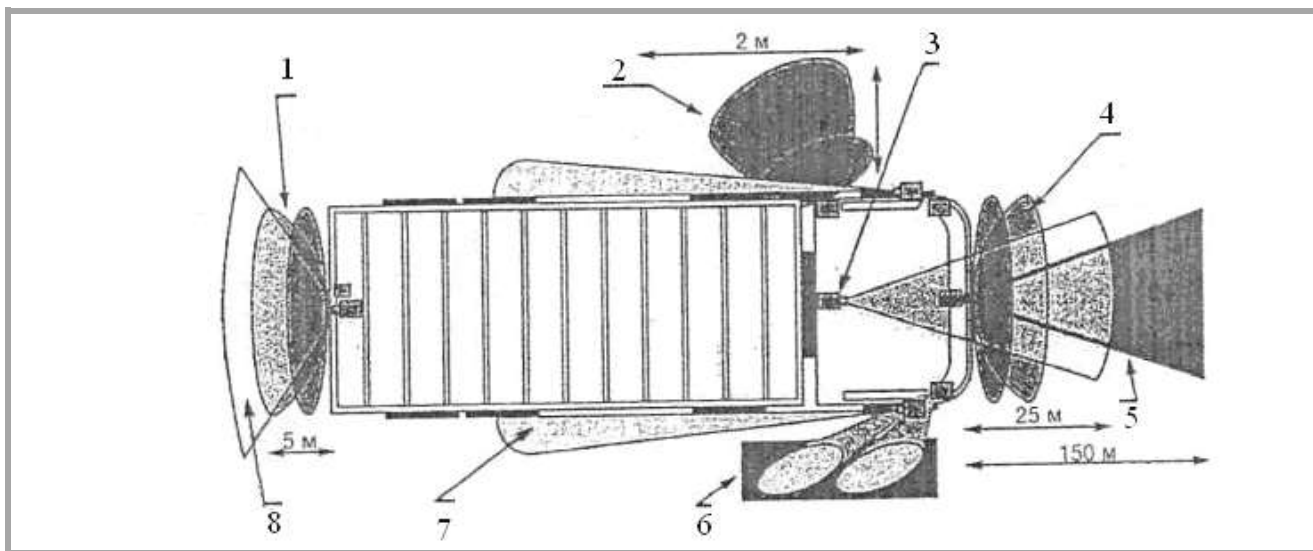


Рис. 7.20. Зони дії систем безпеки на вантажному автомобілі: 1 – радар мертвої зони, який контролює простір позаду; 2 – боковий радар мертвої зони; 3 – відеокамера системи контролю руху смугою та приладу нічного бачення; 4 – передній радар мертвої зони; 5 – далекобійний радар адаптивного круїз-контролю з системою попередження про можливе зіткнення й увімкнення передаварійної підготовки; 6 – інфрачервоні датчики контролю мертвої зони; 7 – відеокамери бокового огляду; 8 – відеокамера заднього огляду

Часто ДТП відбуваються через обмежену видимість прямо перед капотом або в районі дверей, тому автомобілі почали обладнувати телекамерами та радарами, що контролюють простір у так званих мертвих зонах. Якщо під час спроби здійснити маневр у небезпечній близькості виявиться перешкода або інший транспортний засіб, водія попередять звуковий і світловий сигнали.

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

Компанії Mercedes, Volvo використовують відеокамери, які зчитують дорожню розмітку, і якщо водій її перетинає, не увімкнувши при цьому сигнал повороту, система подає попереджувальний сигнал. Залежно від системи це може бути звуковий або світловий сигнал, вібрація керма або невелике натягнення ремня безпеки. У системі Infiniti, наприклад, застосовується

автоматичне гальмування з одного боку автомобіля, щоб запобігти виїзду автомобіля зі смуги руху.

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

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

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

### *Системи активної безпеки руху автомобіля*

---

Безпечний рух автомобілів забезпечують телематичні системи ABS (АБС), EBD, BAS, ESP.

**Антиблокувальна система (АБС, ABS)** – система, яка попереджує блокування коліс транспортного засобу під час гальмування. Основне призначення системи – збереження стійкості й керованості автомобіля.

Антиблокувальна система включає в себе такі елементи:

- датчики швидкості або прискорення (сповільнення), встановлені на маточинах коліс транспортного засобу;
- керуючі клапани, які є елементами модулятора тиску, встановлені в магістралі основної гальмівної системи;
- блок керування, що отримує сигнали від датчиків і керує роботою клапанів.

АБС устанавлюється на легкових і вантажних автомобілях, мотоциклах, причепах, а також на колісному шасі літаків.

На сьогодні АБС, як правило, є більш складною електронною системою гальмування, яка може включати в себе протипробуксовну систему, систему електронного контролю стійкості, а також систему допомоги при екстремому гальмуванні.

Найпоширенішими варіантами антиблокувальних систем є: чотириканальна, триканальна та двоканальна.

Після початку гальмування АБС починає постійне і достатньо точне визначення швидкості обертання кожного колеса. У разі, коли одне або кілька (або навіть усі) коліс почнуть сповільнювати швидкість свого обертання швидше за розрахункову максимальну швидкість сповільнення автомобіля (розраховується конкретно для кожної моделі), то система з урахуванням показань акселерометра віддає команду модулятору тиску, який обмежує

гальмівне зусилля на цих колесах. Як тільки обертання колеса дорівнюватиме реальній швидкості руху (відновиться сила тертя спокою), гальмівне зусилля відновлюється. Цей процес повторюється кілька раз (або кілька десятків раз) в секунду.

Гальмівне зусилля може обмежуватися як у всій гальмівній системі одночасно (одноканальна АБС), так і в гальмівній системі борту (двоканальна АБС) або навіть окремого колеса (багатоканальна АБС). Одноканальні системи забезпечують досить ефективне сповільнення, але тільки в тому разі, якщо умови зчеплення всіх коліс більш або менш однакові. Багатоканальні системи більш вартісні та більш складні, ніж одноканальні, але мають більшу ефективність при гальмуванні на неоднорідних покриттях, наприклад, якщо одне або кілька коліс потрапили на лід, мокру ділянку дороги або узбіччя.

АБС дає можливість зберегти керованість автомобілем у різних дорожніх умовах (рис. 7.21).

Основними перевагами АБС є:

- зменшення вірогідності занесення автомобіля під час гальмування;
- збереження керованості навіть під час різкого гальмування;
- зниження спрацювання шин.

Антиблокувальні системи були розроблені для забезпечення гальмування автомобіля без блокування його коліс у різних дорожніх умовах та збереження керованості автомобіля.

АБС можуть працювати за різними алгоритмами. Основна мета більшості алгоритмів базується на тому, що при перевищенні ковзання, що відповідає максимальному зчепленню, швидкість обертання колеса різко зменшується.

**ЕВД** – система розподілення гальмівних зусиль, яка призначена для попередження блокування задніх коліс за рахунок керування гальмівним зусиллям задньої осі.

Система розподілення гальмівних зусиль (рис. 7.22) – це програмне розширення антиблокувальної системи гальм. Іншими словами, система використовує конструктивні елементи системи АБС у новій якості.

Робота системи ЕВД, також як і системи АБС, має циклічний характер. Цикл роботи включає три фази:

- утримання тиску;
- скидання тиску;
- збільшення тиску.

За даними датчиків частоти обертання коліс блок керування АБС порівнює гальмівні зусилля передніх і задніх коліс. Коли різниця між ними перевищує задану величину, включається алгоритм системи розподілення гальмівних

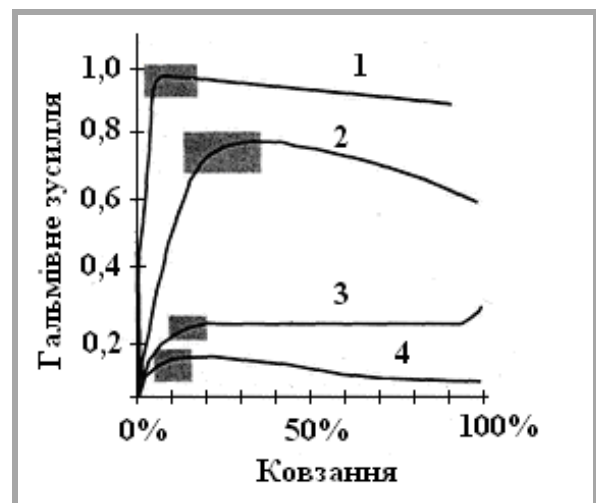


Рис. 7.21. Діапазон регулювання АБС:

- діапазон; 1 – сухий асфальт;
- 2 – мокрий асфальт; 3 – рихлий сніг;
- 4 – ожеледь

зусиль.

На підставі різниці сигналів датчиків блок керування визначає початок блокування задніх коліс. Він закриває впускні клапани в контурах гальмівних циліндрів задніх коліс. Тиск у контурі задніх коліс утримується на поточному рівні. Впускні клапани передніх коліс залишаються відкритими. Тиск у контурах гальмівних циліндрів передніх коліс продовжує збільшуватися до початку блокування передніх коліс. Якщо колеса задньої осі продовжують блокуватися, відкриваються відповідні випускні клапани і тиск в контурах гальмівних циліндрів задніх коліс зменшується.

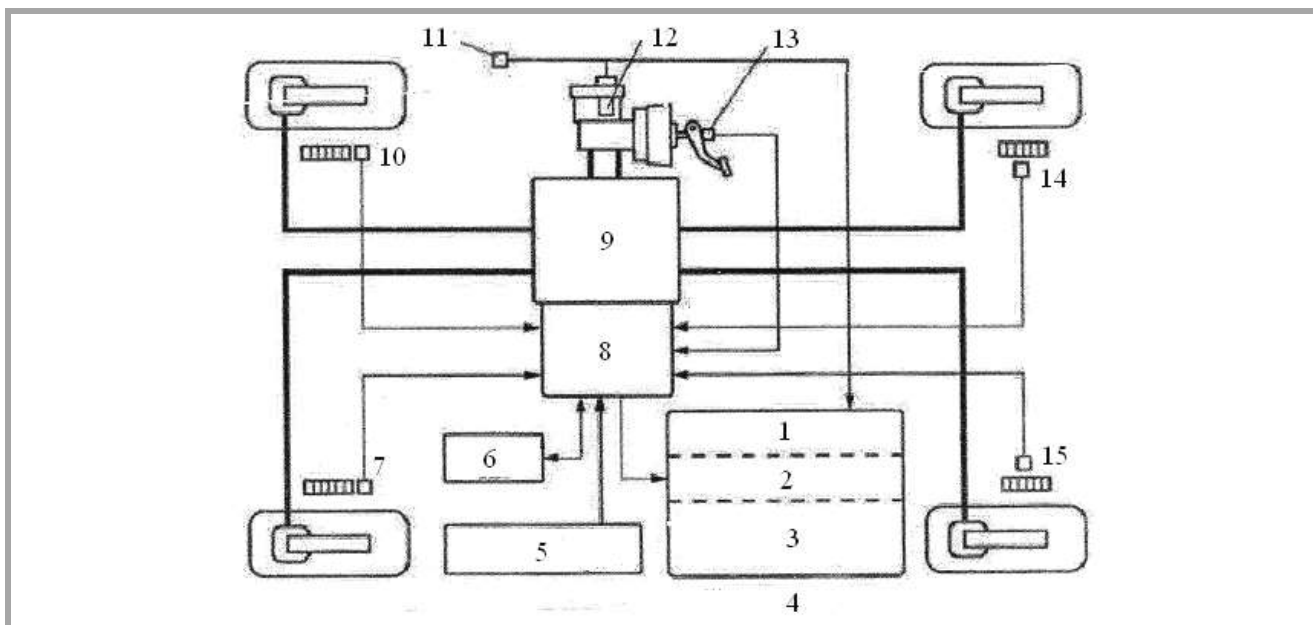


Рис. 7.22. Антиблокувальна система ABS та система розподілення гальмівних зусиль EBD: 1 – спідометр; 2 – контрольна лампа ABS; 3 – контрольна лампа гальмівної системи; 4 – щиток приладів; 5 – датчик увімкнення стоянкового гальма; 6 – діагностичний рознімач; 7, 10, 14, 15 – датчики частоти обертання коліс; 8 – ЕБК протиковзної системи; 9 – блок керування робочими циліндрами гальм; 11 – вакуумний перемикач; 12 – датчик рівня гальмівної рідини; 13 – вимикач стоп-сигналу

При перевищенні кутової швидкості задніх коліс заданого значення тиск у контурах збільшується. Відбувається гальмування задніх коліс. Робота системи розподілення гальмівних зусиль закінчується з початком блокування передніх (ведучих) коліс. При цьому в роботу включається система ABS.

Конструкція та складові антиблокувальної системи із вбудованою системою розподілення гальмівних зусиль представлені на рис. 7.22.

**BAS – Brake Assist System – система допомоги при екстремому гальмуванні.** Система працює тільки у взаємодії з системами ABS та EDB. Система аналізує швидкість зусилля, яке водій прикладає до педалі гальма. У разі, якщо до педалі гальма прикладене різке зусилля, це спричиняє спрацювання гальмівного механізму, який розвиває максимально можливе зусилля незалежно від реакції людини. Спрацювання даної системи сприймається водієм як «провал» педалі гальма.

Керується BAS сигналами від датчика, розташованого у вакуумному підсилювачі. За цими сигналами вимірюється швидкість, з якою рухається шток

вакуумного підсилювача. Якщо він переміщується швидко, що відповідає різкому натисненню на педаль (тобто реакції на неочікувану появу перешкоди на шляху), тоді спрацьовує електромагніт. Це викликає збільшення впливу на шток і прискорення спрацювання гальм. На рис. 7.23 зображено розташування всіх компонентів даної системи у вакуумному підсилювачі гальм.

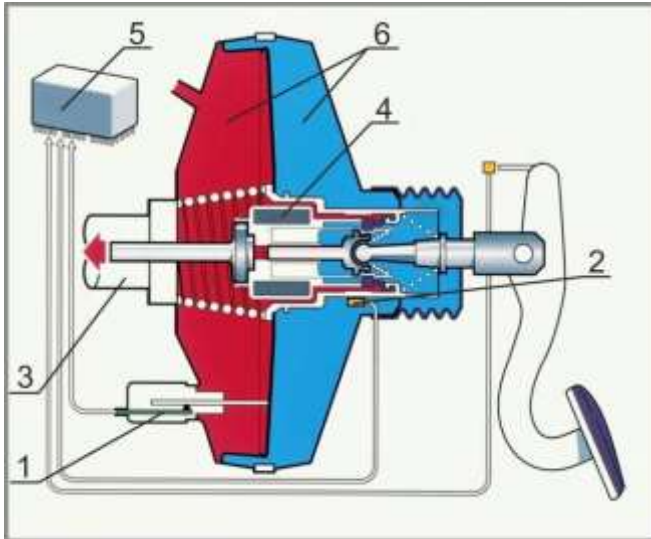


Рис. 7.23. Розташування компонентів BAS:

- 1 – датчик переміщення штока; 2 – датчик увімкнення; 3 – головний гальмівний циліндр;
- 4 – електромагніт; 5 – блок керування;
- 6 – порожнини вакуумного підсилювача

самий. Ця система особливо корисна на слизьких покриттях або під час виконання різких маневрів на дорозі, наприклад, при подоланні перешкод або надто крутого кута повороту. В таких ситуаціях ця система розпізнає загрозу на ранніх стадіях і допомагає водію утримувати автомобіль у правильному положенні.

Електронна система стабілізації курсової стійкості (рис. 7.24) компанії Volvo значно зменшує ризик занесення та перекидання. У складних ситуаціях ця система постійно увімкнена, знижуючи потужність двигуна й пригальмовуючи вантажний автомобіль і причіп. Гальмування всіх коліс виконується роздільно. Система ESP тепер доступна для більшості варіантів виконання – як для сідельних тягачів, так і для шасі.

Будь-який автотранспорт може відхилитися від курсу, особливо якщо цьому сприяють погані дорожні умови. Недостатня повертальність має місце, коли переднім колесам не вистачає тяги й автомобіль продовжує рухатися вперед, а не повертати. Надлишкова повертальність характеризується тим, що автомобіль повертає набагато більше, ніж того

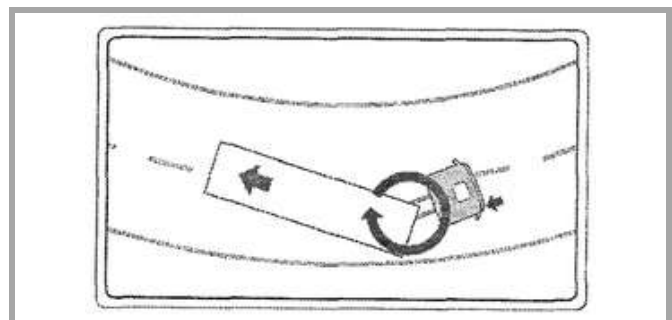


Рис. 7.24. Схема функціонування системи стабілізації курсової стійкості

хоче водій. ESP може допомогти виправити обидві ці ситуації.

Електронна система контролю стійкості використовує ABS, а також кілька спеціальних датчиків, що безперервно контролюють динамічні параметри руху. Головний контролер ESP – це два мікропроцесори, кожен з яких має по 56 кб пам'яті. Система дає можливість зчитувати й обробляти значення, що видають датчики швидкості обертання коліс з 20-мілісекундним інтервалом.

Інформація подається в центральний комп'ютер автомобіля з допомогою трьох типів датчиків:

– датчик швидкості обертання колеса (такі датчики стоять на кожному колесі й видають швидкість під час руху, комп'ютер порівнює її зі швидкістю обертання КВ двигуна);

– датчики кута повороту рульового колеса (датчики знаходяться у рульовій колонці й видають інформацію про напрямок, який вибирає водій під час руху);

– датчик кутової швидкості (знаходиться в середині автомобіля й видає інформацію про рух автомобіля з боку в бік).

Однією із складових ESP також є контроль тяги, так званий «Traction Control». Якщо ESP відповідає за моніторинг руху з боку в бік навколо вертикальної осі, то контроль тяги відповідає за рух вперед-назад. Коли «Traction Control» виявляє пробуксовування коліс, електронний датчик контролю стабільного положення видає вплив на відповідну сторону.

### *Системи контролю стійкості автомобіля*

---

Контроль стійкості автомобіля до перекидання та курсової стійкості забезпечують системи ARP, RSC та ESC.

**ARP (Active Rollover Protection)** – активний захист від перевертання представляє собою систему, яка розпізнає можливість майбутнього перевертання і, вибірково використовуючи гальма, попереджає це.

Подібні системи рідко використовуються в легкових автомобілях, чого не можна сказати про позашляховики, пікапи та мікроавтобуси.

ARP базується на основі системи електронного контролю стабільності (програмний модуль ARP вбудований у блок системи ESC) та трьох системах керування шасі на транспортному засобі: антиблокувальній гальмівній системі, системі контролю тяги та динамічній системі керування поворотальним моментом (курсової стійкості). Багато вузлів об'єднані з системою АБС, але на додачу ARP потребує наявності таких компонентів, як датчик положення руля й акселерометр (система ARS), які слідкують за реальним поворотом автомобіля. ARP окрім функцій, які виконують ці системи, додає ще одну – визначення перевертання, що насувається. Надмірна бокова сила, яка виникає під час проходження повороту на великій швидкості, у свою чергу, може призвести до перевертання. ARP автоматично реагує кожного разу, коли виявляє потенційну загрозу перевертання. У разі невідповідності показань акселерометра показанням датчика повороту руля система застосовує гальмування одного (або кількох) з коліс автомобіля, а інколи й зменшує крутний момент вала двигуна, щоб запобігти перевертанням.

Перевертання може також відбутися, коли транспортний засіб ударяється об нерухомий об'єкт (наприклад, бордюр). У цих так званих «дорожніх пригодах» автомобіль ударяється боком, але продовжує рухатися у бічному напрямку на бордюр, що створює момент навколо центра ваги, достатній для перекидання автомобіля. Щоб протидіяти цьому, системи стійкості до перевертання почали включати активну підвіску до захисту від перевертання. Для досягнення цієї мети бортовий комп'ютер використовує інформацію від інерційного вимірювального блока (IMU). В ньому встановлений гіроскоп або власний датчик по типу гіроскопа (Rolloversensor), який дає можливість визначити, коли транспортний засіб знаходиться у стані початку перевертання незалежно від прискорення автомобіля у поздовжній і поперечній площинах та його швидкості. Коли комп'ютер визначає, що транспортному засобу загрожує небезпека перевертання, він вираховує напрямок нахилу й активізує активну систему підвіски. Сила, що створюється у підвісці, створює момент (крутний момент), протилежний тому, що виник під впливом поперечної сили, й утримує автомобіль у безпеці.

Для попередження складання автопоїзда під час руху на спусках або на слизькій дорозі (існує ризик зриву причепа) на автомобілях Volvo застосовується так зване витягувальне гальмування, спрямоване на виключення подібних ситуацій. У разі виникнення небезпеки завдяки імпульсному гальмуванню причепа автопоїзд немовби витягується. У небезпечних ситуаціях система може увімкнутися автоматично, якщо швидкість перевищує 50 км/год. (рис. 7.25).

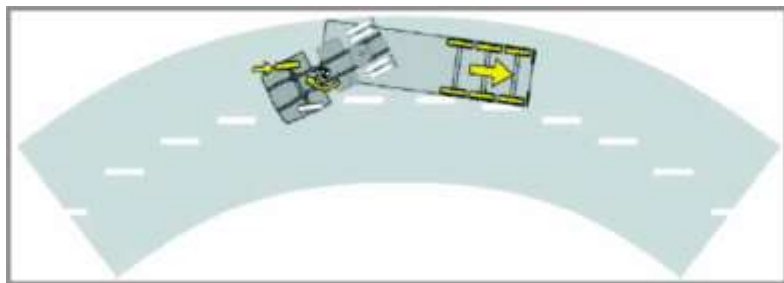


Рис. 7.25. Ілюстрація попередження складання автопоїзда

електронною стабілізацією й нова адаптивна система компенсації нахилів (eAWS). Головні елементи eAWS – стабілізатори поперечної стійкості з електродвигунами, які живляться від додаткової 48-вольтової бортової мережі.

Традиційна ходова частина оснащена нерознімними сталевими стабілізаторами в передній та задній підвісках. Під час проходження поворотів, а також у разі коли один бік автомобіля рухається порівняно великими нерівностями, два кінці стабілізатора поперечної стійкості повертаються у протилежних напрямках, зменшуючи схильність автомобіля до нахилів під час руху. Нерознімний стабілізатор – це завжди компроміс між максимальною стабілізацією при поворотах і мінімальним впливом під час подолання нерівностей проїзної частини.

У Volkswagen Touareg з системою eAWS встановлюються

**Основним елементом нової адаптивної системи компенсації нахилів на прикладі автомобіля Touareg є керовані стабілізатори поперечної стійкості на передній та задній осях. У систему входять інноваційна пневматична підвіска з**



електромеханічні стабілізатори поперечної стійкості на обох осях, роботу яких координує центральний блок керування. У цій системі дві частини стабілізатора з'єднуються одна з одною з допомогою триступінчастого планетарного редуктора, рух якому надає електродвигун. Залежно від умов руху частини стабілізатора або повертаються відносно одна одної з регульованим зусиллям, або практично без опору, що дає можливість значно зменшити нахили кузова під час проходження поворотів і, в той же час, попереджує розхитування кузова під час руху нерівностями. Це робить автомобіль більш безпечним, маневреним і комфортним. Для максимально швидкого і точного керування електричними актуаторами використовується додаткова бортова мережа з напругою 48 В, стабільність якій забезпечує батарея накопичувальних конденсаторів великої ємності. Крім того, під час руху бездоріжжям система також максимально знижує момент, який передають стабілізатори, що забезпечує більш надійне зчеплення з дорогою.

Система RSC (Roll Stability Control) використовується для забезпечення стійкості на поворотах у разі високої швидкості. Вона є активною системою, яка дає можливість виконувати круті повороти на високій швидкості, наприклад, у разі різкого маневрування. Ризик перекидання автомобіля при цьому зменшується. Система RSC розраховує ризик перевертання. Для визначення швидкості, на якій автомобіль починає нахилитися, в системі використовується гіростат. Інформація від гіростата використовується для розрахунку кінцевого нахилу і, відповідно, ризику перевертання. Схема електронної системи керування RSC представлена на рис. 7.26. Аналогічну схему має система ESC (Electronic Stability Control).

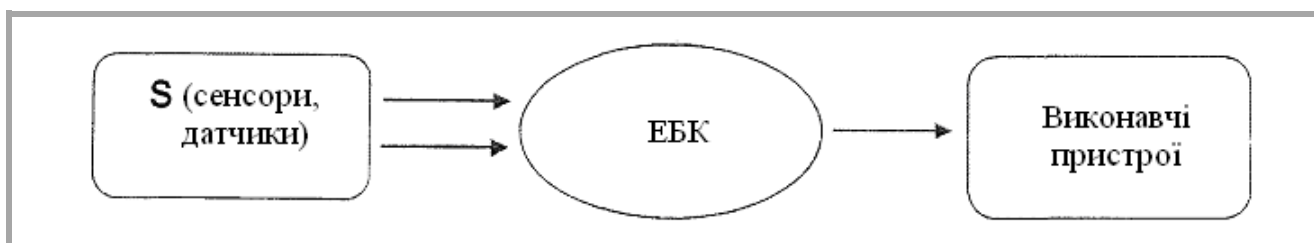


Рис. 7.26. Схема електронної системи керування RSC

Якщо існує ризик перевертання, спрацьовує система контролю тяги для забезпечення курсової стійкості (DSTC), яка знижує потужність двигуна й пригальмовує одне або кілька коліс із зусиллям, достатнім для вирівнювання автомобіля. При спрацюванні системи DSTC переднє зовнішнє колесо (у разі необхідності одночасно із заднім зовнішнім колесом) пригальмовується, в результаті чого автомобіль дещо виходить з дуги повороту. Вплив бокових сил на шини зменшується, що знижує також сили, здатні перекинути автомобіль. Завдяки спрацюванню системи з геометричної точки зору радіус повороту дещо збільшується, що, власне, і є причиною зменшення відцентрової сили. Для вирівнювання автомобіля не обов'язково значно збільшувати радіус повороту. Наприклад, під час різкого маневрування на швидкості 80 км/год при значних поворотах рульового колеса (приблизно 180° у кожному напрямку), може

виявитися достатнім збільшити радіус повороту на півметра. Система RSC не захистить автомобіль від перекидання у разі надто високих кутових швидкостей або при ударі коліс об бордюр (нерівність дороги) одночасно зі зміною траєкторії. Велике значення має кількість вантажу, розміщеного в кузові, який збільшує ризик перекидання у разі різкої зміни траєкторії руху. Ефективність системи RSC також знижується при різкому гальмуванні, оскільки в цьому разі гальмівний потенціал уже використовується повністю.

Система керування у разі небезпечної ситуації не дає автомобілю перекинутися, здійснює зниження потужності силового агрегату та пригальмування коліс. Як і всі сучасні електронні системи керування, ця система включає:

- вхідні датчики;
- блок керування;
- виконавчі пристрої.

До вхідних датчиків належать датчики частоти обертання колінчастого вала, положення педалі зчеплення (положення педалі гальма), рульової рейки, положення автомобіля, а також інші датчики системи керування двигуном.

Система ECS автомобіля Volvo FH підтримує шасі на одному рівні незалежно від розподілення вантажу. Це дає можливість уникнути перекидання на бік і безперервно забезпечує стійкість вантажного автомобіля. Система дистанційного керування дає можливість вручну компенсувати боковий нахил.

**Систему ESC** можна розглядати як розширений варіант антиблокувальної системи гальм (АБС). Багато вузлів об'єднані з системою АБС, але на додачу ЕБК вимагає наявності таких компонентів, як датчик положення руля й акселерометр, які слідкують за реальним поворотом автомобіля. У разі невідповідності показань акселерометра показанням датчика повороту руля система застосовує гальмування одного (або кількох) з коліс автомобіля для того, щоб попередити занесення, що починається.

Спрацьовує ESC у небезпечних ситуаціях, коли можлива або вже відбулася втрата керованості автомобілем. Шляхом пригальмування окремих коліс система стабілізує рух. Вона вступає в роботу, коли на великій швидкості під час проходження повороту передні колеса зносять із заданої траєкторії у напрямку дії сил інерції, тобто по радіусу, який є більшим, ніж радіус повороту. ESC у цьому разі пригальмовує заднє колесо, що йде по внутрішньому радіусу повороту, надаючи автомобілю більшу повертальність і спрямовуючи його в поворот. Одночасно з пригальмуванням коліс ESC знижує оберти вала двигуна.

Якщо при проходженні повороту відбувається занесення задньої частини автомобіля, ESC активізує гальмо переднього колеса, що йде по зовнішньому радіусу повороту. Таким чином, з'являється момент протиобертання, що виключає бокове занесення. Коли ковзають усі чотири колеса, ESC самостійно вирішує, гальмівні механізми яких коліс повинні вступити в роботу. Час реакції ESC – 20 мілісекунд. Працює система на будь-яких швидкостях і на будь-яких режимах руху.

Дана система є найефективнішою системою безпеки. Вона здатна компенсувати помилки водія, нейтралізуючи й виключаючи занесення, коли

контроль над автомобілем уже втрачено. Однак, її можливості обмежені: якщо радіус повороту занадто малий чи швидкість під час повороту перевищує допустимі межі – ніяка програма стабілізації не допоможе.

Достоїнствами системи антиперевертання автомобіля є:

- стійке положення автомобіля при поворотах;
- зменшення кількості аварій зі смертельним наслідком.

До недоліків відноситься необхідність періодичного виключення RSC, наприклад, якщо необхідно швидко розвернутися або завернути на великий кут.

### ***Система попередження зіткнення автомобілів***

---

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

Для забезпечення роботи система попередження зіткнення автомобілів (СПЗА) повинна отримувати інформацію про об'єкти можливого зіткнення. Тому одним із пристроїв СПЗА повинен бути пристрій технічного зору. СПЗА з допомогою спеціально встановлених камери або лазерів слідкує за тим, що відбувається перед автомобілем. Обробку зображень виконує потужний мікропроцесор, а результати транслюються на дисплей. Дальність видимості – від 100 до 150 метрів. Система розраховує, з якою швидкістю автомобіль наближається до транспортного засобу, що є попереду.

Структурна схема СПЗА представлена на рис. 7.27.



Рис. 7.27. Структурна схема СПЗА

СПЗА відслідковує траєкторію руху автомобіля, розпізнає вид можливого зіткнення і сповіщає про можливість аварії у випадках, якщо:

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

Якщо дистанція між автомобілями швидко скорочується, а водій ніякими діями не реагує, система подає звуковий сигнал водію, а в деяких випадках

вмикається вібрація на рульовому колесі. Якщо водій ніяк не реагує на всі попередження, система самостійно починає взаємодіяти з гальмівною системою автомобіля. Гарантована швидкість повної зупинки автомобіля – 50 км/год. У разі більшої швидкості значно знижуються наслідки ДТП, якщо його ніяк не вдалося уникнути. Отже, у міських умовах руху система є невід’ємною частиною безпеки. СПЗА вперше була застосована у 2010 році на автомобілях Volvo. На сьогодні система застосовується на багатьох автомобілях середнього класу і вище. Все-таки у разі щільного руху, особливо в заторах, деякі розробки СПЗА діють малоефективно, більше попереджуючи водія про зіткнення, ніж попереджуючи саме зіткнення, оскільки об’єкт, що потрапив у зону виявлення, примушує спрацьовувати звуковий сигнал, який навіть у разі невеликого руху буде постійно викликати в оточуючих роздратування.

Разом з системою СПЗА можуть працювати системи BAS та ABS. У нових автомобілях Mercedes система у разі екстреного гальмування вмикає аварійні сигнали ззаду автомобіля, щоб максимально привернути увагу водіїв, що їдуть позаду, причому аварійні сигнали працюють удвічі швидше звичайного.

Оснащена лазерним сканером система аварійного гальмування здатна розпізнати небезпечний об’єкт перед автомобілем і збоку нього й здійснити аварійне гальмування. При цьому система враховує можливість об’їзду небезпечного об’єкта. В якості попереджувального заходу виконується підготовка підсилювача гальмівного привода до екстреного гальмування.

У деяких автомобілях для цього використовується радіолокатор або сонар, вбудований у системи адаптивного круїз-контролю або систему допомоги при паркуванні.

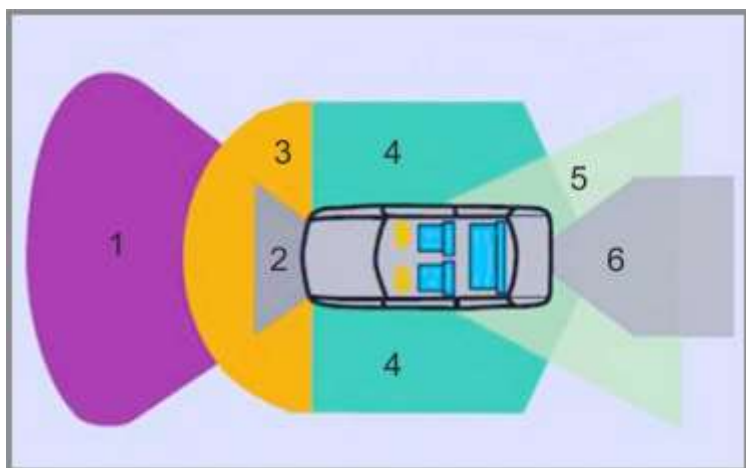


Рис. 7.28. Датчики орієнтації у просторі та дистанція їх дії

Для орієнтації у просторі можуть використовуватися й інші різноманітні пристрої, наприклад, камери дистанційного контролю та інфрачервоні датчики, що діють на гранично близькій відстані. Ці пристрої добре відомі, менш відомий так званий лідар або лідар – дві назви одного приладу. (LIDAR – англ. Light Detection and Ranging). Лідар став складовою частиною

системи вимірювання дистанції LMS (Laser Measure Sensor). Ідея лідара не оригінальна: LMS випромінює кілька променів і сприймає відбиті дані. Володіючи у повній мірі властивостями інерційної навігаційної системи з повним набором датчиків орієнтації й переміщення (рис. 7.28) інтегрована система здатна визначати всі параметри руху транспортного засобу: кутові швидкості, прискорення, ударні та вібраційні впливи, перевантаження.

На сьогодні розроблені лідари і радари далекого діапазону дії.

На рис. 7.28 цифрами позначені 1 – 50-80 метрів: радар або тривимірний лідар; 2 – 1 метр: інфрачервоні датчики; 3 – 20 метрів: радар або лідар; 4 – 3 метри: радар, відео, інфрачервоні датчики; 5 – 20 метрів: радар, відео або лідар; 6 – 5 метрів: радар, відео, інфрачервоні датчики.

## § 37

### ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ ВЗАЄМОДІЇ ВНУТРІШНІХ ТЕЛЕМАТИЧНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ ІЗ ЗОВНІШНІМ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

#### *Інформаційне забезпечення керування автомобілем та транспортними потоками*

Сучасні телематичні й інтелектуальні транспортні системи (ІТС) надають значний комплекс сервісних послуг водію, диспетчерським та інженерним службам підприємств у вигляді інформації про поточний стан автомобіля й дороги, про транспортні умови та про будь-які їх збої. Схема руху такої інформації представлена на рис. 7.29. ІТС дають можливість підвищити рівень організації дорожнього руху та керування транспортними потоками. Набір послуг ІТС формується залежно від наявних ресурсів та поставлених цілей [3].

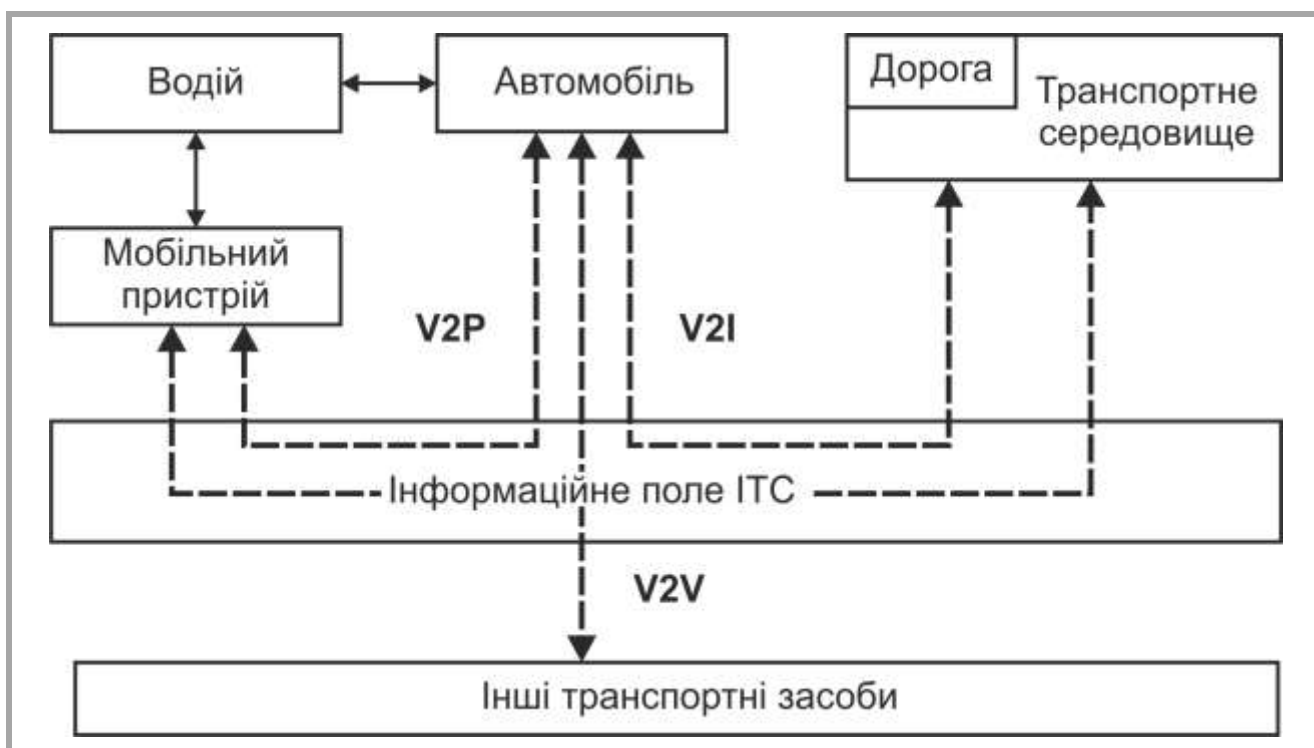


Рис. 7.29. **Інформаційний обмін даними:** прості стрілки – інтерфейси зв'язку з водієм; пунктирні стрілки – міжоб'єктні взаємодії ІТС; V2V – інформація від датчиків та зовнішніх джерел «автомобіль-автомобіль»; V2I – інформація «автомобіль-інфраструктура»; V2P – мобільні засоби (Wi-Fi, GSM...UTMS)

Індивідуальна інформація про поточний стан автомобілів може бути використана диспетчерськими та інженерними службами для організації ТО та Р, їх коригування і супроводження виробничих процесів на АТП й СТО.

Система попередження Nissan NT500 використовує комунікацію між автомобілями V2V, щоб водій встиг вжити відповідних заходів у відповідній ситуації. Система General Motors (V2V) дає можливість обмінюватися між автомобілями без участі водія (бездротовий зв'язок) інформацією про своє місцезнаходження, швидкість, прискорення, дорожні умови і т. п. Система допомоги водієві для безпечного руху (DSSS) дає можливість отримати водію таку інформацію: наявність заторів або аварій на дорозі, про дорожні знаки, сигнали транспорту та світлофора і т. п.

Передові системи підтримки водіння на автомагістралях AHS (Advanced Cruise-Assist Highway Systems) є одними з найсучасніших систем у галузі ІТС. Мета AHS – зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод, підвищити безпеку, підвищити ефективність перевезень, а також зменшити оперативну роботу водіїв.

AHS -i (information): зосередження на наданні інформації;

AHS -c (control): допомога з управлінням автомобілем;

AHS -a (automated cruise): повністю автоматизоване водіння.

Для того, щоб система AHS діяла, потрібно створити необхідну інфраструктуру й здійснити наступні заходи:

– моніторинг стану проїзної частини дороги (фізичних умов), моніторинг стану транспортного потоку й можливих перешкод (затори, дорожньо-транспортні пригоди);

– обробка інформації в центрі керування рухом;

– передача інформації водієві: в індивідуальному порядку в автомобіль або всьому транспортному потоку;

– виконання заходу: автоматичні системи в автомобілі (AHS -a) або вручну за допомогою водія (AHS -m).

Основою системи AHS є одержання достовірної транспортної інформації, інформації про погодно-кліматичні умови та про перешкоди руху в межах усієї контрольованої дорожньої мережі.

Поза населеними пунктами для водіїв найбільш важливою інформацією є відомості про метеоумови і стан покриття автодороги.

Системи підтримки безпеки водіння DSSS (Driving Safety Support Systems) допомагають водіям автомобілів одержати інформацію, яку буває важко сприйняти в ускладнених транспортних умовах (сигнали транспорту, дорожні знаки тощо). Ця інформація може бути передана в автомобіль від дорожньо-транспортної інфраструктури з використанням сучасних технологій ІТС. До DSSS відносять такі системи:

– система, що допомагає водіям вчасно побачити червоний сигнал світлофора. Ця система визначає швидкість автомобіля, порівнює з можливістю увімкнення червоного сигналу світлофора і посиляє попередження водієві;

– система Smartway зменшує можливість ДТП на швидкісних магістралях. У системі використовуються датчики, комунікації «дорога-автомобіль» та інші

сучасні технології ІТС для попередження водіїв про наявність заторів, аварій на дорозі тощо;

– система розпізнавання дорожніх знаків. Спеціальна відеокамера обробляє зображення спереду автомобіля, розпізнає дорожні знаки і проектує зображення знака, обмеження швидкості на лобове скло автомобіля за допомогою «віртуального дисплея»;

– Night View – система нічного бачення, яка дає можливість на підставі найсучасніших технічних рішень забезпечувати гарну видимість у сутінках і в темряві. Основою таких систем є термокамери, які замість оптичного сигналу знімають дані про температуру об'єктів.

### ***Структура телематичних комплексів інтелектуальних транспортних систем***

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) – це системна інтеграція сучасних інформаційних і комунікаційних технологій та засобів автоматизації з транспортною інфраструктурою, транспортними засобами та користувачами. Вони орієнтовані на підвищення безпеки й ефективності транспортного процесу, комфортності для водіїв і користувачів транспорту, максимізації показників використання автомобілів і дорожнього середовища.

Телематичні елементи автомобіля можна розглядати як джерело інформаційної взаємодії з інфраструктурою інтелектуальних транспортних систем, зовнішнім телематичним середовищем (рис. 7.30). Розвиток телематичних систем дав можливість створити бортові автоматичні системи керування автомобілем.



Рис. 7.30. Структурна схема телематичного комплексу керування ІТС

Інтелектуальні технічні системи автомобілів призначені для підвищення функціональних та експлуатаційних властивостей безпеки й ефективності транспортних процесів, комфортабельності водія і користувачів транспорту. Найбільший ефект при цьому досягається за рахунок автоматизації процесів керування.

Намагання покращити й оптимізувати існуючі системи керування автомобіля привело до їх адаптації, до побудови адаптивних інтелектуальних систем. Це перехід від керування за заданими алгоритмами до створення систем, які самі шукають і формують свій алгоритм керування транспортним засобом. Зворотний зв'язок, стан, інформація, алгоритм, оптимізація, адаптація та навчання є ключовими поняттями сучасних інтелектуальних бортових транспортних систем (ІБТС).

Поняття «інтелектуальні транспортні системи – ІТС» включає розвиток трьох базових сегментів інтелектуальних систем: бортових інтелектуальних елементів, дорожньої інформаційної інфраструктури і правил телематичної взаємодії транспортних засобів між собою та з дорожньою інфраструктурою.

Оперативним завданням ІТС є здійснення та підтримка можливості автоматизованої й автоматичної взаємодії всіх транспортних суб'єктів у реальному масштабі часу на адаптивних принципах.

ІБТС перш за все спрямовані на підвищення експлуатаційної безпеки транспортних засобів. Покращення видимості на транспорті здійснюється за рахунок застосування технологій ІТС для покращення сприйняття водієм навколишньої обстановки з допомогою використання бортового обладнання. Автоматизоване керування транспортним засобом здійснюється з метою повної автоматизації процесу керування транспортним засобом шляхом створення середовища керування без втручання людини або напівавтоматичного керування, яке допомагає операторам (водіям) транспортних засобів.

Розвиток ІБТС на транспорті неможливий без застосування автоматичного керування у сучасній дорожній обстановці. ІБТС вивчає процеси керування та переробки інформації на автомобілі, які відбуваються у різноманітних об'єктах автомобіля та дорожньої інформаційної інфраструктури, правил телематичної взаємодії транспортних засобів.

ІБТС припускає взаємодію згаданих понять з положеннями класичної теорії автомобіля, забезпечуючи формалізацію робочих процесів у агрегатах, системах і пристроях автомобіля, виходячи з принципів автоматичного керування, спрямовуючи розвиток методів вивчення створених математичних моделей на синтез автоматичних систем і пристроїв з метою удосконалення конструкції автомобіля і підвищення його споживчих властивостей.

Стосовно теорії керування автомобілем це виглядає, як узгодження можливості функціонування системи керування у різних умовах з оптимальним її функціонуванням у кожному конкретному випадку. Вирішення такої проблеми вимагає використання зовсім непростих алгоритмів ідентифікації, пошуку оптимізації й адаптації. Все це для своєї реалізації вимагає обчислювальної техніки, що реалізує керуючі впливи програмою, яка в неї вводиться. Таким чином, якщо необхідне стисле формулювання, то



математична логіка, теорія алгоритмів і автоматів дали ІБТС методи та засоби для відшукування й реалізації складних і ефективних законів керування.

### *Система моніторингу стану водія*

---

Причиною приблизно 25 % всіх аварій на дорогах є втома водія, та як наслідок, засинання за кермом. Практика показує, що через чотири години безперервного водіння реакція водія знижується у два рази, через вісім годин – у шість разів.

Існує кілька систем контролю втомленості водія, наприклад, Attention Assist від Mercedes-Benz, Driver Alert Control (DAC) від Volvo та ін. Система DAC працює разом з системою Lane Departure Warning і базується на її конструктивних елементах.

В основу розроблених систем моніторингу втомленості водія покладені відслідковування погляду, міміки, руху очей водія; відслідковування стилю та манери керування, положення голови водія, характеру утримання (тиску) і наявності різких ривків рульового колеса, а також як водій взаємодіє з іншими органами керування автомобіля. За цими ознаками і діями водія комп'ютерна система може довідатися, чи втомився водій, попередити його сигналом і написом на панелі приладів та запропонувати йому відпочити. Діагностичними ознаками розпізнавання втомленості водія, як відхилення від «стандартного», є «цифровий портрет», «унікальний профіль водіння», ослаблення тиску на руль, частота поворотів рульового колеса та ін.

Діагностичні системи контролю втомленості обладнуються різними датчиками відслідковування з комп'ютерною обробкою сигналів та порівняння їх з первинними індивідуальними даними. Так, використовуються біометричні датчики, які дають можливість визначити пульс, частоту дихання, провідність шкіри та безліч інших параметрів (які обробляються електронними блоками), наприклад:

- рух транспортного засобу (швидкість, поздовжнє й поперечне прискорення, швидкість рискання);
- дії водія (кут повороту рульового колеса, положення педалей акселератора та гальма);
- дорожні умови (щільність транспортного потоку, характер дорожнього полотна);
- біометричні показники (серцевий ритм, частота дихання, температура шкіри).

У роботі системи оцінювання навантаження водія використовуються такі біометричні датчики:

- п'єзоелектричний датчик у ремені безпеки для моніторингу частоти дихання;
- провідні накладки на ободі рульового колеса для вимірювання пульсу;
- інфрачервоні датчики на ободі рульового колеса для вимірювання температури долонь;

– інфрачервоний датчик за рульовим колесом для контролю температури обличчя.

Датчики вбудовуються в сидіння, в підголовник, в рульове колесо, в стрічку ременя безпеки, в спинку водійського крісла, в бортовій панелі з контролем швидкості та манери керування автомобілем. У разі високої небезпеки засинання комплекс подає попереджувальні сигнали, також посилає сигнал виконавчим пристроям з видачею світлового та/або звукового попередження (рис. 7.31). Якщо з плином часу стиль керування автомобілем і його траєкторія руху змінюються, на моніторі автомобіля з'являється напис з вимогою зупинитися для відпочинку і вмикається звукова сигналізація.

В результаті проведених розрахунків установлюються відхилення у діях водія та траєкторії руху автомобіля. На дисплей панелі приладів виводиться сигнальний напис про необхідність зробити перерву та подається звуковий сигнал. Якщо після сигналів водій не зупиняється і продовжує рух у сонливому стані, система повторює сигнали з періодичністю 15 хвилин. Система активується на швидкості 80 км/год.

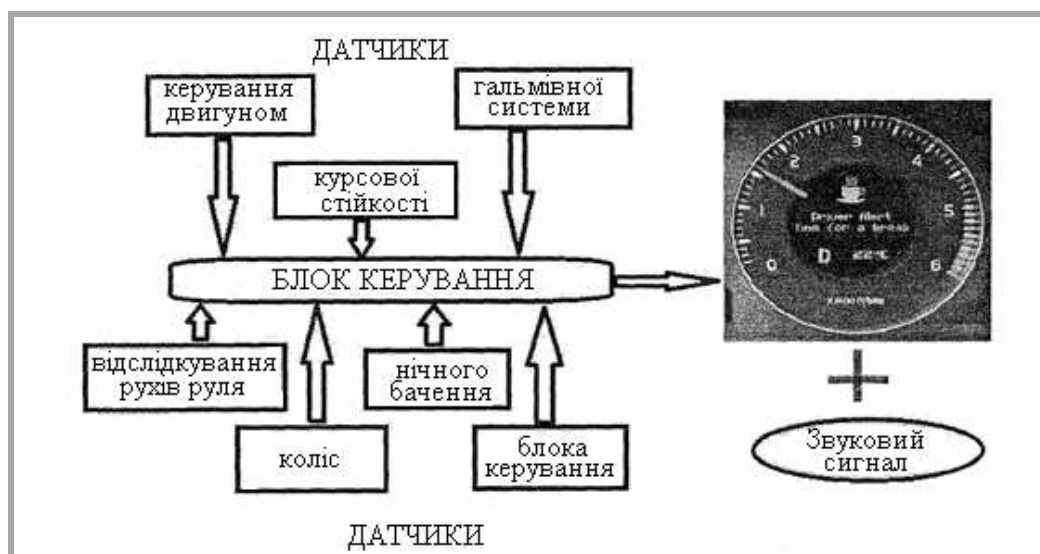


Рис. 7.31. Схема роботи системи контролю втомленості водія

Існує бортове обладнання автомобіля з центром моніторингу, який здійснюється з допомогою систем зв'язку GPS, GSM та навігаційної супутникової системи ГЛОНАСС (рис. 7.32).

За основу системи Seeing Machines взята готова технологія Seeing Machines, яка застосовується в авіації, залізничному транспорті, комерційному вантажному транспорті. Спеціальний блок контролює ступінь відкриття очей і напрямок погляду водія. При розпізнаванні неуважності, втомленості або сонливості водія система попереджує про необхідність зупинки.

Окрім контролю втомленості водія система може бути використана для активації окремих функцій автомобіля з допомогою спрямованого погляду (подивився – увімкнув). Крім того, якщо під час зміни смуги руху водій не користується дзеркалом заднього виду, система нагадає йому про необхідність даної дії.

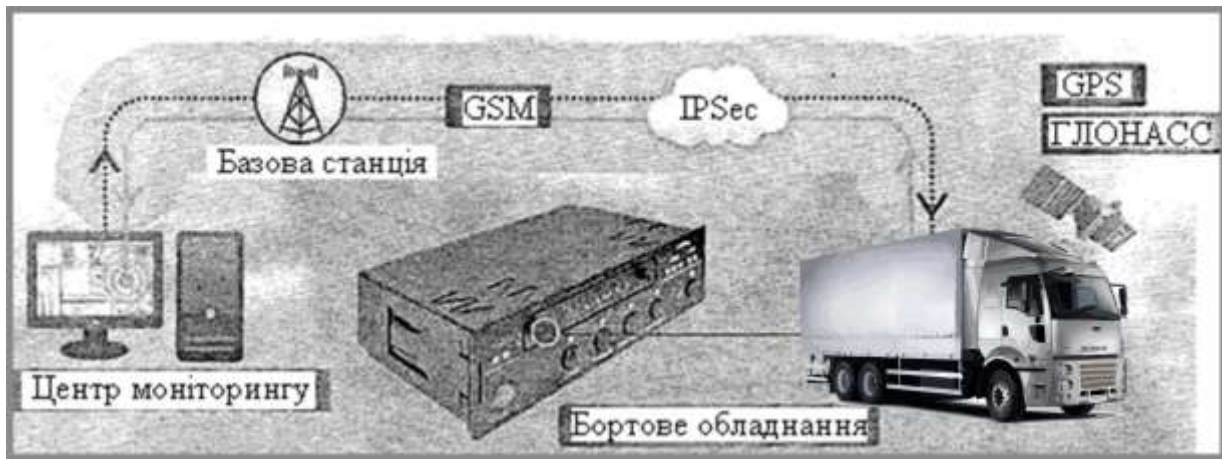


Рис. 7.32. Схема зв'язку бортового обладнання системи моніторингу стану водія

### *Системи відслідковування стану водія та нічного бачення*

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

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

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

**Стомлений водій може бути настільки ж небезпечний, як і водій, що сів за кермо у нетверезому стані.** Інтегровані в автомобіль системи спостереження, які розпізнають ознаки втоми у рухах та реакціях водія і попереджають про необхідність перепочити, доступні у кількох автовиробників. Наприклад, у Mercedes така система називається Attention Assist. Система спочатку вивчає манеру їзди водія, зокрема, обертання обода рульового колеса, увімкнення покажчиків повороту та натискання на педаль, а також стежить за деякими керуючими діями водія й такими зовнішніми чинниками, як боковий вітер та нерівності дорожнього полотна. Якщо Attention Assist розпізнає стомлення водія, вона інформує його про необхідність зробити зупинку, щоб перепочити.

Робить Attention Assist це за допомогою звукового сигналу й

попереджувального повідомлення на дисплеї комбінації приладів.

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

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

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

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

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

Основний напрям розробки систем контролю безсоння водія – використання відеоконтролю. Два фактори – міміка обличчя та фізіологічний стан – були використані для контролю втоми. Для аналізу картинки на відео, був застосований активний алгоритм, який дає можливість отримати зміни на обличчі такі, як ступінь закриття очей, тривалість закриття очей, частоту моргання, тривалість позіхання. Система для контролю втоми водія транспортного засобу включає в себе оптичну систему візуалізації, яка отримує зображення особи водія. Блок керування обробляє відеосигнал та фіксує такі показники:

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

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

### *Системи керування фарами та освітленням дороги*

---

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

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

З метою підвищення активної безпеки сучасних автомобілів, конструкція їх приладів освітлення постійно вдосконалюється. Як джерело світла використовуються не тільки галогенні, але й газорозрядні лампи. Все частіше поряд з АБС автомобілі обладнують активним головним освітленням, яке дає можливість створювати безпечні умови при поворотах автомобіля вночі та враховувати положення кузова відносно горизонту й дороги при різних швидкостях руху. За вхідні параметри для розрахунку функцій активного головного світла служать кут і швидкість повороту рульового колеса, швидкість обертання коліс і кутова швидкість повороту автомобіля, нахили кузова.

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

Вбудований датчик освітлення призначений для:

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

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

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

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

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

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

Освітлення дороги в автомобілі адаптоване до згинів і поворотів, а також до водіння у нічний час. Освітлення дороги головними фарами автомобіля Volvo FH схематично показано на рис. 7.33. Біксенонові фари дальнього світла особливо хороші під час водіння у нічний час. З динамічними фарами головного світла ближнє світло повторює згини і набагато збільшує діапазон огляду. Статичні фари додаткового освітлення поворотів освітлюють зону повороту з обох боків автомобіля, що допомагає вчасно помітити інших учасників дорожнього руху.

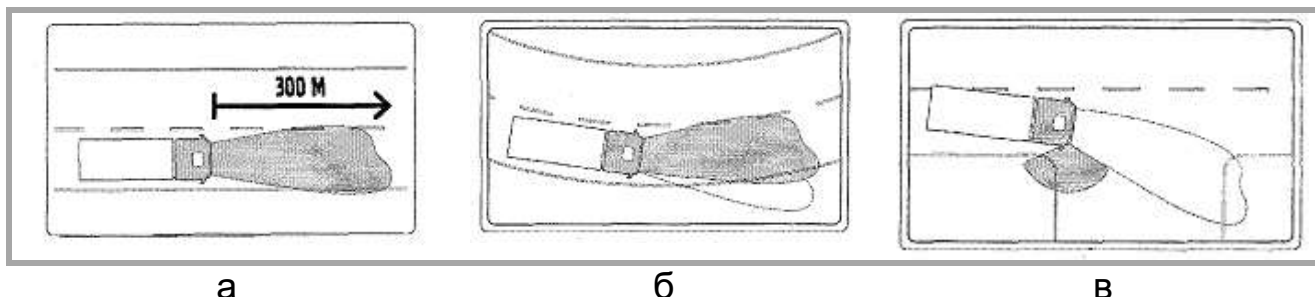


Рис. 7.33. Схема дальнього освітлення (а), динамічними фарами (б) та додаткового освітлення повороту (в)

У концерні Daimler Chrysler розроблена комплексна система головного освітлення ILS (Intelligent Light System). У ній головні фари можуть не тільки повертатися вліво-вправо, але й вгору-вниз незалежно одна від одної за командою необхідних датчиків і під керуванням ЕБК. На швидкостях більше 110 км/год. ЕБК розширює зону ближнього світла й забезпечує кращу видимість полотна дороги на відстані до 120 м. Під час руху в густому тумані (ЕБК визначає це по вмиканню задніх протитуманних ліхтарів) або в режимі «для сільських доріг» (тобто рух з невеликою швидкістю і з можливими поздовжньо-поперечними коливаннями кузова) ліва фара повертається трохи вліво, щоб краще освітлювати протилежне узбіччя. Крім того, лампи ближнього світла можуть працювати з двома рівнями освітлення: звичайним і більш потужним, форсованим. Під час руху зі швидкістю до 40 км/год. при повороті керма або увімкненні сигналу повороту загорається одна з протитуманних фар.

Система ILS також включає в себе «обволікаючу» спеціальну нічну підсвітку салону світлодіодами, встановленими на внутрішніх панелях дверей та в нішах для ніг пасажирів. Окрім цього, на стелі встановлені люмінесцентні панелі, які не тільки прикрашають, але й допомагають краще розрізняти всі кнопки та перемикачі на панелях керування.

Кут повороту фар коригує ЕБК. На початку повороту дороги величину кута повороту фіксує гіроскопічний датчик (за його сигналами ЕБК дає команду на поворот обох фар на певний кут). Якщо водій на швидкості до 70 км/год. різко повернув кермо або увімкнув сигнал повороту, то загорається світло «за кут», яке дає можливість бачити, що знаходиться зліва і справа.

Також автоматизоване увімкнення протитуманних фар, омивачів стекол головних фар, склоочисників вітрового скла. Крім того, на багатьох автомобілях уже встановлюють систему NV (Night Vision – нічне бачення), з допомогою якої на екрані монітора можна бачити теплі об'єкти на відстані до 300 м (у чорно-білому або кольоровому зображенні).

### ***Системи нічного бачення, контролю дороги та виявлення пішоходів***

---

В основі цієї системи безпеки лежать датчики, які можуть уловлювати теплове й інфрачервоне випромінювання. Також є спеціальна камера, яка знімає зображення, а вся інформація передається на бортовий комп'ютер. Отриману інформацію бортовий комп'ютер обробляє і проектує її на дисплей у вигляді безкольорового масштабного образу.

За принципом дії розрізняють два види систем нічного бачення.

**Активні.** У роботі використовують додаткові джерела інфрачервоного кольору, які встановлюються на автомобіль окремо. На виході водій отримує високу роздільну здатність і чіткість зображення. Дальність роботи таких систем доходить до 250 метрів. Активні системи для своїх автомобілів використовують концерни Toyota і Mercedes (система NightViewAssistPlus). Її унікальність полягає в тому, що завдяки досконалим датчикам вона інформує водія про ями та нерівності на дорозі й попереджує пішоходів про потенційну

---

небезпеку.

Система складається з:

– інфрачервоних активних камер – вони розташовані у фарах головного світла;

– відеокамери – знаходиться за лобовим склом;

– електронного блока керування;

– дисплея в кабіні – на нього буде виводитися вся інформація.

Робота системи побудована таким чином:

– інфрачервоні камери фіксують усю навколишню дорожню обстановку: перешкоди, нерівності, пішоходів і зустрічний транспорт;

– завдання відеокамери – зрозуміти, в який час доби їде автомобіль, а також слідкувати та вчасно попереджувати про наявність на дорозі перешкод або інших автомобілів, які рухаються по зустрічній смузі або просто їдуть попереду;

– електронний блок керування повинен обробити та проаналізувати всю отриману інформацію, після чого вона буде виведена на екран інформаційного табло.

Останній, залежно від моделі автомобіля, може бути як окремим, так і інтегрованим в навігаційну систему автомобіля.

Ідеальними для роботи системи є такі умови:

– швидкість руху автомобіля більше 45 км/год.;

– відстань до пішоходів та перешкод на трасі не більше, ніж 80 м від автомобіля.

**Пасивні.** У таких систем немає свого інфрачервоного датчика, однак тепловізор самостійно фіксує інфрачервоне випромінювання від самих об'єктів. Працює він на відстані до 290-320 метрів. Контрастність на виході буде дуже високою, а роздільна здатність, навпаки, низькою.

**Система виявлення пішоходів.** Ця система здатна суттєво знизити кількість ДТП, що дасть можливість збільшити пропускну здатність автомобільних доріг, а також збільшить швидкість транспортних засобів без небезпеки наїзду на пішоходів, зменшити динамічні навантаження в елементах гальм ТЗ, тобто підвищити їх надійність та довговічність, знизити спрацьованість шин в експлуатації. Існує багато різновидів систем виявлення пішоходів [4]. Для виявлення пішоходів застосовуються такі методи: цілісне виявлення, часткове розпізнавання, розпізнавання за зразками, розпізнавання за кількома камерами.

У системах виявлення пішоходів реалізовані такі взаємопов'язані функції: виявлення пішоходів; попередження про небезпеку зіткнення; автоматичне гальмування, а в деяких системах і автоматичне підрулювання рульового керування, щоб уникнути зіткнення.

Для виявлення пішоходів використовуються відеокамера і радар, які ефективно працюють на відстані до 40 м. Якщо пішохід виявлений відеокамерою і результат підтверджений радаром, система відслідковує рух пішохода, прогнозує його подальше переміщення й оцінює ймовірність зіткнення з автомобілем. Результати виявлення виводяться на спеціальний



дисплей. Система також реагує на транспортні засоби, які стоять на місці або рухаються в попутному напрямку.

В комплектацію системи входять: відеокамера; радар; блок керування; монітор.

Структурна схема системи виявлення пішоходів показана на рис. 7.34.



Рис. 7.34. Структурна схема системи виявлення пішоходів

### *Система автоматичного гальмування на перехрестях*

---

Компанія Volvo надає своїм автомобілям нову функцію автоматичного гальмування у разі повороту на перехресті, якщо водій не побачив або вирішив не пропускати транспортний засіб, що рухається назустріч.

Нова функція виміряє відстань до зустрічного автомобіля, швидкість його руху і швидкість руху автомобіля, у якому вона встановлена. Якщо при поточних параметрах зіткнення уникнути неможливо, система автоматично увімкне гальмування, зупинивши автомобіль до точки зіткнення.

Якщо водій натисне на педаль гальма, функція збільшить гальмівне зусилля, щоб допомогти зупинити автомобіль до точки перетинання траєкторій транспортних засобів.



Рис. 7.35. Функція автоматичного гальмування перед зустрічним транспортом

В обох випадках водій почує звуковий сигнал і побачить червоне світло в нижній частині лобового скла, що сигналізує про спрацювання системи.

Поряд з названими функціями система City Safety містить інші функції автоматичного гальмування перед пішоходами та велосипедистами, що перетинають дорогу перед автомобілем, а також перед транспортним засобом, за яким автомобіль Volvo рухається слідом, якщо цей транспортний засіб різко загальмував або не було дотримано дистанції (рис. 7.35). Технічно система City Safety складається з лазерного радара та відеокамери, розміщених під лобовим склом вгорі, коло дзеркала заднього виду та блока керування.

Кут зору системи складає 48 градусів. Вона здатна обробляти до 10 об'єктів одночасно, прораховуючи ймовірні траєкторії руху 15 разів за секунду.

Розпізнані об'єкти класифікуються на такі групи: пішохід, велосипедист,

автомобіль. Тип об'єкта визначається, виходячи з його форми. Наприклад, система «розуміє», що бачить людину, виходячи з того, що у неї є тулуб, ноги і руки. Всі ці властивості записані в базу даних. Загалом центральний блок обробляє приблизно 1 ГБ інформації кожні 10 секунд. Ця інформація не зберігається, а лише аналізується. Видимість City Safety залежить від освітлення. При денному освітленні вона бачить вперед на 120-150 метрів. У нічний час за наявності вуличного освітлення видимість скорочується до 50 метрів, а у разі відсутності вуличного освітлення і наявності тільки світла фар – до 20 метрів.

Залежність від освітлення зумовлена тим, що класифікацію об'єктів виконує відеокамера. В цілому система бачить приблизно так само, як людське око. Перевага полягає в тому, що вона слідує за об'єктами постійно, не відволікаючись на що-небудь, і реагує швидше за людину. Наприклад, час між розпізнаванням транспортного засобу, що їде назустріч, і активацією системи автоматичного гальмування – 0,2 секунди.

Система City Safety має обмеження щодо швидкості руху транспортного засобу. Попередити наїзд на пішохода чи велосипедиста, що раптово з'явився перед автомобілем, вона зможе при швидкості не більше 45 км/год. А зіткнення з транспортним засобом, за яким їде автомобіль Volvo, – при швидкості не більше 50 км/год.

Нова система допомоги при водінні, розроблена General Motors і названа V2V («vehicle-to-vehicle»), що буквально означає «від одного автомобіля до іншого», дає можливість автомобілям обмінюватися інформацією один з одним без будь-якої участі водія. Система V2V створює між автомобілями бездротову мережу, по якій передаються дані про їх місцезнаходження та швидкість. Крім того, система безперервно аналізує ці дані й може допомогти уникнути дорожньо-транспортної пригоди, завчасно попередивши водія про потенційно небезпечну ситуацію, створену іншими автомобілями.

Вона підвищить безпеку руху, не відволікаючи увагу водія і, звичайно, не позбавляючи його повного контролю над автомобілем. Система V2V – це «шосте почуття» автомобіля, завдяки якому водій буде знати, що його чекає попереду; вона допоможе уникнути дорожньо-транспортних пригод і знизити напруженість транспортного потоку.

---

## § 38

### **СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТА ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛЯ**

---

#### *Функціональне призначення самодіагностики*

---

Під внутрішнім контролем і діагностикою розуміють системи збору, обробки та використання бортової інформації для забезпечення ефективного

керування робочими процесами та контролю технічного стану транспортних засобів. Високий рівень розвитку мікропроцесорної техніки, інформаційних технологій автомобілів дав можливість виконати об'єднання будь-яких пристроїв і окремих блоків керування в єдину систему CAN-шини, щоб надати блокам керування більше інформації про всі системи автомобіля. Шина CAN (рис. 7.7) дає можливість проводити обмін даними про функціональний стан автомобіля, виконувати функції самодіагностики, діагностики керованих процесів та інформування водія, механіка, диспетчерської служби про відхилення, які виникли, контрольовані значення параметрів технічного стану і робочі процеси. З допомогою системи самодіагностики автомобіля можна виявляти слабку ланку без підключення до стаціонарних діагностичних комплексів.

В основу бортових систем самодіагностики автомобілів покладено стандарт OBD-II. Провідною ознакою присутності стандарту OBD-II у системі моніторингу технічного стану автомобілів є наявність на борту характерного діагностичного рознімача (колодки діагностики). Зовнішній вигляд конектора і колодки діагностичного рознімача J1962 представлені на рис. 7.36 та 7.37. Це 16-контактна колодка Diagnostic Link Connector (DLC) трапецієвидної форми, що забезпечує можливість підключення до неї конектора гаджета, де призначення контактів (розпіновка) регламентується стандартом OBD-II.



Рис. 7.36. Вигляд конектора діагностичного рознімача J1962 стандарту OBD-II

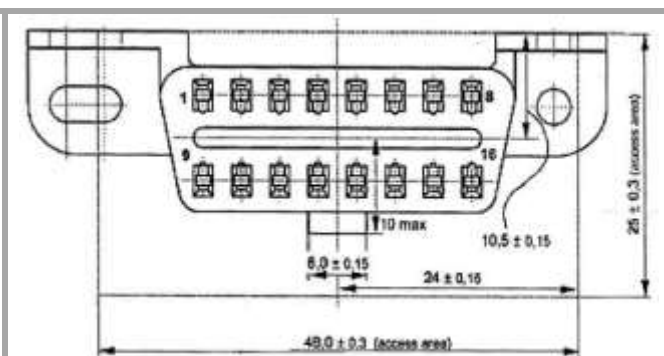


Рис. 7.37. Вигляд колодки діагностичного рознімача J1962 стандарту OBD-II

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

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

Під час звичайної експлуатації автомобіля бортовий комп'ютер періодично тестує електричні та електронні системи і їх компоненти. У разі виявлення несправності контролер електронного блока керування (ЕБК) переходить в

аварійний режим роботи, підставляючи значення параметра, яке більш підходить при цьому, замість того, що дає несправний блок. Протоколи зв'язку за стандартом OBD-II надають діагносту низку стандартних функціональних можливостей щодо режимів діагностування. Установлення достовірного діагнозу вимагає високої інженерної кваліфікації від фахівця, який здійснює аналіз інформації, отриманої від системи самодіагностики, а також наявності досить тривалого часу для пошуку несправності.

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

- ідентифікацію системи й ЕБК;
- розпізнавання, зберігання та зчитування інформації про статичні й одиничні порушення роботи;
- зчитування поточних реальних даних, що включають умови довкілля та специфікації;
- моделювання функцій системи;
- програмування параметрів системи.

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

**Самодіагностика автомобілів** характеризується виконанням кількох вимог:

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

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

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

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

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

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

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

Основне завдання системи самодіагностики у разі відмови якого-небудь елемента – скоригувати роботу справних вузлів, наприклад, перевести їх на безпечну обхідну програму. Сигналізатори низького рівня масла, гальмівної або охолоджувальної рідини на сьогодні вже випускаються серійно.

Ця система не тільки повідомляє водію про несправності в автомобілі, але й намагається їх попередити. Наприклад, за роботою більшості сучасних двигунів слідкує бортовий діагностичний блок, який здатен регулювати подачу пального та відслідковувати тривалість горіння суміші в циліндрі. Ці параметри надзвичайно важливі для надійної й довготривалої роботи двигуна, який може вийти з ладу навіть через нетривалу зміну складу суміші. Блок здатен зафіксувати один пропущений спалах за 400 обертів колінчастого вала.

Функціональне призначення систем самодіагностики (СД) показано на рис. 7.38.

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

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

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

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

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

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

вторинні переносні тестери для перевірки пневмоапаратів та електронних блоків антиблокувальних систем.

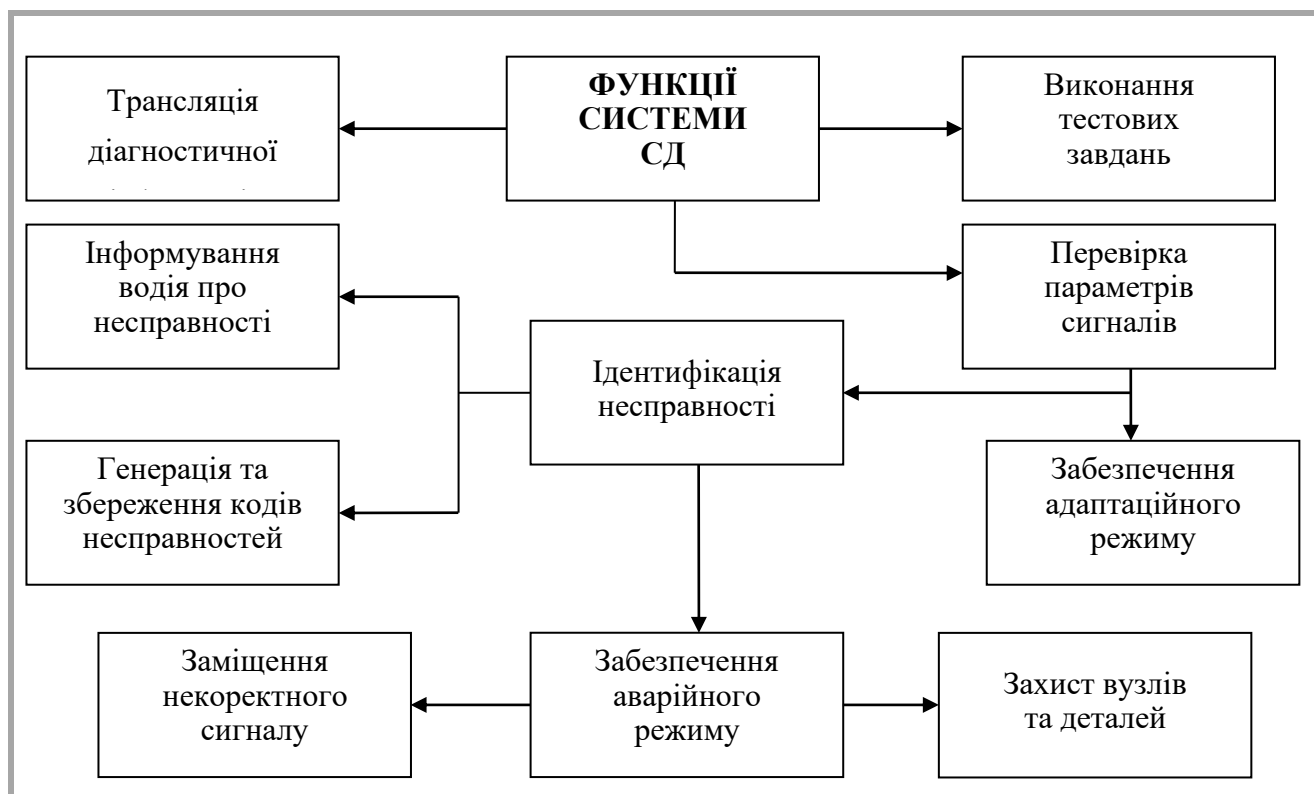


Рис. 7.38. Функції бортової системи самодіагностики

Використання бортових систем моніторингу дає можливість перейти від періодичного профілактичного діагностування до постійного контролю та аналізу стану вузлів автомобіля, що дозволяє своєчасно усунути несправності, скоротити вартість ТО та терміни ремонту.

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

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

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

*Обладнання моніторингових систем і  
дистанційного діагностування автомобілів*

---

При глобалізації методів і засобів технічного контролю та діагностики транспортних засобів головним залишається подальша інтелектуалізація діагностики процесів експлуатації, прогнозування остаточного ресурсу, технічної й екологічної надійності машин, контроль вантажів, що перевозяться.

Комплекс технічних засобів для автоматизованого збирання й обробки інформації про автомобіль включає такі складові:

- бортова система моніторингу технічного стану автомобіля;
- гаджет і система взаємодії гаджетів;
- віртуальне підприємство з експлуатації автомобільного транспорту, яке включає функцію автоматизованого збирання й обробки інформації (моніторингу) про автомобіль.

Більшість вантажних автомобілів, наприклад, MAN, SCANIA, Volvo та ін. стали штатно оснащуватися не тільки мікропроцесорними вбудованими засобами автоматичного керування вузлами та приводами, засобами контролю технічного стану, але і засобами зовнішньої телекомунікації, які з допомогою навігаційних систем GPS/GSM/Wi-Fi/RFID передають інформацію про роботу транспортних засобів на диспетчерські пункти перевізників. На автомобілях установлюється спеціалізований переносний комп'ютер (карп'ютер, онбордер, car PC), який поєднує в собі функціональні можливості навігатора, автомагнітоли, персонального комп'ютера, DVD-плеєра, обладнаний пристроями радіозв'язку стандарту D та E-мережі й мобільного зв'язку стандарту GSM. Убудована CMOS-камера дає можливість зчитувати у режимі on-line кодові позначення, графічні зображення і текстові написи, вести відеозапис дорожньої ситуації тощо.

Інструментами моніторингу на транспорті є:

- датчики та бортові комп'ютерні системи контролю стану автомобіля, керування цим станом;
- датчики проходження автомобілів через контрольні зони з фіксацією характерних ознак;
- бортові модулі навігації та зв'язку – блок навігатора з приймачем та обчислювачем, радіопередавач, радіоприймач;
- навігаційні супутникові системи, які забезпечують визначення на електронній карті місцевості місцезнаходження автомобілів з точністю до 2-10 м;
- стільникові та супутникові системи зв'язку й обміну інформацією між логістичною системою та автомобілем;
- комп'ютерна обробка великих масивів даних у центрах керування перевізним процесом або дорожнім рухом;
- нейрокомп'ютерні технології розпізнавання образів.

Сучасні вантажні автомобілі (Iveco, MAN, Scania, Volvo) мають телематичний інтерфейс зв'язку FMS, що дає можливість через шину CAN дистанційно отримати такі дані з бортового комп'ютера автомобіля:

- швидкість автомобіля;
- положення педалі акселератора;
- круїз-контроль / зчеплення / стан відбору потужності;
- гальмівний вимикач;
- загальна витрата пального;
- рівень заповнення паливного бака;
- швидкість обертання вала двигуна;
- навантаження на вісь окремих осей;
- повна маса транспортного засобу;
- загальна кількість годин роботи двигуна;
- ідентифікаційний номер автомобіля (VIN);
- ідентифікаційний номер програмного забезпечення;
- загальний пробіг автомобіля (км);
- наступне технічне обслуговування;
- інформація про тахограф;
- температура охолоджувальної рідини двигуна;
- стандартна інформація FMS;
- тахограф: швидкість, карточка водія, статус водія, напрямок руху, перевищення швидкісних обмежень.

Це дає можливість проводити планування і коригування поїздки автомобіля, сервісне обслуговування, керування технічним станом та готовністю автопарку.

Модифікація стандартів дає можливість роботи із зовнішніми телематичними системами (GPS, GSM) з підключенням до бортового комп'ютера автомобіля, ексклюзивного доступу до всіх шин CAN та діагностичних даних для телематики (FleetBoard – багатофункціональна бортова комп'ютерна система у сфері телематики вантажних автомобілів).

Бортовий комп'ютер FleetBoard Tiirec, потрібний для системи керування, має такі особливості:

- технічні дані для сучасних комерційних автомобілів з інтерфейсом FMS;
- вбудований модем GSM/GPRS та GPS-приймач;
- розпізнавання водія з картою водія;
- функція онлайн-оновлення;
- запис поїздок;
- теледіагностика;
- стандартний слот DIN;
- індивідуальне налаштування повідомлень.

Завдяки телематичній системі сервісна станція може отримувати відомості про двигун, пробіг, витрату пального, отримувати діагностичні коди несправностей, а також дані про дорожні умови та стан важливих компонентів (гальмівних колодок, зчеплення, акумуляторної батареї, осушувача повітря та ін.). Це означає, що компанія-виробник зможе своєчасно попередити своїх клієнтів про ризик незапланованого простою.

Мобільний пристрій FleetBoard® DispoPilot використовується для зв'язку між водієм, транспортним засобом і диспетчерським пунктом.

---



Типовий мобільний телефон має такі елементи та функції:

- 9,9 см (3,9") кольоровий дисплей із сенсорним екраном;
- 2D, 3D-сканер для сканування штрих-коду і порівняння списку завантаження;
- запис і передача електронних підписів;
- підключення до системи керування транспортним засобом та системи керування часом (у поєднанні з FleetBoard TiiRec);
- загальноєвропейське спілкування між водієм і диспетчерським персоналом;
- позиціонування та картування;
- дистанційне оновлення програмного забезпечення.

Дисплей має такі функції:

- 17,8 см (7") кольоровий дисплей із сенсорним екраном;
- підключення до системи керування транспортним засобом та системи керування часом (у поєднанні з FleetBoard TiiRec);
- загальноєвропейське спілкування між водієм і диспетчерським персоналом;
- позиціонування та картування мають функцію навігації з такими можливостями;
- навігація для більше, ніж 25 європейських країн;
- перенесення пункту призначення із замовлення або запис пункту призначення вручну, наприклад, через поштовий індекс;
- зберігання геокодованих адрес або поточного місцеположення в якості пункту призначення, зупинок під час рейсу;
- безступінчасте збільшення при перегляді мапи (Європа до дороги);
- загальна карта й відображення списку маршрутів;
- повноекранний режим;
- комфорт та ергономічний дизайн завдяки сучасному інтерфейсу користувача;
- асистент смуги дороги;
- атрибути вантажівки: висота, довжина, ширина та вага;
- спеціальні напрямки для вантажівок, наприклад, майстерні;
- розрахунок часу прибуття з профілем швидкості вантажівки;
- повідомлення диспетчерського персоналу про затримку транспортного засобу.

Діагностична система Telligent, що застосовується на автомобілях Mercedes-Benz, робить можливим введення індивідуальних міжсервісних інтервалів, орієнтуючись на реальне експлуатаційне навантаження автомобіля. Так, наприклад, реєструється кожний випадок пуску холодного двигуна. Стан моторного та трансмісійного масел і рівня охолоджувальної рідини постійно перевіряються. При наближенні терміну заміни повітряного або паливного фільтрів й гальмівних накладок на дисплеї з'явиться відповідне попередження. Тим самим повністю використовується ресурс експлуатаційних матеріалів. Крім того, з'явилася можливість завчасно планувати терміни проведення технічного обслуговування.

Діагностична система Telligent фіксує в пам'яті всі несправності. При цьому вона ставить водія до відома про це тільки тоді, коли необхідне його втручання (можлива відмова в роботі). Несправності ж усуваються під час чергового технічного обслуговування.

Робота, пов'язана зі щоденною перевіркою систем, за винятком контролю тиску в шинах, здійснюється безпосередньо з робочого місця водія. Це забезпечує зручність діагностування агрегатів і систем автомобіля та заощаджує робочий час водія. Так, система, що інформує водія про стан акумуляторної батареї і можливість пуску двигуна, дає можливість постійно контролювати рівень її зарядженості й у разі, коли рівень зарядженості наближається до критичного, система попереджує водія.

У багатьох автомобілів класу С і вище діагностичні системи визначають інтервали між плановим технічним обслуговуванням. Виходячи з середньої швидкості руху, кількості мотогодин і пройденого кілометражу, інформація про що заноситься в бортовий комп'ютер, останній призначає час відвідання СТО.

### *Системи дистанційної діагностики автомобілів*

---

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

Система дистанційного моніторингу технічного стану автомобіля є функціональним доповненням бортових навігаційно-зв'язкових комплексів автомобілів, де під дистанційним діагностуванням в технічній службі розуміють будь-яке достовірне виявлення технічного стану елемента (вузла, агрегату, системи) автомобіля. Система дистанційного моніторингу забезпечує логістичну підтримку процесу етапу технічної експлуатації рухомого складу, зумовлюючи його електронний інформаційний супровід, тобто організацію інформаційних потоків з оперативними даними значень величин параметрів технічного стану автомобіля (рис. 7.39).

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

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



Рис. 7.39. Дистанційна комп'ютерна діагностика автомобіля: 1 – смартфон (  - операційна система IOS); 2 – планшет (  - операційна система Android);  - блютуз

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

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

Мінімальними функціональними можливостями у разі діагностики on-line є:

1. Зчитування кодів несправностей.
2. Видалення кодів несправностей.
3. Виведення параметрів реального часу, наприклад:

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

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

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

### ***Пріоритетні напрямки підвищення інтелектуальних властивостей автомобілів***

---

Основними напрямками підвищення експлуатаційних властивостей автомобілів за рахунок розвитку інтелектуальних бортових технічних систем (ІБТС) це:

- відповідність екологічним стандартам;
- безпека;
- економічність;
- надійність;
- максимальна швидкість, потужність;
- комфорт.

1. Відповідність екологічним стандартам досягається за рахунок використання ІБТС:

- електронного керування впорскуванням пального та запалюванням бензинових двигунів (Motronic, MPI, GDI, ESI, D-4 та ін.);
- електронного керування впорскуванням пального дизельних двигунів (EDC, Common Rail тощо);
- використання каталітичних нейтралізаторів;
- використання систем зниження токсичності відпрацьованих газів (EGR, вторинного повітря, вловлювання парів бензину).

2. Напрямки ІБТС щодо забезпечення безпеки:

- інформаційна безпека (водій має всю інформацію, щоб передбачити будь-яку ситуацію);

– безпека керування (попередження можливої аварії, контроль над автомобілем в екстремній ситуації);

– безпека при зіткненні (захист, якщо аварія відбулася).

Забезпечення безпеки досягається за рахунок використання:

а) електронних систем керування:

– гальмівними механізмами (ABS, EBD, BA, ASR, ESP та ін.);

– агрегатами трансмісії (EDS, AWD та ін.);

– підвіскою (TEMS та ін.);

– рульовим підсилювачем (EMPS та ін.);

– подушками безпеки (SRS та ін.).

б) нових технологій зв'язку між різними електронними системами (CAN-технології);

в) удосконалених елементів конструкції (кузов MICS, ксенонові фари, задня «підрулювальна» підвіска і т. п.).

3. Напрямок ІБТС щодо забезпечення економічності досягається за рахунок застосування:

– електронного керування впорскуванням пального та запалюванням бензинових двигунів (Motronic, MPI, GDI, F51, D-4 та ін.);

– електронного керування впорскуванням пального дизельних двигунів (EDC, CommonRail та ін.);

– електронного керування фазами газорозподілення (УУТ та ін.);

– рішень щодо покращення аеродинаміки кузова;

– інших рішень (електричний підсилювач рульового керування, радіальні шини і т. п.).

4. Напрямок ІБТС щодо забезпечення надійності досягається за рахунок застосування:

– нових технологій зв'язку між різними електронними системами (CAN-технології);

– електронних систем керування вузлами й агрегатами автомобіля;

– раціональних конструкторських рішень.

5. Максимальна швидкість, потужність забезпечується за рахунок застосування:

– електронного керування впорскуванням пального та запалюванням бензинових двигунів (Motronic, MPI, GDI, FSI, D-4 та ін.);

– електронного керування впорскуванням пального дизельних двигунів (EDC, CommonRail та ін.);

– електронного керування фазами газорозподілення (УУТ та ін.);

– наддування;

– зміни геометрії впускного колектора (система ACIS та ін.).

6. Комфорт забезпечується за рахунок застосування:

– автоматичної коробки передач;

– автоматичного зчеплення (Sensonic та ін.);

– електронного керування підвіскою (TEMS та ін.);

– регулювання клімату в салоні;

– центрального керування замками дверей;

- електропідігріву заднього скла, сидінь, дзеркал;
- систем навігації;
- аудіо-, відеоапаратури;
- системи контролю паркування та ін.;
- системи керування рухом автомобіля.

Для ефективної реалізації інтелектуальних властивостей автомобілів необхідний високий рівень розвитку інтелектуальних транспортних систем.

### ***Контрольні запитання***

---

1. З яких компонентів складаються мехатронні системи автомобіля?
2. Які складові входять до електронного блоку керування?
3. Де зберігається програма роботи об'єкта управління автомобілем для всіх режимів і умов його експлуатації?
4. Де і як обробляються вхідні сигнали датчиків?
5. На які класи систем поділяються бортові системи автомобіля?
6. Які функції виконують закриті і відкриті підсистеми бортових систем?
7. Які телематичні підсистеми входять в бортову систему керування автомобілем?
8. Які телематичні підсистеми входять в бортову систему інформування водія?
9. Які телематичні підсистеми входять в бортову систему збору і передачі інформації?
10. Які телематичні системи забезпечують безпечність і ефективність керування транспортними потоками?
11. Які системи забезпечують контроль технічного стану автомобіля?
12. За допомогою якої мережі забезпечується взаємодія блоків керування автомобілем «розуміти» один одного?
13. Приведіть структуру блоків бортових інтелектуальних систем.
14. Для чого існують на автомобілях система CAN-шини?
15. Які переваги використання мережі CAN-шин?
16. Як розпізнаються в мережі CAN-шини повідомлення до певного вузла автомобіля?
17. Що собою представляють висока (CAN-H) і низька (CAN-L) рівні передачі сигналів повідомлень.
18. З яких компонентів складається шина CAN?
19. Приведіть основні складові конструктивного забезпечення безпеки.
20. Що значить досконале синергетичне поєднання елементів?
21. Які конструктивні та експлуатаційні рішення поліпшують внутрішню і зовнішню безпеку автомобіля?
22. Які існують способи забезпечення стійкості автомобіля?
23. Які експлуатаційні чинники та чинники технічного стану забезпечують стійкість автомобіля проти занесення?
24. Які телематичні системи забезпечують обмін даними між усіма

системами активної і пасивної безпеки автомобіля та об'єднують їх в єдину інтегральну систему (APIA)?

25. Приведіть пріоритетні напрямки підвищення інтелектуальних систем автомобілів.

26. Які функції виконує інтелектуальна система круїз-контролю?

27. Яке обладнання систем круїз-контролю автомобілів та як вона працює?

28. На яких основах поєднано систему адаптивного круїз-контролю з системами навігації?

29. Пристрої контролю та як працюють системи керування рухом, контролю перетинання розмітки, бокової та мертвої зони.

30. Які системи автомобіля та як забезпечують активну безпеку його руху?

31. На яких основах базується робота активного захисту автомобіля від перекидання (ARP)?

32. Які пристрої забезпечують роботи системи попередження зіткнення?

33. Яка система інтелектуального автомобіля дає можливість обмінюватись інформацією між автомобілями без участі водія?

34. Яку інформацію може одержувати водій від дорожньо-транспортної інфраструктури?

35. Наведіть структуру телематичних комплексів інтелектуальних транспортних систем.

36. Що включає в себе поняття «інтелектуальні транспортні системи» (ITS)?

37. Які існують системи моніторингу стану водія?

38. Як виконується керування фарами та освітленням дороги залежно від кліматичних і дорожніх умов руху автомобіля?

39. Що положено в основу роботи систем нічного бачення та виявлення пішоходів?

40. Яке функціональне призначення систем самодіагностики автомобіля?

РОЗДІЛ

8

Автотранспорт є найбільш енергоємним споживачем нафтових палив, а також одним з основних джерел екологічного забруднення навколишнього середовища. Перспектива конструкції вантажного автомобіля визначається створенням екологічно чистого джерела енергії.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ  
КОНСТРУКЦІЇ  
ВАНТАЖНИХ  
АВТОМОБІЛІВ

§ 39

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ  
РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЇ  
ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Світова автомобілізація й функціональне розширення вантажних автомобілів багато в чому сприяє розвитку технічного прогресу та економіки країни. Але масова автомобілізація несе і негативні наслідки: підвищені витрати енергії автомобільним транспортом, забруднення навколишнього середовища, загибель та поранення людей на дорогах і т.д.

У зв'язку з цим конструкція вантажних автомобілів буде вдосконалюватися в наступних напрямках:

*Зниження витрат енергії*

Збільшиться частка вантажних автомобілів, що працюють на альтернативних джерелах енергії: природний газ, водень, біопаливо. Економії енергії буде сприяти застосування в конструкції автомобіля накопичувачів енергії і гібридних установок.

*Зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище*

Отримають подальший розвиток пристрої, що дозволяють знижувати шкідливі викиди двигунами внутрішнього згорання. Посилиться боротьба за економію нафтового палива, як з позицій зниження обсягів його споживання, так і з позицій зменшення викидів CO<sub>2</sub>, що створюють парниковий ефект.

Буде знижений транспортний шум автомобілів у першу чергу за рахунок розробки та використання малошумних автомобілів.

*Підвищення безпеки автомобіля*

Встановлено, що причинами більшості дорожньо-транспортних пригод є помилки водіїв. Можна очікувати, що отримають подальше поширення системи, перш за все, електронні, які прийматимуть на себе деякі функції управління автомобілем або допомоги водієві в критичних ситуаціях.

Отримають поширення інформаційні системи, що мають зв'язок з кожним



автомобілем (системи телематики) і дозволяють здійснювати контроль за станом транспортної мережі певного регіону й заздалегідь попереджати водія про виникнення аварійних ситуацій, рекомендувати найбільш раціональні маршрути руху. За оцінками фахівців застосування електронних помічників водієві та систем телематики дозволить вдвічі зменшити число дорожньо-транспортних пригод.

---

## § 40

### НОВІТНІ ДВИГУНИ СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛІВ

---

#### *Паливні елементи*

---

Твердження про те, що найближчим часом двигуни внутрішнього згорання поступляться місцем новим джерелам енергії – перебільшено, хоча автомобілебудівники виявляють в даний час підвищений інтерес до паливних елементів.

Паливний елемент – це електрохімічний пристрій перетворення енергії, який за рахунок хімічної реакції перетворює водень і кисень в електрику. В результаті цього процесу утворюється вода і виділяється велика кількість тепла. Паливний елемент дуже схожий на акумулятор, який можна зарядити і потім використовувати накопичену електричну енергію.

Винахідником паливного елемента вважають Вільяма Р. Грува, який винайшов його ще в 1839 р. У цьому паливному елементі в якості електроліту використовувався розчин сірчаної кислоти, а в якості палива – водень, який з'єднується з киснем у середовищі окислювача.

Якщо в двигуні внутрішнього згорання механічна енергія виходить на основі згорання палива, то паливний елемент зберігає енергію, звільнену при хімічній реакції. Ще в 1824 р. французький вчений Карно довів, що цикли стиснення-розширення двигуна внутрішнього згорання не може забезпечити ККД перетворення теплової енергії (яка є хімічною енергією палива, що згорає) в механічну вище 50%. Паливні елементи не мають рухомих частин (принаймні, всередині самого елемента) і тому вони не підкоряються закону Карно. Природно, що вони будуть мати більший ніж 50%, ККД і вважатимуться особливо ефективними при малих навантаженнях. Таким чином, автомобілі з паливними елементами готові стати (і вже це довели) більш економічними, ніж звичайні автомобілі в реальних умовах руху.

Одна з найбільш багатообіцяючих систем – протонно-обмінний мембранний паливний елемент ПОМПЕ (PEMFC – Protone Exchange Membrane Fuel Cell) (рис. 8.1). Постійне вдосконалення технологій і матеріалів, використовуваних в цих елементах, дозволило наблизити їх потужність до рівня, коли батарея таких паливних елементів може забезпечити електроенергією привод автомобіля.

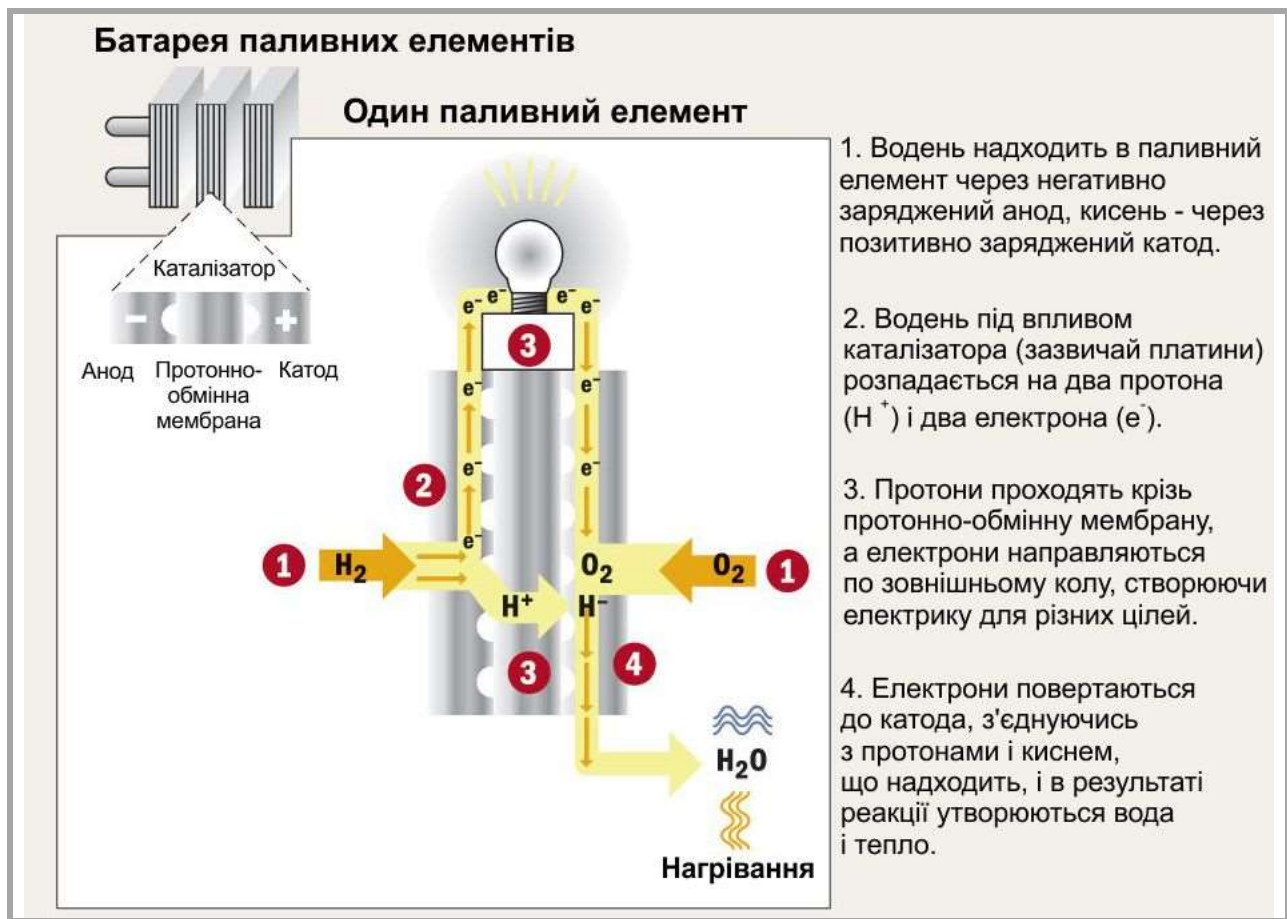


Рис. 8.1. Паливний елемент з протонно-обмінною мембраною

Паливні елементи не тільки екологічно нешкідливі, але і споживають менше ресурсів по всьому ланцюгу від виробництва палива до забезпечення руху автомобіля. Є у них й інші потенційні переваги, зокрема миттєва передача крутного моменту і недороге обслуговування. Крім того, вони видають менше шуму та більш ефективні, а оскільки самі виробляють електроенергію, то, значить, підходять для автомобілів зі складною електронікою.

Протягом останніх років більшість з провідних світових виробників автомобілів (Daimler Chrysler, GM, Ford, Honda, Toyota та ін.) інвестують великі кошти в розробку конструкцій автомобілів, що використовують паливні елементи. До теперішнього часу багато з виробників легкових автомобілів продемонстрували автомобілі на паливних елементах з задовільними характеристиками потужності й динамічними характеристиками, хоча вони мали досить високу вартість. Удосконалення конструкцій таких автомобілів відбувається дуже інтенсивно.

Теоретично водень доступний в необмеженій кількості, але його виробництво є дуже енергоємним. Крім того, для переведення автомобілів на роботу на водневому паливі необхідно провести дві великі зміни паливної системи: спочатку перевести її роботу з бензину на метанол, а потім, протягом деякого часу, і на водень. Пройде ще деякий час, перед тим як це питання буде вирішене.

Ймовірно, двигун внутрішнього згоряння збереже своє панівне становище в ХХІ ст. і в доступному для огляду майбутньому більшість автомобілів як і раніше будуть їздити на бензині або дизельному паливі. Можливо, це будуть гібридні версії – двигун внутрішнього згоряння плюс електромотор. Судячи по величезному потенціалу двигуна внутрішнього згоряння, пройде чимало часу до потіснення його на автомобільному ринку.

### *Застосування альтернативних видів палива*

Дизелі вантажних автомобілів стали більш економічними і це призвело до зменшення викидів двоокису вуглецю. Застосування альтернативних видів палива сприяє зниженню шкідливих речовин у відпрацьованих газах та кількості двоокису вуглецю CO<sub>2</sub>.

Вченими Массачусетського технологічного університету (США) виконана оцінка палива двигунів автомобілів за викидами вуглекислого газу (рис. 8.2).

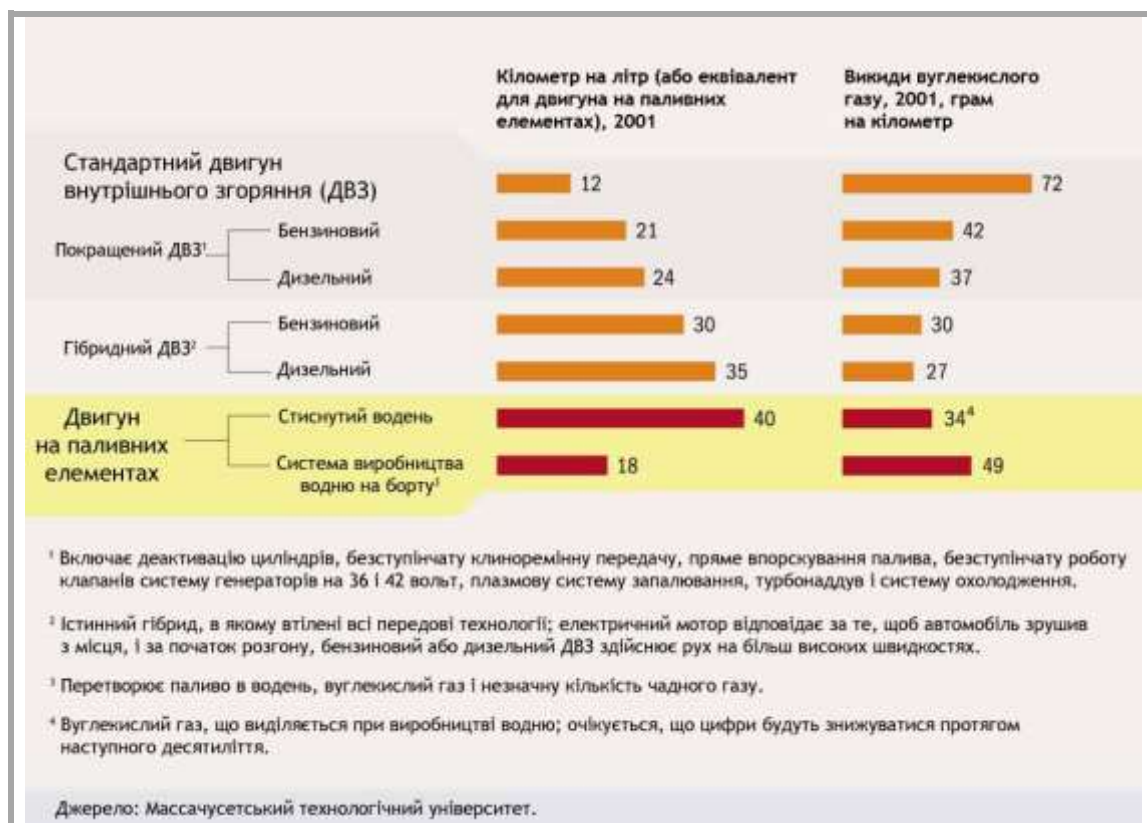


Рис. 8.2. Паливо майбутніх автомобільних двигунів

Доказано, що дизель у складі гібридного автомобіля має найменші викиди вуглекислого газу (г/км). Відмічено також перспективність застосування двигунів на водневому паливі.

Зріджені нафтові гази (LPG – Liquefied Petroleum Gas) дають можливість знизити вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах і одночасно, приблизно на 10% зменшити кількість CO<sub>2</sub>, що виділяється при роботі ДВЗ.

Стиснений природний газ (CNG – Compressed Natural Gas) – це альтернативне паливо, яке може використовуватися в дизелях. Для

використання в якості палива в ДВЗ він повинен бути стиснутий до високого тиску, щоб займати менший об'єм. Цей газ може транспортуватися в балонах високого тиску. При його використанні в якості палива забезпечується зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Двигуни, що працюють на різних видах біопалива, це ті ж доведені до досконалості ДВЗ, тільки призначені для роботи на зрідженому натуральному газі або етанолі (транспортний спирт) або біодизель. Так, здавалося б, цей шлях є альтернативою нафтовому паливу, але по суті проблема цим не вирішується, так як додатково до біопалива потрібно використовувати нафтопродукти. Токсичні складові у відпрацьованих газах також залишаються, а питання глобального дефіциту продовольства через «витікання» харчових продуктів в баки транспортників може поставити хрест на масовому розповсюдженні етанолу і біодизеля.

Без сумнівів, водневі паливні елементи та електричні акумуляторні батареї великої ємності стануть основними джерелами енергії для дорожнього транспорту ХХІ століття, оскільки і водень, і електроенергія як вид автомобільного палива абсолютно не забруднюють навколишнє середовище та в той же час відносяться до поновлюваних джерел енергії. Але проблеми економічно ефективного виробництва й труднощі зберігання в даний час загальмували «водневу» технологію на стадії кількох дослідних зразків і стендів, які демонструють суть технології. Швидше за все, розвиток цього «правильного» автомобільного напрямку можна прогнозувати лише на довгострокову перспективу, не раніше 2025 року.

---

## § 41

### **НАКОПИЧУВАЧІ ЕНЕРГІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ**

---

Для руху автомобіля характерними є цикли «розгін – сталий рух – гальмування», рух накатом по дорозі з ухилом, а також рух по пересіченій місцевості при значних коливаннях кузова автомобіля. При цьому автомобілебудівники завжди звертали увагу на необхідність вирішення проблеми економії енергії при зміні швидкості руху автомобіля. Доведено, що при гальмуванні втрачається від 15 до 50% кінетичної енергії, яка надається автомобілю двигуном.

Рішення проблеми економії енергії при несталому русі автомобіля завжди привертає велику увагу фахівців. До теперішнього часу створені вантажні автомобілі з гідрогазовими і маховиковими накопичувачами енергії.

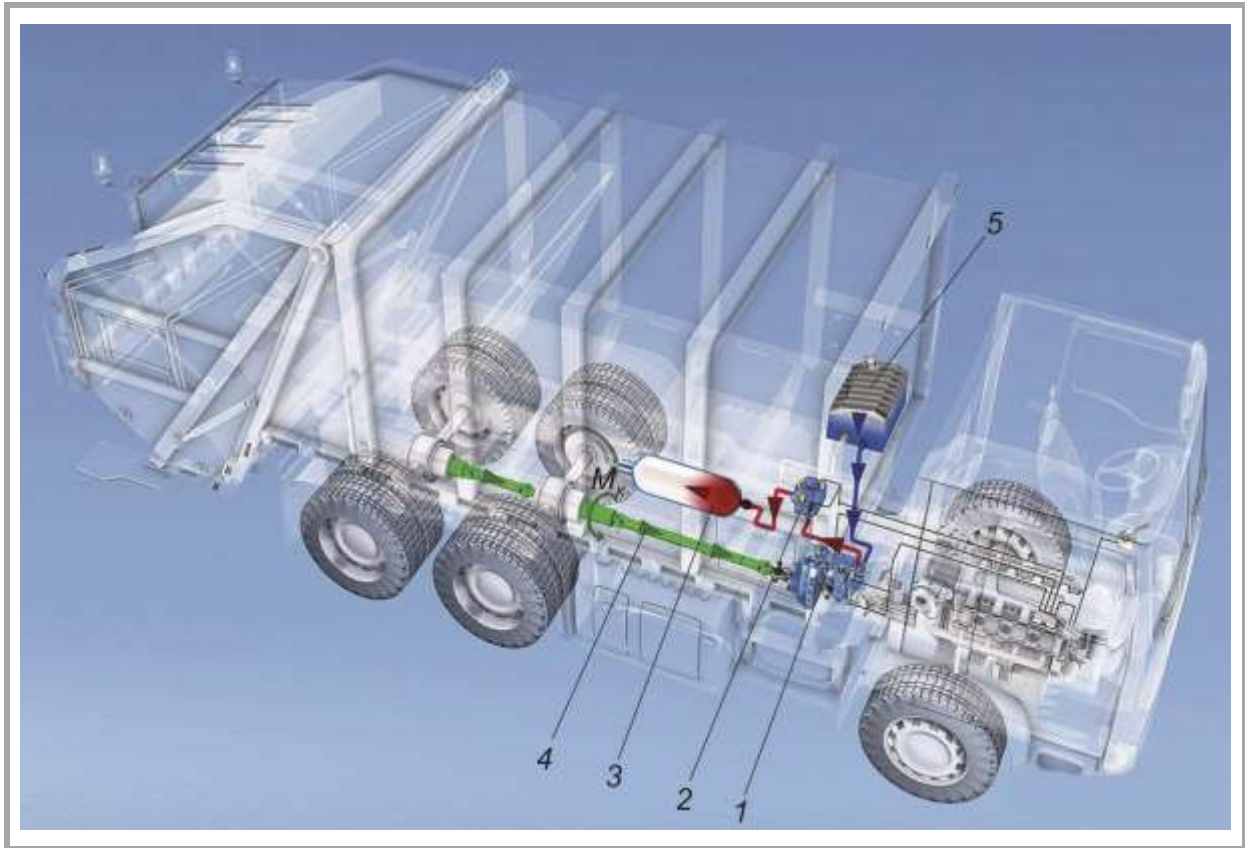
#### ***Гідрогазовий накопичувач енергії***

---

Даний накопичувач енергії включає основні елементи: бак з робочою рідиною, гідромашина, карданний вал, гідрогазову ємність (рис. 8.3).

При гальмуванні автомобіля крутний момент  $M_k$  від ведучих мостів через

кардан 4 передається до гідромашини 1, непостійно пов'язаної з трансмісією і працює при гальмуванні автомобіля в режимі гідронасоса, перекачуючи робочу рідину з бака 5 через гідророзподільник 2 в гідрогазову ємність 3. Азот, яким заповнена порожнина ємності 3 з боку поверхні поршня, знаходиться всередині ємності 3, протилежної порожнини заповнення рідиною, стискається (тиск може досягати 50 МПа), накопичуючи кінетичну енергію гальмування автомобіля. При усталеному русі автомобіля гідророзподільник 2 закриває трубопровід з'єднання гідрогазової ємності 3 з гідромашиною 1 і відкриває його при розгоні автомобіля.



**Рис. 8.3. Гідрогазовий накопичувач енергії вантажного автомобіля в режимі гальмування: 1 – гідромашина; 2 – гідророзподільник; 3 – гідрогазова ємність; 4 – карданний вал; 5 – бак з робочою рідиною**

В цьому випадку гідромашини 1 переходить в режим роботи гідромотора прокачувати рідину з ємності 3 в бак 5, забезпечуючи передачу енергії до ведучих мостів автомобіля. Сукупна передана потужність до ведучих мостів при розгоні автомобіля може перевищувати в 1,5 рази номінальну потужність двигуна.

Гідрогазові накопичувачі енергії, які іноді називають тяговими гідроприводами, забезпечують короткочасний рух автомобіля при непрацюючому двигуні внутрішнього згоряння.

Провідними світовими фірмами автомобілебудування створені й успішно експлуатуються, особливо в комунальному господарстві й під час перевезення важких вантажів, вантажні автомобілі з тяговими гідроприводами.

### *Маховичний накопичувач енергії*

Даний накопичувач енергії відноситься до інерційних акумуляторів і відмінно підходить для короткочасного накопичення енергії. Маховик (тіло, що обертається) акумулює енергію при збільшенні кутової швидкості та віддає її при зменшенні швидкості. Застосування маховика на автомобілях пов'язане з ім'ям відомого вченого професора Н.В. Гуліа, який не тільки теоретично обґрунтував перспективність застосування маховикові накопичувачів енергії на автомобілях, але при його керівництві були виготовлені експериментальні зразки автомобілів з даними накопичувачами енергії.

Маховиковий накопичувач (рис. 8.4), який використовується в якості допоміжного джерела тяги і як «докручуючий» (як відомо, неекономічний при розгоні на малих швидкостях) двигун, крім призначення має цілий ряд інших відмінностей. По-перше, мова не йде про знайомі по дисципліні «Теорія і конструкція автомобіля» маховики двигунів автомобілів. Розглянутий допоміжний, «запасний», маховик (на відміну від них виконаний з легких сплавів-композитів) обертається в безповітряному просторі, а в ряді випадків розташовується горизонтально (що вимагає конічної зубчастої передачі). Енергія, що виникає при гальмуванні автомобіля, перетворюється в обертання маховика і використовується для привода його коліс при розгоні. Пропорційно знижується потреба використання двигуна внутрішнього згорання. У цьому полягає суть рекуперації енергії.



**Рис. 8.4. Маховик від Williams Hybrid Power, що застосовуються на автобусах Лондона як допоміжний привод**

Подальше просування використання маховикових накопичувачів енергії, що виключають витрати енергії об гальмівні диски автомобіля, при його гальмуванні, і її перетворення в обертальний рух допоміжного маховика. До однієї з осей транспортного засобу певним чином підключається маховик-накопичувач. При гальмуванні він розкручується через з'єднаний з віссю транспортного засобу обертовий вал. Продовжуючи обертатися після зупинки автомобіля, маховик сприяє його розгону при поновленні руху. Іншими словами, при гальмуванні й на спусках кінетична енергія не зникає в гальмівних пристроях автомобіля, а

накопичується маховиком. Особливо затребуваним маховиковий накопичувач виявляється в «міському циклі» руху, що відрізняється частими рушаннями і гальмуваннями (рис. 8.5).

Двигун і маховиковий накопичувач можуть спрацювати і окремо, а саме: двигун заряджає маховик, який потім розганяє транспортний засіб (але і в цьому випадку енергія гальмування повертається маховикові накопичувача).

Маховикові накопичувачі останнього покоління відрізняють композитні сплави на основі вуглецевих волокон і розміщення в безповітряному середовищі для зменшення втрат потужності. Сучасні маховикові накопичувачі, що відрізняються навиванням з вуглеволокна, є високоміцними (як і захисний корпус), сталь в якості матеріалу їх виготовлення пішла в минуле. У ряді випадків композитний сплав маховикових накопичувачів наповнюють магнітної пудрою, знижуючи імовірність виникнення вихрових струмів.



Рис. 8.5. Автобус Flybus, обладнаний допоміжним маховиком Ricardo

Крім того, намагнічений таким чином маховик здатний працювати в умовах підвищених температур не впливаючи терміну служби. У новітніх зразках розглянутих пристроїв механічне поєднання валу, привода маховичного накопичувача і головної передачі в ряді випадків поступилося місцем магнітному, яке виключає прослизання обертових валів. Погодить частоту обертання маховика і в кінцевому рахунку крутний момент коліс автомобіля, плавно змінюючи передавальне відношення між вхідним і вихідним валами. Накопичення значної кінетичної енергії передбачає використання високо-обертових маховиків. Частота обертання їх сучасних зразків досягає 60000 об/хв., маса становить від 6 до 100 і вище кг, а, наприклад, при потужності 100 кВт вони запасують 200 кДж енергії.

---

## § 42

### ГІБРИДНІ АВТОМОБІЛІ

---

Якщо ще кілька років тому для забезпечення високих екологічних вимог більше уваги зверталось на застосування альтернативних палив: біодизель, стиснутий і зріджений природний газ, зріджений водень, етанол, то останнім часом частіше йдеться про різні гібридні і електричні автомобілі.

Гібридними називаються автомобілі, що мають кілька незалежних джерел механічної енергії, наприклад ДВЗ і електричний двигун. Причому ці джерела

механічної енергії можуть приводити в рух автомобіль як окремо, так і спільно.

При електричному приводі ведучих коліс автомобіля від електродвигуна його називають електромобілем, який вперше з'явився у Нью-Йорку (США) у 1896 р. (рис. 8.6).



Рис. 8.6. Фрагмент фотографії з *Shogru*, зробленої на Бродвеї у Нью-Йорку в 1905 р.

На даній фотографії крім гужового транспорту і кабельних трамваїв показані два електромобіля: зліва туристичний автобус, праворуч таксі.

В 1900 році більшістю машин на вулицях Нью-Йорка були електромобілі, для них одного заряду акумулятора було достатньо для подолання відстані близько 40 кілометрів при середній швидкості руху 35 км/год. І тільки підвищена трудомісткість та тривалість підзаряду акумулятора, а також поява автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння, не дозволили оцінити у той час всі переваги електромобіля.

У майбутньому автомобілебудівники віддали перевагу гібридним автомобілям. За своєю конструкцією гібридні автомобілі поділяються на послідовні, паралельні й послідовно-паралельні (рис. 8.7).

Гібридний вантажний автомобіль (рис. 8.8) – це транспортний засіб, оснащений сучасним екологічно чистим дизельним двигуном, електродвигуном-генератором невеликої потужності, автоматизованою коробкою передач і досить великим блоком акумуляторних батарей. Такий набір вузлів притаманний тільки автомобілю з паралельною електрогібридною силовою установкою (див. рис. 8.7, б). Це означає, що транспортний засіб може приводитися в дію окремо від автомобільного ДВЗ або від одного електродвигуна, або від обох силових установок одночасно.



Вже давно розроблений і виготовляється послідовний електрогібридний привод (див. рис. 8.7, *a*), тобто коли двигун з'єднується з електрогенератором, а замість механічної коробки передач і системи карданних валів використовуються електричні проводи і мотор-колеса. Ця ідея реалізована в конструкціях великовантажних кар'єрних самоскидів. Застосування послідовної гібридної схеми зумовлене величезними складнощами при передачі механічним шляхом дуже великого крутного моменту на приводні колеса потужного автомобіля.

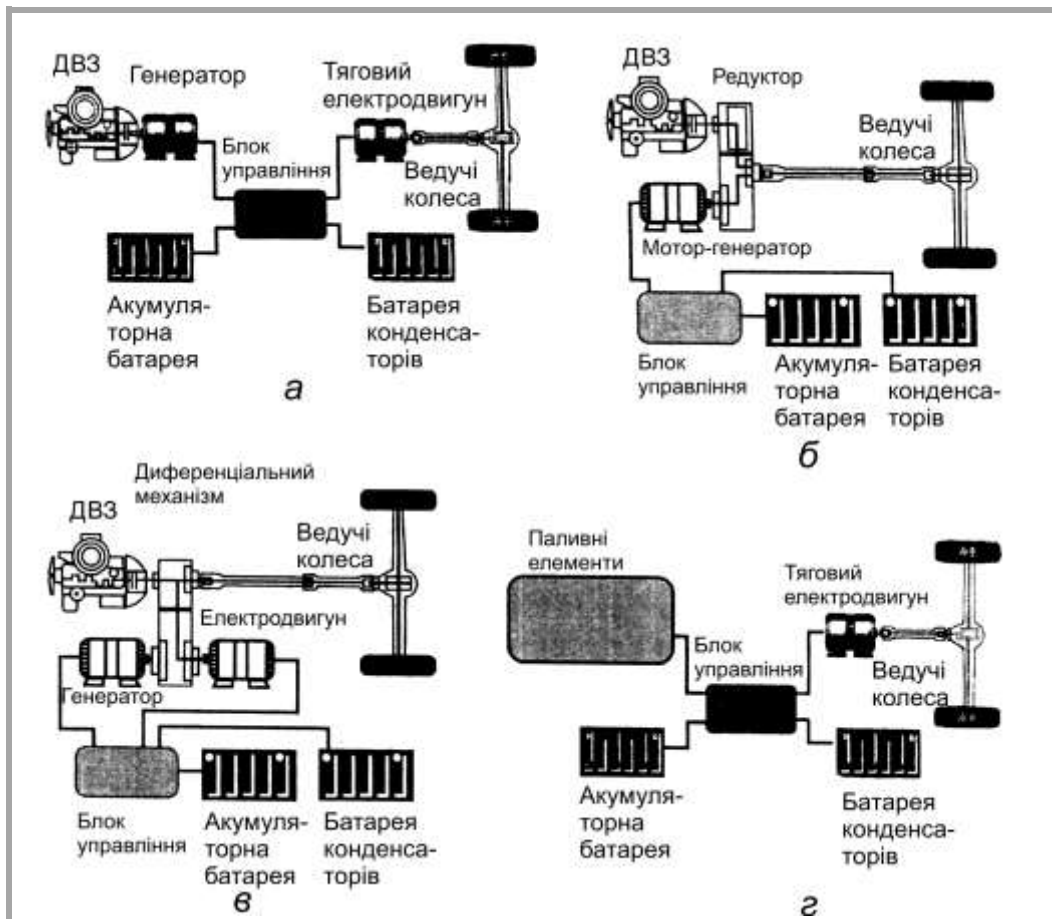


Рис. 8.7. Конструктивні схеми гібридних автомобілів: *a* – послідовна; *б* – паралельна; *в* – СПЛІТ-схема; *г* – послідовна схема з паливними елементами

Схема роботи автомобіля з паралельним гібридним приводом аналогічна, але значно модифікована, в першу чергу через включення в неї дуже високотехнологічного вузла – електродвигуна з функцією генератора, який монтується між зчепленням і автоматизованою коробкою передач, а також наявності блоку акумуляторних батарей.

Схема СПЛІТ (див. рис. 8.7, *в*) подібно до послідовної схеми включає генератор, тяговий електродвигун, ДВЗ і подібно до паралельної схеми вихідні вали всіх машин пов'язані не на основі жорсткої конструкції, а за допомогою несиметричного планетарного диференціала. Такий підхід дозволяє, з одного боку, забезпечити ДВЗ практично постійний режим роботи, а з другого – перерозподіляти потік потужності між ДВЗ, генератором, електродвигуном і ведучими колесами автомобіля.



Середньотоннажний Peterbilt Hybrid Model 330



Важка вантажівка Volvo FE Hybrid



Вантажівка-сміттєвоз Peterbilt Model 320 Hydraulic Hybrid



Гібридна вантажівка Kenworth для Coca-Cola



Гібридний автобус Phileas

**Рис. 8.8. Гібридні вантажні автомобілі, які випускаються різними автомобільними фірмами**

Можлива також четверта схема (див. рис. 8.7, *з*), яка може бути реалізована при створенні високоефективних паливних елементів, що заміщають ДВЗ як джерело енергії.

Трансмісії вантажних гібридних автомобілів виконані в основному по паралельній схемі (див. рис. 8.7, *б*), у якій електроніка без участі водія включає дизель або мотор-генератор, або їх включає одночасно разом в залежності від режиму руху автомобіля. У момент початку руху і прискорення дизель та електродвигун одночасно розганяють автомобіль. Під час його руху з експлуатаційною швидкістю призводить автомобіль в рух тільки дизель або електродвигун. Завдяки використанню автоматичної коробки передач в автомобілі відсутня педаль зчеплення. Трансмісія плавно перемикає передачі, а значить водій менше втомлюється і підвищується безпека руху. При гальмуванні мотор-генератор перемикається в режим генератора і перетворює в електричну енергію обертання ведучих коліс автомобіля. Під час зупинки автомобіля бортовий комп'ютер своєчасно відключить дизель, а після початку руху не стане його запускати, якщо не буде потрібна повна потужність. В даному випадку рух продовжиться на одному електродвигуні, споживаючи енергію з акумуляторних батарей.

Важливо відзначити, що в «паралельних» гібридів у порівнянні з «послідовними» дизель працює в найекономічнішому режимі й не так часто на піковій потужності, особливо рухаючись містом.

Основна перевага гібридних вантажних автомобілів – це порівняно низька витрата палива. Так компанія

Coca-Cola, придбавши 120 вантажних автомобілів з гібридними трансмісіями Eaton, провела попередні випробування декількох автомобілів. У підсумку вони

отримали 37% економії палива і 32% скорочення викидів шкідливих речовин відпрацьованими газами дизелів у порівнянні з дизельними вантажними автомобілями аналогічної вантажопідйомності.

Необхідно відзначити унікальну здатність гібридного автомобіля не втрачати даремно енергію гальмування, а рекуперувати її. Тобто в гібридному автомобілі усунуто істотний недолік – неможливість трансформації енергії гальмування в енергію руху. В якості накопичувача застосовуються літієво-іонні акумулятори достатньої ємності або спеціальні конденсатори.

Дуже актуальним сьогодні є зменшення шкідливих викидів з відпрацьованими газами, що стало прямим наслідком зниження витрати палива у гібридомобілей. А при роботі на електроприводі емісія взагалі нульова, це має неоціненне значення для великих міст. Як показує досвід експлуатації гібридний автомобіль в місті 80% часу працює в режимі електромобіля.

Наявність двигунів двох типів дозволяє відмовитися від установки одного потужного дизеля, розрахованого, виходячи з пікових навантажень експлуатації вантажного автомобіля. Коли гібридомобілю потрібна максимальна потужність, в роботу одночасно включаються дизель і електромотор. Це дозволяє встановити менш потужний дизель, який працює більшу частину часу в економічному режимі.

До недоліків гібридних автомобілів слід віднести їх підвищену вартість внаслідок застосування в конструкції високотехнологічних виробів, а також їх підвищену масу, що приводить до програшу в вантажопідйомності вантажного автомобіля і, природно, в доходах від перевезень.

Також існують побоювання, що в майбутньому виробників гібридомобілей очікує дефіцит рідкісних матеріалів, використовуваних при їх виробництві. Наприклад, рідкоземельний елемент диспрозій, який застосовують при виробництві високотехнологічних електрогенераторних вузлів. Необхідно відзначити, що 95% світових запасів рідкоземельних матеріалів сьогодні видобувають в Китаї, і в аналітиків виникають побоювання, що внутрішнє китайське споживання цих елементів у найближчі роки зрівняється з існуючим обсягом видобутку.

Фахівці автомобілебудування звертають останнім часом особливу увагу на створення гібридних вантажних автомобілів із застосуванням гідрогазових накопичувачів енергії (див. рис. 8.3). Перспективність цього напрямку робіт доведена на прикладі вантажівки-сміттєвоза Peterbilt Model 320 Hydraulic Hybrid, оснащеної гідрогібридною установкою HLA (див. рис. 8.8). При русі дана вантажівка використовує гідравлічні мотор-насоси та гідрогазові накопичувачі енергії. Результат використання таких вантажівок в міському режимі роботи – 60% економія палива.

Розвиток гібридомобілів сьогодні дійшов до такого рівня, що вже завтра нікого не здивує початок їх повномасштабного виробництва і продажів по всьому світу. Один з керівників концерну Daimler вважає, що глобальний ринок вантажівок зросте наполовину в наступні 10 років, вимагаючи все більше палива і загострюючи екологічну проблему планети. Тому попит на альтернативу зростає і буде зростати дуже сильно. Можна сказати, що всі

провідні автоконцерни, на чому б вони не спеціалізувалися: на етанольних двигунах, гібридомобілях, електромобілях, водневих чи інших моторах, продовжують вкладати великі кошти в дослідження і перебувають у повній упевненості в тому, що незабаром традиційним ДВЗ доведеться працювати спільно з ефективними та екологічно чистими накопичувачами енергії.

---

## **§ 43**

### **ЯКИМ ЖЕ БУДЕ ВАНТАЖНИЙ АВТОМОБІЛЬ У МАЙБУТНЬОМУ?**

---

Якщо говорити про розробки нового покоління вантажних автомобілів, то можна сказати, що їх ринок знаходиться вже не в минулому, але ще й не в майбутньому. Однак, вже сьогодні очевидно є відмова від дизельних двигунів у перспективі (все ще основної «рушійної сили» вантажного транспорту) це лише питання часу (принаймні в Європейському Союзі). Основним завданнями транспортної політики Європейського Союзу до 2050 року є застосування більш «чистих» транспортних засобів і чистих видів пального. Так, до 2030 року на 50 % повинна бути зменшена частка автотранспортних засобів на традиційних видах пального, а до 2050 року передбачається поетапна відмова від їх використання у містах.

В даному випадку важливо зрозуміти, які варіанти вантажних автомобілів будуть і екологічно чистими, і затребуваними на автомобільному ринку.

Виробники вантажних автомобілів у даний час знаходяться в перехідному періоді, коли порівнюються дизельні двигуни з двигунами, що працюють на біодизельному паливі й газі (природному і біогазі) та з гібридними автомобілями, в основу яких покладені елементи електротехнічної промисловості й т.д.

У плані впливу на навколишнє середовище і на роботу двигуна у кожного виду палива є свої переваги і недоліки. Але не менш важливо враховувати економічне середовище використання одного або іншого виду палива. Наприклад, якщо в країні багато сільськогосподарських угідь, було б доцільно, наприклад вирощувати ріпак і потім використовувати його у виробництві біологічних палив, а також, розвиваючи технології, розширювати гаму біологічних ресурсів. Якщо ж в країні розвинені потужності з виробництва або зберігання скрапленого природного газу (СПГ), то в ній основним джерелом палива для вантажних автомобілів міг би бути скраплений природний газ. Більше того, говорячи про газ, слід не забувати про те, що Європейський Союз розробив концепцію так званих «блакитних коридорів», в якій передбачено створення європейської мережі АЗС, де вантажні автомобілі зможуть заправлятися екологічно чистим газовим паливом.

Таким чином, при виборі автомобіля на тому чи іншому типі екологічного палива, перевізники повинні враховувати не тільки мікроекономічні (вартість, економічність, довговічність і певні технічні характеристики автомобіля), але і

макроекономічні (інфраструктура, можливості місцевого виробництва дешевого виду палива, перспектива відповідності новому екологічному стандарту і т.д.) обставини. Також всі виробники вантажних автомобілів ламають голову над тим, як суттєво знизити рівень шкідливих викидів, але одночасно зберегти потужність та ефективність двигунів, щоб незалежно від виду палива автомобілі в очах перевізників продовжували залишатися комерційно перспективними і технологічно надійними.

Компанія «Volvo Trucks» прийшла до висновку, що всім цим вимогам найкращим чином *відповідає газ*. «Volvo FH LNG» і «Volvo FM LNG» – перші вантажні автомобілі, що працюють на газі. Двигуни цих моделей досить потужні для того, щоб можна було забезпечити регіональні та міжнародні перевезення вантажів. Обидві моделі, в яких встановлюються двигуни потужністю в 420 і 460 к.с., гарантують продуктивність і експлуатаційні якості, притаманні дизельним двигунам. Крім того, на одній заправці дані вантажні автомобілі можуть проїхати до 1000 км.

Скраплений природний газ є перспективною альтернативою дизельному паливу, оскільки забезпечує комбінацію плюсів як для навколишнього середовища, так і для бізнесу. Майбутнє за тими енергоносіями, використання яких має високу енергетичну ефективність і низький вплив на навколишнє середовище. Розвиток отримують кілька видів альтернативних джерел енергії, включаючи електрику, і для різних областей застосування будуть використовуватися різні енергоносії. Під час переходу на альтернативні джерела енергії дизельне паливо все ще буде широко застосовуватися протягом багатьох років. Однак, що стосується багатотоннажних регіональних і далеких перевезень, на сьогоднішній день СПГ має найкращі перспективи швидко стати широко доступною альтернативою дизельному паливу. Природний газ має найбільший потенціал для скорочення викидів CO<sub>2</sub>. Недостатній розвиток інфраструктури є проблемою, вирішення якої сприяє впровадженню нових вантажних автомобілів, таких як «Volvo FH LNG» і «Volvo FM LNG».

У 2019 в Європі «Volvo Trucks» почало продажі електричних вантажних автомобілів. Спочатку це автомобілі для міських вантажоперевезень. Виробники вважають, що використовуючи тихіші вантажівки з електричним приводом для перевезення товарів в міських умовах, вирішується кілька проблем. Відсутність дратівливого шуму і вихлопних газів дозволяє працювати в більш вимогливих до обстановки міських центрах. Перевезення можуть також здійснюватися в менш завантажений час, наприклад, пізно ввечері або вночі. Це зменшить завантаження доріг в денні години пік, що в підсумку призведе до набагато ефективнішого використання дорожньої мережі та транспортних засобів, ніж зараз.

*Новітні двигуни DAF* можуть працювати на екологічно чистому дизельному паливі, виготовленому з *природного газу і гідратованої олії*. Концерн проявляє інтерес також до інших, більш-менш «чистим» видів палива: звичайного біодизельного палива, зрідженої біомаси, скрапленого природного і біогазу, а також до стиснутого природного і біогазу, і навіть до скрапленого вугілля.

При цьому, якщо говорити про розвиток екологічно чистого вантажного транспорту, то необхідно розділяти короткострокову і довгострокову перспективу. У короткостроковій перспективі будуть переважати газові (природні та біогазові) й гібридні (традиційні та / або екологічно чисте паливо + електрика) двигуни, так як це найпростіший спосіб швидко і ефективно досягти необхідного екологічного стандарту без кардинальних змін у виробництві (до речі, зміни у виробництві пов'язані не тільки з величезними фінансовими витратами, але і зі зміною персоналу, що найчастіше загострює соціально-політичні проблеми). У довгостроковій перспективі електричні двигуни навряд чи можна вважати панацеєю, тому що крім створення інфраструктури доведеться якимось чином виробляти велику кількість електроенергії. Теоретично відносно недорогого електроенергію виробляють атомні електростанції, але в даний час в Європейському Союзі атомна енергетика не дуже популярна. Тому, якщо йти по шляху радикальних змін, найкращим рішенням може бути водень, який має практично невичерпний ресурс.

В найближчому майбутньому автовиробникам, ймовірно, доведеться розвивати різні технології робочих процесів двигунів. Щоб не відставати від конкурентів і виконувати вимоги, що висувуються до змісту шкідливих речовин у вихлопі, вони повинні як і раніше розробляти й обслуговувати ДВЗ та їх гібриди, і в той же час приділяти увагу технології виробництва паливних елементів.

Істотні структурні зміни в галузі неминучі. Автовиробники вже шукають як в самій галузі, так і за її межами партнерів, з якими можна було б розділити витрати і ризики, пов'язані з розробкою технології паливних елементів. Вони також повинні передбачити майбутнє цієї технології: чи отримають власники машин з паливними елементами переваги в потужності, економії палива і зручності, або паливні елементи в кінці кінців настільки звичайний продукт, що їх виробництво, разом з окремими компонентами, не знайде застосування.

Паливні елементи – лише одна з багатьох нових технологій (до них відносяться також технології *drive-by-wire* та *break-by-wire*, тобто «управління по проводах» і «гальмування по проводах»), завдяки яким автомобіль з механічно-гідравлічного механізму з електронними допоміжними системами незабаром перетвориться в повністю електронну систему, щось на зразок сучасного винищувача. Для цих технологій потрібні фахівці – інженери, постачальники, дослідники, ремонтники – і керівники нового типу. Навряд чи сьогодні на якомусь автозаводі або в автосалоні є люди, які могли б виробляти і обслуговувати принципово новий автомобіль.

Можливі й нові союзи з постачальниками електронного обладнання. Автовиробники можуть також за допомогою нових технологій використовувати можливості, що відкриваються протягом всього ланцюжка створення вартості. Завдяки новим брендам з'являться нові концепції дистрибуції та інновації в сфері роздрібною торгівлі, які дозволять відмовитися від нинішньої розгалуженої і дорогої дилерської мережі. Від того, чи знайдуть нинішні виробники автомобільних комплектуючих такі можливості чи розроблять вони розумну політику поступового виведення багатомільярдних активів з

виробництва ДВЗ, залежить їхнє майбутнє – чи залишаться вони лідерами або загинуть під вантажем власної спадщини.

Зниження маси автомобіля з забезпеченням заданих експлуатаційних властивостей – одна з важливіших задач автомобілебудівників. Пластмаси, як конструкційний матеріал, знайшли широке застосування в автомобілебудівників. З пластмас виготовляють кузови автомобілів, стекла, зубчаті колеса й т.д. А чи можливо виготовити з пластмаси ДВЗ? Виявляється можливо. З середини 1980 р. фірма Polimotor Research Inc. (США) освоїла серійний випуск двигуна з робочим об'ємом 2300 см<sup>3</sup> потужністю близько 74 кВт. Більшість деталей цього двигуна (блок і головка циліндрів, випускні клапани, шатуни, маховик) виготовлені з пластмаси «торлон». В результаті маса двигуна виявилася у два рази меншою, ніж у традиційних двигунів аналогічного класу, на 30 % зменшився рівень шуму, на 12 – 15 % збільшилася економічність.

У останній час автомобілебудівники проявляють підвищений інтерес до склокерамічних матеріалів (ситалів), які володіють високою міцністю і твердістю. Їх можна сполучати з будь-яким металом. Ситали легко обробляються на металоріжучих верстатах, з них виготовляють поршні, колектори і картери двигунів.

Величезні перспективи у кераміки і композитних матеріалів. В Японії близько 60 % деталей автомобіля виготовляють з кераміки. Деякі фірми виготовляють експериментальним чином суцільнокерамічні двигуни. Вже побудовано експериментальний двигун об'ємом 50 см<sup>3</sup>, у якому циліндр, головка циліндрів, поршень, шатун і колінчастий вал виготовлені з нітриду кремнію.

Передбачається, що повністю керамічний двигун буде серійно випускатися у 2025 році.

Однак сьогодні ДВЗ значно досконаліший за своїх попередників. За останні 20 років автовиробники зробили його більш потужним, економічним й екологічним (вміст шкідливих речовин у вихлопі помітно знизився) і зупинитися на досягнутому вони не збираються. Звичайно, ДВЗ коли-небудь безнадійно застаріє.

Необхідно відзначити, що ера «зеленого транспорту» (в тому числі в сегменті вантажних автомобілів) неминуче наближається. В Європейському Союзі це відчувається досить виразно. Здавалося б, на стандарт Євро VI країн ЄС перейшли зовсім недавно, а зараз вже йдуть розмови про стандарт Євро VII. Правда, поки невідомо, коли він буде прийнятий, але за прогнозами, це може статися в 2020-2021 році. Таким чином, схоже, що час вантажних автомобілів з «класичними» дизельними двигунами добігає кінця і перевізникам уже сьогодні необхідно замислитися над тим, на яких автомобілях вони будуть працювати завтра. При цьому вони не забувають двигуни минулого, згадуючи не побитий рекорд швидкості автомобіля. Він досягнутий у 1906 р. на автомобільних змаганнях у Флориді (США), де приймали участь близько 50 моделей машин. Перше місце зайняв автомобіль, який розвив швидкість 205 км/год. В теперішній час швидкість деяких гоночних автомобілів змагається зі швидкістю

звучу, але чому цей рекорд не побитий? Справа в тому, що він належить автомобілю з *паровим двигуном!*

Треба сказати, що двигун внутрішнього згоряння є, мабуть, самим невідходящим для експлуатування на міських вулицях. Часті розгони та гальмування автомобіля «вибивають» двигун з нормального, економічного режиму роботи, приводять до неповного згоряння палива, перевитрати його, забруднення навколишнього середовища. Увага спеціалістів все частіше звертається до парової машини. У чому ж справа, адже паровий двигун відомий дуже давно? Справа тут не у двигуні, а у парогенераторі. Для автомобіля необхідний компактний, легкий та продуктивний котел, здатний забезпечити необхідні параметри робочого тіла за лічені секунди (не розпалювати ж котел автомобіля зранку!). Такі парогенератори вже є.

Академія наук США у докладі, який було представлено Конгресу у 1973 році, вказувала, що за всіма показниками перспективні лише автомобілі з паровими двигунами.

На щастя, вибір вантажних автомобілів у теперішній час досить великий – від автомобілів з двигунами, що працюють на різних сортах біодизельного палива, до автомобілів з двигунами, що працюють на природному газі та біогазі. У цій ситуації і виробникам, і перевізникам найлогічніше було б зупинитися на якомусь одному універсальному рішенні, так як багато залежить від умов експлуатації: специфіки країни або великого регіону, доступності одного або іншого енергетичного джерела і т.д. Тому в короткостроковій перспективі виробники і перевізники, ймовірно, будуть вивчати один одного, щоб зрозуміти, яка технологія виробництва є найбільш перспективною, і в цей період можливі найрізноманітніші модифікації двигунів. Але якщо вірити словам експертів, то в довгостроковій перспективі на ринку спочатку будуть переважати електричні (в залежності від темпів прогресу у виробництві акумуляторів, паливних елементів) вантажні автомобілі, а потім (як тільки буде вдосконалено технологію виробництва і з'явиться необхідна інфраструктура) автомобілі з водневими двигунами.

### ***Контрольні запитання***

---

1. Наведіть напрямки розвитку конструкції вантажних автомобілів.
2. Наведіть принцип роботи паливних елементів.
3. Які палива майбутніх автомобільних двигунів?
4. Які конструкційні особливості вантажних автомобілів з накопичувачами енергії?
5. Наведіть особливості конструкцій гібридних автомобілів.
6. Які гібридні вантажні автомобілі випускаються автомобільними фірмами?
7. Які недоліки гібридних автомобілів?
8. Яким буде вантажний автомобіль у майбутньому?



## ЛІТЕРАТУРА

1. Вахламов В.К. Автомобили. Основы конструкции: учебник для студентов вузов / В.К. Вахламов. – М.: Академия, 2008. – 528 с.
2. Вахламов В.К. Автомобили / Вахламов В.К., Шатров А.Г., Юрчевський А.А. – М.: Академия, 2005. – 809 с.
3. Кисликов В.Ф. Будова і експлуатація автомобілів: підручник. / В.Ф. Кисликов, В.В. Лущик. – К.: Либідь, 1999. – 400 с.
4. Сирота В.І. Основы конструкції автомобілів : навчальний посібник. / В.І. Сирота. – К.: Аристей, 2005. – 280 с.
5. Автомобіль: теорія колісного рушія : навч. посіб./ П. Гащук. – К.: Кондор, 2018. – 328 с.
6. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей / В. П. Алексеев [и др.]; под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1990. – 283 с.
7. Кульчицкий А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: учебное пособие /А.Р. Кульчицкий. – М.: Академический Проект, 2004. – 400 с.
8. Гроэ Х. Бензиновые и дизельные двигатели – устройство и принципы работы / Х. Гроэ, Г. Русс – М: За рулем, 2013. – 272 с.
9. Bosch. Автомобильный справочник. – М: За рулем, 2004. – 992 с.
10. Современные системы впрыска топлива дизельных двигателей Bosch. – М: За рулем, 2013 – 176 с.
11. Рокош У. Бортовая диагностика / У. Рокош. – М. За рулем, 2013. – 223 с.
12. Казедорф Ю. Системы впрыска зарубежных автомобилей /Ю. Казедорф, Э. Войзетшлегер. – М.: За рулем, 2000. – 256 с.
13. Казедорф Ю. Система впрыска дизельных двигателей /Ю. Казедорф, Э. Войзетшлегер. – М.: За рулем, 2012. – 320 с.
14. Микнасс В. Автомобильные сцепления, трансмиссии, приводы / В. Микнасс, Р. Попиол, А.Шпренгер. – М.: За рулем, 2012. – 352 с.
15. Райф К. Датчики в автомобиле / К. Райф. – М: За рулем, 2013. – 165 с.
16. Райф К. Автомобильная электрика и электроника Bosch / К. Райф. – М: За рулем, 2014. – 616с
17. Хернер А. Автомобильная электрика и электроника / А. Хернер, Х.-Ю. Риль. – М: За рулем, 2013. – 625с
18. Сажко В.А. Електричне та електронне обладнання автомобілів. / В.А. Сажко – К.: Каравела, 2004 р. – 304 с.
19. Иванов А.М. Основы конструкции современных автомобилей / А.М. Иванов, А.Н. Солнцев, В.В. Гаевский, и др. – М.: ООО «Изд-во «За рулем», 2012 – 336 с.
20. Мигаль В.Д. Мехатронні та телематичні системи автомобіля: навчальний посібник / В.Д. Мигаль. – Х.: Вид-во Майдан, 2017. – 313 с.
21. Грузовые автомобили MAN серий F90, F2000. Руководство по ремонту. Двигатели. Электрооборудование. – СПб.: Терция, 2004. – 194 с

22. Гребенников К.М. MAN L2000. Руководство по ремонту / К.М. Гребенников. – СПб.: Терция, 2006. — 176 с.
23. Грузовые автомобили MAN M2000. Руководство по ремонту. – СПб.: Терция, 2005. – 200 с.
24. Volvo Trucks FH. Driver's Handbook. – Goteborg: Volvo Lastvagnar AB, 2011. – 386 с.
25. Mercedes-Benz Ахор. Руководство по эксплуатации. – Изд-во: Daimler AG, 2010. – 308 с.
26. Грузовые автомобили Mercedes-Benz Atego. модели с 1998 г.в., с 2004 г.в. Технические характеристики. Техническое обслуживание. Руководство по ремонту. Схемы электрооборудования. – СПб.: ООО «Издательство Диез», 2010. – 496 с.
27. Система активного контроля уровня кузова (АВС): учебное пособие. – М.: Учебный центр ЗАО «Даймлер Крайслер Автомобили РУС», 2004. – 142 с.
28. Система контроля давления в шинах: учебное пособие. – М.: Учебный центр ЗАО «Даймлер Крайслер Автомобили РУС», 2004. – 20 с.
29. Электрогидравлическая тормозная система SBC: учебное пособие. – М.: Учебный центр ЗАО «Даймлер Крайслер Автомобили РУС», 2004. – 90 с.
30. Инструкции по эксплуатации и ТО, ремонту Scania серий Р, R, Т. – СПб.: ООО «Издательство Диез», 2010. – 352 с.
31. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту автомобилей Scania с 2003 года. – СПб.: ООО «Издательство Диез», 2010. – 1256 с.

# АВТОМОБІЛЬ ВАНТАЖНИЙ. СУЧАСНІ КОНСТРУКЦІЇ

Підручник

**ЛЕБЕДЄВ** Анатолій Тихонович  
**МИГАЛЬ** Василь Дмитрович  
**ШЕВЧЕНКО** Ігор Олександрович  
**ШУЛЯК** Михайло Леонідович

ТОВ «Планета-Прінт» 61002, м. Харків, вул. Багалія, 16  
Свідоцтво субекта видавничої справи:  
серія ДК № 4568 від 17.06.2013 р.

Підп. до друку 16.06.2021р. Формат 60x84x1/16. Папір офсетний.  
Друк офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Ум.друк.арк. 15,5. Ум.авт.арк. 16,8. Наклад 300 прим. Зам. № 30/032

Друк ФОП Заночкин Д.Л., м. Харків, вул. Плеханівська, 16

